

**AUTOREFERAT**

1. **Imię i nazwisko:** Adam Bartnik
2. **Posiadane dyplomy, stopnie naukowe** – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej  
**2003** – **doktor Nauk o Ziemi w zakresie geografii**, Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych; na podstawie rozprawy pt. „**Regionalne i sezonowe zróżnicowanie odpływów niskich na obszarze Polski**”; promotor: prof. dr hab. Paweł Jokiel (Uniwersytet Łódzki, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska); recenzentami byli: prof. dr hab. Wojciech Chełmicki (Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej) i prof. dr hab. Zygmunt Maksymiuk (Uniwersytet Łódzki, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska).  
**1994** – **magister geografii, specjalność klimatologia i hydrologia**, Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, na podstawie pracy magisterskiej pt. „**Zmiany przepływów średnich i niższych od średnich w rzekach Polskich w trzydziestoleciu 1951–1980**”; promotor: prof. dr hab. Paweł Jokiel (Uniwersytet Łódzki, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska); recenzent: prof. dr hab. Zygmunt Maksymiuk (Uniwersytet Łódzki, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska)
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.  
**od 2017** – Pracownia Hydrologii i Gospodarki Wodnej, Instytut Nauk o Ziemi, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki; adiunkt.  
**2008–2016** – Katedra Hydrologii i Gospodarki Wodnej WNG UŁ; adiunkt.  
**2004–2008** – Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej WNG UŁ; adiunkt.  
**2004–2008** – Pracownia Informatyczna Wydziału Nauk Geograficznych UŁ; kierownik.  
**1997–2003** – Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej WBiNoZ / WNG UŁ; asystent.  
**1994–1996** – Studium Doktoranckie Geografii Fizycznej i Ekonomicznej WBiNoZ UŁ; doktorant.
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):
  - a) tytuł osiągnięcia naukowego

Bartnik A., 2017, **Mała rzeka w dużym mieście. Wybrane aspekty obiegu wody w obszarze zurbanizowanym na przykładzie łódzkiej Sokołówki**.  
Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 351 s. (ISBN: 978-83-8088-640-7).

- b) omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

**Wstęp**

Pojęcie '*rzeki miejskiej*' zwykle kojarzy się z dużym ciekim prowadzącym wody przez gęsto zabudowany obszar. Towarzyszą mu niezbędne obiekty infrastruktury, w tym: mosty, przeprawy, bulwary, porty itp. oraz problemy do których należą m.in. powodzie, kłopoty komunikacyjne, zanieczyszczenie. Często zapomina się przy tym o **setkach małych cieków**, niegdyś naturalnych strumieni, nadal spełniających niezwykle ważne funkcje. Zostają one niejako **wchłonięte** przez „*organizm miejski*”,

włączane w infrastrukturę zamierają pod względem biologicznym i kulturowym. Inne, nadal funkcjonują choć zarówno ich morfologia jak i reżim całkowicie różnią się od pierwotnego. Mała rzeka płynąca przez duże miasto nie wpływa zwykle znacząco na jego funkcjonowanie. Jednakże często na początku istnienia danej miejscowości odgrywała w niej znaczną rolę (zaopatrywała je w wodę, dostarczała energii do napędu młynów, foluszy czy wyprowadzała zanieczyszczenia). W miarę rozwoju i powiększania się obszaru zajętego przez miasto, znaczenie małego ciek stopniowo maleje (Pancewicz 2003). Taka rzeka staje się niemal „niewidzialna” dla mieszkańców. W rzeczywistości zwykle **nadal istnieje i stanowi bardzo ważny element struktury miasta**. Często łączy różnego rodzaju funkcje. Tradycyjne związane z odprowadzeniem nadmiaru wody nadal są najważniejsze. Coraz częściej obszary wzdłuż takich cieków, jako trudniejsze do zagospodarowania przeznaczane są na tereny zielone. Tym z kolei nadaje się funkcję rekreacyjną i wypoczynkową. Budowane na nich stawy w połączeniu z szatą roślinną mogą poprawiać atrakcyjność krajobrazową miasta i w pewnym stopniu (i pod pewnymi warunkami) pełnić funkcję ekologiczną.

**Większe rzeki zwykle biorą swój początek poza obszarem zurbanizowanym.** Przepływając przez miasto stają się tam „rzekami miejskimi”. Jednak ich zlewnie już takie nie są. Tylko częściowo znajdują się one pod bezpośrednim wpływem procesów urbanizacyjnych. Większość dużych miast w Polsce leży nad rzekami tranzytowymi, co jest konsekwencją ich lokacji i historycznego rozwoju. Rozpatrywanie wpływu przekształcenia środowiska w mieście na zmiany obiegu wody jest w ich przypadku bardzo trudne, bowiem granice administracyjne miast nie pokrywają się z granicami jednostek hydrograficznych dużych rzek, a obszary alimentacji leżą zwykle poza strefą zurbanizowaną. Tymczasem, charakter obszaru zasilania determinuje reżim rzeki, który w warunkach naturalnych jest wypadkową oddziaływania warunków klimatycznych, geologicznych, ukształtowania powierzchni oraz pokrycia zlewni. Występujące na obszarach miast modyfikacje pierwotnych cech środowiska przyrodniczego, w różny sposób i w różnym stopniu wpływają na zmianę tego reżimu (m.in. Czaja 2002; Nowicka 2002; Gutry-Korycka i in. 2003; Ciupa 2009a).

**Miastem wyjątkowym pod tym względem jest Łódź**, jedno z najmłodszych dużych miast Europy. Jako ośrodek fabryczny rozwinęło się dopiero w początkach lat 20. XIX w., w głównej mierze **za sprawą pierwotnego bogactwa wód powierzchniowych**. Odnosi się to nie tylko do liczby strumieni, które odwadniały tereny dzisiejszej aglomeracji, ale też do ilości wody jaką one niosły i potencjalnych zasobów energetycznych, jakie można było z nich uwolnić (Jokiel, Maksymiuk 2002). Współczesna sieć rzeczna obszaru aglomeracji łódzkiej w znacznym stopniu różni się jednak od pierwotnej. Wiele spośród niegdyś istniejących strumieni została zamieniona w kanały ściekowe, niektóre wyschły, inne zaś wyprostowano lub zakryto. Pomimo wciąż zgodnego z pierwotnym decentrycznego układu sieci rzecznej, większość współczesnych cieków egzystuje na tym obszarze niemal wyłącznie dzięki epizodycznemu zasilaniu powierzchniowemu oraz odprowadzaniu wód z kanalizacji burzowej. Wśród nich są jednak i takie, które mimo znacznych przekształceń nadal cechują się pewnymi walorami przyrodniczymi.

### **Cel i przedmiot opracowania**

**Przedmiotem przedstawionej do oceny pracy jest zlewnia Sokołówki** – małej rzeki (o długości niespełna 13,5 km), płynącej prawie w całości w obszarze ograniczonym przez współczesne granice administracyjne Łodzi. Nie bez przyczyny używam tu i w tytule opracowania terminu ‘rzeka’, mimo że najczęściej podobne obiekty zwykło się w hydrologii określać mianem ‘cieków w zlewni miejskiej’. W rzeczywistości Sokołówka jest silnie przekształconym przez działalność człowieka strumieniem. Nie jest zatem tworem całkowicie sztucznym, choć na znaczącym odcinku jej koryto zostało wyprostowa-

ne, przegłębione i odizolowane od podłoża. Płyynie w głębokiej dolinie, wytworzonej dzięki jej sile erozyjnej i dużemu spadkowi (6 ‰). Na znacznej długości posiada też kontakt z wodami gruntowymi co, dzięki drenażowi, zapewnia jej **ciągłe funkcjonowanie**. Termin 'rzeka' dla cieków odwadniających obszar aglomeracji łódzkiej jest też powszechnie stosowany w publikacjach dotyczących historii miasta dla podkreślenia **dużego znaczenia tych obiektów w dziejach Łodzi**. Ponadto, w celu **objęcia przepisami o ochronie wód**, Sokołówka (wraz z kilkoma innymi ciekami odwadniającymi obszar Łodzi) sklasyfikowana została katastrze wodnym jako rzeka (Bieżanowski 2005).

Sokołówka jest zatem pod wieloma względami **wyjątkowa**. Bierze swój początek na terenie miasta, a uchodzi do Bzury tuż poniżej jego granic. Prawie cały **obszar jej zlewni znajduje się pod bezpośrednim wpływem procesów urbanizacyjnych** o różnej intensywności i o różnym charakterze. Morfologicznie przypomina inne ciek odwadniające polskie miasta (Kowalczak 2011). Zarówno ich koryta, jak i całe doliny są tak przekształcone, by mogły być **włączone w miejski system kanalizacji burzowej**. Wspomniane wyżej wyprostowanie i wybetonowanie koryt sprzyja z jednej strony, szybkiemu odprowadzeniu wody poza teren zurbanizowany, z drugiej jednak powoduje, iż ciek takie stają się pozbawionymi roślinności i ryb rowami, które mieszkańcy przestają traktować jak rzeki, a utożsamiają ze „sztucznymi kanałami”.

Na obszarze aglomeracji łódzkiej **szersze badania w tym zakresie nie były dotąd podejmowane**. Specyfiką Łodzi – jedyne duże miasto w Polsce, które nie leży nad większą rzeką, jest lokalizacja na dziale wodnym pierwszego rzędu pomiędzy dorzecziami Wisły i Odry. Dlatego **głównym celem badań prezentowanych w tym opracowaniu było określenie zmian reżimu ilościowego i hydrochemicznego jednej z małych zlewni odwadniających teren miasta (Sokołówki) na skutek różnokierunkowej działalności człowieka**. Równie ważna była **identyfikacja tych spośród naturalnych cech obszaru jej zlewni, które nie zostały jeszcze całkowicie przekształcone na skutek antropopresji** i które należy objąć w przyszłości ochroną lub wykorzystać dla **poprawy stanu istniejącego**. Badania nad reżimem odpływu prowadzono w różnych skalach czasowych: wielolecia, roku, sezonu i doby. Zagadnienia zmian jakości wody odnoszono do okresów miesięcznych, aby poznać ich strukturę sezonową. Ważnym zadaniem była też ocena funkcjonowania nowo zbudowanych zbiorników wodnych i ich wpływ na jakość wód rzecznych. Jednym z **celów pobocznych było również ustalenie struktury przestrzennej i rozkładu czasowego składników klimatycznego bilansu wodnego zlewni miejskiej**.

Pierwotna problematyka podjętych badań była jednak nieco inna. Miała ona bowiem dotyczyć hydrologicznych i hydrochemicznych zmian związanych z planowaną „**renaturyzacją**” odcinka rzeki miejskiej. Sokołówka została bowiem **wybrana na „zlewnię demonstracyjną” w projekcie Unii Europejskiej pt. SWITCH** („Sustainable Water Management Improves Tomorrow's Cities' Health” – „Zintegrowane Zarządzanie Wodą to Zdrowie w Mieście Jutra”) w ramach 6 Programu Ramowego „Wpływ globalnych zmian klimatu na ekosystemy” (project EC 2006-018530) w latach 2006–2010. Niestety, został on zrealizowany przez władze miasta tylko w niewielkim stopniu, a zebrane przeze mnie w tym czasie materiały były niewystarczające, aby na ich podstawie wyciągać wnioski o charakterze ogólnym (uczestniczyłem w projekcie jako wykonawca części hydrologicznej – *WG I: Analysis of the Water Cycle*, w ramach zadania: „*Sokołówka: Zastosowanie ekohydrologii do renaturyzacji rzeki miejskiej w celu zwiększenia retencji wody oraz poprawy jakości życia w mieście*”). Zabiegi „renaturyzacyjne” w zlewni Sokołówki sprowadziły się do odbudowy kilku dawnych zbiorników wodnych, budowy dwóch nowych oraz przekształcenia istniejącego osadnika wód burzowych w system biofiltracyjny. Plany dotyczące „przywrócenia naturze” odcinka pomiędzy zainstalowanymi posterunkami pomiarowymi, zostały odłożone na „bliżej nieokreśloną przyszłość”. Dlatego **postanowiłem kontynuować pomiary i obserwacje, skupiając się na charakterystyce obiegu wody w strefie zurbanizo-**

wanej, którą zawarłem w monografii przedstawionej do oceny. W moim zamyśle praca ta miała być nowoczesnym, wieloaspektowym i możliwie kompleksowym opracowaniem ukazującym funkcjonowanie małej rzeki miejskiej i jej zlewni w warunkach narastającej urbanizacji.

### Struktura pracy i materiał badawczy

Monografia składa się z kilku części. **Pierwsza** ma za zadanie wprowadzić Czytelnika w zagadnienia obiegu wody w mieście, ze szczególnym uwzględnieniem zmian, jakim on podlega pod wpływem antropopresji. W rozdziale **drugim** zaprezentowałem poszczególne elementy środowiska fizyczno-geograficznego zlewni. Poza prezentacją faktów przedstawiłem w nim cały szereg nowych aspektów, związanych m.in. z **pionową składową obiegu wody**, uwzględniającą również problematykę jej zmienności przestrzennej.

W kolejnym rozdziale szeroko omówiłem **przebieg przemian historyczno-gospodarczych** obszaru zlewni oraz aktualny stan jej przekształcenia. W końcowej jego części zastosowałem także wskaźnik umożliwiający syntetyczne sparometryzowanie **stopnia antropogenicznego przekształcenia zlewni** oraz modyfikację tej miary umożliwiającą uwzględnienie sieci przewodów drenażowych.

Następne dwa rozdziały dotyczą już tylko **lądowej fazy obiegu wody**. W rozdziale 4 przedstawiłem **dynamikę krótkookresową i zmiany wieloletnie odpływu Sokołówki**. Wiele uwagi poświęciłem także charakterystyce **przebiegu wezbrań** rzecznych na obszarze badanej zlewni, jako cechy wyróżniającej reżim rzek odwadniających obszary zurbanizowane od słabo przekształconych przez człowieka. Ostatni rozdział dotyczy zagadnień **hydrochemicznych**. Zawarłem w nim krótką **charakterystykę zmian wieloletnich i sezonowych** wybranych parametrów fizykochemicznych, których pomiary prowadziłem w odniesieniu do wód powierzchniowych zlewni. Kończącą część rozdziału poświęciłem na **ocenę funkcjonowania zbiorników wodnych**, które istniały wcześniej, zanim podjęto badania oraz nowych, zbudowanych w ich trakcie. Dokonałem także wstępnej oceny efektywności działania jednego z nowoczesnych rozwiązań **ekohydrotechnicznych**, mogących w przyszłości znaleźć szersze zastosowanie w zlewniach miejskich. W **podsumowaniu** zebrałem ważniejsze, moim zdaniem, **wnioski** płynące z prezentowanych badań. Szczególną uwagę zwróciłem na te z nich, które mają znaczenie uniwersalne i użytkowe.

Duża złożoność elementów mających wpływ na obieg wody w strefie zurbanizowanej oraz znaczna ich zmienność wymagały **długich serii pomiarowych**. Obserwacje różnych aspektów obiegu wody prowadziłem w różnym zakresie i w różnych okresach. Najstarsze pomiary datowane są na **wrzesień 2006 r.** Ostatecznie serię pomiarów natężenia przepływu i hydrochemicznych analiz wody zakończyłem wraz z **końcem grudnia 2015 r.** Większość materiału hydrometrycznego została zebrana przeze mnie **samodzielnie**. W pierwszych latach badań pomagali mi w terenie i w laboratorium inni pracownicy ówczesnej Katedry Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ. Podczas badań kameralnych wykorzystywałem także:

- materiały archiwalne pozyskane z Przedsiębiorstwa Geologicznego POLGEOL S.A. w Łodzi (szczegółowe dane dotyczące budowy geologicznej i hydrogeologii obszaru badań);
- dane pochodzące z pomiarów meteorologicznych prowadzonych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi i Łódzką Spółkę Infrastrukturalną (posłużyły mi one m.in. do poznania struktury rozkładu opadów);
- archiwalne mapy i plany Łodzi pochodzące z Biblioteki Uniwersytetu Łódzkiego, Archiwum Głównego Akt Dawnych w Warszawie i Archiwum Państwowego w Łodzi;
- różnego rodzaju dokumentacje i opracowania tematyczne pochodzące m.in. Urzędu Miasta Łodzi i Zakładu Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Łodzi;

- oraz wiele publikacji naukowych dotyczących Łodzi i regionu, w tym m.in. Atlas Miasta Łodzi.

Aby właściwie zarządzać tak dużą ilością danych przestrzennych stworzyłem na potrzeby pracy bazę danych w **systemie GIS**. Wykorzystałem w tym celu aplikację ESRI ArcGIS. Dzięki temu opracowałem wiele map źródłowych i wynikowych, z których niemal 100 zamieściłem w monografii. Znaczna ich część zawiera więcej niż jedną warstwę informacyjną, co umożliwia **analizę zjawisk o wspólnej genezie czy związanych ze sobą przestrzennie lub czasowo**. Równocześnie, zastosowanie mapy jako jednego z głównych sposobów prezentacji wyników, umożliwiło mi syntetyczne ujęcie tych cech środowiska geograficznego, które cechuje duże zróżnicowanie przestrzenne.

### **Wpływ antropopresji na obieg wody – synteza stanu dotychczasowych badań**

Działalność człowieka wywiera wpływ na niemal wszystkie elementy środowiska fizycznogeograficznego. Oddziaływanie to jest szczególnie wyraźne w obrębie aglomeracji miejskich, gdzie stopień przekształcenia naturalnych cech obszaru jest największy. Najszerzej dyskutowanym przejawem oddziaływania miasta na klimat jest zjawisko tzw. **wyspy ciepła** (Fortuniak 2003; Gaston 2010). Związane jest ono z pochłanianiem krótkofalowego promieniowania słonecznego przez zwiększone pole powierzchni absorbującej, większą pojemność cieplną materiałów budowlanych oraz mniejsze albedo powierzchni. Urbanizacja przynosi także **inne skutki klimatyczne** (Shepherd 2005; Marsalek i in. 2008; Baklanov 2016). Należą do nich: większe zachmurzenie, występowanie wyższych opadów, zwiększona częstotliwość występowania ulew i burz oraz burz z piorunami i z gradem, zmniejszona częstotliwość opadów śniegu i krótszy czas zalegania pokrywy śnieżnej, a także znacznie większa częstotliwość występowania mgieł.

Urbanizacja przyczynia się w szczególności do **zmian w obiegu wody**. Skutkiem zastąpienia terenów zielonych zabudową mieszkaniową, przemysłową i komunikacyjną jest zwiększenie powierzchni uszczelnionych, co powoduje znaczne **ograniczenie wchłaniania wody opadowej** oraz przyspieszenie jej spływu powierzchniowego (Niehoff i in. 2002). W efekcie, podczas intensywnych opadów, dużo większa część wody trafia bardzo szybko do rzeki, **powodując skrócenie czasu koncentracji odpływu oraz zwiększenie jego kulminacji**. Zauważalna jest wręcz zależność – im większe i gęściej zabudowane miasto, tym fale wezbraniowe są wyższe i zdarzają się częściej (Lee, Bang 2000). Woda, która „spływa z miasta”, jest przy tym bardzo mętna i niesie ogromny **ładunek różnorodnych zanieczyszczeń** (Ellis 1986). Ważną konsekwencją zwiększania się powierzchni nieprzepuszczalnych jest również **spadek zasilania poziomów wodonośnych** (Hancock 2002). Woda opadowa zamiast infiltrować, zbiera się na powierzchniach nieprzepuszczalnych, a następnie jest z nich odprowadzana systemem kanalizacji. Pozostała w strefie detencji **woda odparowuje do atmosfery znacznie szybciej** niż na obszarach pokrytych roślinnością. Ważną konsekwencją urbanizacji jest przy tym obecność korytarzy transportowych. Ich budowa pociąga często za sobą **wielkoskalowe roboty ziemne**, w dużym stopniu przekształcające powierzchnię zlewni, co z kolei wpływa w sposób zasadniczy na charakter spływu i drenażu rzeczno. Mogą one także znacząco **modyfikować reżim wodny** i wpływać na **brak tzw. „ciągłości rzeki” – river continuum** (Vannote i in. 1980).

