

AUTOREFERAT

Krzysztof Kochanek

Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- **Magister inżynier**, dyplom uzyskany w 1997 roku na wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Pracę napisałem pod kierunkiem profesora Marka Nawalanego. Na obronie uzyskałem ocenę celującą.
- **Master of Business Administration**, dyplom uzyskany w roku 2000 w Szkole Biznesu Politechniki Warszawskiej
- **Doktor nauk technicznych**, dyplom uzyskany w 2003 roku na wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Tytuł rozprawy doktorskiej: „*Ocena przydatności wybranych metod podejmowania decyzji wodno-gospodarczych w rejonach objętych działalnością górnictwa odkrywkowego*”, praca napisana pod kierunkiem profesora Marka Nawalanego. Recenzentami pracy byli prof. Andrzej Kraszewski oraz prof. Andrzej Sadurski. Pracę obroniłem z wyróżnieniem.

Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 1997 – 2003: studia doktoranckie w Instytucie Systemów Inżynierii Środowiska. W ramach studiów prowadziłem zajęcia laboratoryjne i ćwiczenia audytoryjne z przedmiotów: Podstawy użytkowania komputerów w tym nauka programowania i metody numeryczne, Podstawy teorii systemów i Systemy Informacji Geograficznej.
- Od stycznia 2003: w Zakładzie Zasobów Wodnych (obecnie Zakład Hydrologii i Hydrodynamiki) Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk (IGF) najpierw na stanowisku asystenta, a od października tego samego roku na stanowisku adiunkta. W IGF związałem się z zespołem badawczym prowadzonym przez profesora Witolda G. Strupczewskiego.
- 2007 – 2008: „post-doc” w *Centre for Water Resources Research, School of Architecture, Landscape and Civil Engineering, University College Dublin* w Irlandii, gdzie w ramach projektu pt. ‘*Water Framework Directive, Integration, Negotiation and Communication of Optimal Measures with Stakeholders*’ (WINCOMS) zajmowałem się problematyką podejmowania decyzji w kontekście wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej w Irlandii;
- 2010 – 2011: staż w *L’institut de recherche en sciences et technologies pour l’environnement « Cemagref »* w Lyonie we Francji, gdzie w ramach projektu ‘*EXTreme RAInfall and FLOod estimation*’ (ExtraFlo) rozwijałem swoje zainteresowania i uzupełniałem wiedzę w dziedzinie analizy częstości występowania hydrologicznych zjawisk ekstremalnych w kontekście modelowania powodzi na rzekach Francji.

Osiągnięcia naukowe

a) Publikacje będące podstawą wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Powodzie są w świecie sprawcą największej ilości ofiar śmiertelnych wśród wszystkich klęsk żywiołowych oraz zajmują czołową pozycję pod względem wielkości strat materialnych. W konsekwencji, rosnące zainteresowanie ze strony ośrodków kształtujących politykę i zarządzających ryzykiem powodziowym (np. w Europejskiej Dyrektywie Szacowania i Zarządzania Powodziami, Directive 2007/60/EC), stawia przed naukowcami zadanie opracowania nowej generacji dokładniejszych i bardziej niezawodnych modeli, w miarę możliwości uwzględniających również oszacowania wpływu zmian w środowisku naturalnym na częstotliwość pojawiania się powodzi. Oprócz tego, znajomość parametrów fali powodziowej, a w szczególności wielkości wezbrania o danym okresie powtarzalności, kubatury czy czasu trwania wezbrania są kluczowymi parametrami wykorzystywanymi w projektowaniu urządzeń

hydrotechnicznych, działalności nakierowanej na ochronę ludzi i infrastruktury przed powodziami oraz tworzeniu polityki ekologicznej i wodnogospodarczej w Polsce i na świecie. Te wszystkie czynniki wpływają na zintensyfikowanie prac badawczych nad zagadnieniami analizy częstości występowania powodzi, których celem jest zwiększenie rzetelności modeli hydrologicznych w kontekście niedoskonałości serii pomiarowych i zmian reżimu rzek.

Z początkiem 2003 r., mając już na ukończeniu rozprawę doktorską, za sprawą mojego udziału w projekcie prowadzonym w Instytucie Geofizyki PAN przez prof. Witolda G. Strupczewskiego, uwagę moją przyciągnęła problematyka **modelowania statystycznego częstości występowania powodzi w danym przekroju wodowskazowym rzeki (analiza lokalna)**. Jest to klasyczne zagadnienie hydrologiczne, którego waga narasta wraz z rozwojem infrastruktury, przez co niezmiennie znajduje się ono w zakresie intensywnych badań naukowców w kraju i za granicą, o czym świadczą nowe prace publikowane w uznanych specjalistycznych periodykach. Modele statystyczne, bowiem, mimo znacznego postępu w dziedzinie modeli fizycznych oraz metod numerycznych, wciąż stanowią podstawę warsztatu pracy hydrologów praktyków, projektantów urządzeń hydrotechnicznych, służb ochrony cywilnej, ekologów i decydentów.

Możliwość współpracy z uznanymi autorytetami z dziedziny hydrologii z kraju i zagranicy: profesorami W.G. Strupczewskim (Instytut Geofizyki, PAN), St. Węglarczykiem (Politechnika Krakowska), H.T. Mitoskiem (Uniwersytet Jana Kochanowskiego), V.P. Singhiem (A&M Texas University, USA), M. Langiem (IRSTEA, Francja), i innymi, stymulowała rozwój mojego doświadczenia w tematyce modelowania statystycznego zjawisk powodziowych. Moje zainteresowania naukowe koncentrowały się przede wszystkim na następujących zagadnieniach:

- podobieństwa i różnice pomiędzy fizycznymi i statystycznymi modelami powodziowymi,
- dokładności odwzorowania wartości kwantyli o długim okresie powtarzalności (tak zwanych kwantyli „powodziowych”) przez procedury łączące modele statystyczne stosowane w hydrologii z różnymi metodami estymacji ich parametrów,
- odporności metod estymacji parametrów i kwantyli powodziowych statystycznych modeli hydrologicznych na niedoskonałości największych elementy w próbie pomiarowej,
- właściwego wyboru najlepszego modelu hydrologicznego opisującego daną próbę pomiarową,
- podejścia sezonowego do modelowania maksymalnych przepływów rocznych oraz
- modelowania częstości występowania powodzi w warunkach niestacjonarności.

Badania nad wymienionymi zagadnieniami **modelowania statystycznego częstości występowania powodzi (CWP) w danym przekroju wodowskazowym rzeki** znalazły swoje odzwierciedlenie w artykułach **będących przedmiotem wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego**. Prace przedstawiono w kolejności chronologicznej roku publikacji, od najstarszej do najnowszych; przy artykułach podano liczbę punktów według wykazu czasopism punktowanych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, pięcioletni *Impact Factor* według Web of Science oraz ewentualnie liczbę cytowań wg. Web of Science (WoS) i Publish or Perish (PoP):

- (1) Strupczewski W.G., **Kochanek K.**, Singh V.P. and Węglarczyk S. (2005) Are Parsimonious Flood Frequency Models More Reliable than the True Ones? I. Accuracy of Quantiles and Moments Estimation (AQME) – Method of Assessment. *Acta Geophysica Polonica*, Vol. 53, no 4, pp. 419-436
- (2) **Kochanek K.**, Strupczewski W.G., Singh V.P. and Węglarczyk S. (2005) Are Parsimonious Flood Frequency Models More Reliable than the True Ones? II. Comparative assessment of the performance of simple models versus the parent distribution. *Acta Geophysica Polonica*, Vol. 53, no 4, pp. 437-457. Cytowany 5 razy (wg. PoP)
- (3) Strupczewski W.G., **Kochanek K.**, Węglarczyk S. and Singh V.P. (2005) On robustness of large quantile estimates of log-Gumbel and log-logistic distributions to largest element of the observation series: Monte Carlo results vs. first order approximation. *Stoch Environ Res Risk Assess*, Vol 19, No 4: 280–291, DOI 10.1007/s00477-005-0232-x. Wg wykazu czasopism punktowanych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW), artykuł wydrukowany w *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* oceniono na 27 punktów; pięcioletni *Impact Factor*: 1.211; cytowany 1 raz (wg. WoS i PoP).