Wraz z intensyfikacją procesów urbanizacyjnych, 100-krotnie **wzrasta produkcja osadów** w stosunku do terenów naturalnych (Wolman, Schick 1962). Wyraźny jest również wpływ miasta na **temperaturę spływającej wody**. Jej wzrost jest szczególnie widoczny w miesiącach letnich, kiedy to wody opadowe po zetknięciu z rozgrzаныmi powierzchniami (dachami, chodnikami) stają się znacząco cieplejsze (Van Buren i in. 2000). W rezultacie, woda spływająca z takich obszarów może być cieplejsza nawet o 10°C (Schueler 1987 za Marsalek i in. 2008).

Odrębną kategorię stanowią **hydrochemiczne konsekwencje urbanizacji**. Należy tu wymienić większą mobilność metali ciężkich (Singh i in. 2002), znaczny udział chlorków, procesy eutrofizacyjne spowodowane przez związki azotu i fosforu (Pasquini i in. 2012), zwiększenie niedoborów tlenu rozpuszczonego (Daniell i in. 2002) przy jednoczesnym kumulowaniu biomasy, wzrost koncentracji amoniaku, chloru, cyjanków, siarczków, fenoli i substancji powierzchniowo czynnych wpływający na ogólną toksyczność ścieków odprowadzanych do rzek na obszarach miejskich (Chambers i in. 1997; Hatt i in. 2004). Skażenie mikrobiologiczne wód w obszarach zurbanizowanych jest jedną z najistotniejszych konsekwencji rozwoju dużych skupisk ludności, ponieważ bezpośrednio wpływa na zdrowie ich mieszkańców (Eiswirth, Hötzl 1997).

Stosunki wodne mogą zmieniać się co prawda na skutek procesów naturalnych, zwykle klimatycznych, lecz są to zjawiska bardzo powolne (Satterthwaite 2008). **Zmiany wywołane antropopresją przebiegają natomiast w sposób bardzo dynamiczny**, szczególnie na obszarach silnie zurbanizowanych (Bartnik 2013). Ocena ich skali jest przy tym bardzo trudna, gdyż przebieg i skutki przemian antropogenicznych są wielotorowe i złożone. Ponadto, nakładają się na istniejące tło procesów naturalnych, które również mogą przebiegać wielokierunkowo (Haman 2008). Znamionym skutkiem oddziaływania antropopresji na stosunki wodne są **zaburzenia i trwałe zmiany reżimu rzeczno-ego** (Brown i in. 2009; Kundzewicz 2011). Są one związane zarówno z przekształceniem terenu zlewni, jej uszczelnieniem i kanalizacją, jak i przebudową koryt rzecznych i den dolinnych, budową zbiorników wodnych i przerzutami wody. Najbardziej spektakularnym efektem tych zmian jest znaczący **wzrost zmienności przepływu wód** w korytach odwadniających obszary zurbanizowane. **Niżówki stają się głębsze i trwają dłużej, wezbrania przebiegają gwałtowniej i są większe**. Zmianie ulega reżim związany z naturalnymi procesami rządzącymi obiegiem wody na danym obszarze, a hydrogram odpływu zaczyna przypominać grzebień o nierównych, powyrywanych zębach (Bartnik, Tomalski 2010).

### **Fizyczno-geograficzne tło obiegu wody w zlewni Sokołówki**

Rzeka Sokołówka jest lewobrzeżnym dopływem Bzury. Uchodzi do niej ok. 350 m poniżej granic administracyjnych Łodzi, nieopodal dawnej wsi Sokołów (stąd nazwa), na wysokości 170 m n.p.m. (Bieżanowski 2003). Jej długość całkowita wynosi 13,355 km, w tym na obszarze Łodzi 13,0 km. Południową granicę zlewni Sokołówki wyznacza dział wodny pierwszego rzędu, który, wyjątkowo na tym łódzkim odcinku, przebiega równoleżnikowo. **Powierzchnia topograficzna zlewni Sokołówki po Sokołowie wynosi 19,113 km<sup>2</sup>** (całkowita powierzchnia zlewni po ujściu do Bzury wynosi 45,9 km<sup>2</sup> – w pracy nie uwzględniono zlewni jedyne go lewostronnego dopływu Sokołówki – Zimnej Wody, odwadniającego tereny o nieco innym charakterze niż rzeka główna). Pod względem administracyjnym **nie mał cały obszar zlewni Sokołówki po Sokołowie znajduje się w granicach miasta Łódź**. Jedyne niewielki jej fragment, o powierzchni 0,263 km<sup>2</sup> położony na wschód od dawnej wsi Sokołów i wcinający się od północy klinem, przynależy do powiatu zgierskiego.

Zlewnia Sokołówki położona jest **w całości w obrębie niecki łódzkiej**, jednostki strukturalnej o charakterze synkinalnym, zbudowanej z utworów kredowych zróżnicowanych wiekowo (Ziomek i in. 2002). Powierzchniowa **budowa geologiczna obszaru zlewni Sokołówki jest w pewien sposób wyjątkowa** (Klatkowa 1981). Zawdzięcza ją występowaniu na powierzchni wyłącznie osadów czwartorzędowych pochodzenia polodowcowego, tworzących zwartą pokrywę osłaniającą starsze skały. Stanowią je równiny denudacji peryglacialnej – zdenudowane wysoczyzny morenowe i równiny akumulacji rzeczno-lodowcowej (Turkowska 2006). Region łódzki był objęty w plejstocenie przez zlodowacenie południowopolskie (nidy, sanu I i sanu II) oraz środkowopolskie (krzny i odry). Jednak najwięk-

sze znaczenie dla ukształtowania współczesnej rzeźby miało zlodowacenie odry i stadiał warty (tj. stadiał pomaksymalny zlodowacenia odry).

Z uwagi na swoje położenie u podnóża Wzniesień Łódzkich, wyznaczających granicę maksymalnego, południowego zasięgu lodowca warciańskiego, zlewnia Sokołówki **charakteryzuje się urozmaiconą rzeźbą**. Rzeka główna wykorzystuje zagłębienie jednej z wielu dolin denudacyjnych na tym obszarze, płynąc łożyskiem dużo węższym od pierwotnego, w kierunku zgodnym z nachyleniem terenu. Cała zlewnia, z uwagi na wydłużony kształt i horyzontalny układ doliny, stanowi swego rodzaju „rynę” wyprowadzającą wodę opadową z zachodnich, dowietrznych skłonów Wzniesień Łódzkich. Średnia wysokość jej obszaru wynosi **209,5 m n.p.m.** przy deniwelacji przekraczającej **80 m**. Spadek samej tylko doliny rzecznej sięga **6 ‰**. Jest on zatem na tyle duży, aby zgodnie z klasyfikacją Klimaszewskiego (2003) zaliczyć Sokołówkę do **cieków o charakterze górskim**.

W celu parametryzacji rzeźby zlewni Sokołówki dokonałem analizy podstawowych atrybutów topograficznych jej obszaru. Posługując się metodami geoinformatycznymi opracowałem **mapę lokalnych spadków powierzchni** a następnie przedstawiłem je w polach 250x250 m (stanowiących jej syntetyczny obraz). Sporządziłem również **mapę ekspozycji stoków**. Oba te opracowania stanowiły podstawę analiz związanych z kierunkiem przemieszczania się wody po stokach (o czym napisałem w dalszej części monografii), czy ilością promieniowania słonecznego wykorzystywanego przez zbiorowiska roślinne (równoleżnikowy układ doliny Sokołówki sprawia, że właściwie wszystkie jej północne zbocza charakteryzują się lepszymi warunkami oświetleniowymi niż południowe, które z kolei mogą być korzystniejsze dla siedlisk roślinnych wymagających większej wilgotności).

**Warunki klimatyczne Łodzi w porównaniu do innych Polskich miast są dość specyficzne**. Lokalizacja na południowo-zachodnim stoku Wzniesień Łódzkich, na dziale wodnym I rzędu, brak zbiornika wodnego lokalnie modyfikującego klimat miasta bądź większej doliny rzecznej stanowiącej naturalny kanał przewietrzający, zwarta i bardzo regularna zabudowa śródmiejska wraz z wyraźnymi kanionami ulicznymi, a także obecność wyspy ciepła wzmagającej konwekcję, decydują o stosunkowo dużej zmienności poszczególnych charakterystyk meteorologicznych. W celu przedstawienia specyfiki obszaru Łodzi, w monografii przytoczyłem w sposób możliwie syntetyczny, **wieloletnią i sezonową zmienność podstawowych parametrów meteorologicznych** mierzonych na stacji Łódź-Lublinek w latach 1904–2014 i opracowaną przez różnych autorów (w różnych horyzontach czasowych), m.in. przez Kłysika i in. 2002, Podstawczyńską 2010 i Siedleckiego 2015.

Z punktu widzenia obiegu wody najistotniejszym zagadnieniem jest jej ilość trafiająca na powierzchnię zlewni topograficznej oraz ta jej część, która z niej paruje. Oba te zagadnienia można określić jako „pionową fazę obiegu wody”, którą z kolei parametryzuje się przy pomocy **klimatycznego bilansu wodnego** (KBW). W przedstawionej do oceny monografii dokonałem przestrzennej i czasowej analizy zmienności KBW i jego składowych na obszarze zlewni Sokołówki w latach 2009–2013. W pierwszym etapie **opracowałem schemat rozkładu średnich opadów na obszarze zlewni**, posługując się w tym celu wynikami opublikowanymi przez Bartnika i Marcinkowskiego (2015), dotyczącymi obszaru całego miasta (przestrzenny rozkład opadów atmosferycznych w Łodzi zmierzonych za pomocą 27 stacji automatycznych w latach 2010–2012 – wcześniej realizowana praca magisterska pod moim kierunkiem). W drugim etapie miesięczne, półroczne i roczne sumy opadów atmosferycznych zanotowane w latach 2009–2013 na dwóch wybranych stacjach pomiarowych rozłożyłem na obszarze zlewni Sokołówki, zgodnie z ustalonym wcześniej schematem w polach 250x250 m (stosując interpolację metodą funkcji sklepanych, tzw. spline). W kolejnym kroku przeliczyłem sumy opadu zmierzonego na **opad skorygowany**, posługując się metodą zaproponowaną przez Jaworskiego (2004). Najwyższe średnie roczne sumy opadów atmosferycznych na obszarze zlewni Sokołówki występowały na obszarach położonych najbli-

żej centrum miasta, najmniejsze – na północno-zachodnich krańcach zlewni. Na cały badany obszar w latach 2009–2013 trafiało **średnio rocznie ok. 594 mm opadów**. Zmienność rocznych sum opadu skorygowanego w poszczególnych zlewniach cząstkowych sięgała 72 mm.

Do scharakteryzowania wielkości parowania z obszaru zlewni Sokołówki **zastosowałem dwie metody**: stosunkowo prostą, opierającą się na danych miesięcznych – szacowania **ewapotranspiracji potencjalnej** (Thorntwaite, Mather 1957) oraz wykorzystującą dane dobowe – **ewapotranspiracji wskaźnikowej** obliczanej metodą Penman’a–Montheith’a (Allen i in. 1998). Średnia roczna suma ewapotranspiracji potencjalnej na obszarze zlewni Sokołówki wynosiła **630,9 mm**, a jej zmienność w poszczególnych polach: od 628,8 do 634,5 mm. Wielkości te są zbliżone do charakterystyk obliczonych przez Wypych i Kowanetza (2017) dla regionu Wielkopolsko-Mazowieckiego.

Nieco inny obraz zróżnicowania przestrzennego sum parowania uzyskałem obliczając **ewapotranspirację wskaźnikową**. W tym celu pierwotnie godzinne charakterystyki meteorologiczne, zmierzone na obu stacjach, uśredniłem do dobowych. Algorytm realizowałem metodą krok-po-kroku korzystając z rozwiązania zaproponowanego przez Zotarelli’ego i in. (2010). Wartości **ewapotranspiracji wskaźnikowej pochodzące z obu stacji pomiarowych układają się współliniowo**. Dobowe sumy przyrastały jednak szybciej w centrum Łodzi. W przypadku gorących letnich dni różnica sum pomiędzy Łodzią i Zgierzem sięgała średnio 0,3 mm. W przypadku sum miesięcznych przeciętnie różnice te wynosiły już ok. 6 mm, zaś np. w całym 2009 r. urosły do 46 mm.

Następnym krokiem było przeprowadzenie interpolacji sum ewapotranspiracji wskaźnikowej na terenie zlewni Sokołówki na podstawie wielkości obliczonych dla obu stacji. Wyznaczona średnia suma ewapotranspiracji wskaźnikowej w latach 2009–2013 dla okresu wegetacyjnego (IV-IX) **wynosiła w zlewni Sokołówki 579,9 mm**. Była zatem wyższa od średniej sumy obliczonej przez Łabędzkiego i in. (2012) dla Poznania i lat 1970–2004. Obliczone przeze mnie miesięczne sumy parowania wskaźnikowego cechują się **wyraźną sezonowością** uzależnioną od sezonowej zmienności charakterystyk klimatycznych.

Z punktu widzenia analiz hydroklimatycznych najbardziej pożądaną charakterystyką dotyczącą strat wody z obszaru zlewni jest tzw. **parowanie terenowe** (Jaworski 1968). W prezentowanej monografii wykorzystałem **stosunkowo nową**, do tej pory w Polsce nie stosowaną, **uproszczoną metodę wykorzystującą ewapotranspirację potencjalną** i tzw. **współczynnik pokrycia terenu** (Amato i in., 2006). Uzależnia on wielkość parowania terenowego od rodzaju pokrycia terenu i typu gleby. W celu ustalenia jego wielkości w zlewni Sokołówki wykorzystałem aktualną (2013 r.) mapę użytkowania terenu sporządzoną na podstawie **Bazy Danych Obiektów Topograficznych w skali 1:10 tys.** oraz mapę litologii powierzchni opracowaną przeze mnie na podstawie mapy geologicznej. Obliczenie **ewapotranspiracji rzeczywistej** w zlewni Sokołówki polegało na wymnożeniu obliczonych sum ewapotranspiracji potencjalnej w każdym polu podstawowym przez określony dla każdego z nich współczynnik pokrycia terenu. Obliczona w ten sposób **średnia roczna suma parowania terenowego na obszarze zlewni wynosiła 408,6 mm**. Jest to mniej niż średnia dla Polski obliczona przez Szkutnicką (1986) metodą Konstantinowa (od ok. 440 do 540 mm), ale w granicach ustalonych przez Jaworskiego (1968) metodą bilansu wodnego (od 400 do 450 na Nizinach Środkowopolskich). Podobne wyniki uzyskała także Gutry-Korycka (1978) posługując się metodą bilansu wodnego i opadów skorygowanych. Sumy parowania terenowego w poszczególnych polach podstawowych zlewni Sokołówki cechowało znaczne zróżnicowanie. Największe różnice wystąpiły w 2012 r. (340 mm), najmniejsze (304 mm) w 2010 r.

Obliczone wielkości parowania terenowego charakteryzowały się też wyraźnym zróżnicowaniem sezonowym. Największe występowały w lipcu (ponad 71 mm), najmniejsze zaś w miesiącach zimowych). W okresie wegetacyjnym (IV-IX) **suma parowania terenowego w latach 2009–2013 wynosiła**



średnio niespełna 342 mm. W całym tym półroczu daje to objętość ok. 6,5 mln m<sup>3</sup>, co odpowiada ciągłemu natężeniu przepływu przekraczającemu 410 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. W ciągu całego roku objętość ta wynosi ok. 7,8 mln m<sup>3</sup>, a natężenie prawie 250 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Warto zwrócić uwagę, że **jeżeliby obszary zurbanizowane zastąpić terenami zadrzewionymi teoretyczna suma średniego parowania terenowego na obszarze zlewni Sokołówki zmalałaby o ponad 30 %, co odpowiadałoby teoretycznemu wzrostowi odpływu z tego obszaru o około 77 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>.**

Dzięki obliczeniu obu podstawowych składowych w następnym kroku możliwe już było określenie **klimatycznego bilansu wodnego (KBW)**. Zwykle w tym celu korzysta się z ewapotranspiracji potencjalnej głównie z uwagi na łatwość jej obliczenia. Uzyskane w ten sposób wyniki w znacznym stopniu różnią się jednak od tych z zastosowaniem ewapotranspiracji wskaźnikowej. Ta ostatnia charakterystyka właściwie odzwierciedla lokalne warunki klimatyczne i jest lepiej uzasadniona fizycznie. Wielkość standardowo skonstruowanego KBW uzależniona jest jedynie od temperatury powietrza i opadów. Z tego względu jest on mało zmienny w przestrzeni i nie nadaje się do określania zróżnicowania warunków hydroklimatycznych na niewielkich obszarach. Dlatego w mojej pracy posłużył on jedynie celom porównawczym.

Przeciętnie **różnice KBW w poszczególnych polach podstawowych zlewni Sokołówki sięgają aż 300 mm**. Najbardziej deficytowe są obszary położone w południowej jej części, zwłaszcza przemysłowe i gęsto zabudowane. Największymi wartościami KBW cechują się tereny leśne położone w północnej części zlewni oraz obszary zadrzewione wzdłuż dolnego biegu rzeki. Efektem tak znacznego zróżnicowania przestrzennego KBW było **zróżnicowanie ilości wody trafiającej na powierzchnię w poszczególnych częściach zlewni**. Stosunkowo najwięcej wody w przeliczeniu na km<sup>2</sup> docierało do Sokołówki w górnej części jej zlewni. Mniej wody doptywało do rzek w częściach najsilniej zurbanizowanych. W dolnej części zlewni, ilość wody trafiająca na powierzchnię ponownie rosła. Uzyskane w ten sposób wyniki pod względem ilościowym **są zbliżone do pochodzących z bezpośrednich pomiarów natężenia przepływu Sokołówki**, co wskazuje na poprawność zastosowanej metody.

Średni odpływ jednostkowy Sokołówki według różnych wcześniejszych opracowań (Projekt generalny... 2003, Jokiel, Maksymiuk 2002) był szacowany na 5–6 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>. Jednakże ciągłe pomiary natężenia przepływu prowadzone przeze mnie **za pomocą przepływomierza dopplerowskiego f-y ISCO** w latach 2009–2015 w przekroju Sokołów wykazały, że w rzeczywistości jest on znacznie mniejszy – zaledwie **3,88 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>**. Jedynie w 2011 r. przekroczył on 5 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>. W czasie wezbrań maksymalnie dochodził do 15,7 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>. Jeszcze mniejszy odpływ zarejestrowano w górnej części zlewni – średnio tylko 2 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>, lecz w czasie wezbrań wzrastał tu do ponad 240 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>.

Istniejąca obecnie sieć rzeczna Sokołówki **została niemal całkowicie przekształcona przez człowieka**. Mediana odległości do cieków na obszarze zlewni wynosi niespełna 350 m. Pierwotna sieć rzeczna miała z pewnością znacznie większą gęstość. Aby określić **potencjalny przebieg linii spływów wody, jakie mogą formować się na obszarze zlewni zastosowałem ponownie techniki GIS**. W tym celu wykorzystałem wspomniany wcześniej Numeryczny Model Terenu i korzystając z właściwych algorytmów ustaliłem **kierunek spływu wody po powierzchni**. Jest on pochodną spadku i ekspozycji powierzchni. W efekcie kolejnych przeliczeń uzyskałem tzw. **linie akumulacji spływów wody** (Wilson, Gallant 2000). Zastosowana procedura bazowała jednak na współczesnym modelu ukształtowania powierzchni ziemi, w znacznym stopniu przekształconym przez człowieka i nie uwzględniała istniejącej już sieci kanalizacji deszczowej. Ukazuje więc czysto teoretyczny obraz sieci rzecznej, który mógłby istnieć przy założeniu słabej przepuszczalności podłoża, braku sztucznych kanałów odwodnieniowych i pokrycia terenu oraz wysokich i bliżej nieokreślonych opadów.

Utworzony **model ma wyraźny układ pierzasty**. Można przyjąć, że pierwotna sieć rzeczna również taki miała. Świadczy o tym bardzo wydłużona, głęboko wcięta dolina rzeczna i krótkie jej zbocza, po których woda spływała szybko, tworząc stosunkowo krótkie dopływy. Takie małe cieki, odwadniające niewielkie zlewnie, bardzo szybko zanikały na skutek zabudowy ich powierzchni. Łączna długość utworzonych i przedstawionych tu hipotetycznych linii akumulacji spływu wynosi **ponad 245 km**. Istniejące obecnie cieki stałe (Sokołówka i Brzoza) mają wśród nich jedynie **6 % udziału**. Obecna gęstość cieków stałych w zlewni Sokołówki po Sokołów wynosi **ok. 0,78 km·km<sup>-2</sup>**.

Sporządzona przeze mnie na podstawie ortofotomapy inwentaryzacja **zbiorników wodnych** w zlewni Sokołówki wykazała istnienie obecnie **62 obiektów**. Łącznie zajmują one 12,69 ha powierzchni. Największą gęstością zbiorników wodnych charakteryzują się tereny o zachowanej funkcji rolniczej i płytko występującym zwierciadle wód podziemnych zasilających je przez cały rok. W górnej części zlewni lokalnie przekracza ona liczbę 6 zbiorników na 1 km<sup>2</sup>. W okolicach Sokołowa wskaźnik ten przekracza 4,5. Największe znaczenie dla reżimu rzek oraz jakości płynących nimi wody mają zbiorniki przepływowe. Na Sokołowce istnieje ich obecnie 7. W maju 2011 r. oddano w użytkowanie przebudowany, położony lateralnie zbiornik-osadnik „Folwarczna”. Przebudowa miała ma celu poprawę sprawności osadnika w zakresie redukcji związków biogenych (Kujawa i in. 2010). Jej koncepcja powstała w Europejskim Regionalnym Centrum Ekohydrologii w Łodzi. W efekcie powstał tzw. **zbiornik biofiltracyjny** (lub biofiltr), stanowiący główną część tzw. systemu SSBS (The Sokolowka Sequential Biofiltration System), którego zadaniem jest przechwytywanie części wód rzecznych i redukcja ładunku zanieczyszczeń (Negussie i in. 2012). Składa się on z 3 stref funkcjonalnych: górnej o hydrodynamicznie zintensyfikowanej sedymentacji, środkowej – intensywnych procesów biogeochemicznych i dolnej – intensywnej biofiltracji. Wpływ biofiltru oraz zbiorników przepływowych na jakość wód rzecznych omówiłem w rozdziale 5.

W ramach rozpoznania wód podziemnych w zlewni Sokołówki, na podstawie danych archiwalnych f-y POLGEOL oraz badań i pomiarów własnych w dolinach rzek, **opracowałem mapę hydrogeologiczną przedstawiającą główny poziom użytkowy w utworach czwartorzędowych** wraz z przebiegiem hydroizohips swobodnego zwierciadła wód podziemnych. Na podstawie badań prowadzonych pod moim kierunkiem (praca magisterska) opracowałem także mapy stanu wykorzystana wód podziemnych (zarówno ujęcia komunalne jak i prywatne) oraz jakości wód głównego poziomu użytkowego. **Na przełomie lipca i sierpnia 2007 zlokalizowano na obszarze zlewni 439 punktów poboru wód podziemnych (zarówno czynnych jak i nieczynnych)**. Spośród nich 303 stanowią studnie kopane, ujmujące głównie wody gruntowe. Wybudowane zostały przed pojawieniem się sieci wodociągowej. Są to więc studnie stare liczące 50 i więcej lat. Pozostałe 136 ujęć to studnie wiercone. Większość z nich stanowi własność prywatną. Koncentrują się one na osiedlach Radogoszcz i Pabianka. Na terenie zlewni w 2007 r. istniały też 44 ujęcia publiczne. Ich liczba jednak z roku na rok spadała. Występują one tylko w środkowej, najsilniej zurbanizowanej części zlewni. W trakcie kartowania dokonano pomiaru głębokości występowania zwierciadła wód podziemnych i parametrów fizyko-chemicznych wody w 100 dostępnych studniach kopanych.

W trakcie **pomiarów głębokości występowania zwierciadła wód podziemnych** w dolinie Sokołówki zidentyfikowałem strefę, w której kształtuje się ono w sposób zbliżony do naturalnego (Bartnik, Tomalski, 2012). Obejmuje ona dolną, stosunkowo słabo przekształconą część zlewni. W górnej, wykonywane świdrem ręcznym czterometrowe odwierty nie pozwoliły na ustalenie rzeczywistej głębokości położenia zwierciadła wód gruntowych. Według danych f-y POLGEOL, występuje tu ono na głębokości dochodzącej do 10 m p.p.t., a płynąca strużką Sokołówka zawdzięcza swoje istnienie izolacji koryta rzeczne przez gliny zwałowe. **W środkowej części zlewni** (w górnej części istniejącego tu

parku) **stwierdziłem występowanie quazi-naturalnego kontaktu wód podziemnych z rzecznymi**. Jednak niżej w tym samym parku, znajdujące się zbiorniki pełnią już funkcję nawadniającą w stosunku do doliny. Poniżej parku i kaskady stawów na odcinku Sokołówki, którego „renaturyzację” planowano w ramach projektu SWITCH, **stwierdziłem istnienie strefy nieciągłości zwierciadła wód podziemnych** (m.in. dlatego planowane rozszczelnienie koryta rzeki i utworzenie w tej strefie sztucznego meandru nie było możliwe). Związki wód podziemnych z powierzchniowymi są tu silnie zakłócone przez antropopresję. Drenowane jest tu bowiem tylko dno doliny. W miarę oddalania się od cieków ruch wody podziemnej odbywa się w kierunku przeciwnym do niego, w stronę głębszych stref położonych pod silnie przekształconymi i uszczelnionymi częściami miasta.

Analizę **sezonowej i wieloletniej zmienności położenia zwierciadła wód podziemnych** w dolinie Sokołówki dokonałem w oparciu o niemal **4-letnie ciągi obserwacji** prowadzonych przeze mnie studni i piezometrach znajdujących się w dwóch rejonach zlewni: silnie przekształconej części środkowej (w sąsiedztwie stawów) oraz w słabiej przekształconej, położonej w rejonie międzyrzecza Sokołówki i Brzozy. Sezonowe wahania poziomu zwierciadła wód gruntowych w mniej przekształconej przez działalność człowieka części zlewni są quazi-naturalne. W obszarach o silniejszej antropopresji widoczne są już ich modyfikacje polegające na pojawieniu się **wtórnie maksimum związanego głównie z roztopami śródziemnymi**. Sytuacja taka jest w warunkach naturalnych charakterystyczna raczej dla zachodniej części Polski (Chetmicki 1991). W większości analizowanych serii pomiarów głębokości zwierciadła wód podziemnych **nie stwierdziłem występowania istotnych statystycznie tendencji**. Jedynie w piezometrze położonym na stoku doliny i niemającym najprawdopodobniej związku z wodami dna doliny, zaobserwowałem znaczący, sukcesywny wzrost stanów wody.

W celu określenia **wpływu ekspozycji zwierciadła wody na kształtowanie się cech fizykochemicznych wód** w maju i wrześniu 2010 r. przeprowadziłem wzdłuż koryt Sokołówki i Brzozy pomiary widoczności widnokregu. Zastosowałem tu metodę **lidaru optycznego** stosowaną wcześniej z powodzeniem w Stanach Zjednoczonych (King County 2005). W tym celu wykorzystałem aparat fotograficzny z obiektywem typu „rybie oko”, pokrywającym całą 180 stopniową półsferę. Uzyskane obrazy poddałem cyfrowej obróbce z wykorzystaniem programu komputerowego BMSky-View (Rzepa i in. 2006), otrzymując **wskaźnik SVF (Sky View Factor)**. Określa on w skali od 0 do 1, jaka część nieba jest widoczna z danego punktu.

Wskaźnik SVF obliczony na podstawie fotografii wykonanych w maju 2010 r. w korycie Sokołówki wynosił od 0,13 do 0,84 (średnio 0,51). Był on stosunkowo duży i wynikał ze znacznie zubożonej struktury roślinności brzegowej wzdłuż umocnionego i wybetonowanego koryta oraz małego udziału zwartych zadrzewień w dnie doliny na obszarze miasta. Nieco większe jego zróżnicowanie zanotowano we wrześniu 2010 r. – od 0,15 do 0,93 (przeciętnie 0,44). **W porównaniu z pomiarami z maja, stopień odsłonięcia nieba zmniejszył się średnio o 7,3 %** (maksimum widoczności związane było z odcinkiem Brzozy wzdłuż którego dokonano wycinki roślinności brzegowej). To niewielkie przeciętne pogorszenie warunków świetlnych w trakcie sezonu wegetacyjnego związane było z rozwojem roślin i wzrostem powierzchni liści (Bartnik, Moniewski 2011).

Rzeka Sokołówka jest ważnym elementem krajobrazu Łodzi. Jej dolina, jako jeden z nielicznych fragmentów miasta, **nie została tak silnie przekształcona jak obszary ją otaczające**. Wraz z pozostałymi elementami środowiska przyrodniczego tworzy wokół siebie wyjątkową przestrzeń ekologiczną. Posiada, jak na tak małą rzekę, **wyjątkowe walory przyrodnicze i wielki potencjał ekologiczny**. Te walory znalazły odzwierciedlenie w objęciu zlewni Sokołówki różnymi formami ochrony przyrody. Szczególnie cenne przyrodniczo obszary i obiekty położone na obszarze ograniczonym działem wodnym Sokołówki, zajmują łącznie (z pominięciem pomników przyrody), **powierzchnię 2,89 km<sup>2</sup>, co**

**stanowi 15,1 % zlewni.** Najwyższy status ma obszar położony w północnej części zlewni, należący do Parku Krajobrazowego Wzniesień Łódzkich oraz jego otuliny. Jedną z najnowszych form obszarowej ochrony przyrody jest ustanowiony w 2010 r. Zespół Przyrodniczo-krajobrazowy „Dolina Sokołówki”. W tym samym roku powołano również, użytek ekologiczny „Olsy na Żabieńcu”, zaś rok wcześniej utworzono dwa inne użytki ekologiczne: płat łągu olszowo-jesionowego w źródłowym biegu Brzozy, położony w pobliżu „Błota Rokitówka” i obszar higrofilnych lasów znajdujących się w międzyrzeczu Sokołówki i Brzozy. Wszystkie tereny objęte ochroną mają na celu zachowanie różnorodności biologicznej doliny Sokołówki i Brzozy.

W zlewni Sokołówki istnieje kilka miejsc w znaczny sposób **zaburzających kontinuum rzeczne**. Są to głównie ciągi komunikacyjne związane z funkcjonowaniem obu linii kolejowych oraz ciągi drogowo-pieszne. Powyżej ulicy Deczyńskiego dno doliny zostało całkowicie zabudowane, a koryto rzeki niknie w kanale krytym. Mimo to, na odcinkach pomiędzy południkowo przebiegającymi arteriami ciągle jeszcze istnieją wyraźne korytarze ekologiczne, którym dolina Sokołówki zawdzięcza swój unikalny charakter.

Istnienie ciągłości rzeki oraz stopnia jej morfologicznego przekształcenia legło u podstaw koncepcji **oceny jakości hydromorfologicznej rzek**. W zlewni Sokołówki ocenę stanu hydromorfologicznego przeprowadzono w maju 2009 r. (w ramach pracy magisterskiej realizowanej pod moim kierunkiem). Wyznaczono **osiem 500. metrowych odcinków**, dla których przeprowadzono badania surveyowe, a następnie obliczono dwa syntetyczne indeksy: wskaźnik naturalności siedliska (*Habitat Quality Assessment – HQA*) oraz wskaźnik przekształcenia siedliska (*Habitat Modification Score – HMS*; Raven i in. 1998). Analiza wielkości **indeksu HQA** wzdłuż biegu cieku **nie wykazała istnienia statystycznie istotnej zależności**. Oznacza to, że jakość siedliskowa nie wzrasta istotnie wraz z oddalaniem się od centrum miasta, co częściowo tłumaczy brak związków tego parametru z użytkowaniem terenu, które na obrzeżach miasta jest zdecydowanie bardziej ekstensywne. Natomiast, w przypadku **indeksu HMS jego wartości maleją z biegiem rzeki** w sposób istotny statystycznie. Świadczy to o silnej zależności wielkości indeksu HMS od odległości biegu rzeki od obszarów najsilniej przekształconych antropogenicznie, znajdujących się w centrum miasta. Za zaobserwowaną podczas analiz poprawę oceny stanu hydromorfologicznego Sokołówki na obrzeżach Łodzi odpowiada w istotny sposób spadek modyfikacji rzeki, a nie wzrost jej atrakcyjności siedliskowej.

### **Antropogeniczne przemiany środowiska przyrodniczego zlewni Sokołówki**

Prowadząc badania naukowe w miastach, często nie zdajemy sobie sprawy jak bardzo współczesna przestrzeń geograficzna **różni się od jej stanu pierwotnego**. W środkowej Europie, ingerencja człowieka była stopniowa. Przemiany następowały zarówno powoli, jak i skokami. Dzisiejszy układ sieci rzecznej na obszarach miast jest szczątkowy (Kaniecki 2013). Dlatego, omawiając zmiany obiegu wody nie sposób pominąć kwestii dotyczących zakresu, sposobu i historii przemian jakim podlegało środowisko naturalne danego obszaru. Ponadto, warto zwrócić uwagę na zapis w pierwszym punkcie wstępu Ramowej Dyrektywy Wodnej Unii Europejskiej, który brzmi: „*Woda nie jest produktem handlowym, takim jak każdy inny, ale raczej dziedzicznym dobrem, które musi być chronione, bronię i traktowane jako takie*”. Wspomnianym w niej „**dziedzicznym dobrem**” są przecież wszystkie cieki i zbiorniki wodne, także takie które zostały zmienione lub wręcz utworzone przez minione pokolenia – niektóre przed wiekami, niektóre za naszego życia (Łoś 2009). Możemy je traktować w kategoriach użyteczności lub estetycznych ale powinniśmy je także postrzegać jako **objaw ciągłości historycznej, materialnego związku pokoleń**. W każdym wypadku są one inne, bo inaczej toczyły się dzieje danej miejscowości, odmienne były potrzeby społeczne i warunki przyrodnicze.

Z tego względu pierwszą, obszerną część rozdziału 3 prezentowanej monografii poświęciłem **historii przemian obszaru zlewni Sokołówki poczynając od prehistorii na współczesności kończąc**. Jej opracowanie poprzedziłem ponad 4-letnim okresem studiów tego zagadnienia. Wykorzystałem wszystkie dostępne mi materiały w tym opracowania naukowe, archiwalia, dokumentacje, stare mapy itp. poświęcone nie tylko geografii ale także historii i archeologii regionu. W tej części pracy zamieściłem także **samodzielnie skonstruowane mapy rekonstrukcyjne** obszaru zlewni w okresie przedprzemysłowym, na początku XIX w., w czasie II WŚ i na początku lat 80-tych XX w. przedstawiające w sposób syntetyczny niektóre z poruszanych w tej części zagadnień.

Obecny, **mozaikowy** obraz zagospodarowania zlewni Sokołówki jest wynikiem wielowiekowych przemian społeczno-gospodarczych tego terenu. Można się tu jednak doszukać pewnych **prawidłowości w strukturze pokrycia** terenu zlewni Sokołówki. Względnie wyraźnie wyróżniają się **trzy części różniące się dominującym typem i charakterem pokrycia terenu**. Granice pomiędzy nimi wyznacza przebieg linii kolejowych. Środkowa część zlewni jest najsilniej zurbanizowana i zróżnicowana pod względem struktury pokrycia terenu. Dominują tu tereny zabudowy jednorodzinnej i blokowej. Południowo-zachodnią jego część stanowią zwarte tereny przemysłowo-magazynowe. Wschodnia część zlewni to tereny przejściowe między zabudową miejską a wiejską, zaś skrajnie wschodni rejon zachował swój podmiejski charakter. Największy obszar zajmują obecnie różne formy zabudowy mieszkaniowej zarówno jednorodzinnej, jak i wielorodzinnej, które łącznie stanowią ponad 30 % powierzchni. Wraz z innymi formami zabudowy (przemysłowej, komunikacyjnej, usługowej) udział ten sięga 40 %. Stosunkowo duży odsetek powierzchni stanowią nadal tereny leśne i zadrzewione – prawie 20 %. W dolnej części zlewni dominują obszary wykorzystywane rolniczo, które stanowią łącznie do 32 %.

W dalszej części rozdziału omówiłem **rozmieszczenie i gęstość poszczególnych form użytkowania powierzchni zlewni**: gruntów ornych, powierzchni leśnych i zadrzewionych oraz dróg. Posługiwałem się w tym celu utworzonymi w **systemie GIS mapami**. Dokonałem także obliczeń i analizy rozmieszczenia terenów **uszczelnionych** (nieprzepuszczalnych), posługując się uznanym na świecie **współczynnikiem CN** (SCS 1986). Jego mapy skonstruowałem dla lat: **1804, 1830, 1981 i 2009** (na podstawie wcześniej opracowanych map rekonstrukcyjnych), co umożliwiło prześledzenie zmian stopnia uszczelnienia powierzchni zlewni na przestrzeni lat.

Przedstawiłem także krótką charakterystykę **struktury funkcjonalnej obszaru zlewni**. W tym celu wykorzystałem niepublikowane wyniki badań prowadzonych w 2009 r. w dolinie Sokołówki, dotyczących obecności i udziału instytucji reprezentujących różne branże działalności gospodarczej. Na podstawie danych ZWiK w Łodzi opracowałem również **mapy gęstości sieci kanalizacji rozdzielczej i ogólnospławnej oraz wodociągowej**, zaś na podstawie zasięgu kanalizacji deszczowej ustaliłem rzeczywiste granice obszaru odwadnianego przez Sokołówkę (18,85 km<sup>2</sup>) – zagadnienie niezgodności działów wodnych i granic zlewni kanalizacyjnych.

W celu sparametryzowania stopnia antropogenicznego przekształcenia obszaru zlewni zastosowałem **wskaźnik stabilności obszarowej zlewni zurbanizowanej** (Rohon 1980) oraz **zapropnowałem modyfikację jego odmiany stosowanej w Polsce** (Gutry-Korycka 2003, Ciupa 2009). Przywraca ona pierwotne możliwości porównywania obszarów o różnym stopniu przekształcenia ale uwzględnia też parametryzację zmian wynikających z rozcięcia terenu przewodami rurowymi. Prezentowana metoda pozwala w sposób syntetyczny sparametryzować zarówno pokrycie terenu, jego rzeźbę, gęstość sieci drogowej i uzbrojenie w sieć wodno-kanalizacyjną.