- (4) Strupczewski W.G., Singh V.P., Weglarczyk S., **Kochanek** K., Mitosek H.T. (2006) Complementary aspects of linear flood routing modelling and flood frequency analysis. *Hydrol. Processes*, Vol. 20 (16), 30 October 2006, pp. 3535-3554. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Hydrological Processes* oceniono na 32 punkty; pięcioletni Impact Factor: 2.599, cytowany 5 razy (wg. WoS i PoP).
- (5) Markiewicz I., Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Singh, V.P. (2006) Relationships between three dispersion measures used in flood frequency analysis. *Stoch Environ Res Risk Assess* 20: 391–405 DOI 10.1007/s00477-006-0033-x. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* oceniono na 27 punktów; pięcioletni Impact Factor: 1.211; cytowany 3 razy (wg. WoS) i 6 razy (wg. PoP).
- (6) Strupczewski W.G., Mitosek H.T., **Kochanek** K., Singh V.P. and Weglarczyk S. (2006) Probability of correct selection from lognormal and convective diffusion models based on the likelihood ratio. *Stoch Environ Res Risk Assess* (2006) 20: 152–163, DOI 10.1007/s00477-005-0030-5. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* oceniono na 27 punktów; pięcioletni Impact Factor: 1.211; cytowany 5 razy (wg. WoS) i 6 razy (wg. PoP).
- (7) Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Weglarczyk S., Singh V.P. (2007) On robustness of large quantile estimates to largest elements of the observation series. *Hydrol. Processes*. Vol. 21, issue 10, pp. 1328-1344. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Hydrological Processes* oceniono na 32 punkty; pięcioletni Impact Factor: 2.559; cytowany 1 raz (wg. WoS) i 2 razy (wg. PoP).
- (8) Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Singh V.P. (2007) On the informative value of the largest sample element of log-Gumbel distribution. *Acta Geophysica*, 55, 4, 652-678. DOI: 10.2478/s11600-007-0027-1. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Acta Geophysica* oceniono na 13 punktów; pięcioletni Impact Factor: 1.000; cytowany 1 raz (wg. PoP).
- (9) **Kochanek** K., Strupczewski W.G., Singh V.P. & Weglarczyk S. (2008) The PWM large quantile estimates of heavy tailed distributions from samples deprived of their largest element. *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, 53(2), pp. 367–386. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Hydrological Sciences Journal* oceniono na 32 punkty; pięcioletni Impact Factor: 1.891; cytowany 2 razy (wg. WoS i PoP).
- (10) Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Feluch W., Bogdanowicz E. & Singh V.P. (2009) On seasonal approach to nonstationary flood frequency analysis. *Physics and Chemistry of the Earth* 34 pp 612–618. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Physics and Chemistry of the Earth* oceniono na 27 punktów; pięcioletni Impact Factor: 1.211; cyt. 2 razy (wg. WoS) i 1 raz (wg. PoP).
- (11) Markiewicz I., Strupczewski W.G., **Kochanek** K. (2010) On accuracy of upper quantiles estimation. *Hydrology and Earth System Sciences*, Volume 14, Issue 11, 2010, Pages 2167-2175, DOI: 10.5194/hess-14-2167-2010. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Hydrology and Earth System Sciences* oceniono na 32 punkty; pięcioletni Impact Factor: 2.967.
- (12) Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Markiewicz I., Bogdanowicz E., Weglarczyk S., Singh V.P. (2011) On the tails of distributions of annual peak flow. *Hydrology Research* Volume 42, Issue 2-3, 2011, pp. 171-192, DOI: 10.2166/nh.2011.062. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Hydrology Research* oceniono na 20 punktów; pięcioletni IF: 1.024. Cytowany 1 raz (wg. PoP).
- (13) Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Bogdanowicz E., Markiewicz I., (2011) On seasonal approach to flood frequency modelling. Part I: Two-component distribution revisited. *Hydrological Processes*, article opublikowany 'on-line first', DOI: 10.1002/hyp.8179 Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Hydrological Processes* oceniono na 32 punkty; pięcioletni IF: 2.559
- (14) **Kochanek** K., Strupczewski W.G., Bogdanowicz E. (2011) On seasonal approach to flood frequency modelling. Part II: Flood frequency analysis of Polish rivers. *Hydrological Processes*, arti-

b) Omówienie prac będących podstawą wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Prace omówiono w kolejności logicznej, a nie chronologicznej ukazania się artykułu, i w celu łatwiejszej ich identyfikacji na marginesie akapity oznaczono liczbami odpowiadającymi punktom z powyższej listy.

- (4) Na początku mojej pracy naukowej nad zagadnieniami analizy częstości występowania powodzi (CWP) włączyłem się w trwające już od ponad roku badania podobieństw i różnic między dwoma podejściami do modelowania fali powodziowej: deterministycznymi liniowymi modelami transformacji i statystycznymi modelami częstości występowania powodzi w kontekście wielkości błędu systematycznego estymatorów kwantyli powodziowych przy założeniu błędnego rozkładu prawdopodobieństwa (modelu) i naturalnych niedoskonałości ciągów pomiarowych (małej liczności prób i jakości samych wartości pomiarowych). Pierwsze wyniki tych prac zaprezentowano w 2003 roku na sympozjum '*Local and regional estimation of extreme hydrological events*' w Lyonie oraz (w tym samym roku) w postaci posteru na konferencji Europejskiej Unii Geofizycznej w Nicei. Następnie problematykę konkurencji modeli deterministycznych i statystycznych znacznie poszerzono i opublikowano w prestiżowym czasopiśmie *Hydrological Processes* (Strupczewski W.G., Singh V.P., Węglarczyk S., **Kochanek** K., Mitosek H.T., 2006). W pracach wykazano, iż istnieje formalne podobieństwo między technikami liniowej transformacji fali oraz częstości występowania powodzi, natomiast nie sposób wskazać koncepcyjne połączenie między tymi podejściami. Wynika to z faktu, iż częstość występowania powodzi ma charakter stochastyczny, co trudno pogodzić z deterministyczną naturą modeli transformacji fali. Praca nad artykułem wymagała oczywiście dużej wiedzy z zakresu hydrologii, statystyki i fizyki zjawisk hydrologicznych. Wówczas gdy brałem udział w badaniach nad tymi zagadnieniami, tematyką CWP zajmowałem się stosunkowo krótko. Dlatego też, mój osobisty wkład dotyczył zaprojektowania oraz stworzenia oprogramowania, wykonania obliczeń i analizy wyników niezbędnych do udowodnienia postawionych w artykule tez. Oceniam swój wkład na 10%.
- (1) i (2) Podczas pracy nad wyżej opisanym tematem zainteresowałem się szczególnie zagadnieniem błędów estymacji kwantyli o dużym prawdopodobieństwie nie-przezwyciężenia (powodziowych) w zależności od wybranego modelu i metody estymacji. W założeniu, badania te stanowiły próbę odpowiedzi na brak jasno określonych kryteriów i wytycznych co do wyboru najlepszej procedury estymacyjnej „model/metoda estymacji” w celu rozwiązania danego praktycznego problemu estymacji kwantyli powodziowych. Efektem badań nad tym zagadnieniem był dwuczęściowy artykuł opublikowany w *Acta Geophysica Polonica* (Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Singh V.P. and Węglarczyk S., 2005 oraz **Kochanek** K., Strupczewski W.G., Singh V.P. and Węglarczyk S., 2005). W pracach tych skupiono się na dokładności odwzorowania „prawego ogona” funkcji rozkładów prawdopodobieństwa (modeli) za pomocą procedur estymacyjnych, przy czym kryterium dokładności estymacji stanowiły błędy systematyczny i średniokwadratowy. Celem badań było określenie granic użyteczności oraz wypracowanie wytycznych co do stosowalności poszczególnych procedur model/metoda estymacji w zależności od reżimu rzeki i wielkości próby pomiarowej. Bazę modeli stanowiły dwuparametrowe funkcje rozkładów prawdopodobieństwa (określone przez parametry skali i kształtu) i ich trzyparametrowe odpowiedniki (określone dodatkowo przez parametr położenia) stosowane w analizie częstości występowania powodzi oraz cztero- i pięcioparametrowe wersje rozkładu Wakeby. Należy tutaj wspomnieć, iż badania koncentrowały się na rozkładach „o grubych ogonach” (choć nie tylko takich modeli dotyczyły), obecnie, bowiem, w hydrologii statystycznej przyjmuje się, że najlepiej opisują one zjawiska ekstremalne. Do estymacji parametrów modeli zastosowano trzy konkurujące ze sobą metody: największej wiarygodności (NW), momentów (MO) i momentów liniowych (ML). Badania przeprowadzono dla prób wygenerowanych z rozkładu Wakeby w pięciu zestawach realizacji parametrów, czyli w większości przypadków zakładany model populacji był nieprawdziwy. W przeciwieństwie do założeń teoretycznych oraz wyników dostępnych w literaturze, nasze obliczenia wykazały, iż błąd systematyczny estymacji dużych kwantyli bywa mniejszy w przypadku rozkładów dwuparametrowych niż ich trzyparametrowych odpowiedników, szczególnie dla małych prób (o liczebności < 50); metoda momentów okazała się najdokładniejsza w sensie błędu systematycznego wśród trzech rozważanych metod. Wartości błędu średniokwadratowego praktycznie zdyskwalifikowały teore-

tycznie bardziej podatne na dopasowanie do próby modele trzyparametrowe na korzyść prostszych dwuparametrowych.

Najważniejszym osiągnięciem opisanych badań było wykazanie, że proste modele dwuparametrowe są bardziej rzetelne i dokładne przy estymacji kwantyli powodziowych niż ich trzyparametrowe odpowiedniki, szczególnie gdy próba hydrologiczna jest mała (co często się zdarza w praktyce). Spostrzeżenie to ma doniosłe znaczenie dla praktyki hydrologicznej i projektowania urządzeń hydrotechnicznych. Stwierdzono ponadto, iż naiwnością byłoby sądzić, iż do opisu tak skomplikowanych zjawisk jak powódzie będzie można ograniczyć się tylko do jednej procedury „model/metoda estymacji”, podano natomiast wskazówki, jakie procedury sprawdzają się najlepiej w danych sytuacjach.