W ostatniej części rozdziału, **dokonałem porównania wielkości i zróżnicowania wskaźnika stabilności obszarowej zlewni Sokołówki** za pomocą pierwotnej metody Rohona, modyfikacji przedstawionej przez Gutry-Korycką oraz własnej, uwzględniającej drenaż siecią wodociągowo-kanalizacyjną. Śred-

nie wskaźniki obliczone dla całej zlewni Sokołówki i jej zlewni cząstkowych otrzymane trzema metodami, generalnie **zachowują relacje między sobą**, co oznacza że w przybliżeniu pokazują to samo. Porównując jednak rozkład ich wielkości w polach podstawowych Sokołówki, zwraca uwagę różnica pomiędzy rozwiązaniem uzyskanym metodą Gutry-Koryckiej a pozostałymi (wskaźniki obliczone metodą Gutry-Koryckiej dla poszczególnych pól podstawowych zlewni są albo wielokrotnie większe albo równe zero). Wynika to z wymnożenia głównej części równania przez wprowadzony przez autorkę współczynnik drenażu przewodami rurowymi. W przypadku obliczania wielkości wskaźnika stabilności dla całej zlewni, fakt ten nie ma znaczenia. Staje się istotny, w przypadku konieczności rozłożenia jego wielkości na obszarze zlewni. Z tego względu **modyfikacja zaproponowana przeze mnie lepiej nadaje się do parametryzacji stopnia antropogenicznego przekształcenia małych obszarów lub części zlewni**, umożliwiając tym samym dynamiczną dyskretyzację tego parametru w przestrzeni. Być może w tej formie znajdzie zastosowanie **w modelach hydrologicznych o parametrach rozłożonych w przestrzeni**.

### Odptyw rzeczny w zlewni Sokołówki

**Proces odptywu** w zlewniach zurbanizowanych **jest bardziej dynamiczny** niż w zlewniach mało przekształconych przez człowieka, bowiem transformacja opadu w odptyw następuje w nich dużo szybciej (Klöcking, Haberlandt 2002). Wzrost dynamiki przepływów w małych ciekach miejskich zasadniczo wynika z dwóch przyczyn. Po pierwsze – umocnienie dna i brzegów koryta rzeczno-betonem powoduje niemal całkowite odcięcie cieków od zasilania podziemnego, wskutek czego obniżeniu ulegają przepływy niskie (Bridge 2009). Z drugiej strony, przebudowa koryt cieków miejskich ma na celu przystosowanie ich do epizodycznego odprowadzania wód z systemu kanalizacji deszczowej. Małe cieków muszą bowiem odbierać wodę z rozległych terenów nieprzepuszczalnych, których powierzchnia przyrasta w miarę rozwoju przestrzennego miasta lub nasilenia innych procesów urbanizacyjnych (Gregory 2006).

W celu oceny wieloletnich zmian odptywu Sokołówki wykorzystałem **trzy pięcioletnie serie pomiarów natężenia przepływu z lat 1958–1962, 1971–1975 i 2009–2013**. Od końca lat 50. do połowy 70. funkcjonował na Sokołówce wodowskaz IMGW zlokalizowany poniżej ujścia do niej Zimnej Wody. Pomiarów te są obecnie dobrym materiałem porównawczym dla oceny zmian reżimu rzeczno. Współczesną serię pomiarów dostosowałem do archiwalnych **za pomocą związku korelacyjnego** ( $\alpha=0,05$ ,  $R^2=0,98$ ) codwutygodniowych młynkowych pomiarów natężenia przepływu, wykonywanych przeze mnie w dawnym przekroju obserwacyjnym z przepływami rejestrowanymi powyżej ujścia Zimnej Wody do Sokołówki, za pomocą przepływomierza ISCO (o 6 UTC).

Wszystkie pięciolecia cechowała **duża zmienność odptywu**. Lata 1958–1962 charakteryzowały się względnie **największym odptywem zarówno średnim** ( $0,481 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), jak i wartościami skrajnymi ( $\max - 0,605$ ,  $\min - 0,401 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) spośród badanych okresów. W pięcioleciu 1971–1975 obserwowano już znacznie mniejsze średnie natężenie przepływu ( $0,221 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), zaś współczynnik jego zmienności wzrósł niemal do 0,4. Hydrogram przepływu przybrał wówczas charakterystyczny dla zlewni zurbanizowanych **„zębaty” kształt**. W końcu lat 60. i 70. tereny środkowej części zlewni Sokołówki podlegały bardzo silnemu przekształceniu. Powstało duże osiedle mieszkaniowe „Teofilów” oraz rozległe tereny przemysłowe położone na północ od niego, z których ścieki burzowe zaczęto odprowadzać bezpośrednio do koryta rzeki. To właśnie wówczas Sokołówka została włączona w sieć kanalizacji burzowej Łodzi. Okres współczesny cechuje się jeszcze mniejszym przepływem średnim ( $0,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) i znacznie większym współczynnikiem jego zmienności przekraczającym 0,8.

**Empiryczny rozkład częstości natężenia przepływu** Sokołówki w pierwszym z badanych pięcioleci wyraźnie różni się od pozostałych. Cechuje go najmniejsza asymetria i kurtoza. Maksimum w

tym okresie uzyskuje natomiast współczynnik autokorelacji, co świadczy o **silnej bezwładności odpływu**. Ta z kolei wynika z istnienia w pierwszym pięcioleciu związku hydraulicznego wód rzecznych z wodami podziemnymi. Podobieństwo rozkładów częstości natężenia przepływu Sokołówki w następnych okresach badawczych (w latach 70. i współcześnie) wskazuje na to, że **mimo budowy kolejnych zbiorników przepływowych na rzece** (także tych związanych z projektem SWITCH) **antropogeniczny reżim rzeki nie zmienił się w sposób zasadniczy**. Świadczy też o **większym znaczeniu przekształceń terenu zlewni** (zabudowa, uszczelnienie, kanalizacja deszczowa), **niż działań w obrębie samej doliny rzeki i jej koryta**.

Do rozpoznania **dynamiki krótkookresowej przepływu rzeczego Sokołówki** zastosowałem szeregi pomiarów natężenia przepływu o kroku piętnastominutowym (lata 2009–2015) pochodzące z dwóch **przepływomierzy** firmy Teledyne ISCO wykorzystujących efekt Dopplera (Szejba i in. 2009). Posterunek Folwarczna zamykał zlewnię o charakterze typowo miejskim, drugi – Sokołów, cały omawiany w pracy obszar (więc również obszary wiejskie).

Przeprowadzona analiza porównawcza obu szeregów **wyazała dużą zmienność natężenia przepływu związaną z funkcjonowaniem w zlewni kanalizacji deszczowej**. Terminy wystąpienia maksymalnych natężeń przepływu, w obu przekrojach pomiarowych, nie były zgodne. Wśród wartości natężenia przepływu zarejestrowanych w obu przekrojach pomiarowych przeważają mniejsze od średniej. Skutkuje to wyraźną **prawostronną asymetrią ciągów przepływu**, szczególnie silną na posterunku Folwarczna. Poza obecnością w tej części zlewni kanalizacji deszczowej głównym czynnikiem decydującym o tak silnej skośności jest brak, lub tylko **okresowe kontakty wód rzecznych z podziemnymi**.

**Szeregi piętnastominutowych pomiarów natężenia przepływu** zarejestrowanych na posterunkach Sokołów i Folwarczna w latach 2009–2015 przeliczyłem **na ciągi różnic pomiędzy kolejnymi ich wyrazami**. Uzyskałem w ten sposób **szeregi zmian natężenia przepływu** z pomiaru na pomiar, które poddałem dalszej analizie. Obliczone w następnym kroku podstawowe charakterystyki statystyczne dowodzą, że górny odcinek Sokołówki, odprowadzający wody z małej, ale silnie zurbanizowanej części zlewni, **funkcjonuje bardzo podobnie do cieków górskich**. Potoki takie odwadniają mało zasobne, cienkie pokrywy zwietrzelinowe położone na słabo przepuszczalnych skałach z gęstą siecią strug o epizodycznym przepływie. Pogląd o takim zachowaniu małych cieków na obszarach silnie zurbanizowanych jest często przytaczany (Smith, Ward 1998; Marsalek i in. 2008; Bartnik, Jokiel 2012).

Na podstawie rozrzutu 15-minutowych wzrostów i spadków natężenia przepływu dla obu przekrojów wyznaczyłem też **ekstrema chwilowe**. Zależność między początkowym natężeniem przepływu, a jego maksymalnym wzrostem lub spadkiem opisałem **za pomocą równań wycinków funkcji „obwiedni”**, podobnych do wykorzystywanych do określania maksymalnych zmian wypełnienia poziomów wodonośnych i wydajności źródeł (Sawicki 1986; Jokiel, Tomalski 2009) czy zależności pomiędzy maksymalnym przepływem rzeki a powierzchnią zlewni (Rodier, Roche 1984; Bartnik, Jokiel 2012). Opracowane w ten sposób krzywe maksymalnego wzrostu i spadku natężenia przepływu mogą znaleźć zastosowanie **przy projektowaniu lub przebudowie urządzeń hydrotechnicznych**, w tym zbiorników przeciwpowodziowych i koryt rzecznych.

W dalszej części rozdziału dla obu posterunków obliczyłem **przepływy charakterystyczne** oraz dokonałem analizy **ich rozkładów empirycznych**. Do miesięcznych przepływów charakterystycznych Sokołówki dopasowałem także, za pomocą metody największej wiarygodności, **funkcje rozkładów Pearsońa typu III**. Tezę o ich dopasowaniu zweryfikowałem za pomocą testu  $\chi^2$ . Na tej podstawie obliczyłem **kwantyle rozkładów** i ich parametry. Mają one znaczenie teoretyczne i mogą znaleźć zastosowanie podczas wykonywania różnego rodzaju projektów hydrotechnicznych. Np. zgodnie z tymi

obliczeniami **teoretyczny, prawdopodobny, maksymalny miesięczny przepływ** Sokołówki w przekroju Sokołów może w przeciągu 83 lat **przekroczyć  $3,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** .

W kolejnym kroku przeanalizowałem **rozkłady empiryczne średnich przepływów dobowych Sokołówki w poszczególnych miesiącach**. Wszystkie one charakteryzowały się **dodatnią asymetrią**, jednakże o wyraźnym zróżnicowaniu sezonowym. Najsilniejsza skośność cechowała miesiące półroczna chłodnego i czerwece, kiedy to rozkład był bimodalny. Ten typ zróżnicowania wielkości wykształcił się na skutek „dwubiegunowości” zjawisk higrycznych w czerwcach okresu 2009–2015. Obliczone przeze mnie **metodą Markhama** indeksy sezonowości wykazały, że pora koncentracji odpływu Sokołówki w przekroju Folwarczna (górną część zlewni) **przesuwała się** stopniowo od września do marca, zaś w przypadku Sokołowa układała się w **sinusoidę** o 6 letnim okresie. Indeksy sezonowości obliczone dla posterunku Folwarczna były zdecydowanie większe od tych uzyskanych dla Sokołowa. Wynika to z podporządkowania tej **zlewni kanalizacji deszczowej**, która największe ilości wody odprowadza w sezonie letnim, gdy występują największe opady.

Pozostałą część rozdziału poświęciłem **wezbraniom**, jako że to właśnie one w znacznym stopniu wyróżniają zlewnie miejskie od słabo zurbanizowanych. Zaprezentowałem przebieg kilku z nich o **różnej genezie** jakie miały miejsce w zlewni Sokołówki 2009 r. na tle wezbrań jakie miały wystąpiły w tym samym czasie w położonej na północ (ok. 5,5 km), stosunkowo mało przekształconej, zlewni Dzierżąznej (Bartnik, Moniewski 2010). Wybór epizodów wezbraniowych był ograniczony. Do analizy mogłem wybrać bowiem tylko takie, które w obu zlewniach wystąpiły synchronicznie i spowodowane były tą samą przyczyną. W celach porównawczych dokonałem obliczeń parametrów każdej pary wezbrań. Obliczenia wykazały iż **reakcja na zasilanie obu rzek zależy przede wszystkim od struktury użytkowania terenu. Odpływy jednostkowe** w zurbanizowanej zlewni Sokołówki **były zawsze wyższe** (nawet trzy razy) niż w zlewni Dzierżąznej. Oszacowany **opad efektywny** stanowił średnio 4,9% opadu całkowitego i **był ponad dwukrotnie wyższy** niż w zlewni Dzierżąznej. **Współczynniki odpływu bezpośredniego**, w zlewni Sokołówki **były 1,5 do 7,6 razy większe** niż w zlewni Dzierżąznej. Wyniki przedstawione przeze mnie są zbieżne z uzyskanymi przez Ciupę (2009b) dla obszaru Kielc.

Z szeregów czasowych piętnastominutowych pomiarów natężenia przepływu (2009–2013) za pomocą kryterium genetycznego **wydzieliłem tylko pochodzące z okresów wezbraniowych**. W serii przepływów zarejestrowanych w przekroju Folwarczna wyznaczyłem w ten sposób **497** wezbrań, zaś w przekroju Sokołów – **458**. Największa sumaryczna (pochodząca z 7 lat pomiarów) liczba wezbrań charakteryzowała w obu przekrojach **miesiące letnie**. W większości miesięcy przeważały wezbrania generowane w **górnej części zlewni**. Wielkość średniego miesięcznego przepływu kulminacyjnego w przekroju Sokołów cechowała się stosunkowo **niewielką zmiennością roczną**, co w dużej mierze uwarunkowane było stopniem transformacji fali wezbraniowej docierającej z miejskiej części zlewni. W chłodnej połowie roku były one **zdecydowanie większe niż generowane w tym czasie w górnej części zlewni**. Począwszy od czerwca, średni maksymalny przepływ kulminacyjny w przekroju Folwarczna był większy niż rejestrowany w dolnej części zlewni. Swoje **maksimum osiągnął we wrześniu**, gdy wezbrania opadowe były wciąż jeszcze wysokie, a parowanie mniejsze niż w lipcu i w sierpniu. Średni roczny czas trwania wezbrania w zlewni Sokołówki po Sokołów wynosił **ponad 25,5 h**, zaś w zlewni zamkniętej posterunkiem Folwarczna – nieco ponad **17 h**. Fale wezbraniowe przepływające przez posterunek w Sokołowie cechują się **większą symetrią** niż w górnej części zlewni, głównie za sprawą przepływowych zbiorników retencyjnych i wszelkiego rodzaju stref retencji korytowej funkcjonujących w dolnym biegu Sokołówki. Wykazałem też, że pewną **sezonowością cechują się czasy wznoszenia fal wezbraniowych** w obu przekrojach.



W ostatniej części rozdziału, wykorzystując wcześniej obliczone uśrednione do miesięcznych parametry wielkości i czasu trwania fal wezbraniowych z lat 2009–2015, **utworzyłem modele ich kształtu** dla obu przekrojów pomiarowych. W przypadku fal obrazujących wezbrania w przekroju Folwarczna widoczna jest przede wszystkim **wyraźna odrębność modeli fal miesięcy letnich od pozostałych**. Są one najwyższe a czas ich propagacji najkrótszy. Mają zatem cechy **typowe dla wezbrań formujących się w zlewniach obszarów skanalizowanych**. Trwają również stosunkowo krótko, z wyjątkiem fali majowej, która stanowi model przejściowy pomiędzy wzorcami typowymi dla okresu zimowego i letniego.

#### **Wybrane zagadnienia zmian i zmienności cech fizykochemicznych wody w zlewni Sokołówki**

W celu identyfikacji **przestrzennego zróżnicowania i sezonowych zmian podstawowych cech fizykochemicznych wód powierzchniowych**, na obszarze zlewni Sokołówki założyłem **kilka stałych punktów**, w których co dwa tygodnie wykonywałem pomiary: **konduktywności wody, jej odczynu, temperatury, stężenia tlenu rozpuszczonego oraz mętności**. W monografii zaprezentowałem ich wyniki pochodzące z czterech posterunków: Folwarczna, Lewa, Brzoza i Sokołów. W punktach tych, począwszy od 2011 r. pobierałem także **próby wody do laboratoryjnego oznaczania stężenia wybranych substancji** rozpuszczonych w wodzie. W tym celu wykorzystywałem **wieloparametrowy fotometr YSI 9500**. Również i te badania przeprowadzałem samodzielnie.

**Szeregi temperatur wody** zarejestrowanych we wszystkich punktach pomiarowych cechowały się wyraźną **sezonowością** wynikającą z cyklicznej zmienności temperatury powietrza. Coroczny ich przebieg był podobny. Maksima notowałem zwykle w lipcu lub sierpniu, minima w grudniu, styczniu lub lutym. W przypadku niżej położonych posterunków temperatura wód rzecznych modyfikowana była w znacznej mierze przez wpływ sztucznych zbiorników przepływowych.

W maju i wrześniu 2010 r., w czasie wykonywania pomiarów zacienienia koryta Sokołówki mierzyłem także **zmiany wybranych parametrów fizykochemicznych wody wraz z jej biegiem**. W obu terminach pomiarowych **temperatura wody rosła z biegiem rzeki**. Zjawisko to jest naturalne i omawiane w podręcznikach z dziedziny hydrochemii środowiska (Kaushal 2010). **Wpływ zacienienia koryta Sokołówki na temperaturę wody był niewielki** (słaba korelacja). Jej wąskie koryto stanowiło zbyt małą powierzchnię, aby mogło decydować o znaczącym wzroście temperatury wody.

Przestrzenne **zróżnicowanie konduktywności wód** powierzchniowych (SEC) w zlewni Sokołówki było silnie **uzależnione od stopnia zurbanizowania** jej powierzchni. Średnia SEC Sokołówki była dwu- lub nawet trzykrotnie większa niż Dzierżanej i cechowała ją wyraźna, dość typowa (Olías i in. 2004) zmienność sezonowa. Jej roczny rytm wynikał z okresowego dopływu zanieczyszczeń będących efektem zimowego utrzymania dróg.

W przypadku **odczynu wody** największą kwasowością w całym okresie cechowały się wody Sokołówki na posterunku położonym poniżej kaskady zbiorników przepływowych. Zmienność przebiegu pH we wszystkich przekrojach pomiarowych zawierała się w zakresie ok. 2,5 jednostek skali. Obliczone przeze mnie **liniowe trendy zmian były istotne statystycznie**, a ich istnienie wynikało z **przebudowy systemu kanalizacyjnego górnej części zlewni** i małego odpływu rzeczno w ciągu ostatnich dwóch lat badanego okresu. Niemal we wszystkich analizowanych punktach pomiarowych **najbardziej zasadowym** odczynem charakteryzowały się wody rzeczne w **kwietniu** zanim jeszcze w pełni rozwinęła się roślinność wodna.

**Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie** wykazywało dużą zmienność w badanym okresie. Minima zanotowałem we wszystkich przekrojach w czerwcu 2010 r. Przeciętnie w wieloleciu **najwyższe stężenia tlenu rozpuszczonego występowały najczęściej w kwietniu i maju**. Wynikało to z największej dynamiki ruchu wody tym czasie oraz jeszcze stosunkowo niskich temperatur wody. Stężenie

tlenu wyraźnie **małało w okresie jesiennym**, był on bowiem zużywany do **rozkładu materii** organicznej wypełniającej dna zbiorników i transportowanej wodami rzecznyymi.

Pomiary **mętności** (NTU) wykazały, że przeciętnie w wieloleciu **najmniejszą** przezroczystością charakteryzowały się wody Sokołówki w **górnjej części jej zlewni**. NTU stopniowo spadało wraz z biegiem ciek. W najniższym przekroju wartość ta była już **siedmiokrotnie mniejsza niż w górnjej**. Wynikało to ze stopniowej depozycji materiału docierającego do rzeki systemem kanalizacji burzowej w zbiornikach przepływowych i na nieuregulowanych odcinkach koryta.