Mój osobisty wkład w powstanie obu części pracy był znaczny (pierwsza część 40%, a druga 45%) – brałem udział w powstawaniu artykułu na każdym jego etapie i znaczne części artykułu są mojego autorstwa. Przy okazji pracy nad artykułem zaprojektowałem i sporządziłem pakiet ponad 40 procedur komputerowych „model/metoda estymacji” – *Accuracy of Quantiles and Moments Estimation (AQME)*, dokonałem wszystkich obliczeń, opracowania i interpretacji wyników, a znaczne części artykułu są mojego autorstwa. Dodam, że stworzony wówczas pakiet komputerowy jest ciągle uzupełniany o nowe procedury (obecnie jest ich ponad 60), poprawiany i uzupełniany, a jego liczne modyfikacje posłużyły mnie oraz moim kolegom do badań w innych projektach. Artykuł ten był przełomowy w mojej naukowej karierze, gdyż wyznaczył kierunki badań, które kontynuuje do dziś.

- (3) Jednym z tych kierunków była tematyka odporności modeli CWP na największe elementy w próbie pomiarowej. Badania nad tą tematyką mają duże znaczenie praktyczne, bowiem największe przepływy, mierzone podczas znacznych wezbrań obarczone są zazwyczaj największą niepewnością i mogą „transponować” swój błąd na estymowane kwantyle i tym samym fałszować wnioski wyciągane na podstawie obliczeń. Z drugiej jednak strony, największe elementy w próbie niosą informacje, na której najbardziej nam zależy, czyli o zachowaniu się rzeki podczas największych powodzi. W związku z tym należy dokładnie poznać mechanizmy wpływu największych elementów w próbie na efekty modelowania, po to, aby umiejętnie korzystać z informacji zawartej w próbie i jednocześnie zminimalizować błędy estymacji. W pierwszym artykule z cyklu prac związanych z tą tematyką był artykuł opublikowany w *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* (Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Węglarczyk S., and Singh V.P., 2005), w którym zbadano odporność kwantyli powodziowych estymowanych za pomocą dwóch rozkładów „gruboogonowych”, logarytmiczno-Gumbela (LG) oraz logarytmiczno-logistycznego, na elementy odstające w próbie (ang. *outliers*). Porównano wyniki symulacji Monte Carlo (MC) dla przypadków, gdy w próbie występuje element odstający i gdy próba jest jego pozbawiona, po czym skonfrontowano z wynikami dla próby reprezentatywnej uzyskanej za pomocą aproksymacji pierwszego rzędu. Należy zauważyć, iż badania prowadzono dla przypadków, gdy znany jest rozkład populacji w próbie. Analiza wyników symulacji komputerowych wykazała, iż najbardziej odporna na elementy odstające jest metoda NW, zaś gdy próba jest mała, metoda MO. Wyniki dla próby reprezentatywnej były zbliżone do wyników symulacji komputerowej, szczególnie dla małych wartości współczynnika rozproszenia (ang. *coefficient of variation*, CV) w próbie. Artykuł ten należy traktować jako wstęp do dalszej analizy problemu odporności modeli CWP na elementy odstające.

Mój wkład w powstanie artykułu oceniam jako duży (45%) na każdym etapie pracy. W szczególności współpracowałem w wypracowywaniu koncepcji badań, wykonałem wszystkie obliczenia i wykresy, analizowałem wyniki, formułowałem wnioski, a znaczne części artykułu są mojego autorstwa.

- (7) W celu uogólnienia poprzednio sformułowanych wniosków, w kolejnym artykule z cyklu opublikowanym w *Hydrological Processes* (Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Węglarczyk S., Singh V.P., 2007) poszerzono zakres konkurujących ze sobą modeli stosowanych w hydrologii do 6 ograniczonych z lewej strony w zerze oraz 2 nieograniczonych. Kryterium dokładności estymowania kwantyli za pomocą trzech metod (NW, MO i ML) były wartości błędów systematycznych (ang. *bias*, *B*) i średniokwadratowych (ang. *mean square error*, *MSE*). Symulacje MC prowadzono dla wariantów: gdy pozbawiamy próbę największego elementu, oraz gdy wprowadzamy do próby element odstający. Dodatkowo wyniki uzupełniono o przypadek wykonany dla rzeczywistych przepływów maksymalnych rocznych z lat 1921 – 1950 dla profilu Trynca na rzece Wisłok oraz o podejście asymptotyczne.

Generalnie uzyskane wyniki potwierdziły trafność wniosków z pierwszego artykułu w cyklu. Uzyskane wówczas rezultaty o supremacji metody NW (dla dużych i asymptotycznych prób) i MO (dla małych i średnich) okazały się reprezentatywne dla innych „gruboogonowych” funkcji rozkładów prawdopodobieństwa ograniczonych z lewej strony w zerze stosowanych w hydrologii (logarytmiczno-normalny,

gamma, Weibulla, Pareto, itp.). Natomiast modele nieograniczone (np. normalny czy Gumbela) uzyskują lepszą odporność gdy ich kwantyle estymowane są metodą ML; metoda MO okazała się również bardziej odporna na elementy odstające. Wartym odnotowania odkryciem, był wynik wskazujący, iż pozabawienie próby największego elementu nie zawsze prowadzi do pogorszenia wyników estymacji kwantyli powodziowych rozkładów „gruboogonowych”, szczególnie gdy użyjemy metody ML! Oznacza to, iż gdy jesteśmy niepewni co do jakości największego elementu w rzeczywistym ciągu pomiarowym, lepiej go pominąć bez szkody dla jakości uzyskiwanych estymatorów. Spostrzeżenie to ma duże znaczenie praktyczne, bowiem największe przepływy, obciążone największą niepewnością, mogą zostać pominięte w analizie bez szkody dla jakości uzyskiwanych wyników!

Zakres mojego wkładu pracy w powstanie artykułu oceniam jako znaczny (30%) na każdym etapie pracy i był analogiczny do wkładu w poprzednio opisaną publikację.

- (8) Niezwykle odkrycie opisane w poprzednim artykule zostało dokładniej zbadane i opisane w następnej publikacji z cyklu opublikowanym w *Acta Geophysica* (Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Singh V.P., 2007). Skupiono się w nim głównie na wartości informacyjnej największego elementu pod kątem ewentualnych strat lub korzyści wynikających ze świadomego (lub nie) pominięcia tego elementu w estymacji kwantyli powodziowych. Do badań wybrano „gruboogonowy” rozkład logarytmiczno-Gumbela, zaś głównym kryterium dokładności estymacji były błędy estymacji kwantyli powodziowych: systematyczny (ang. *bias*, B) oraz pierwiastek średniokwadratowy (ang. *root mean square error*, $RMSE$). Do estymacji stosowano metody NW, MO i probabilistycznych momentów ważonych (PMW), których prostą kombinacją liniową są momenty liniowe. W pracy rozważano możliwe przypadki praktyczne reprezentowane przez 4 warianty eksperymentu numerycznego MC, mianowicie poszukiwano wartości granicznej rzędu kwantyla F_T dla której: w przypadku (A) wartość $RMSE$ dla próby uciętej jest najmniejsza, w (B) wartość B jest najmniejsza; w (C) wartość F_T szacowana jest na podstawie prostej formuły prawdopodobieństwa empirycznego (*plotting position*) i wreszcie w (D) gdy $F_T = 1$, czyli przez pomyłkę uznamy największy element jako błędny i usuniemy go z ciągu pomiarowego i tak otrzymaną próbę traktujemy jako „nie-uciętą”.

Wyniki obliczeń wykazały, iż każda z trzech rozważanych metod estymacji może w szczególnych przypadkach prowadzić do polepszenia jakości estymacji (zmniejszenia B i/lub $RMSE$), gdy pozabawimy ciąg pomiarowy największego (i najbardziej niepewnego) elementu (warianty A, B i D). W przypadku metody PMW, jednakże, efekt ten jest najbardziej wyraźny, gdyż następuje poprawa zarówno pod względem efektywności estymacji jak i redukcji $RMSE$, a do tego metoda PWM wykazuje największą odporność na wahania wartości parametru rozproszenia próby (ang. *coefficient of variation*, CV) oraz rząd kwantyla (wielkość prawdopodobieństwa nie-przewyższenia, F). Ten ważny fakt sprzyja rozpowszechnieniu metody PWM (i jej pochodnej – metody momentów liniowych) wśród hydrologów, jako odpornej na elementy odstające, a przy tym prostszej do zastosowania niż metoda NW.

Zakres mojego wkładu pracy w powstanie artykułu oceniam jako znaczny (45%) na każdym etapie pracy i był analogiczny do wkładu w poprzednio opisanych publikacjach.