Podczas badań laboratoryjnych **stężeń różnych substancji rozpuszczonych w wodach Sokołówki** stwierdziłem **m.in.**, że to głównie **iony chlorkowe** były odpowiedzialne za zimowe wzrosty przewodności wód Sokołówki; znaczne wahania stężenia **azotu azotanowego** we wszystkich prezentowanych przekrojach badawczych wynikały z charakteru użytkowego poszczególnych zlewni cząstkowych; roczny reżim stężeń azotu amonowego różnił się w poszczególnych przekrojach; głównym dostawcą **siarki** do wód Sokołówki były opady atmosferyczne a ich spadek w wieloleciu był przyczyną istotnych statystycznie trendów; związki **fosforu** docierały do rzeki w jej dolnym biegu z pobliskich pól wraz z wodami gruntowymi z opóźnieniem w stosunku do wezbrania wód powierzchniowych stąd minima ich stężeń występowały wiosną. Część spośród mierzonych stężeń jonów substancji płynących wodami Sokołówki również **cechowała się sezonowością**. Do parametryzacji siły i pory ich koncentracji ponownie wykorzystałem metodę wektorów Markhama (1970). Najwyraźniejszą, bo w znacznym stopniu związaną z sezonowym zastosowaniem **substancji ochrony przeciwozoblodzeniowej**, zaobserwowałem w stosunku do stężenia **chlorków**. Średnia pora ich koncentracji wypadała coraz później wraz z przesuwaniami się w dół ciek.

W drugiej części tego rozdziału podjąłem temat określenia **wpływu przepływowych zbiorników wodnych na cechy fizykochemiczne wód Sokołówki**. Do tego celu wytypowałem **kaskadę** stawów oraz innowacyjny tzw. **biofiltr** systemu SSBS. Wszystkie parametry fizykochemiczne mierzone synchronicznie powyżej i poniżej zbiorników przepływowych wykazywały **sezonowość**, zachowując w większości **współkształtność** swojego przebiegu. Najłatwiej zauważalnym efektem ich oddziaływania jest zmniejszenie **dyspersji** wyników pomiarów wszystkich obserwowanych cech wody rzecznej. Stosunkowo niewielki (**podwyższający**) był wpływ zbiorników na **temperaturę** wody. W przypadku **mętności**, w niemal wszystkich przypadkach obserwowana była znaczna **redukcja NTU**. Zazwyczaj zbiorniki **zmniejszały** także **konduktywność** wód rzecznych.

Również **biofiltr redukował przewodność** elektrolityczną wody. Największą skuteczność miał on w tym względzie w okresie zimowym, zaś w półroczu letnim jego oddziaływanie było zmienne. Zbiornik ten powodował **niewielkie zakwaszenie wody** (zróżnicowane w ciągu roku). O jego stopniu decydowała ilość nagromadzonej masy roślinnej w stosunku do objętości wody przepływającej przez system. **Niekorzystnym** efektem oddziaływania biofiltru była **redukcja stężenia w wodzie tlenu** oraz okresowe **wzrosty mętności** wody. Te ostatnie związane były z wypłukiwaniem na wiosnę gnijącej materii roślinnej nagromadzonej w biofiltrze w poprzednim okresie wegetacyjnym.

Poznanie sezonowej zmienności podstawowych cech fizykochemicznych wody krążącej w środowisku pozwala na **właściwą predykcję planowanych przekształceń różnych aspektów środowiska obszaru zlewni** i odpowiednie zaprojektowanie gospodarki wodno-ściekowej na terenach zurbanizowanych. Także **przeptywowe zbiorniki wodne** odgrywają bardzo istotną rolę w małych zlewniach, takich jak Sokołówka. Coraz częściej stają się one nie tylko sposobem na techniczne rozwiązanie problemu gwałtownych wezbrań czy długotrwałych niżówek w ciekach miejskich lecz także stanowią miejsca, w których mieszkańcy miast spędzają wolny czas po pracy. Rośliny wodne pomagają w me-

chanicznej depozycji osadów, będąc jednocześnie biologicznym filtrem redukującym zawartość biogenów w wodzie i producentem niezbędnego do ich rozkładu tlenu.

Obecnie miasta na całym świecie stoją przed szeregiem problemów związanych z ich dynamicznym rozwojem. Należy sobie zdawać sprawę, że te problemy w przyszłości nie znikną a przeciwnie nasilą się. Stosowane obecnie w miastach wszelkiego rodzaju rozwiązania zmniejszające parowanie, związane z tworzeniem obszarów zielonych, budową parkingów z wykorzystaniem płyt ażurowych i przepuszczalnych dla wody powierzchni asfaltowych są właściwe, ale niestety niewystarczające. **Powinny one dotyczyć nie tylko dolin rzecznych i obszarów doń przylegających ale zwłaszcza tych położonych od nich dalej, na wysoczyznach.** Z uwagi na specyfikę użytkowania przestrzeni miejskiej, w tym duży udział powierzchni szczelnych, nie sposób uniknąć zmian w formowaniu się odpływu. W przyszłości, należy jednak zacząć stosować takie rozwiązania techniczne, które będą rekompensowały ograniczenie infiltracji, spowolnienie odpływu i wzrost retencji.

**Do najważniejszych moim zdaniem osiągnięć przedstawionej przeze mnie do oceny pracy należą:**

- utworzenie zlewni badawczej Sokołówki, wyposażenie jej w urządzenia pomiarowe oraz utrzymanie ciągłości badań założonych charakterystyk ilościowych i jakościowych wody;
- stworzenie geobazy GIS oraz wykorzystania jej do analiz przestrzennych i opracowania map;
- określenie wysokości, zróżnicowania przestrzennego i sezonowego opadów, parowania i klimatycznego bilansu wodnego na obszarze zlewni Sokołówki;
- opracowanie mapy hydrogeologicznej obszaru zlewni, ustalenie stref zasilania i ucieczki wody z rzeki;
- ukazanie przemian historyczno-gospodarczych obszaru zlewni miejskiej i ich wpływu na kształtowanie się stosunków wodnych, a także próba ich rekonstrukcji;
- opracowanie i modyfikacja wskaźnika stabilności obszarowej, umożliwiająca zastosowanie go do modeli hydrologicznych o parametrach rozłożonych w przestrzeni;
- dokonanie analizy zmian reżimu odpływu małej rzeki miejskiej w ciągu ostatnich 60 lat;
- zbadanie krótkookresowej zmienności natężenia przepływu Sokołówki w przekrojach różniących się pod względem stopnia przekształcenia zlewni;
- obliczenie różnego rodzaju charakterystyk miarodajnych odpływu Sokołówki, mogących znaleźć zastosowanie podczas tworzenia projektów hydrotechnicznych i wdrażania różnorodnych rozwiązań ekohydrologicznych;
- zidentyfikowanie prawidłowości i sezonowego zróżnicowania przebiegu wezbrań rzeki miejskiej, w tym stworzenie ich uproszczonych modeli;
- określenie zmian stopnia zacienienia koryta wzdłuż biegu cieku oraz jego związków z różnymi parametrami fizykochemicznymi wód rzecznych;
- określenie przebiegu sezonowego i wieloletniego oraz prawidłowości rządzących zmiennością wybranych cech fizykochemicznych wody małej rzeki miejskiej;
- określenie wpływu przepływowych zbiorników wodnych na jakość wód rzeki miejskiej;
- wstępna ocena skuteczności funkcjonowania biofiltru systemu SSBS.

c) literatura cytowana w czwartym punkcie autoreferatu:

- Allen, R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998, Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>;
- Amato C.C., McKinney D.C., Ingol-Blanco E., Teasley R.E., 2006, WEAP Hydrology Model Applied: The Rio Conchos Basin. CRWR Online Report 06-12, Bureau of Engineering Research, The University of Texas at Austin, 69 s., <https://www.cwrw.utexas.edu/reports/2006/rpt06-12.shtml>;
- Baklanov A., Molina L.T., Gauss M., 2016, Megacities, air quality and climate. Atmospheric Environment 126, ss. 235-249;

- Bartnik A., 2013, Hydrological Effects of Urbanisation – the Experience from the Sokołówka Catchment (Łódź). *European Spatial Research and Policy*, vol. 20, no. 2, Łódź – Groningen, ss. 113-131, <https://doi.org/10.2478/esrp-2013-0014>;
- Bartnik A., Jokiel P., 2012, *Geografia wzebrań i powodzi rzecznych*. Wyd. UŁ, Łódź, 267 s.;
- Bartnik A., Marcinkowski M., 2015, Przestrzenne zróżnicowanie opadów atmosferycznych na obszarze Łodzi. *Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica Physica*, 14, Łódź, ss. 5-15, <http://dx.doi.org/10.18778/1427-9711.14.01>;
- Bartnik A., Moniewski P., 2010, Formowanie się i charakter wzebrań dwu małych rzek o różnym stopniu zurbanizowania zlewni na przykładzie Sokołówki i Dzierżąznej. [w:] Barwiński M., (red.), *Obszary metropolitalne we współczesnym środowisku geograficznym*. Tom 2. 58. Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Łódź, ss. 325-336;
- Bartnik A., Moniewski P., 2011, River Bed Shade and Its Importance in the Process of Studying of the Fundamental Physico-Chemical Characteristics of Small River Waters. [w:] Glińska-Lewczuk K. (red.) *Contemporary problems of management and environmental protection: "Issues of landscape conservation and water management in rural areas"* no 7, chapter XII, *Olsztyn*, ss. 137-149;
- Bartnik A., Tomalski P., 2010, Krótkoterminowe zmiany natężenia przepływu w małej rzece miejskiej na przykładzie Sokołówki (Łódź). [w:] T. Ciupa, R. Suligowski (red.) *Woda w badaniach geograficznych*. Instytut Geografii, Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, Kielce, ss. 127-136;
- Bartnik A., Tomalski P., 2012, Zróżnicowanie równowagi hydrodynamicznej wód podziemnych i powierzchniowych w dolinie małej rzeki miejskiej (na przykładzie Sokołówki - Łódź). [w:] Marszelewski W. [red.] *Gospodarowanie wodą w warunkach zmieniającego się środowiska*. Monografie Komisji Hydrologicznej PTG, tom 1, Komisja Hydrologiczna PTG, Zakład Hydrologii i Gosp. Wodnej, Wyd. Nauk o Ziemi Uniw. Mikołaja Kopernika, Toruń, ss. 7-19;
- Biezanowski W., 2003, Łódka i inne rzeki łódzkie. *Widzewska Oficyna Wydawnicza ZORA*, Łódź, 95 s.;
- Biezanowski W., 2005, Z dziejów kanalizacji i wodociągów łódzkich. *Horror z happy endem*. TONZwł, Wyd. ZORA, Łódź, 96 s.;
- Bridge J.S., 2009, *Rivers and Floodplains: Forms, Processes, and Sedimentary Record*. John Wiley & Sons, 504 s.;
- Brown R. R., Keath N., Wong T. F., 2009, Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science & Technology*, 59(5), ss. 847-855, <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2009.029>;
- Chambers P. A., Allard M., Walker S. L., Marsalek J., Lawrence J., Servos M., Busnarda J., Munger K. S., Adare K., Jefferson C., Kent R.A., Wong M.P., 1997, Impacts of Municipal Wastewater Effluents on Canadian Waters: A Review. *Water Quality Research Journal of Canada*, 32 (4), ss. 659-713, [online]: [https://www.ec.gc.ca/eu-ww/5A71856B-688F-4A15-84E7-0F799773712A/Chambers\\_1999\\_journal\\_manuscript\\_e.pdf](https://www.ec.gc.ca/eu-ww/5A71856B-688F-4A15-84E7-0F799773712A/Chambers_1999_journal_manuscript_e.pdf);
- Chelmicki W., 1991, Reżim płytkich wód podziemnych w Polsce. *Rozpr. Hab.*, nr 218, UJ, Kraków, 136 s.;
- Ciupa T., 2009a, Wpływ zagospodarowania terenu na odpływ i transport fluwialny w małych zlewniach na przykładzie Sufragańca i Silnicy (Kielce). *Wyd. UJK Kielce*, 251 s.;
- Ciupa T., 2009b, Wpływ użytkowania zlewni na przestrzenne i czasowe zróżnicowanie wartości pH i stężenia tlenu w wodach rzeki Silnicy i Sufragańca (Kielce). [w:] Bródka S. (red.), *Problemy środowiska przyrodniczego miast. Problemy ekologii krajobrazu*. Poznań-Warszawa, Bogucki Wyd. Naukowe, ISBN 978-83-61320-11-1, tom 22, ss. 31-38;
- Czaja S., 2002, Zmiany struktury i reżimu odpływu rzeczno-górniczoprzemysłowo-miejskich. [w:] T. Ciupa, E. Kupczyk, R. Suligowski (red.) *Obieg wody w zmieniającym się środowisku*. *Prace Inst. Geogr. AŚ w Kielcach*, nr 7, Kielce, ss. 65-76;
- Daniel M.H.B., Montebelo A.A., Bernardes M.C., Ometto J.P., Camargo P.B., Krusche A.V., Ballester M.V., Victoria R.L., Martinelli L.A., 2002, Effects of Urban Sewage on Dissolved Oxygen, Dissolved Inorganic and Organic Carbon, and Electrical Conductivity of Small Streams along a Gradient of Urbanization in the Piracicaba River Basin, *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 136 issue 1, ss. 189-206, <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015287708170>;
- Eiswirth M., Hötzl H., 1997, The impact of leaking sewers on urban groundwater. [w:] *Groundwater in the urban environment*, Chilton, J. i in. (eds), ss. 399-404;
- Ellis J.B., 1986, *Pollutional Aspects of Urban Runoff*. [w:] Torno H.C., Marsalek J., Desbordes M. (eds.) *Urban Runoff Pollution*. NATO ASI Series (Series G: Ecological Sciences), vol 10. Springer, Berlin, Heidelberg;
- Fortuniak K., 2003, Miejska wyspa ciepła. *Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne*, Wyd. UŁ, Łódź, 233 s.;
- Gaston K.J. (red.), 2010, *Urban ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, 332 s.;
- Gregory K.J., 2006, The human role in changing river channels. *Geomorphology*, vol. 79, 3-4, 30 September, ss. 172-191, <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.018>;
- Gutry-Korycka M., 1978, Parowanie terenowe w Polsce (1931-1960). *Przegl. Geof.*, XXIII (XXXI), z. 4, ss. 295-299;
- Gutry-Korycka M., 2003, Możliwości modelowania odpływu ze zlewni zurbanizowanych i uprzemysławianych. [w:] Szczypek T., Rzętała M. (red.), *Człowiek i woda*. PTG, Katowice-Sosnowiec, ss. 38-53;
- Gutry-Korycka M., Nowicka B., Soczyńska U. (red.) 2003, Rola retencji zlewni w kształtowaniu wzebrań opadowych. *Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniw. Warszawski, Warszawa*, 208 s.;
- Haman K., 2008, Naturalne i antropogeniczne przyczyny zmian klimatu. *Nauka*, 1, ss. 119-127;
- Hancock P., 2002, Human Impacts on the Stream-Groundwater Exchange Zone. *Environmental Management*, 29, 763, ss. 763-781, <http://10.1007/s00267-001-0064-5>;
- Hatt B.E., Fletcher T.D., Walsh C.J., Taylor S.L., 2004, The influence of urban density and drainage infrastructure on the concentrations and loads of pollutants in small streams. *Environmental Management*, vol. 34, issue 1, ss. 112-124;
- Jaworski J., 1968, Zróżnicowanie przestrzenne średniego rocznego parowania terenowego w Polsce. *Prace PIHM*, z. 95, ss. 15-28;
- Jaworski J., 2004, Parowanie w cyklu hydrologicznym zlewni rzecznych. *PTGeof*, Warszawa, 422 s.;

- Jokiel P., Maksymiuk Z., 2002, Plansza IX. Wody. [w:] Liszewski S. (red.), Atlas miasta Łodzi, Urząd Miasta, ŁTN, Łódź;
- Jokiel P., Tomalski P., 2009, Krzywe maksymalnego spadku i wzrostu stanów wód podziemnych i wydajności źródeł. [w:] Bogdanowicz R., Fac-Beneda J. (red.), Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych. FRUG, Gdańsk, ss. 361-372;
- Kaniecki A., 2013, Wpływ antropopresji na przemiany środowiskowe w dolinie Warty w Poznaniu. *Landform Analysis*, vol. 24, ss. 23-34, <http://dx.doi.org/10.12657/landfana.024.003>;
- Kaushal S. S., Likens G. E., Jaworski N. A., Pace, M. L., Sides A. M., Seekell D., Belt K. T., Secor, D. H., Wingate R. L., 2010, Rising stream and river temperatures in the United States. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8, ss. 461-466, <http://dx.doi.org/10.1890/090037>;
- King County, 2005. Riparian Shade Characterization Study. Prepared by Curtis DeGasperi, Water and Land Resources Division. Seattle, Washington, 40 s.;
- Klatkova H., 1981, Budowa geologiczna. Rzeźba powierzchni. [w:] Mortimer-Szymczak H. (red.). Województwo miejskie łódzkie. Wyd. UŁ, Łódź, ss. 17-27;
- Klimaszewski M., 2003, Geomorfologia. PWN, Warszawa, 280 s.;
- Klöcking B., Haberlandt U., 2002, Impact of land use changes on water dynamics—a case study in temperate meso and macroscale river basins. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 27, issues 9–10, 2002, ss. 619-629, [http://dx.doi.org/10.1016/S1474-7065\(02\)00046-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-7065(02)00046-3);
- Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K., Rembowski K., Fokczyński J., Podstawczyńska A., 2002, Plansza X. Klimat. [w:] Liszewski S. (red.), Atlas miasta Łodzi, Urząd Miasta, ŁTN, Łódź;
- Kowalczak P., 2011, Wodne dylematy urbanizacji. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Poznań, 504 s.;
- Kujawa I., Kujawa M., Walerowski W., Kusiak E., 2010, Projekt budowlany i wykonawczy przebudowy zbiornika-osadnika „Folwarczna” w Parku im. A. Mickiewicza w Łodzi, poprzez prowadzenie struktur bio-technicznych. Aquaprojekt S.C. Biuro Inżynierii Wodnej i Melioracji, Łódź, 1–19 (maszynopis);
- Kundzewicz Z.W., 2011, Zmiany klimatu, ich przyczyny i skutki – obserwacje i projekcje. *Landform Analysis*, Vol. 15, ss. 39-49;
- Lee J.H., Bang K.W., 2000, Characterization of urban stormwater runoff, *Water Research*, vol. 34, issue 6, 1 April 2000, ss. 1773-1780, [http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(99\)00325-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00325-5);
- Łabędzki L., Bąk B., Kanecka-Geszke E., 2012, Wielkość i zmienność ewapotranspiracji wskaźnikowej według Penmana-Monteitha w okresie wegetacyjnym w latach 1970-2004 w wybranych rejonach Polski. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, t.12, z. 2 (38), IT-P Falenty, ss. 159-170.
- Łoś M.J., 2009, Wody powierzchniowe w miastach jako dziedziczone dobro. *Gosp. Wodna*, 12, Warszawa, ss. 473-481;
- Markham C. G., 1970, Seasonality of Precipitation in The United States. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 60, 3, ss. 593-597;
- Marsalek J., Jiménez-Cisneros B.E, Malmquist P.-A., Karamouz M, Goldenfum, J., Chocat B., 2008, Urban Water Cycle Processes and Interactions: Urban Water Series - UNESCO-IHP, CRC Press, 152 s.;
- Negussie Y.Z., Urbaniak M., Szklarek S., Lont K., Gągała I., Zalewski M., 2012, Efficiency analysis of two sequential biofiltration systems in Poland and Ethiopia – the pilot study. *Ecohydrology & Hydrobiology*, vol. 12, No. 4, 271-285, <http://10.2478/v10104-012-0028-9>;
- Niehoff D., Fritsch U., Bronstert A., 2002, Land-use impacts on storm-runoff generation: scenarios of land-use change and simulation of hydrological response in a meso-scale catchment in SW-Germany, *Journal of Hydrology*, vol. 267, issues 1-2, 1 October 2002, ss. 80-93, [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00142-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00142-7);
- Nowicka B., 2002, Wpływ urbanizacji na warunki odpływu. [w:] T. Ciupa, E. Kupczyk, R. Suligowski (red.) Obieg wody w zmieniającym się środowisku. *Prace Inst. Geogr. AŚ w Kielcach*, nr 7, Kielce, ss. 77-86;
- Oliás M., Nieto J.M., Sarmiento A.M., Cerón J.C., Cánovas C.R., 2004, Seasonal water quality variations in a river affected by acid mine drainage: the Odiel River (South West Spain), *Science of The Total Environment*, Vol. 333, Issues 1-3, 15 October, ss. 267-281, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.05.012>;
- Pancewicz A., 2003b, Rola rzek w rozwoju przestrzennym historycznych miast nadrzecznych. Woda w przestrzeni przyrodniczej i kulturowej. *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego T. II, Komisja Krajobrazu Kulturowego PTG, Oddział Katowicki, Sosnowiec*, ss. 275-285;
- Pasquini A.I., Formica S.M., Sacchi, G.A., 2012, Hydrochemistry and nutrients dynamic in the Suquia River urban catchment's, Córdoba, Argentina. *Environ Earth Sci.*, vol. 65, issue 2, ss. 453-467, <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-011-0978-z>;
- Podstawczyńska A., 2010, Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w regionie łódzkim w ostatnim stuleciu. [W:] Twardy J., Żurek S., Forsytek J. (red.) - Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach. *Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań* 2010, ss. 63-73;
- Projekt generalny rzek dla miasta Łodzi – zlewnie rzeki Ner, rzeki Miazgi i rzeki Bzury. Załącznik: Projekt generalny rzeki Sokołowski. 2003, Aqua Projekt s. c., Biuro Inżynierii Wodnej, Środowiska i Melioracji Ireneusz Kujawa, Marcin Kujawa, Łódź;
- Raven P.J., Boon P. J., Dawson F.H., Ferguson A.J.D., 1998, Towards an integrated approach to classifying and evaluating rivers in the UK. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 8 (4), ss. 383-39;
- Rodier J.A., Roche M., 1984, World Catalogue of Maximum Observed Floods. *IAHS Publ.*, No. 143, Wallingford, Oxfordshire, 354 s.;
- Rohon P., 1980, Širší rozhodovací proces v řízení péče o chráněná území. *Pamat. a prir.*, 2, ss. 121-123;
- Rzepa M., Gromek B., Siedlecki M., 2006, Using of the BMSky-view computer program to calculate of the sky view coefficient in the centre of the Lodz city (in Polish). *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio B Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia*, Vol. LXI, 46, Wyd. UMCS Lublin, ss. 400-410;