- (9) Interesujące właściwości metody probabilistycznych momentów ważonych (PMW) poddano wnikliwym badaniom i opisano w ostatnim artykule cyklu dotyczącym próby uciętej w hydrologii opublikowanym w *Hydrological Science Journal* (**Kochanek** K., Strupczewski W.G., Singh V.P. & Węglarczyk S., 2008). W pracy rozważono dwa przypadki często spotykane w praktyce: (a) gdy największy element w ciągu pomiarowym jest świadomie pomijany, a próbę traktuje się jak uciętą oraz (b) gdy przez pomyłkę usuwamy największy element, a próbę traktujemy jak kompletną. W eksperymentach dla (a) wykorzystano uciętą z prawej strony rozkład logarytmiczno-Gumbela, którego kwantyle były estymowane metodą PMW dla rozkładu uciętego. Dodatkowo, w celu porównania wyników z poprzedniego artykułu, eksperymenty przeprowadzono analogicznie dla czterech wariantów A, B, C i D i poszukiwano odpowiadających im wartości granicznej rzędu kwantyla F_T . Eksperymenty symulacyjne MC uzupełniono o przypadek rzeczywisty dla przepływów maksymalnych rocznych (1940 – 1969) w Warcie w profilu Konin. Wyniki badań potwierdziły fakt, iż dla poczynionych założeń co do modelu i metody usunięcie największego elementu może polepszyć jakość estymacji (warianty A i D). W przypadku wariantu B nieobciążony estymator kwantyla dla próby uciętej jest nawet bardziej efektywny niż dla próby kompletnej. Zatem w rozwiązaniach praktycznych stosując odpowiednie techniki estymacji do prób uciętych można uzyskać lepsze wyniki niż dla całych prób, jednakże należy być świadomym kosztu zwiększenia błędu systematycznego. Podsumowując, gdy nie znamy rozkładu prawdopodobieństwa z którego pochodzi historyczny ciąg pomiarowy, co zawsze mam miejsce w praktyce, i nie jesteśmy pewni największego

elementu w próbie, najlepiej do prognozowania częstości występowania powodzi zastosować metodę PMW dla prób uciętych.

Zakres mojego wkładu pracy w powstanie artykułu oceniam jako znaczny (45%) na każdym etapie pracy: w opracowaniu i dyskusji problematyki oraz analizie wyników i formułowaniu wniosków.

- (5) Mimo dobrze ugruntowanej w hydrologii statystycznej pozycji metody NW do estymacji kwantyli powodziowych, praktycy wciąż chętnie (a w przypadku momentów liniowych coraz chętniej) stosują metody wykorzystujące miary rozproszenia. Jednakże, różnorodność sposobów określania tych miar przy braku wiedzy na temat ich wpływu na dokładność estymacji skutkuje szeregiem wątpliwości odnośnie użycia właściwej techniki w celu uzyskania najlepszego oszacowania ekstremalnych wezbrań. Ten praktyczny problem nadmiaru narzędzi skłonił mnie do włączenia się do badań nad wzajemną zależnością miar rozproszenia stosowanych w hydrologii. Jednoznaczna zależność między miarami rozproszenia mogłaby doprowadzić do redukcji liczby tych miar i w konsekwencji do uproszczenia procesu decyzyjnego. W pracy opublikowanej w *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* (Markiewicz I., Strupczewski W.G., **Kochanek K.**, Singh V.P., 2006) porównano właściwości trzech miar rozproszenia: odchylenia standardowego (ang. *standard deviation*, *SD*), odchylenia przeciętnego (ang. *mean deviation*, *MD*) oraz drugiego momentu liniowego (λ_2) oraz wyprowadzono formuły na ich wzajemną zależność dla najczęściej stosowanych w hydrologii dwuparametrowych i trzyparametrowych modeli CWP. W artykule nie udało się wskazać prostych zależności między miarami dyspersji. Aby przeliczyć wartość jednej miary na drugą, konieczna jest znajomość funkcji rozkładu prawdopodobieństwa (dla modeli nieograniczonych – Gaussa, Gumbela), gdyż wzajemny stosunek miar dyspersji dla danego modelu jest stały. W przypadku modeli ograniczonych z lewej strony w zerze (dwuparametrowe gamma, Pareto, Weibull, generalizowany wartości ekstremalnych – GEV, logarytmiczno normalny, itp) wymagana jest dodatkowo znajomość współczynnika kształtu, a w przypadku trzyparametrowych modeli (z parametrem położenia) współczynnika skośności. Zbadano także dokładność estymatorów kwantyli powodziowych uzyskanych trzema metodami opartymi na rozważanych miarach dyspersji oraz odporność na największe elementy w próbie. W pierwszej konkurencji zwyciężyła miara SD, natomiast w drugiej konkurencji najlepsza okazała się metoda MD, wyprzedzając nawet metodę opartą na momentach liniowych. Należy jednak pamiętać, że wyniki uzyskano dla przypadków, gdy znany jest rozkład populacji, z której pochodziły próby, co w praktyce nigdy się nie zdarza. Mój udział w powstaniu pracy był znaczący (10%). W szczególności stworzyłem część oprogramowania stosowanego w obliczeniach, ponadto, skupiłem się na problemie odporności badanych metod na największe elementy w próbie.

- (6) W trakcie badań nad dokładnością estymacji kwantyli powodziowych przez procedury „model/metoda estymacji” (artykuły 1 i 2) zauważyłem, że wynik działania takiej procedury silnie zależy od wybranej funkcji rozkładu prawdopodobieństwa opisującej ciąg pomiarowy. Jednocześnie, wiadomo iż rzeczywisty model CWP nie jest (i nigdy nie będzie) znany, natura bowiem jest zbyt skomplikowana, abyśmy mogli opisać ją prostymi modelami matematycznymi. Co najwyżej można pokusić się o próbę minimalizacji błędów wynikających z zastosowania niewłaściwego modelu jak najwierniejsze (w dostępnych granicach) dopasowanie funkcji rozkładu prawdopodobieństwa do próby poprzez stosowanie odpowiednich metod dyskryminacyjnych. W artykule poruszającym problem właściwej selekcji modelu opublikowanym w *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* zbadano siłę dyskryminacyjną techniki selekcji opartej na metodzie największej wiarygodności (Strupczewski W.G., Mitosek H.T., **Kochanek K.**, Singh V.P. and Węglarczyk S., 2006). Do badań wybrano dwa zbliżone do siebie kształtem i właściwościami statystycznymi funkcje rozkładu prawdopodobieństwa – logarytmiczno-normalną (LN) oraz konwekcyjno-dyfuzyjną (ang. *convective-diffusion*, *CD*). Celem pracy było wykazanie, iż używanie technik dyskryminacyjnych bez znajomości ich właściwości wobec podobnych do siebie modeli prowadzi do błędnych decyzji co do wyboru i w konsekwencji do błędnego oszacowania kwantyli powodziowych. W pracy korzystając z symulacji MC oszacowano prawdopodobieństwo właściwego wyboru (PWW) modelu, czyli częstości wskazania przez procedurę modelu LN, gdy próba była wygenerowana z populacji LN oraz CD, gdy próba pochodziła z rozkładu CD. Eksperymenty prowadzone dla różnych liczebności prób i CV. Z powodu podobieństwa modeli spodziewano się niskiej skuteczności procedury dyskryminacyjnej, jednakże zaskoczeniem była dwukrotna różnica między PWW dla LN i CD. Co więcej, siła dyskryminacji procedury PWW rzadko przekraczała 50%! Dlatego też do badań włączono drugą procedurę dyskryminacyjną opracowaną przez parę Queensberry-Kent (1982). Technika

ta wykazała się nieco wyższą niż NW, lecz ciągle niezadowalającą, skutecznością. Skuteczność obu procedur rośnie, co oczywiste, wraz z liczebnością próby.

Głównym wnioskiem wynikającym z tej pracy jest fakt zaskakująco niskiej skuteczności procedur dyskryminacyjnych dla krótkich serii pomiarowych. W praktycznych sytuacjach, gdzie ciągi pomiarowe liczą co najwyżej 50-70 elementów, w celu doboru modelu do próby należy zatem skorzystać z kilku technik dyskryminacyjnych, aby uniknąć błędnych wyborów. Należy jednak mieć świadomość, że wybrany model jest tylko uproszczeniem rzeczywistości i do estymacji kwantyli powodziowych starać się stosować metody minimalizujące błąd modelu (PMW i ML).

Mój wkład w powstanie publikacji był znaczny (20%), brałem udział w pracach na każdym etapie powstawania artykułu, a znaczne części artykułu są mojego autorstwa.

(10)

Promowana przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej metoda alternatywy zdarzeń i potencjalna poprawa jakości estymacji kwantyli powodziowych skłoniła nasz zespół do badań na jej temat co zaowocowało serią artykułów na temat podejścia sezonowego do estymacji przepływów maksymalnych rocznych. Pierwsze wyniki badań nad tą metodą ogłosiliśmy w ramach XXVIII Międzynarodowej Szkoły Hydrauliki w 2008 roku (szczegóły publikacji w załączniku 3). W świetle postępujących zmian klimatycznych niezwykle ważnym osiągnięciem było uogólnienie podejścia sezonowego na przypadki niestacjonarnych ciągów pomiarowych (niezależnie od genezy niestacjonarności), przy czym owa niestacjonarność wyrażana jest w zależnych od czasu momentach – średniej i odchyleniu standardowym. Na warsztatach w Capri (2008) po raz pierwszy zaprezentowaliśmy autorską technikę dwuetapową estymacji trendów w średniej i odchyleniu standardowym za pomocą metody ważonych najmniejszych kwadratów (pierwszy etap) i momentów liniowych (drugi etap). W wyniku działania tej metody uzyskujemy zależne od czasu dowolnego rzędu kwantyle. Metoda ta stanowi konkurencję dla klasycznej metody opartej na estymacji metodą NW. Tematykę niestacjonarnej dwusezonowości znacznie rozwinęto, a rezultaty opublikowano w *Physics and Chemistry of the Earth* (Strupczewski W.G., Kochanek K., Feluch W., Bogdanowicz E. & Singh V.P., 2009). We wspomnianych pracach wyodrębniliśmy maksymalne przepływy sezonowe (zimowy i letni), gdyż geneza i charakter zjawisk ekstremalnych zimowych (spowodowanych głównie roztopami) są inne niż letnich (wywołanych przez obfite deszcze). W ten sposób do analizy CWP uzyskaliśmy dwa razy więcej informacji i bardziej jednorodne ciągi pomiarowe niż przepływy maksymalne roczne. Postawiono tezę, iż niestacjonarne podejście sezonowe może dać dokładniejsze oszacowania kwantyli maksymalnych rocznych (stacjonarnych i niestacjonarnych) niż klasyczna estymacja oparta na przepływach maksymalnych rocznych. Oczywiście, zjawiska powodziowe obserwowane w Polsce są „mieszanią” powodzi letnich i zimowych, których wzajemny stosunek zmienia się z czasem i z biegiem rzeki. Metoda zakłada, iż ciągi sezonowe są niezależne i każdy sezon może być modelowany innym rozkładem prawdopodobieństwa, natomiast kwantyle powodziowe przepływów maksymalnych rocznych uzyskiwane są z modelu będącego alternatywą rozkładów sezonowych. W pierwszej części artykułu przyjęto rozkład Gumbela jako model sezonowy dla lata i zimy, dzięki czemu, przy pewnych założeniach rozkład roczny ma również postać Gumbela, co ułatwia rozważania teoretyczne. Na tej podstawie wykazano, iż teoretycznie, przy spełnieniu założenia braku błędu modelu, podejście oparte na maksimach sezonowych (MS) daje dokładniejsze oszacowanie kwantyli powodziowych niż model klasyczny wykorzystujący maksima roczne (MR). W następnych częściach artykułu zestaw modeli poszerzono o kolejnych 7 trzyparametrowych rozkładów prawdopodobieństwa stosowanych w analizie CWP, które zastosowano do estymacji parametrów ciągów sezonowych i rocznych. Do analizy wykorzystano serie przepływów maksymalnych sezonowych i rocznych z lat 1951-2005 dla 38 post-runków wodowskazowych rozmieszczonych na co ważniejszych rzekach na terenie całej Polski.

Wbrew oczekiwaniom analiza danych dla rzek polskich nie wykazała większej jednorodności ciągów sezonowych niż ciągów rocznych ani pod względem najlepiej opisującego ich modelu ani trendu średniej czy odchylenia standardowego. Jednocześnie, trendy w polskich zimowych i letnich seriach pomiarowych różnią się od siebie, co uzasadnia stosowanie niestacjonarnego podejścia sezonowego do estymacji rocznych kwantyli powodziowych. Metoda estymacji kwantyli maksymalnych rocznych za pomocą niestacjonarnego podejścia sezonowego była jednym z głównych tematów kierowanego przeze mnie grantu Ministerstwa Nauki i Informatyzacji (zakończonego pod koniec 2011 roku), dzięki któremu doczekała się uszczegółowienia i rozwinięcia. Wyniki symulacji Monte Carlo oraz analiz dokonanych na rzeczywistych szeregach czasowych dla polskich rzek wykazały, że metoda dwustopniowa daje dokładniejsze oszacowania zależnych od czasu kwantyli powodziowych niż metoda klasyczna (NW), a przy tym nie jest obciążona tak dużym błędem modelu jak NW. Metoda dwustopniowa jest obecnie treścią intensywnie

nych badań praktycznych, a wkrótce pojawią się artykuły opisujące wyniki działania tej procedury w kontekście jej dobrych i złych stron.

Mój wkład w powstanie artykułu nr (10) był znaczny (40%). Brałem czynny udział w pracach nad nim na każdym etapie jego powstawania, w opracowaniu i dyskusji problematyki oraz analizie wyników i formułowaniu wniosków; napisałem oprogramowanie i wykonałem wszystkie obliczenia, których wyniki zaprezentowano w artykule, a znaczne części artykułu są mojego autorstwa.

- (13) i (14) Dotychczasowe obiecujące wyniki sprawiły, że badania nad podejściem dwusezonowym kontynuowano, a ich rezultaty opublikowano w dwuczęściowym artykule w *Hydrological Processes* (publikacja 'on-line first') (cz. I: Strupczewski W.G., **Kochanek K.**, Bogdanowicz E., Markiewicz I., 2011 oraz cz. II: **Kochanek K.**, Strupczewski W.G., Bogdanowicz E., 2011). W artykułach utrzymano podział kalendarzowy powodzi letnich i zimowych i przeprowadzono dyskusję nad zasadnością takiego podziału. W pierwszej części artykułu, dotyczącej aspektów teoretycznych podejścia wykorzystującego maksima sezonowe (MS), jako modele dla poszczególnych sezonów wybrano rozkłady Gumbela (ang. *extreme value type 1*, EV1), na podstawie których powstał czteroparametrowy model dwukomponentowy wartości ekstremalnych (ang. *two-component extreme value type 1*, TCEV1) do estymacji kwantyli rocznych przepływów maksymalnych za pomocą MS. Tak powstały model przeanalizowano teoretycznie pod kątem dwumodalności i ewentualnej przydatności do estymacji kwantyli powodziowych. Następnie porównano wyniki wartości kwantyli powodziowych uzyskane za pomocą podejścia klasycznego MR z estymatorami TCEV1. Wyniki badań potwierdziły wcześniejsze odkrycia, że tylko przy spełnieniu pewnych warunków (m.in. gdy różnice międzysezonowe i błąd dopasowania modelu do danych są nieduże) model TCEV1 może stanowić konkurencję dla modeli obecnie stosowanych w analizie CWP. Ponadto pokazano, że gdy różnice w wielkościach przepływu między seriami sezonowymi są znaczne, to można do estymacji dużych kwantyli używać tylko jednego sezonu, tego w którym ekstremalne przepływy są większe, i stosować do niego klasyczne modele jednokomponentowe. Odkrycie to ma duże znaczenie praktyczne, gdyż znacznie upraszcza skomplikowane analizy sezonowe bez szkody dla jakości uzyskiwanych estymatorów.

W części drugiej artykułu, stosując kryterium kalendarzowe, podzielono serie przepływów rocznych maksymalnych pochodzące z 38 polskich stanowisk pomiarowych na próby letnie i zimowe. Jednym z argumentów za stosowaniem podejścia sezonowego, zamiast opartego na maksymalnych przepływach rocznych miała być wyższa homogeniczność ciągów sezonowych. Jednakże wyniki badań wykonanych w ramach projektu nie potwierdziły hipotezy o większej regionalnej i lokalnej homogeniczności prób sezonowych niż rocznych, zarówno pod względem przypisanych im modeli jak i policzonych z prób momentów liniowych. Badania korelacyjne potwierdziły natomiast niezależność maksimów sezonowych, co dało podstawy do stosowania podejścia sezonowego do polskich rzek. Dodatkowo wykazano na podstawie empirycznych funkcji prawdopodobieństwa dla ciągów zarówno sezonowych jak i rocznych, iż ich (modeli) kształt nie odbiega od powszechnie stosowanych w analizie częstości występowania powodzi jednomodalnych, dodatnio-skośnych rozkładów prawdopodobieństwa, co otworzyło drogę do stosowania takich funkcji jako modeli sezonowych. W szczególności w projekcie wykorzystano trzyparametrowe modele oraz dwuparametrowy EV1 jako składnik TCEV1. Testy dopasowania rozkładów do 38 prób przy zastosowaniu kryterium NW wykazały, że EV1, a tym samym i TCEV1, nie powinien być stosowany w podejściu sezonowym w Polsce. Spośród wybranych rozkładów trzyparametrowych letnie próby najlepiej reprezentuje model Pearsona typ III, a dla zimowych trudno jest jednoznacznie przyjąć jeden właściwy model.

Podsumowując, wyniki dla polskich danych nie potwierdziły oczekiwanej (wynikającej z teorii) redukcji niepewności kwantyli powodziowych oszacowanych metoda sezonową wobec klasycznej metody maksimów rocznych. Jednakże, przy spełnieniu pewnych warunków podejście sezonowe może być uzupełnieniem kanonu metod stosowanych w analizie występowania powodzi w Polsce, lecz nie stanowi dla tych metod alternatywy.

Mój wkład w obie części artykułu był bardzo duży (pierwsza część 40%, zaś druga 45%). Brałem udział w pracach na każdym etapie powstawania artykułu od koncepcji do formułowania wniosków. Dokonałem wszystkich obliczeń wykorzystując oprogramowanie mojego autorstwa.