- Satterthwaite D., 2008, Climate change and urbanization: effects and implications for urban governance. United Nations expert group meeting on population distribution, urbanization, inter-nal migration and development. UN/POP/EGM-URB/2008/16, New York, 21-23 January 2008;
- Sawicki J., 1986, Wpływ warunków środowiska naturalnego na elementy bilansu wód podziemnych Polski południowo-zachodniej (bez terenów górskich). Pr. Nauk. Inst. Geotech. Polit. Wrocl., 49, Konferencje 21, ss. 159-165;
- Schueler T.R., 1987, Controlling urban runoff: A practical manual for planning and designing urban BMPs. Prepared for Washington Metropolitan Water Resources Planning Board, Washington, D.C. various pagings;
- SCS (Soil Conservation Service), 1986, Urban hydrology for small watersheds. Tech. Report 55, US Dept of Agric., Waszyngton, D.C.;
- Shepherd J.M., 2005, A review of current investigations of urban-induced rainfall and recommendations for the future. Earth Interact., 9, ss. 1-27;
- Siedlecki M., 2015., Ocena zmian bioklimatu Łodzi w świetle wskaźnika klimatyczno-turystycznego. Turyzm, 25/2, Łódź, ss. 21-26;
- Singh M., Müller G., Singh I.B., 2002, Heavy Metals in Freshly Deposited Stream Sediments of Rivers Associated with Urbanisation of the Ganga Plain, India. Water, Air, & Soil Pollution, vol. 141 issue 1, ss. 35-44, <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021339917643>;
- Smith K., Ward R., 1998, Floods. Physical Processes and Human Impacts. Wiley & Sons, New York, 394 s.;
- Szejba D., Bajkowski S., Pietraszek Z., 2009, Badanie stabilności charakterystyk pomiarowych przepływomierza modułowego ISCO 2150. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 540, ss. 109-116;
- Szkutnicka J., 1986, Parowanie terenowe. [w:] J. Stachy (red.) Atlas Hydrologiczny Polski. T. II, z. 2, IMGW, Warszawa, ss. 177-180;
- Thornthwaite, C.W., Mather, J.R., 1957, Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton, N.J., Laboratory of Climatology, Publications in Climatology, v. 10, no. 3, ss. 185-311;
- Turkowska K., 2006, Geomorfologia regionu łódzkiego. Wyd. UŁ, Łódź, 237 s.;
- Van Buren M.A., Watt W.E., Marsalek J., Anderson B.C., 2000, Thermal enhancement of stormwater runoff by paved surfaces. Wat. Res., vol. 34, no. 4, ss. 1359-1371;
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Gushing E., 1980, The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37, ss. 130-137;
- Wilson J.P., Gallant J.C., 2000, Terrain analysis. Principles and applications. Toronto. John Wiley and Sons Inc. ss. 51-84;
- Wolman M.G., Schick A.P. 1962, Effects of construction on fluvial sediment: urban and suburban areas of Maryland. Wat. Resour. Res., vol. 3, ss. 451-464;
- Wypych A., Kowanetz L., 2017, Parowanie terenowe i ewapotranspiracja. [w:] Jokiel P., Marszelewski W., Pociask-Karteczka J. (red.), Hydrologia Polski. 13. Bilans i zasoby wodne Polski. PWN, Warszawa, ss. 44-49;
- Ziomek J., Iwanicz T., Laskowski S., 2002, Plansza VII. Geologia i gleby [w:] Liszewski S. (red.), Atlas miasta Łodzi, Urząd Miasta, ŁTN, Łódź;
- Zotarelli L., Dukes M.D., Romero C.C., Migliaccio K.W., Morgan K.T., 2010, Step by Step Calculation of the Penman-Monteith Evapotranspiration (FAO-56 Method). AE459, Agricultural and Biological Engineering Department, Univ. of Florida, IFAS Extension, <http://edis.ifas.ufl.edu/ae459>.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.

### a) osiągnięcia naukowo-badawcze

Moje zainteresowania badawcze podczas studiów geograficznych dotyczyły **zmian i zmienności odpływu rzecznoego z obszaru Polski**. Tej tematyce poświęciłem swoją **pracę magisterską** pt. „*Zmiany przepływów średnich i niższych od średnich w rzekach polskich w trzydziestoleciu 1951–1980*” (prom. dr hab. P. Jokiel). Podjętą w niej tematykę badawczą kontynuowałem podczas studiów doktoranckich w latach 1994–1996 (na Studium Doktoranckim Geografii Fizycznej i Ekonomicznej WBiNoZ UŁ), a także podczas pierwszych lat mojej pracy na stanowisku asystenta w Zakładzie Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ (od 1.01.1997). Mój pierwszy artykuł naukowy pt. „*Korelacja przestrzenna wybranych przepływów charakterystycznych rzek Polski*” opublikowałem w 1995 r. na łamach nieistniejącego już czasopiśma „*Wiadomości IMGW*”. Zaprezentowałem w nim wyniki analizy podobieństwa korelacyjnego 30. letnich serii przepływów 77 rzek autochtonicznych z obszaru Polski w latach 1951–1980, z wykorzystaniem metody zaproponowanej przez Tamulewicza (1993) do badania pola opadu. W tym czasie (lata 1995–1997) uczestniczyłem również w realizacji dwóch projektów badawczych finansowanych przez UŁ dotyczących problematyki przepływów niżówkowych i stosunków wodnych w małych jednostkach hydrograficznych. **Problematykę analiz przepływów niskich** przy wykorzystaniu metod statystyki mate-

matycznej kontynuowałem i 2003 r. jej wyniki **przedłożyłem w formie rozprawy doktorskiej** pt. „*Regionalne i sezonowe zróżnicowanie odpływów niskich na obszarze Polski*” (publiczna obrona 4.11.2003).

W okresie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora uczestniczyłem również w **badaniach terenowych** prowadzonych wówczas przez ZHiGW UŁ w dwóch obszarach: podłódzkim i sudeckim. Dotyczyły one w pierwszym przypadku wpływu **budowy autostrady A2 na obieg i jakość wody** oraz problemu ochrony zasobów i obiektów wodnych na terenach podmiejskich (udział jako wykonawca w granicie KBN oraz trzech projektach badawczych finansowanych przez Uniwersytet Łódzki – por. zał. 3, pkt. II.I). W drugim zaś, **występowania i zróżnicowania cech fizykochemicznych wód źródeł Kotliny Kłódzkiej**. Wyniki moich badań z tego okresu zaprezentowane zostały na **4 konferencjach naukowych** (por. zał. 3, pkt. II.K), w **kilku artykułach naukowych** oraz w **monografii** pod red. P. Jokiela (2002) pt. „*Woda na zapleczu wielkiego miasta*” (2 rozdziały). W trakcie analiz postugiwałem się wówczas jeszcze rzadko stosowanymi w Polsce **technikami geoinformatycznymi** (począwszy od 1996 r.). Dzięki ich zastosowaniu udało się opracować bazę danych oraz znaczną liczbę źródłowych i wynikowych opracowań kartograficznych dla **zlewni Dzierżąznej po Swobodę**, które wykorzystywane były w trakcie tych i późniejszych badań przez cały zespół ówczesnego ZHiGW UŁ.

W trakcie moich pierwszych lat pracy na stanowisku asystenta (lata 1997–2003) w ZHiGW kontynuowałem również badania nad **zróżnicowaniem wielkości odpływu rzecznego z obszaru Polski**. Ich efektem były **4 współautorskie artykuły naukowe** (z prof. P. Jokielem), które ukazały się na łamach Wiad. IMGW, Gosp. Wodnej i Czas. Geogr. (por. zał. 3, pkt. II.D). Stosowałem w nich różnorodne metody geostatystyczne oraz analizy szeregów czasowych przepływu i odpływu rzecznego, w tym odpływu podziemnego. **Do najważniejszych wniosków i spostrzeżeń płynących z tych badań należą:**

- zwrócenie uwagi na konieczność ostrożnego traktowania **wyników analiz jednorodności** podwójnie kumulowanych szeregów opad–odpływ, z uwagi na możliwość istnienia **niejednorodności naturalnej (genetycznej)**, nie wynikającej wyłącznie z oddziaływania czynników antropogenicznych, co było dotychczas postulowane w wielu opracowaniach naukowych m.in.: Dynowska, Jankowski, Soja (1985), Dynowska (1988), Szturc (1993);
- wykazanie **istnienia bezwładności** w szeregach czasowych **przepływów rzek Polskich** i możliwości wykorzystania współczynnika autokorelacji do parametryzacji zdolności retencyjnej zlewni (istnienie związku pomiędzy jego wielkością a współczynnikiem zasilania podziemnego), a także ukazanie jego struktury sezonowej i strefowości rozkładu w na obszarze Polski;
- przedstawienie i porównanie **rozkładu średniego odpływu podziemnego w Polsce w latach 1971–1990** obliczonego metodami Wundta i Killego (Jokiela 1994); zwrócono przy tym uwagę na konieczność zachowania ostrożności w przypadku interpretacji wielkości tej charakterystyki, uzyskiwanej za pomocą różnych metod obliczeniowych;
- zaprezentowanie **wieloletnich zmian (seria 1951–1998) rocznego reżimu odpływu w Polsce środkowej** (obliczenia prowadzono dla serii średnich jednostkowych odpływów miesięcznych z tzw. „metazlewni”, którą stanowiły połączone 3 duże zlewnie: Warty po Sieradz, Pilicy po Przedbórz i Bzury po Sochaczew); zwrócono przy tym uwagę na wyraźne zmiany relacji opad–odpływ na początku lat 80., kiedy nastąpiło zmniejszenie odpływu rzecznego o ok. 15–20 % w stosunku do opadów;
- przedstawienie **sezonowych i wieloletnich zmian odpływu rzecznego z Polski środkowej w latach 1951–1998** za pomocą zaimplementowanej po raz pierwszy do hydrologii metody Markhama (1970), wykorzystywanej wcześniej do badania rozkładu opadów atmosferycznych; analiza indeksu sezonowości i pory koncentracji wykazała m.in., że wezbrania roztopowe w latach 90. były mniej wyraźne niż w latach 60. i przesunęły się z marca na kwiecień.

Bezpośrednio **po uzyskaniu stopnia naukowego doktora** jeszcze przez dwa lata kontynuowałem badania **nad zmiennością rozkładu przestrzennego i sezonowego odpływu niskiego w Polsce**. Poprawiona, rozszerzona i uzupełniona całość mojej pracy doktorskiej ukazała się w 2005 r. na łamach periodyku „*Acta Geographica Lodziensia*” w formie **monografii** pt. „*Odptyw niski rzek Polski*” – por. zał. 3, pkt. II.D., zaś w „*Wiadomości IMGW*” opublikowałem artykuł naukowy bezpośrednio związany z tą tematyką („*Sezonowe zmiany odpływu niskiego w Polsce*”). Kilka lat później (2010) w „*Geographia Polonica*” ukazało się autorskie opracowanie pt. „*Spatial distribution of low-flows not exceeded at the assumed probability in Poland*”, będące moim wkładem w **badania nad ekstremalnymi zdarzeniami hydrologicznymi w Polsce**. Temat ten realizowałem jako **wykonawca** zamawianego **grantu MNiI** pt. „*Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne w Polsce*”. Równocześnie w ramach tego zagadnienia wraz z prof. dr. hab. Pawłem Jokiela prowadziłem **badania nad czasowym i przestrzennym zróżnicowaniem wezbrań i powodzi w Polsce i na Świecie**. Wyniki naszych dociekań opublikowaliśmy w **monografii** pt. „*Geografia wezbrań i powodzi rzecznych*” (2012) – zał. 3. II.D.a., 6 artykułach w czasopismach o zasięgu krajowym oraz kilku rozdziałach monograficznych (w tym jednym w języku angielskim) – zał. 3. II.D.b. i zał. 3. II.D.c. Ostatnim moim opracowaniem w tym zakresie jest rozdział pt. „*Wezbrania i powodzie*” w podręczniku „*Hydrologia Polski*” pod red. P. Jokiela, W. Marszelewskiego i J. Pociask-Karteczki (2017).

W okresie po doktoracie kontynuowałem (z przerwami) również **badania nad zmianami i zmiennością odpływu rzeczego z obszaru Polski** oraz **problematyką krenologiczną** różnych regionów Polski. Efektem analiz odpływu rzeczego były dwa opracowania dotyczące **serii pomiarów natężenia przepływu Pilicy w Przedborzu**; pierwsza o charakterze merytorycznym (art. opublikowany na łamach „*Wiadomości IMGW*” w 2005 r.), druga – metodyczna, opracowana jako rozdział w zwartej monografii poświęconej wykorzystaniu różnorodnych metod statystycznych w analizach hydrologicznych (Jokiela 2015). **Badania terenowe** nad przestrzennym zróżnicowaniem **cech fizykochemicznych wód źródłanych** prowadziłem na obszarze zlewni Bystrzycy Dusznickiej, zaś ich efekty **wyłosiłem** a następnie **opublikowałem** w recenzowanej **monografii** (2007) wydanej po **Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej** pt. „*Źródła – środowiskowe aspekty badań*” (Łódź, 20–22.09.2006).

W ostatnim roku (po opublikowaniu monografii poświęconej Sokołówce) powróciłem do badań nad problematyką **krenologiczną**. Tym razem wykorzystywałem **wieloletnie serie wydajności wplywów** wód podziemnych zgromadzone w **bazach danych PIG-PIB**. Spośród kilku opracowań złożonych do druku dotychczas ukazał się artykuł w „*Przeglądzie Geologicznym*” (2018), dotyczący ilości i jakości danych zgromadzonych w bazach PIG-PIB, zaś kolejny (podejmujący problematykę zmienności wydajności źródeł Polski południowej) **przeszedł pozytywnie etap recenzowania** i został przyjęty do **druku** na łamach „*Prac Geograficznych UJ*” (czerwiec 2018). Wyniki badań w tym zakresie prezentowałem ostatnio również na **Ogólnopolskiej Konferencji Krenologicznej** „*Źródła Polski. Ostoja ge- i bioróżnorodności*” (Białystok, 18–20.09.2017).

W 2006 r. podjąłem badania **nad obiegiem wody w obszarach o różnym stopniu zurbanizowania**, które wpisywały się w nurt podjęty przeze mnie jeszcze w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora. Początkowo były to prace w ramach kilku **zespołowych grantów** realizowanych przez moją jednostkę i finansowanych przez UŁ (zał. 3, pkt. II.I.) oraz mojego udziału jako **wykonawca** „części hydrologicznej” zadania WG1 w ramach tematu „*Sokołówka: Zastosowanie ekohydrologii do renaturyzacji rzeki miejskiej w celu zwiększenia retencji wody oraz poprawy jakości życia w mieście*” będącego częścią **projektu UE** określanego akronimem „*SWITCH*” (zał. 3, pkt. II.I.). W latach 2011–2013 byłem kierownikiem i głównym wykonawcą grantu NCN pt. „*Wpływ stopnia przekształcenia środowiska na obieg i jakość wody w zlewniach miejskich i podmiejskich*”. W jego ramach **prowadziłem badania porów-**



nawcze w zlewniach dwóch rzek płynących w regionie łódzkim: Sokołówki i Dzierżanej, które znacznie różniły się pod względem przekształcenia warunków krążenia wody. Zebrany w tym czasie materiał był podstawą kilkunastu artykułów i rozdziałów monograficznych mojego autorstwa i współautorstwa, które ukazały się w wydawnictwach o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Wyniki badań o tej tematyce przedstawiałem na **konferencjach naukowych** w: Poznaniu (20–21 III 2006), Łodzi (8–12.09.2010), Olsztynie (27–29.06.2011), Łagowie Lubuskim (19–21.09.2012), Wiedniu (24–27.09.2012), Toruniu (9–11.10.2012) i Warszawie (22–23.09.2016) – zał. 3, pkt. II.K. **Prace dokumentacyjne prowadzone od początku 2006 r.** na obszarze zlewni Sokołówki pozwoliły mi na zebranie materiałów do załączonej monografii stanowiącej potencjalnie pracę habilitacyjną.

Moje badania w okresie **po uzyskaniu stopnia naukowego doktora** należały zatem do **następujących nurtów badawczych**: 1) zmiany i zmienność odpływu rzecznej z obszaru Polski, 2) przestrzena i czasowa zmienność wydajności i właściwości fizykochemicznych wód źródłanych w różnych regionach Polski, 3) odpływy (wysokie i niskie) i zjawiska (wezbrania i niżówki) ekstremalne, 4) obieg wody na obszarach o różnym stopniu zurbanizowania, 5) rola wody w krajobrazie miejskim Łodzi.