- (11) Kolejnym kluczowym tematem hydrologii statystycznej o dużym znaczeniu praktycznym, którym zajmowałem się w ramach analizy częstości występowania powodzi (CWP) była dokładność estymacji kwantyli powodziowych (o dużym prawdopodobieństwie nie-przewyższenia) w kontekście metod estymacji parametrów. Problem ten przewijał się w moich badaniach od początku pracy nad zagadnieniami

hydrologii statystycznej, lecz dotąd nie był tak szczegółowo potraktowany. Najnowsze wyniki badań na ten temat zostały opublikowane w artykule, który ukazał się najpierw w *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* (informacja o publikacji w załączniku 3) a następnie materiał poprawiony i uzupełniony opublikowano w *Hydrology and Earth System Sciences* (Markiewicz I., Strupczewski W.G., **Kochanek** K. 2010). W pracy skupiono się na ocenie jakości czterech metod estymacji: NW, MO, ML oraz odchylenia przeciętnego (ang. *mean deviation*, MD) w przypadku właściwego i niewłaściwego wyboru modelu. W symulacjach MC wykorzystano dwuparametrowe i trzyparametrowe modele logarytmiczno-normalny (LN) oraz generalizowany wartości ekstremalnych (ang. *generalised extreme value*, GEV). Jako kryteria dobroci estymacji kwantyli powodziowych zastosowano błąd systematyczny (B) i średniokwadratowy (MSE).

Wyniki badań potwierdziły wcześniej sygnalizowane spostrzeżenia, iż gdy model jest nieprawdziwy, to kwantyle powodziowe uzyskane metodą NW charakteryzują się największym B, zaś MO najmniejszym, niezależnie od wielkości próby. To znacznie ogranicza (a właściwie eliminuje) stosowanie metody NW w praktyce, gdyż możliwości właściwego rozpoznania rozkładu są, jak wiadomo, bardzo ograniczone, a jej wysoka efektywność (czyli małe wartości MSE) nie kompensuje dużego błędu systematycznego. Co więcej metoda ta charakteryzuje się znacznym skomplikowaniem algorytmów obliczeniowych (szczególnie dla trzyparametrowych rozkładów) i nader często z nieznanymi przyczynami zawodzi, gdy inne metody dają właściwe rozwiązanie.

Mój wkład w powstanie artykułu oceniam jako znaczący (10%). Do wykonania części obliczeń wykorzystaliśmy procedury stworzone przeze mnie. Brałem udział w pracach nad artykułem we wszystkich etapach.

- (12) Pomimo braku jednoznacznych i dobrze ugruntowanych dowodów obecnie panuje pogląd, iż częstotliwość występowania ekstremalnych zjawisk hydrologicznych takich jak powódzie najdokładniej odwzorowują jednomodalne dodatnio-skośne modele statystyczne (funkcje rozkładów prawdopodobieństwa) charakteryzujące się tzw. „grubymi ogonami”. Jednocześnie, w Polsce rekomenduje się „chudoogonowy” rozkład Pearsona typ III, jako najlepszy model do analizy CWP dla rzek polskich. W artykule opublikowanym w *Hydrology Research* (Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Markiewicz I., Bogdanowicz E., Węglarczyk S., Singh V.P., 2011) pokusiliśmy się, zatem o odpowiedź na pytanie: „Jaki model jest najbardziej odpowiedni do analiz CWP w Polsce?” Na wstępie w pracy dokonano klasyfikacji modeli powszechnie używanych w analizie CWP w Polsce i na świecie pod kątem grubości ich ogonów. Zbadano również możliwości transformacji funkcji rozkładów o „chudych ogonach” do „grubych ogonów”. Ponadto, dokonano oceny przydatności wybranych rozkładów prawdopodobieństwa (zarówno o „chudych” jak i „grubych” ogonach) dla rzek polskich wykorzystując m.in. metodę estymacji za pomocą momentów liniowych. Należy tutaj wspomnieć, że nie istnieje jednoznaczny podział na rozkłady „gruboogoniaste” i pozostałe, a to czy dany rozkład kwalifikuje się do jednej z tych grup zależy od przyjętego kryterium. Jednocześnie w hydrologii statystycznej przyjął się schemat klasyfikacji bazujący na kryterium istnienia skończonych momentów; okazuje się bowiem, że rozkłady o ograniczonym istnieniu skończonych momentów (ang. *limited existence moments*, LEM) są jednocześnie rozkładami o grubych ogonach.

W wyniku badań wykazano m.in., iż stosowanie rozkładów wynikających z asymptotycznej teorii zjawisk ekstremalnych w praktycznych zastosowaniach, czyli gdy ciągi pomiarowe są krótkie, nie prowadzi do polepszenia wyników, a w celu minimalizacji ryzyka popełnienia pomyłki dopasowanie modelu do danych winno się opierać o metody empiryczne i/lub graficzne z wykorzystaniem co najmniej kilku metod dyskryminacyjnych. Do estymacji parametrów proponuje się metodę momentów liniowych (ciągle jeszcze rzadko stosowaną w Polsce, choć coraz bardziej powszechną w hydrologii światowej) jako dającą mniejsze błędy modelu przy estymacji kwantyli wysokiego rzędu (powodziowych), co jest bezpośrednią konsekwencją małego obciążenia momentów liniowych. Dotychczas sądzono, że rozkłady „gruboogonowe” zastosowane dla próby losowej niezależnie od metody estymacji prowadzić będą do wyższych wartości oszacowań wysokich kwantyli niż rozkłady „chudoogonowe”. Jednakże, porównując wartości kwantyli powodziowych dla kilku modeli, zauważono iż przy zachowaniu tych samych wartości momentów i momentów liniowych metoda momentów klasycznych zawyża wartości kwantyli rozkładów o „grubych” ogonach w stosunku do rozkładów „chudoogonowych”; w przypadku estymatorów uzyskanych za pomocą metody momentów liniowych takie zjawisko nie występuje. Spostrzeżenie to i wnioski z niego płynące winny być brane pod uwagę przy projektowaniu urządzeń hydrotechnicznych. Najważniejszym wnioskiem z badań było, wykazane za pomocą klasycznej analizy wizualnej wykresów stosun-

ków liniowo-momentowych dla 39 stanowisk wodowskazowych na rzekach całego kraju, że w przeciwieństwie do założeń teoretycznych do opisu reżimu polskich rzek generalnie lepiej nadają się modele o „chudych” niż „grubych” ogonach.

Mój wkład w powstanie artykułu oceniam jako bardzo duży (40%). Brałem udział w pracach nad powstaniem publikacji na każdym etapie: od koncepcji do formułowania wniosków; dodatkowo stworzyłem oprogramowanie i wykonałem wszystkie obliczenia.

Piśmiennictwo:

Quesenberry C.P., Kent J. (1982) Selecting among probability distributions used in reliability. *Technometrics* 24(1):59–65

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

Inne ważne publikacje związane z tematyką analizy częstości występowania i modelowania statystycznego powodzi:

- (15) Markiewicz I., Strupczewski W.G., **Kochanek**, K., Singh V.P. (2006) Discussion on „Non-stationary pooled flood frequency analysis” by J.M. Cunderlik and D.H. Burns [J.Hydrol. 276 (2003) 210-223], *J.Hydrol.* 330, 382-386. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Journal of Hydrology* oceniono na 32 punkty; pięcioletni Impact Factor: 3.118; cytowany 1 raz (wg. WoS) i 2 razy (wg. PoP).
- (16) Strupczewski W.G., Singh V.P., **Kochanek** K. (2007) Selected problems of at-site flood frequency analysis, 2nd International Symposium on Methodology in Hydrology; Nanjing; 30 October - 1 November 2005; *IAHS-AISH Publication Issue* 311, 2007, pp. 197-203
- (17) Strupczewski W.G., Markiewicz I., **Kochanek** K., Singh V.P. (2008) Short Walk into Two-Shape Parameter Flood Frequency Distributions. *Hydrology and Hydraulics*, edited by V.P. Singh, Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, 2008. Chapter 19 pp 669 – 716.
- (18) Bogdanowicz, E., Strupczewski, W.G., **Kochanek**, K. (2008) Zastosowanie modelu przepływ-czas trwania- prawdopodobieństwo nieprzewyższenia do opisu charakterystyk szczytowych części fal wezbraniowych. *Przegląd Geofizyczny*, Rocznik LIII, Zeszyt 3-4, pp 263-287. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Przegląd Geofizyczny* oceniono na 6 punktów.
- (15) Modelowanie CWP w warunkach zmiennego reżimu wód było kolejnym tematem, którym zajmowałem się w ramach hydrologii statystycznej. Jest to problem istotny, gdyż zgodnie z najnowszymi obserwacjami w ciągu ostatnich lat wzrosła (i ciągle rośnie) liczba ekstremalnych zjawisk na rzekach w Polsce i na świecie. Bezpośrednią przyczyną zainteresowania się tą tematyką był artykuł J.M. Cunderlika i D.H. Burnsa (z 2003 roku), z którym prowadziliśmy polemikę na łamach *Journal of Hydrology* (Markiewicz I., Strupczewski W.G., **Kochanek** K., Singh V.P. 2006). W artykule tym zwrócono przede wszystkim uwagę na brak porównania metody prezentowanej przez J.M. Cunderlika i D.H. Burnsa do klasycznego podejścia, w którym stosuje się metodę najmniejszych kwadratów do estymacji zależnych od czasu momentów (średniej i odchylenia standardowego).
Mój udział w pracy był znaczny (10%), w szczególności brałem udział w formułowaniu koncepcji dyskusji i pracy nad tekstem na każdym etapie powstawania artykułu. Niniejsza dyskusja zainspirowała mnie do pracy nad zagadnieniami niestacjonarności w hydrologii.
- (16) Dotychczasowe badania nad modelowaniem częstości występowania powodzi zostały podsumowane w artykule Strupczewskiego, Singha i **Kochanka** (2007) i ogłoszone na konferencji w Nanjingu. W artykule poruszono zagadnienia ograniczeń dla metod CWP, które wynikają przede wszystkim z nieznanego rzeczywistego rozkładu prawdopodobieństwa opisującego hydrologiczne zjawiska ekstremalne, małych liczebności oraz złej jakości ciągów pomiarowych. Problemy te przedstawiono w kontekście dotychczasowych studiów dotyczących procedur dyskryminacyjnych, modeli uproszczonych (dwuparametrowych) oraz odporności modeli i metod estymacji na największe elementy w próbach. W artykule przedstawiono również wstępne wyniki badań nad modelami o dwóch parametrach kształtu (DPK). Opisano między innymi trzy sposoby tworzenia rozkładów prawdopodobieństwa o dwóch parametrach kształtu z modeli stosowanych obecnie w analizie CWP poprzez (1) transformację wykładniczą zmiennej – T_x , (2) gęstości – T_f oraz (3) dystrybuanty – TF funkcji prawdopodobieństwa.

Mój udział w pracach nad artykułem był znaczący (20%) i odznaczył się na każdym etapie tworzenia artykułu.

- (17) Ciekawe właściwości modeli DPK zarysowane w poprzednio opisanym artykule zbadano dokładniej i opisano w obszernym rozdziale monografii (Strupczewski W.G., Markiewicz I., **Kochanek K.**, Singh V.P., 2008). W pracy pogłębiono studia nad metodami uzyskiwania DPK z innych rozkładów prawdopodobieństwa, w szczególności metod tych użyto do wyprowadzania szeregu nowych modeli, które mogą znaleźć zastosowanie w analizie częstości występowania powodzi, a następnie opisano ich właściwości. Dodatkowo wyprowadzono wzory na momenty i momenty liniowe dla nowych rozkładów DPK. Szczegółowo przeanalizowano cechy modeli Tx-gamma (TxGa) i odwróconego gamma (ang. *inverse gamma*, IGa). W pracy postawiono tezę, iż zastąpienie parametru położenia przez drugi parametr kształtu podnie- sie jakość dopasowania do danych modeli w ich prawych ogonach, czyli w części „odpowiedzialnej” za estymację kwantyli powodziowych; liczba parametrów, która również wpływa na dokładność estymacji, zostanie przy tym bez zmian.

Do najważniejszych wniosków wynikających z pracy można zaliczyć fakt, iż nie wszystkie funkcje rozkładu prawdopodobieństwa poddają się wszystkim trzem transformacjom w modele DPK. Ponadto okazało się, iż modele DPK charakteryzują się zazwyczaj cięższymi ogonami niż ich pierwowzory, choć, tak jak w przypadku TxGa, ciężar ogona warunkowany może być znakiem jednego z parametrów kształtu. Własność ta czyni modele DPK znakomitymi kandydatami do analizy CWP.

Mój wkład w powstanie pracy był znaczny (30%). Wyprowadziłem dużą część rozkładów DPK, wykonałem większość obliczeń i brałem udział w powstawaniu artykułu na każdym etapie prac.

- (18) Powodzie, które nawiedziły Polskę w 2010 roku skłoniły do rewizji stanowiska w sprawie oceny zagrożeń powodziowych na rzekach polskich. Okazało się, że często to długotrwałe działanie wysokiej wody na wały przeciwpowodziowe powoduje więcej strat, niż pojedynczy nawet nadspodziewanie duży choć krótkotrwały „impuls” powodziowy skutkujący przelaniem wody przez koronę wału. Dzieje się tak, gdyż podmywane wały ulegają osłabieniu przez napierającą wodę i w konsekwencji zniszczeniu, które następuje już po przejściu fali kulminacyjnej. W takim przypadku oprócz wartości maksymalnego możliwego przepływu rocznego podczas modelowania fali powodziowej należy wziąć pod uwagę inne jej parametry, takie jak kubatura czy czas trwania wezbrania. W artykule opublikowanym w *Przeglądzie Geofizycznym* (Bogdanowicz E., Strupczewski W.G., **Kochanek K.**, 2008) zaproponowano model szczytowych części fal wezbraniowych typu „przepływ – czas trwania wezbrania – prawdopodobieństwo nie-przewyższenia”, wraz z metodologią estymacji jego parametrów, jako alternatywę dla klasycznych modeli CWP. Za pomocą takiego modelu możliwe jest wyznaczenie kwantyli rozkładu prawdopodobieństwa maksymalnych przepływów trwających określoną (ustaloną) liczbę dni w funkcji prawdopodobieństwa nie-przewyższenia i czasu trwania wezbrania. Wyniki badań teoretycznych uzupełniono o przykład praktyczny zastosowania modelu do dwóch wybranych ciągów przepływów dobowych dla profili w Poznaniu na Warcie i w Szczucinie na Wiśle.

Podstawowym wnioskiem z pracy było stwierdzenie przydatności i konieczności zastosowania modeli typu „przepływ – czas trwania wezbrania – prawdopodobieństwo nie-przewyższenia” do analizy dynamiki szczytowych części fali powodziowych. Innym ważnym zastosowaniem tego modelu jest możliwość oszacowania szczytów fal, które mogą być zmagazynowane np. w zbiornikach lub polderach. Modele te, stanowią konieczną alternatywę dla klasycznych modeli analizy CWP.

Model typu „przepływ – czas trwania wezbrania – prawdopodobieństwo nie-przewyższenia” stanowił również punkt wyjścia dla modelu typu „czas trwania – przepływ - prawdopodobieństwo nie-przewyższenia”, nad którym obecnie pracujemy i który został zaprezentowany na konferencji Europejskiej Unii Geofizycznej „Leonardo” w 2011 roku w Bratysławie. Model ten pozwala na wyznaczenie *explicite* rozkładu prawdopodobieństwa czasów trwania przepływów powyżej stanu alarmowego, bądź innych wysokich stanów, co również ma kluczowe znaczenie dla oceny ryzyka podmycia i przerwania wałów i w konsekwencji ochrony przeciwpowodziowej.

Mój wkład w powstanie pracy był znaczący (10%). Uczestniczyłem w pracach na każdym etapie powstawania artykułu oraz prezentacji do Bratysławy.

Piśmiennictwo:

Cunderlik, J.M., Burn, D.H., 2003. Non-stationary pooled flood frequency analysis. *J. Hydrol.* 276, 210–223.

Inne ważne publikacje w moim dorobku:

- (19) Nawalany M., Sinicyn G., **Kochanek K.**, Czyzkowski B. (2003) A decision support system for groundwater: water management issues for opencast mining. New Paradigms In Subsurface Prediction: Characterization Of The Shallow Subsurface Implications For Urban Infrastructure And Environmental Assessment. *Lecture Notes In Earth Sciences*. European Sci Fdn; Int Union Geol Sci, Commiss Management & Applicat Geosci Informat. Spa, BELGIUM, July 07-12, 2001. 99; 97-102
- (20) Strupczewski W.G., **Kochanek K.**, Singh V.P. (2006) On thermal inversion observed in Liberian lagoons during dry season. In a book: *Coastal Hydrology and Processes*, edited by V.P. Singh and Y.J. Xiu, *Water Resources Publications*, Highlands Ranch, Colorado, pp.395-402.
- (21) Kochanek K., Tynan S. (2010) The environmental risk assessment for decision support system for water management in the vicinity of open cast mines (DS WMVOC). *Technological and Economic Development of Economy*, Volume 16, Issue 3, 2010, pp. 414-431, DOI: 10.3846/tede.2010.26. Wg wykazu czasopism MNiSW, artykuł wydrukowany w *Technological and Economic Development of Economy* oceniono na 9 punktów; według strony internetowej czasopisma Impact Factor za 2010 rok wyniósł 5.605.

- (19) Moja praca doktorska dotyczyła tematyki modelowania i ochrony wód podziemnych oraz zagadnieniami wspomagania procesów podejmowania decyzji. Efektem prac na tych zagadnieniach był artykuł ogłoszony na konferencji w Spa w 2001 roku i opublikowany 2 lata później jako rozdział obszernej monografii (Nawalany M., Sinicyn G., **Kochanek K.**, Czyzkowski B., 2003). W pracy analizowano między innymi możliwe scenariusze i skutki dla środowiska naturalnego i społecznego oddziaływania urządzeń odwadniających odkrywkę Kopani Węgla Brunatnego „Konin”. Studnie odwadniające pompując duże ilości wód podziemnych umożliwiają pracę ludzi i urządzeń wydobywczych w dole odkrywek, z drugiej jednak strony powodują znaczne obniżenie zwierciadeł wód podziemnych w okolicy kopalni, co ma wpływ na okoliczną hydrosferę i rodzi konflikty z innymi odbiorcami wód podziemnych. Problem ten wymaga zawarcia konsensusu między władzami i organizacjami reprezentującymi ludność lokalną i środowisko, a dyrekcją kopalni. Pomoc w uzyskaniu zrównoważonego rozwiązania może stanowić wspólny dla obu stron system wspomagania decyzji (SWD), którego koncepcja została opisana w artykule.