### **Syntetyczne omówienie osiągnięć naukowo-badawczych w wyróżnionych nurtach.**

#### ***1) Zmiany i zmienność odpływu rzecznej z obszaru Polski.***

W ramach tego zagadnienia podjąłem próbę **wieloaspektowej, statystycznej analizy wieloletniego hydrogramu codziennych przepływów rzecznych** na przykładzie Pilicy w Przedborzu, w latach 1961–1990. Zaprezentowałem kilka jego charakterystyk użytecznych w analizach hydrologicznych przy ocenie zmienności dobowej, sezonowej, wieloletniej a także przy identyfikacji występujących, w różnych skalach czasowych, prawidłowości, anomalii i tendencji. Głównym celem podjętego wówczas przeze mnie zagadnienia było **zaprezentowanie możliwie pełnej, statystycznej analizy wieloletniej serii danych hydrologicznych, pokazującej różne sposoby, aspekty i kierunki wnioskowania**. Poza tradycyjną analizą całego szeregu przepływów dobowych stworzono przy tym także 30. elementowe ciągi odpowiadające przepływowi w jednoimiennych dniach roku hydrologicznego (365 szeregów). Po zbadaniu ich jednorodności podjąłem próbę dopasowania do takich rozkładów empirycznych funkcji teoretycznych, określiłem ich zgodność oraz oszacowałem przepływy o zadanym prawdopodobieństwie przekroczenia dla poszczególnych dni w roku. Końcowym efektem tej analizy były **roczne hydrogramy przepływów dobowych o zadanym prawdopodobieństwie przekroczenia**. Uzyskany w toku analiz pewien porządek sezonowy funkcji aproksymujących rozkłady wieloletnich przepływów w jednoimiennych dobach, został potwierdzony przez procedurę testującą Walda-Wolfowitza (Domański 1990). Dla okresów niżówek: zimowych, późnowiosennych i wczesnojesiennych najbardziej charakterystyczny jest rozkład log-gamma. Rozkład Weibulla dominuje zaś w miesiącach zimowych, natomiast funkcja gamma jest typowa dla okresu wiosennych wezbrań roztopowych. Latem i jesienią trzy wymienione rozkłady występują z podobną częstością i trudno doszukać się tu jakiegokolwiek porządku. **Wyniki te wskazują na dość wyraźnie zarysowaną sezonowość procesu przepływów dobowych potwierdzającą istnienie niestacjonarności w obrębie cyklu rocznego.**

Spśród kilku zastosowanych przeze mnie miar służących do analiz sezonowości i zmian wieloletnich chciałem tu zwrócić uwagę na **opracowane przeze mnie po raz pierwszy**. Należą do nich: tzw. wskaźnik sezonowości zastosowany w odniesieniu do poszczególnych jednoimiennych dni, **średni roczny wskaźnik przyrostu względnego** pozwalający ocenić względną gładkość rocznego hydrogramu przepływu i sparametryzować jego dynamikę w skali wieloletniej oraz **termin połowy odpływu rocznego** (TPO). Ostatnia spośród wymienionych tu miar znalazła w późniejszym czasie zastosowanie

m.in. do detekcji zmian odpływu rzeczno-eg i opisu jego struktury sezonowej (Tomalski, Jokiel, 2014; Bartnik, 2016).

### **2) Przestrzenna i czasowa zmienność wydajności i właściwości fizykochemicznych wód źródłanych w różnych regionach Polski.**

Badania prowadziłem w latach **2004–2005 w zlewni Bystrzycy Dusznickiej** oraz w latach **2017–2018 na podstawie archiwalnych danych** pozyskanych z PGI-PIB. Podczas pierwszego dwulecia rozpoznano łącznie od 216 do 248 wypływów wód podziemnych (w zależności od warunków pogodowych). Wskaźnik uźródłowienia (z uwzględnieniem wszystkich typów wypływów) wynosił na terenie zlewni Bystrzycy Dusznickiej ok.  $10 \text{ źr.} \cdot \text{km}^{-2}$ . Łączny wydatek wszystkich zmierzonych wypływów wahał się od 56,9 do  $76 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . **Głównym celem podjętych przeze mnie badań było sprawdzenie jednej z pojawiających się w literaturze ciekawych hipotez dotyczących sposobu zasilania źródeł w zlewni Bystrzycy Dusznickiej.** Według jej autorów (Kryza, 1975; Cymerman, 1992), strefa występowania, głównego na tym terenie zespołu źródeł, tzw. źródeł Bystrzycy Dusznickiej pod Zieleńcem, **zawdzięcza swoje istnienie sieci głębokich uskoków i szczelin.** To właśnie nimi, przepływają wody pochodzące ze stref głębokiego krążenia, zasilające następnie wydajne wypływy. Zatem, wody te powinny być mocno wzbogacone w substancje mineralne, wypłukane wskutek długiego krążenia w obrębie górotworu. Stosunkowo dużą mineralizację wód występujących już na głębokości 50 m p.p.t. ( $400 \div 600 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) potwierdzają m.in. prowadzone na tym terenie odwierty w ramach Arcadis Ekokonrem (2002).

Zbadane przeze mnie wypływy wód podziemnych charakteryzują się jednak **niską mineralizacją ogólną.** Wskazuje to, na **brak powiązania wypływającej tu wody z systemem wód głębokiego krążenia.** Równocześnie, można stwierdzić, że czas przebywania wody w skałach jest krótki, a **zasilanie wypływów uzależnione jest wyłącznie od opadów atmosferycznych.** Ponadto, fakt że wszystkie źródła szczelinowe występujące na terenie zlewni Bystrzycy Dusznickiej zasilane są wodami opadowymi płytkiego krążenia jest **jedną z przyczyn obserwowanego zaniku nawet dość dużych wypływów** na tym terenie.

W ramach podjętych przeze mnie w ostatnim czasie badań nad **przestrzenną i czasową zmiennością wydajności źródeł Polski** dokonałem dotychczas zestawienia, kontroli synchroniczności i obliczenia najważniejszych parametrów statystycznych szeregów danych wydajności wypływów wód podziemnych monitorowanych przez Państwową Służbę Hydrogeologiczną. Analizy wykazały, że mimo ich niedoskonałości, utrudniającej obliczanie charakterystyk wymagających synchroniczności danych, możliwe jest zastosowanie pozostałych charakterystyk ilościowych źródeł w badaniu m.in. sezonowej i wieloletniej zmienności wydajności (Bartnik, Moniewski 2018).

### **3) Odpływy (wysokie i niskie) i zjawiska (wezbrania i niżówki) ekstremalne**

Tematyka związana z odpływem niskim jeszcze przez kilka lat o uzyskaniu stopnia naukowego doktora była przedmiotem moich dociekań. Okres ten zwieńczyłem opublikowaniem **książki**, której zasadnicza część była moją pracą doktorską.

W kolejnych latach skierowałem swoje zainteresowania w stronę **powodzi i odpływów maksymalnych.** W ramach mojego udziału w grantie MNIł podjąłem się opracowania zróżnicowania przestrzennego i zmienności czasowej przepływów maksymalnych rzek Świata i Polski. W swoich dociekania- niach postugiwałem się kilkoma miarami powodziowości oraz zaproponowałem dwie kolejne: **wskaźnik wysokiej wody i indeks wysokiej wody.** Pozwoliły one ocenić nie tylko względną skalę „powodziowości” danego roku na danym obszarze, ale także **z badać jej zmienność w skali wielolecia.** Indeks wysokiej wody umożliwił też m.in. identyfikację lat (czasem serii lat) o największej i najmniejszej powodziowości w poszczególnych częściach Świata, w tym w Polsce. Zaprezentowane analizy wykazały, że **nie ma dowodów na to by twierdzić, iż w Polsce wzrosła liczba i wielkość katastrofalnych**

**wezbrań** w ostatnim czasie. Zwieńczeniem badań prowadzonych w tym nurcie badawczym była **monografia**, której byłem współautorem (Bartnik, Jokiel 2012). Została ona uhonorowana przez Rektora UŁ w konkursie na najlepszy podręcznik akademicki w 2012 r. W 2017 r. byłem też współautorem rozdziału w podręczniku „**Hydrologia Polski**” (Bartnik, Jokiel 2017). Jest on krótkim podsumowaniem aktualnego stanu wiedzy na temat wezbrań i powodzi w Polsce. Zwracamy w nim także uwagę na fakt, że **pełne zabezpieczenie przed powodzią nie jest możliwe** i powinniśmy nauczyć z nią żyć, zaś nawet najlepsze systemy ochrony przed powodzią nie są nigdy w 100 % niezawodne.

#### **4) Obieg wody na obszarach o różnym stopniu zurbanizowania**

Jest to nurt, w którym badania podejmowałem **najdłużej**. Należą do niego moje prace w ramach **dwóch grantów ministerialnych**, w których raz byłem **wykonawcą** a raz **kierownikiem** projektu. Początkowo badania dotyczyły **rozpoznania warunków krążenia wody** w obszarze podmiejskim (zlewnia Dzierżąznej). W późniejszym czasie teren zlewni został **przecięty autostradą A2**, co umożliwiło zespołowi KHiGW, w pracach którego uczestniczyłem, na podjęcie badań dotyczących zmian obiegu wody pod wpływem jej budowy. Zebrane wówczas przeze mnie **doświadczenie** wykorzystałem w trakcie moich późniejszych działań związanych z **organizacją miejskiej zlewni badawczej** – Sokołówki. Miałem też dostęp do wyników pomiarów hydrologicznych i hydrochemicznych prowadzonych w zlewni Dzierżąznej, które wykorzystałem później w analizach porównawczych roli antropogenicznych i naturalnych elementów obiegu wody w obu zlewniach (Bartnik i in. 2008) oraz przebiegu wezbrań na obszarze podmiejskim i w mieście (Bartnik, Moniewski 2010).

Wraz z przystąpieniem do **projektu SWITCH** (styczeń 2006), moje badania terenowe skoncentrowały się na obszarze zlewni Sokołówki. Początkowo pomiary i obserwacje (rozpoczęte we wrześniu 2006 r.) prowadziłem **w 4 wytypowanych** przeze mnie przekrojach badawczych. Wraz z podejmowaniem różnych badań szczegółowych liczba ta wzrosła do **kilkunastu**, obejmując też punkty obserwacji wysokości zwierciadła wód podziemnych i jej jakości oraz parametrów meteorologicznych. W maju 2008 r. w trzech przekrojach Sokołówki **zainstalowałem**, zakupione w ramach projektu SWITCH **przepływomierze dopplerowskie** firmy ISCO. Wstępne wyniki analizy wysokorozdzielczej rocznej serii pomiarów natężenia przepływu za ich pomocą opublikowałem w 2010 r. (Bartnik, Tomalski 2010). Natomiast analizę serii **pomiarów wysokości zwierciadła wód podziemnych** w dolinie Sokołówki i jego wahań w latach 2008–2012, dwa lata później (Bartnik, Tomalski 2012).

Budowa dwóch nowych **zbiorników retencyjnych** i remont kilku innych w ramach projektu SWITCH na terenie zlewni Sokołówki była dla mnie impulsem do podjęcia tematyki związanej z **wpływem stawów na jakość wód rzecznych**. Badania w tym względzie prowadziłem w **zespole** pod moim **kierownictwem** (grant NCN) równocześnie na obszarze zlewni podmiejskiej (Dzierżąznej) i Sokołówki. W efekcie powstało kilka opracowań, które opublikowaliśmy w czasopiśmie o zasięgu krajowym i międzynarodowym a także zaprezentowaliśmy na kilku konferencjach naukowych (Bartnik, Moniewski 2012; Bartnik, Tomalski 2012; Bartnik i in. 2013).

Ciekawym projektem była **ocena zacienienia koryt** Sokołówki i Dzierżąznej i analiza wpływu tego zjawiska na parametry jakości wód rzecznych. Badania terenowe **metodą lidarą optycznego** przeprowadziłem wraz z dr. Moniewskim w obu zlewniach i w dwóch terminach: w maju i we wrześniu. Ich wyniki zostały przedstawione przez nas na konferencji w Olsztynie i opublikowane w języku angielskim w rozdziale monografii (Bartnik, Moniewski 2011).

**Przedstawiona do oceny praca również należy do tego nurtu badawczego**. Stanowi ona zwieńczenie i podsumowanie moich badań w miejskiej zlewni Sokołówki. Zakres badań i osiągnięte rezultaty przedstawiłem szczegółowo w części II.b.

### **5) Rola wody w krajobrazie miejskim Łodzi**

Tematem pobocznym moich zainteresowań badawczych była rola wody w kształtowaniu przestrzeni miejskiej. Moje działania na tym polu były bardzo różnorodne. Podejmowałem się m.in. **parametrycznej oceny stanu hydromorfologicznego łódzkich cieków**, starając się powiązać go ze stopniem zurbanizowania ich otoczenia (Bartnik, Tomalski 2016). Interesujące obserwacje udało mi się poczynić w trakcie badań nad **odwodnieniem terenu budowy łódzkiego dworca multimodalnego**. Okazało się m.in., że jakość wód cieku miejskiego do którego odprowadzano wody dołowe uległa znacznej poprawie. Równocześnie, zaczęły usychać drzewa w zabytkowym parku „Źródlika”, co było bezpośrednią konsekwencją przecięcia przez wykop warstwy wodonośnej, którą płynęły wody zasilające wypływy funkcjonujące w parku (Bartnik, Moniewski 2015, 2016).

Do tego nurtu moich badań należą także dwa opracowania dotyczące **historycznych i istniejących obiektów hydrotechnicznych w Łodzi: fontann** (Bartnik, Suwart 2015) i **młynów wodnych** (Bartnik, Bartnik 2017). Oba zagadnienia wymagały skrupulatnych analiz zapisów historycznych, starych map i dokumentacji oraz badań terenowych. Doświadczenie jakie posiadałem podczas ich zbierania pomogło mi podczas studiów nad dziejami obszaru zlewni Sokołówki.

### **b) podsumowanie mojej aktywności naukowej**

#### DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWA

**Moją aktywność naukową można podsumować następująco:**

#### **Część publikacyjna**

Jestem autorem lub współautorem:

- **trzech monografii naukowych**, w tym dołączonej do niniejszej dokumentacji będącej podsumowaniem dorobku i stanowiącej potencjalnie pracę habilitacyjną – zał. 3, pkt. I.A i II.D.a;
- **25 rozdziałów w recenzowanych monografiach** o tematyce hydrologicznej (w tym 3 przed uzyskaniem stopnia doktora); 9 spośród nich stanowią rozdziały w książkach i podręcznikach zaś pozostałe (16) w wydawnictwach pokonferencyjnych – zał. 3, pkt. II.D.b;
- **22 artykułów naukowych** opublikowanych w czasopismach międzynarodowych lub krajowych z listy B MNiSW (8 przed uzyskaniem stopnia doktora) – zał. 3, pkt. II.D.c,
  - kolejne 2 (lista B MNiSW) pozytywnie przeszły etap recenzji i w czerwcu b.r. zostały skierowane do druku w Pracach Geograficznych UJ oraz Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus,
  - złożyłem również artykuł naukowy do czasopisma z listy A (Environmental Earth Processes) i jest on obecnie (1 VIII b.r.) na etapie powtórnej oceny po naniesieniu uwag recenzentów;
- **wielu map hydrologicznych i historycznych zamieszczonych** w: Atlasie Miasta Łodzi, Hydrologii Polski, Metodach statystycznych w analizach hydrologicznych środkowej Polski oraz kilku we współpracy z Instytutem Pamięi Narodowej – Komisji Ścigania Zbrodni przeciwko Narodowi Polskiemu, Oddział w Łodzi – zał. 3, pkt. II.D.d;
- **16 opublikowanych abstraktów** przygotowanych na **konferencje krajowe, międzynarodowe i zagraniczne** – zał. 3, pkt. II.K;
- **recenzji pięciu artykułów naukowych** przygotowywanych do publikacji w czasopismach krajowych i zagranicznych (z listy A i B MNiSW) – zał. 3, pkt. III.P;

- **trzech opublikowanych raportów i sprawozdań** z konferencji naukowych (zał. 3, pkt. III.Q.a) oraz tzw. **raportu końcowego** z realizacji grantu NCN, którego byłem kierownikiem – zał.3, pkt. II.I;
- **trzech ekspertyz** wykonanych na zamówienie firm prywatnych i administracji lokalnej – zał. 3, pkt. III.M.

Zgodnie z obowiązującą w Polsce punktacją, mój **dorobek wg roku wydania** (monografie, rozdziały w monografiach, mapy oraz artykuły z listy B MNiSW) **po uzyskaniu stopnia doktora** wynosi **291 pkt.** – por. **zał. 3, pkt. II.D.** oraz **zał. 4.** Liczbę cytowań moich prac wg różnych baz bibliograficznych oraz właściwe dla nich indeksy Hirscha zamieściłem w punktach odpowiednio: **zał. 3, II.G** i **zał. 3, II.H.**

### **Udział w konferencjach**

Brałem udział w **15 międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych** (w tym 3 przed doktoratem), na których **wygłosiłem 15 referatów** zaś na **kolejnych 3** (1 przed doktoratem) zaprezentowałem **4 postery** – zał. 3, pkt. II.K i zał.3., pkt. IIIB. Wygłosiłem również **2 wykłady naukowe** na zebraniach Polskiego Towarzystwa Geofizycznego Oddział w Łodzi i na spotkaniu naukowym Instytutu Nauk o Ziemi WNG UŁ (zał. 3, pkt.II.K). Byłem też współautorem treści wystąpienia wygłoszonego na **Warsztatach SWITCH Learning Alliance: „Wizje i scenariusze dla Zintegrowanego Zarządzanie Zasobami Wodnymi w Łodzi – Mieście Przyszłości 2038”** – zał. 3, pkt. III.A.

Pracowałam w **komitetach organizacyjnych trzech konferencji**: Ogólnopolskiej Konferencji Hydrograficznej (Łódź, 22–23.09.1997), Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej (Łódź, 20-22.09.2006) i Konferencji Naukowo-Technicznej (Warszawa, 22-23.09.2016) – zał. 3, pkt. III.C.

### **Udział w grantach**

Uczestniczyłem w **3 krajowych** projektach finansowanych ze środków na naukę, w tym kierowałem własnym tematem badawczym (NCN) – zał. 3, pkt.II.I. Byłem **kierownikiem** w projekcie finansowanym przez MNiSW: 0733/B/P01/2011/40 – „*Wpływ stopnia przekształcenia środowiska na obieg i jakość wody w zlewniach miejskich i podmiejskich*”. Byłem także **wykonawcą części hydrologicznej** (WG I: Analysis of the Water Cycle) w ramach zadania: „*Sokołówka: Zastosowanie ekohydrologii do renaturyzacji rzeki miejskiej w celu zwiększenia retencji wody oraz poprawy jakości życia w mieście*”)w **międzynarodowym projekcie UE (nr EC 2006-018530) – SWITCH („Sustainable Water Management Improves Tomorrow’s Cities’ Health”** – „*Zintegrowane Zarządzanie Wodą to Zdrowie w Mieście Jutra*”), którego koordynatorem w Polsce było Międzynarodowe Centrum Ekohydrologii PAN. Byłem również wykonawcą w 10 grantach uniwersyteckich.

### **Przyznane nagrody**

Za moją działalność publikacyjną otrzymałem w ciągu ostatnich 15 lat kilka **nagród Rektora** Uniwersytetu Łódzkiego. Dwie z nich były **nagrodami zespołowymi I i II stopnia**. Najważniejsze moim zdaniem były jednak: **Indywidualna Nagroda III stopnia**, którą otrzymałem za publikację książki „*Od płyty niski rzek Polski*” (2006), a także **Nagroda Rektora UŁ za Najlepszy Podręcznik Akademicki** – książkę pt. „*Geografia wezbrań i powodzi rzecznych*”, którą otrzymałem wspólnie z prof. dr. hab. Pawłem Jokiem w 2013 r. – zał. 3, pkt. II.J. Kilukrotnie zostałem również uhonorowany przez Dziekana WNG UŁ za moją działalność dydaktyczną i organizacyjną – zał. 3, pkt. III.D.