Mój wkład w powstanie artykułu był znaczący (60%). Stworzyłem koncepcję systemu wspomagania decyzji, wykonałem model wód podziemnych oraz wykonałem niezbędne obliczenia. Obszerne części artykułu są mojego autorstwa.

- (21) Według koncepcji przedstawionej w poprzednim artykule wykonałem SWD i przetestowałem go na możliwych scenariuszach gospodarowania wodami podziemnymi w rejonie kopalni „Konin”. Efekty prac przedstawiono w artykule opublikowanym w *Technological and Economic Development of Economy* (**Kochanek K.**, Tynan S., 2010). W artykule opisano aspekty techniczne SWD, metodykę szacowania niepewności oraz algorytm wspomagający podejmowanie decyzji. Rozważono tam również dwa hipotetyczne scenariusze gospodarowania wodami podziemnymi (zarówno przez kopalnię jak i użytkowników wody pitnej) i ich wpływ na pobliskie jeziora w kontekście algorytmów wspomagania decyzji zaimplementowanych w SWD.

W badaniach wskazano na bezstronność rozwiązań „podpowiadanych” przez SWD, które dzięki temu mogą być łatwiej zaakceptowane przez obie strony konfliktu. Nie bez znaczenia jest również możliwość symulowania przez SWD pewnych sytuacji wodnogospodarczych przed ich implementacją oraz oszacowanie ryzyka naruszenia równowagi środowiskowej – dzięki temu decydenci mogą przewidzieć skutki swoich decyzji i ewentualnie zaniechać wdrażania potencjalnie katastrofalnych rozwiązań.

Mój wkład w powstanie artykułu był bardzo duży (90%): stworzyłem SWD, wykonałem wszystkie obliczenia i brałem udział w powstawaniu publikacji na każdym etapie prac, a większa część artykułu jest mojego autorstwa.

- (20) Nieco inna tematyka została przedstawiona w artykule opublikowanym w monografii *Coastal Hydrology and Processes* (Strupczewski W.G., **Kochanek K.**, Singh V.P. 2006). W artykule opisano zjawisko inwersji temperaturowej w liberyjskich lagunach morskich podczas pory suchej. Rzeka Po, fale oceaniczne oraz bryzy powodują, że zarówno piaszczyste bariery samych lagun jak i wody morska i słodka podlegają dynamicznym zmianom dobowym i sezonowym. Wszystkie te czynniki powodują, iż na dnie lagun

zalega woda cieplejsza niż na ich powierzchni! Okazuje się bowiem, że cięższa i cieplejsza słona woda opada na dno i od góry „przykrywana” jest wodą słodką.

Zjawisko odwróconej inwersji w lagunach tropikalnych mogłoby być wykorzystane jako źródło energii. Można też stwierdzić, iż mimo długiej historii badań hydrologicznych, zjawiska naturalne ciągle mogą zaskoczyć naukowców.

Artykuł powstał na podstawie obserwacji pierwszego autora. Jednakże mój udział w pracach nad artykułem był znaczny (30%): brałem udział w pracach na każdym etapie powstawania publikacji.

Podsumowując swój dorobek naukowy chciałbym nadmienić, iż od czasu obrony pracy doktorskiej w 2003 roku byłem autorem lub współautorem **ponad 30 prac** (listę 30 prac najbardziej znaczących w dorobku zamieszczono w załączniku 3), z których **ponad połowa ukazała się w prestiżowych recenzowanych czasopismach** i zbiorach doniesień konferencyjnych. Sumaryczna liczba punktów wszystkich wymienionych w załączniku 30 prac według wykazu czasopism punktowanych **Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa wyższego wynosi 380, sumaryczny pięcioletni Impact Factor 25.080** (bez pracy numer 21 – Kochanek K., Tynan S., 2010), zaś sumaryczna **liczba cytowań według Web of Science wynosi 20** (w tym 6 autocytowań), a **według Publish or Perish 32** (brak informacji o autocytowaniach). **Współczynnik Hirscha (indeks „h”) według Web of Science wynosi 3, natomiast według Publish or Perish jest równy 4.**

Inne ważne osiągnięcia

Podczas pracy naukowej wygłosiłem prezentacje na wielu prestiżowych konferencjach w kraju i za granicą, z których najważniejsze to:

2004 The Eco-Geowater Conference w Budapeszcie, Węgry

2005 VII Krajowa Konferencja nt. Algorytmy ewolucyjne i optymalizacja globalna w Korbielowie, Polska

2006 The General Assembly of European Geophysical Union (EGU) w Wiedniu, Austria – poster

2007 The XXIV General Assembly of International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) w Perugii, Włochy

2008 XXVIII International School of Hydraulics – Hydraulic Methods for Catastrophes: Floods, Droughts, Environmental Disasters w Kręgu, Polska

2008 Warsztaty International Commission of Statistical Hydrology (STAHY) w Capri, Włochy

2009 International Conference on Water, Environment, Energy and Society w New Dehli, Indie

2010 Warsztaty International Commission of Statistical Hydrology (STAHY) w Taorminie, Włochy – poster

2011 Warsztaty Tackling with hydrological uncertainty in changing environment organizowane przez Politechnikę w Bari i Uniwersytet w Potenzie, Włochy

Podjąłem się recenzowania kilkunastu prac naukowych dla czasopism hydrologicznych (i nie tylko), między innymi: *Acta Geophysica*, *Journal of Flood Engineering*, *Journal of Hydrology*, *Technological and Economic Development of Economy*, *Water* i innych.

W latach 2005-2006 prowadziłem serie wykładów na studiach podyplomowych z przedmiotów dotyczących podstaw programowania, tworzenia stron internetowych oraz baz danych na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej.

Odbyłem trzy zagraniczne staże:

- 2003: w *International Institute for Applied Systems Analysis* (IIASA), Laxenburg, Austria, w ramach Young Scientists Summer Programme, badania w zakresie hydrologii stosowanej;
- 2007 –2008 „post-doc” w *Centre for Water Resources Research, School of Architecture, Landscape and Civil Engineering, University College Dublin* w Irlandii, gdzie w ramach projektu pt. ‘Water Framework Directive, Integration, Negotiation and Communication of Optimal Measures with Stakeholders’ (WINCOMS) zajmowałem się problematyką podejmowania decyzji w kontekście wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej w Irlandii;
- 2010 – 2011 staż w *L’institut de recherche en sciences et technologies pour l’environnement « Cemagref »* w Lyonie we Francji, gdzie w ramach projektu ‘EXTreme RAInfall and FLOod estimation’ (ExtraFlo) rozwijałem swoje zainteresowania i uzupełniałem wiedzę w dziedzinie analizy częstości występowania zjawisk ekstremalnych w kontekście modelowania powodzi na rzekach Francji.

Oprócz projektów zagranicznych brałem udział w kilku projektach krajowych o charakterze naukowym i naukowo-wdrożeniowym, z których najważniejsze to:

- 2003 – 2006: ‘*Integrated Water Management of Transboundary Catchment ‘TransCat’*’, projekt badawczy finansowany przez Komisję w ramach Piątego Programu Ramowego i wdrażania Key Action ‘Sustainable Management and Quality of Water’. Kontrakt nr EVK1-CT-2002-00124 Wykonywany wspólnie z partnerami z Polski, Czech, Niemiec, Hiszpanii, Portugalii, Bułgarii, Grecji, Norwegii i Rosji, w którym zajmowałem się między innymi zagadnieniami analizy GIS oraz modelowaniem przepływów wód podziemnych; **Charakter udziału: wykonawca**
- 2005 – 2008: ‘*Doskonalenie metod i technik statystycznego modelowania zjawisk powodziowych*’ Projekt finansowany przez Komitet Badań Naukowych. Nr rej. Projektu 2 P 04D 057 29, Umowa Nr 0546/P04/2005/29. Realizowany w Instytucie Geofizyki PAN. **Charakter udziału: główny wykonawca;**
- 2009: ‘*Rozwinięcie i wdrożenie komputerowego systemu gromadzenia, przechowywania, przetwarzania i udostępniania on-line danych środowiskowych*’. Projekt realizowany wspólnie z Politechniką Warszawską w ramach programu Norweskiego Mechanizmu Finansowego. Projekt wykonano na zlecenie Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie. **Charakter udziału: kierownik projektu.** Zespół wykonujący projekt otrzymał w 2010 roku nagrodę Ministra Środowiska ‘Za Szczególne Osiągnięcia Naukowo-Badawcze’;
- 2009 – 2011: ‘*Zastosowanie nowych metod parametrycznych do projektowania hydrologicznego w warunkach zmieniającego się środowiska*’. Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji i Narodowe Centrum Nauki. Nr rej. Projektu N N307 092037, Umowa Nr 0920/B/P01/2009/37. Realizowany w Instytucie Geofizyki PAN. **Charakter udziału: kierownik projektu.**

Nagrody i wyróżnienia uzyskane po obronie rozprawy doktorskiej:

- 2003: Wyróżnienie rozprawy doktorskiej, Politechnika Warszawska;
- 2008: Nagroda Dyrekcji Instytutu Geofizyki PAN za osiągnięcia naukowe;
- 2010: Nagroda Ministra Środowiska ‘Za Szczególne Osiągnięcia Naukowo-Badawcze’.