### **Główne osiągnięcia**

Za moje główne osiągnięcia naukowe uważam:

1. opracowanie monografii hydrologicznej małej zlewni miejskiej – Sokołówki (szczegółowo osiągnięcia związane z tą publikacją umieściłem pod koniec części II.b autoreferatu)
2. zbadanie przestrzennego, genetycznego i czasowego zróżnicowania wezbrań i powodzi rzecznych w Polsce i na Świecie, w aspekcie geograficznym oraz zmian klimatycznych i antropopresji, w tym opracowanie (wraz z P. Jokielem) wskaźnika pozwalającego badać występujące prawidłowości i tendencje w czasie – indeksu wysokiej wody;
3. zbadanie sezonowej zmienności ilościowych i jakościowych cech wód powierzchniowych i podziemnych w zlewniach regionu łódzkiego;
4. szczegółowa charakterystyka przepływów niskich rzek Polski, ich regionalizacja, struktura sezonowa i wieloletnia;
5. ocena antropogenicznych zmian warunków krążenia wody w zlewniach miejskiej i podmiejskiej (wpływ: urbanizacji, budowy zbiorników retencyjnych, autostrady, itd.) w relacji do obserwowanych fluktuacji i zmian klimatycznych;
6. określenie przestrzennego zróżnicowania wydajności oraz cech fizykochemicznych wody źródeł na wybranych obszarach Sudetów;
7. ocena wpływu sztucznych zbiorników wodnych a także znaczenie zacienienia dla kształtowania się cech fizyko-chemicznych wód małych cieków;
8. analiza wpływu odwodnienia terenu budowy multimedialnego dworca Łódź-Fabryczna w Łodzi na jakość wód rzeki Jasień i jej konsekwencji dla stosunków wodnych centrum miasta;
9. autorstwo i współautorstwo monografii, artykułów i rozdziałów w monografiach hydrologicznych a także udział w tworzeniu podręcznika „Hydrologia Polski” (współautorstwo rozdziału oraz wielu map i rysunków).

### **DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA**

Zajęcia dydaktyczne na kierunku geograficznym zacząłem prowadzić już będąc słuchaczem Studium Doktoranckiego Geografii Fizycznej i Ekonomicznej. Początkowo były to ćwiczenia kameralne i terenowe z Hydrologii i Oceanografii. Od chwili zatrudnienia mnie (1.01.1997 r.) na stanowisku asystenta w ówczesnym Zakładzie Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ (później Katedry Hydrologii i Gospodarki Wodnej, a obecnie Pracowni Hydrologii i Gospodarki Wodnej) liczba realizowanych przeze mnie godzin dydaktycznych **niemal corocznie przekraczała obowiązujące mnie pensum**.

W swojej karierze zawodowej prowadziłem zajęcia **o bardzo różnym charakterze** (wykłady, ćwiczenia, konwersatoria, wykłady fakultatywne, ćwiczenia terenowe) oraz **o dużej różnorodności tematycznej** (hydrologia, gospodarka wodna, hydrometria, prawo wodne, geografia fizyczna Polski i Świata, geostatystyka, technologia informatyczna, GIS itd.), zarówno na studiach **licencjackich** (kierunki: geograficzny, geomonitoring, geoinformacja, planowanie przestrzenne, ochrona środowiska) jak i **magisterskich** (kierunek geografia) i **podyplomowych** (geoinformacja).

Pod moją opieką **promotorską** powstały **32 prace licencjackie** i **14 prac magisterskich** (zał. 3, pkt.III.J). Od 2005 r. (wcześniej nie prowadziłem tej statystyki) byłem także **recenzentem 40 prac licencjackich** i **11 magisterskich**. Moja praca dydaktyczna jest wysoko oceniana przez studentów.

Wyrazem tego są wyniki corocznych ankiet studenckich. Za osiągnięcia dydaktyczne otrzymałem nagrodę Dziekana Wydziału Nauk Geograficznych (zał.3, pkt. III.D).

## DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACYJNA I POPULARYZATORSKA

### *Udział w gremiach naukowych*

Jestem: **członkiem** (od 2007 r.) **Stowarzyszenia Hydrologów Polskich** oraz (od 2000 r.) **Towarzystwa Miłośników Mineralogii** przy Muzeum Geologicznym Uniwersytetu Łódzkiego. W latach 2003–2010 pełniłem funkcję jego **prezesa** (2 kadencje). Obecnie jestem **członkiem zarządu** – zał. 3, pkt. III.H.

### *Praca organizacyjna na UŁ*

Jeszcze podczas moich studiów na kierunku geograficznym byłem, w latach 1990–1993, **przedstawicielem studentów** do **Rady Wydziału** Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Łódzkiego. W okresie od 2005 do 2009 r., w ramach obowiązków służbowych, uczestniczyłem w posiedzeniach **Rady Wydziału Nauk Geograficznych** Uniwersytetu Łódzkiego jako **przedstawiciel pomocniczych pracowników nauki**. W lipcu 2007 r. byłem członkiem **Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej** na kierunku geografia.

W latach 2004–2008 byłem **kierownikiem Pracowni Informatycznej Wydziału Nauk Geograficznych** Uniwersytetu Łódzkiego. W tym czasie nie tylko nadzorowałem jej funkcjonowanie lecz wcześniej zorganizowałem jej wyposażenie w sprzęt komputerowy, oprogramowanie i zapewniłem podłączenie do sieci.

W 2009 r. **założyłem stronę internetową Pracowni (Katedry) Hydrologii i Gospodarki Wodnej** Uniwersytetu Łódzkiego i od tego czasu nią zarządzam. Rok później utworzyłem również **witrynę internetową Towarzystwa Miłośników Mineralogii przy Uniwersytecie Łódzkim**, którą opiekowałem się do końca 2016 r. Od 2015 r. **uczestniczę** w pracach **Rady Programowej kierunku Geoinformacja** na Wydziale Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego.

### *Współpraca z organami administracji lokalnej i przedsiębiorstwami*

W okresie od 2006 do końca 2010 r. brałem udział w pracach **Learning Alliance grupy Łódź**, działającej w ramach projektu **EU SWITCH** („Sustainable Water Management Improves Tommorow’s Cities’ Health” – „Zintegrowane Zarządzanie Wodą to Zdrowie w Mieście Jutra”) współtworząc **strategię rozwoju miasta**. Grupę stanowili: decydenci, inwestorzy i mieszkańcy Łodzi, którzy zainteresowani byli poprawą wizerunku miasta a tym samym jego atrakcyjności i potencjału ekonomicznego oraz wypracowaniem efektywnego systemu zarządzania; m.in. dzięki pracom tego zespołu w 2008 **sformułowano wizję dla Łodzi w 2038 r.**, zgodnie z którą priorytetami mają być zarządzanie wodą i terenami zielonymi – zał. 3, pkt. III.A.

W latach 2011–2015 wykonałem **trzy opracowania eksperckie** dla firm prywatnych i urzędu gminy, w tym rozstrzygające kwestię zalewania posesji, odwadniania terenu budowy odcinka drogi szybkiego ruchu oraz zasięgu i liczby stref zalewowych na obszarze zurbanizowanym – zał. 3, pkt. III.M.

Od 2012 r., rozwijając moje zainteresowania historyczne i znajomość systemów GIS, podejmuję **współpracę z Instytutem Pamięci Narodowej – Komisją Ścigania Zbrodni przeciwko Narodowi Polskiemu, Oddziałem w Łodzi** przy opracowywaniu map historycznych Polski. Dotychczas opublikowano: „**Mapę historyczną Polski (31 XII 1939) z uwzględnieniem wcześniejszych zmian granic w regionie dokonanych w latach 1938–1939**” (2015) oraz mapy w książce dra hab. Janusza Wróbla pt. „**Chi-polbrosk. Z dziejów polsko-chińskiego sojuszu morskiego 1950–1957**” (2016). Obecnie trakcie opracowywania są: „**Mapa historyczna Ziemi Polskich i krajów zaborczych 1914–1918**” oraz „**Podziały administracyjne Polski 1939–1999**” – zał. 3, pkt. III.F.

#### **Praca redakcyjna – techniczna i merytoryczna**

W latach 1994–2000 **pracowałem przy redakcji i przygotowaniu do druku** miesięcznika PC Word Komputer (Wyd. IDG Poland) oraz dwóch wydań albumów pt. „**Ziemia Łódzka**” (Marrow SA). Uczestniczyłem także w opracowaniu serii kilkunastu folderów z serii „**Regiony**” (opublikowano w nich także kilkanaście moich zdjęć) – zał. 3, pkt. III.G. Moje fotografie ukazały się także w podręcznikach do geografii (poziom podstawowy i rozszerzony) wydanych przez Wydawnictwo Szkolne PWN.

Opracowywałem technicznie wszystkie rysunki oraz mapy w **monografii naukowej** pod red. P. Jokiela „**Metody statystyczne w analizach hydrologicznych środkowej Polski**” (Wyd. UŁ, Łódź, 2015) oraz przygotowywałem do wydania pod względem merytorycznym i technicznym większość rysunków oraz wszystkie mapy w podręczniku pt. „**Hydrologia Polski**” pod redakcją P. Jokiela, W. Marszelewskiego i J. Pociask-Karteczki (PWN, Warszawa, 2017).

#### **Udział w konkursach i olimpiadach przedmiotowych:**

Od 1998 roku biorę udział w pracach **Komitetu Okręgowego Olimpiady Geograficznej jako juror** na etapie lokalnym i regionalnym (Zał. 3, pkt. III.I). W 2009 r. utworzyłem stronę **internetową Komitetu Okręgowego Olimpiady Geograficznej w Łodzi** i od tego czasu nią zarządzam – zał. 3, pkt. III.I.

#### **Formy popularyzacji wiedzy**

Moja działalność popularyzatorska to głównie **wystąpienia** skierowane do uczniów i nauczycieli gimnazjów i liceów oraz do szerokiej rzeszy odbiorców zainteresowanych geografią. Należą do nich wykłady, prelekcje i wycieczki wygłaszane bądź organizowane przeze mnie w **ramach Festiwalu Nauki, Techniki i Sztuki w Łodzi** oraz **Dnia Geografa** – zał. 3, pkt. III.I.

Do działalności popularyzatorskiej zaliczyć można również kilka moich **publikacji** na łamach czasopism: „**Zieleń Miejska**”, „**Geografia w szkole**” oraz popularnego miesięcznika komputerowego „**PC World Komputer**”. Jestem również autorem kilku **sprawozdań z konferencji i działalności badawczej** – zał. 3, pkt. III.Q, a także **artykułów internetowych** zamieszczonych na stronie Pracowni Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ.

#### **c) Literatura cytowana w 5 punkcie autoreferatu:**

Arcadis Ekokonrem, 2002, Dokumentacja rozpoznania możliwości ujęcia wód podziemnych z utworów górnokredowych i starszego paleozoiku dla Gminy Uzdrowskiej w Dusznikach Zdroju. Arch. Urzędu Miejskiego Dusznik Zdroju.  
Bartnik A., 1995, Korelacja przestrzenna wybranych przepływów charakterystycznych rzek Polski. Wiad. IMGW. z. 2, Warszawa ss. 87–99;



- Bartnik A., 2005, Odpływ niski rzek Polski. *Acta Geogr. Lodz.*, ŁTN, 91, Łódź, 120 s.;
- Bartnik A., 2007, Zróżnicowanie przestrzenne wybranych cech fizykochemicznych wody źródeł zlewni Bystrzycy Dusznickiej. [w:] P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziulkiewicz (red.), *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. Wyd. Regina Poloniae. Częstochowa, ss. 181-191.
- Bartnik A., 2010, Spatial distribution of low-flows not exceeded at the assumed probability in Poland. *Geographia Polonica*, 83, iss. 1, PAN, Warszawa, ss. 39-50;
- Bartnik A., 2016, Wieloletnie zmiany odpływu małej rzeki miejskiej pod wpływem antropopresji (na przykładzie Sokołówki – Łódź). [w:] L. Hejduk, E. Kaznowska (red.) *Hydrologia zlewni zurbanizowanych*. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk, z. 39, Warszawa, ss. 93–113;
- Bartnik A., Bartnik D., 2017, Rozmieszczenie młynów wodnych na obszarze Łodzi jako przykład wykorzystania historycznych źródeł kartograficznych. Seria: Z dziejów kartografii, t. 21, Zespół Historii Kartografii przy Inst. Historii Nauki PAN, Warszawa, ss. 11–40;
- Bartnik A., Jokiel P., 2005, Niektóre problemy zmian i zmienności rocznego hydrogramu przepływu rzecznoego na podstawie Pilicy w Przedborzu. *Wiad. IMGW*, 2, Warszawa, ss. 5–31;
- Bartnik A., Jokiel P., 2012, Geografia wezbrań i powodzi rzecznych. Wyd. UŁ, Łódź, 267 s.;
- Bartnik A., Jokiel P., 2017, 7.3.1. Wezbrania i powódzie. [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski. 7. Odpływ rzeczny w Polsce. 7.3. Fazy odpływu rzecznoego*. PWN, Warszawa, ss. 167–175;
- Bartnik A., Moniewski P., 2010, Formowanie się i charakter wezbrań dwu małych rzek o różnym stopniu zurbanizowania zlewni na przykładzie Sokołówki i Dzierżaznej. [w:] Barwiński M. (red.) – *Obszary metropolitalne we współczesnym środowisku geograficznym*. Tom 2. 58. Zjazd PTG, Łódź, ss. 325–336;
- Bartnik A., Moniewski P., 2011, River Bed Shade and Its Importance in the Process of Studying of the Fundamental Physico-Chemical Characteristics of Small River Waters. [w:] Glińska-Lewczuk K. (ed.) – *Contemporary problems of management and environmental protection: "Issues of landscape conservation and water management in rural areas"* no 7, chapter XII, Olsztyn, s. 137–149;
- Bartnik A., Moniewski P., 2012, Basic physic-chemical water parameters of a small river and their changes caused by the presence of water reservoirs on the example of the Dzierżazna river. [w:] Grześkowiak A., Nowak B., Grzonka B. (eds) – *Anthropogenic and natural transformations of lakes*. vol.6, Wyd. IMGW-PIB, Poznań, ss. 7–17;
- Bartnik A., Moniewski P., 2015, Analiza sezonowej zmienności wybranych cech fizykochemicznych wody małych cieków odwadniających obszary o różnym stopniu antropopresji. [w:] Jokiel P. (red.) – *Metody statystyczne w analizach hydrologicznych środkowej Polski*. Wyd. UŁ, Łódź, ss. 27–47;
- Bartnik A., Moniewski P., 2016, Changes in water quality of a small urban river triggered by deep drainage of a construction site. *Journal of Water and Land Development*, No. 31 ss. 11–22;
- Bartnik A., Moniewski P., 2018, Zawartość informacyjna baz danych PIG-PIB w aspekcie badań wydajności źródeł Polski. *Przegl. Geolog.*, vol. 66, nr 5 (maj), Warszawa, ss. 283–293;
- Bartnik A., Moniewski P., 2018, Zawartość informacyjna baz danych PIG-PIB w aspekcie badań wydajności źródeł Polski. *Przegląd Geologiczny*, vol. 66, nr 5 (maj), Warszawa, ss. 283–293;
- Bartnik A., Moniewski P., Tomalski P., 2008: Rola naturalnych i antropogenicznych elementów obiegu wody w zlewni miejskiej (Sokołówka) i podmiejskiej (Dzierżazna). [w:] Bródka S. (red.) – *Problemy środowiska przyrodniczego miast. Problemy ekologii krajobrazu*, Tom 22, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań-Warszawa, ss. 39–48;
- Bartnik A., Moniewski P., Tomalski P., 2013, Seasonality of the basic physical and chemical characteristics of water flowing through the cascades of small reservoirs. *Limnological Review*, vol. 13, MS No 2, ss. 63–71;
- Bartnik A., Suwart A., 2015, Fountains of Lodz – the relevance to the citizens' lives. / *Fontanny Łodzi – znaczenie w życiu mieszkańców*. *Turyzm*, t. 25, z. 2, ss. 35–47 i 49–61;
- Bartnik A., Tomalski P., 2010, Krótkoterminowe zmiany natężenia przepływu w małej rzece miejskiej na przykładzie Sokołówki (Łódź). [w:] Ciupa T., Suligowski R. (red.) – *Woda w badaniach geograficznych*. Inst. Geogr., UJK, Kielce, ss. 127–136;
- Bartnik A., Tomalski P., 2012a: Zróżnicowanie równowagi hydrodynamicznej wód podziemnych i powierzchniowych w dolinie małej rzeki miejskiej (na przykładzie Sokołówki – Łódź). [w:] Marszelewski W. (red.) – *Gospodarowanie wodą w warunkach zmieniającego się środowiska*. Monografie Komisji Hydrologicznej PTG, tom 1, Komisja Hydrologiczna PTG, Zakład Hydrologii i Gosp. Wodnej, Wydz. Nauk o Ziemi Uniw. Mikołaja Kopernika, Toruń, ss. 7–19;
- Bartnik A., Tomalski P., 2012b: The influence of small reservoirs of different functions on seasonal oscillations of the selected physico-chemical parameters of the urban river waters (the Sokolowka catchment, Lodz case). [w:] Grześkowiak A., Nowak B., Grzonka B. (eds) – *Anthropogenic and natural transformations of lakes*. vol.6, Wyd. IMGW-PIB, Poznań, ss. 19–34;
- Bartnik A., Tomalski P., 2016, Parametryczna Ocena Łódzkich rzek pod względem hydromorfologicznym. [w:] Hejduk L., Kaznowska E. (red.) *Hydrologia zlewni zurbanizowanych*. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk, z. 39, Warszawa, ss. 77-92;
- Cymerman Z., 1992, Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Arkusz Duszniki Zdrój. PIG, Warszawa;
- Domański Cz., 1990, Testy statystyczne. PWE, Warszawa, 336 s.;
- Dynowska I., 1988 (red.), Antropogeniczne uwarunkowania zmian odpływu i reżimu rzek w różnych regionach Polski. *Dokum. Geogr. IGiPZ PAN*, z. 4, 95 s.;

- Dynowska I., Jankowski A.T., Soja R., 1985, Metody oceny wpływu gospodarczej działalności człowieka na odpływ. *Fol. Geogr.*, Ser. Geogr.-Phys., vol. 17, ss. 105–119;
- Jokiel P. (red.), 2002, Woda na zapleczu wielkiego miasta. Wyd. IMGW, Warszawa, 148 s.;
- Jokiel P. (red.), 2015, Metody statystyczne w analizach hydrologicznych środkowej Polski. Wyd. UŁ, Łódź, 294 s.;
- Jokiel P., 1994, Zasoby, odnawialność i odpływ wód podziemnych strefy aktywnej wymiany w Polsce. *Acta Geogr. Lodz.*, ŁTN, 66–67, Łódź, 236 s.;
- Kryza J., 1975, Zieleniec – źródła Bystrzycy Dusznickiej. Przewodnik XLVII Zjazdu PTG w Świdnicy. Wyd. Geol., Warszawa, ss. 268–273;
- Markham Ch.G., 1970, Seasonality of precipitation in the United States. *Ann. Ass. of Amer. Geogr.*, 3, ss. 593-597;
- Szturc J., 1993, Antropogeniczne zmiany odpływu rzecznoego na obszarze GOP-u. *Wiad. IMGW*, XVI, z. 1 i 2, ss. 75–90.
- Tamulewicz J., 1993, Struktura pola opadów atmosferycznych Polski w okresie 1951–1980. Wyd. UAM, ser. Geografia, 56, Poznań, 181 s.;
- Tomalski P., Jokiel P., 2014, Termin połowy odpływu - próba zastosowanie tej charakterystyki i jej pochodnych do oceny zmian i zmienności sezonowej struktury odpływu rzecznoego. [w:] Ciupa T., Suligowski R., (red), Woda w mieście. *Monografie Komisji Hydrologicznej PTG*, tom 2, 2014, Instytut Geografii, Uniw. Jana Kochanowskiego, Kielce ss. 81-90.

