

# II MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA METEOROLOGIA, HYDROLOGIA, OCHRONA ŚRODOWISKA, GOSPODARKA WODNA, ŻEGLUGA – BADANIA NAUKOWE I PROBLEMY

WROCŁAW, 24-25.11.2021

## ZESZYT STRESZCZEŃ



## SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	5
<b>CZĘŚĆ I. Wykłady konferencyjne</b>	7
<b>Współczesna zmiana klimatu – wyzwanie dla rozwoju Polski?</b>	8
M. Miętus	
<b>Wewnątrzsystemowe mechanizmy zmiany klimatu</b>	9
A.A. Marsz	
<b>Współczesna zmiana klimatu w Arktyce i jej wpływ na pogodę i klimat szerokości umiarkowanych</b>	11
R. Przybylak	
<b>Hydrologia klasyczna a współczesne nauczanie</b>	12
L. Radczuk, J. Markowska, M. Brząkała	
<b>Modelowanie w hydrologii – problemy i praktyka</b>	13
T. Tokarczyk	
<b>Groundwater resources of the Lower and Middle Odra River region</b>	15
S. Staško, S. Buczyński	
<b>Wpływ zmiany klimatu na potencjał wykorzystania wód opadowych w Polsce</b>	16
J. Gwoździej-Mazur, P. Jadwiszczak, K. Kózka, J. Struk-Sokołowska, K. Wartalska, M. Wdowikowski, B. Kaźmierczak	
<b>CZĘŚĆ II. Meteorologia i klimat – anomalie, ekstrema, prognozy</b>	17
<b>Kontynentalne anomalie termiczne w Europie w latach 1951-2018</b>	18
R. Twardosz	
<b>A few remarks on the dynamics of contemporary climate conditions in Svalbard</b>	19
K. Migąła, M. Osuch, E. Majchrowska-Łepkowska, T. Wawrzyniak, Ł. Stachnik, D. Ignatiuk, P. Owczarek	
<b>Ekstremalny opad gradu w Polsce 11 czerwca 2019 roku – szczegółowa analiza zjawiska</b>	20
P. Matczak, F. Skop	
<b>Dekadowa charakterystyka zmienności pola opadu w Sudetach</b>	21
H. Ojrzyńska, M. Błaś, B. Jasiński	
<b>Ocena jakości danych radarowych o odbiciowości, uzyskanych ze skanu dopplerowskiego</b>	22
S. Śmigiera	
<b>Numeryczne modele pogody w IMGW-PIB 30 lat temu, dzisiaj i w przyszłości</b>	23
B. Bochenek	
<b>Evaluation of time lag predictors in short-term air temperature forecasting</b>	24
J. Kajewska-Szkudlarek, J. Stańczyk	
<b>Szacowanie kwantyli rozkładów prawdopodobieństwa maksymalnych opadów dobowych dla krótkich ciągów obserwacji</b>	25
L. Kuchar, E. Broszkiewicz-Suwaj	
<b>CZĘŚĆ III. Hydrologiczne zdarzenia ekstremalne – zagrożenia, ryzyko</b>	27
<b>Zarządzanie ryzykiem powodziowym i susz</b>	28
M. Bedryj, G. Dumieński, A. Tiukało	
<b>Ocena systemowego ryzyka suszy</b>	29
W. Szalińska	
<b>Tempo rozwoju niżówki hydrologicznej w różnych warunkach środowiska geograficznego dorzecza środkowej Odry</b>	30
W. Krasowski	
<b>Ocena zagrożenia suszą błyskawiczną na podstawie wybranych wskaźników termicznych i wilgotnościowych</b>	31
I. Otop, W. Szalińska, T. Tokarczyk	
<b>Wspólne działania na rzecz adaptacji gospodarki wodnej do zmiany klimatu w Europie Środkowej</b>	32
M. Adynkiewicz-Piragas, I. Lejcuś, B. Miszuk, I. Otop, I. Zdralewicz	
<b>Trybunał Sprawiedliwości Unii Europejskiej w europejskim systemie prawa wodnego (studium przypadków w zakresie implementacji ramowej dyrektywy wodnej)</b>	33
M. Sobota	

<b>Zmiany warunków biometeorologicznych w regionie transgranicznym Polska-Saksonia i ich uwarunkowania cyrkulacyjne</b>	34
B. Miszuk	
<b>Wpływ systemu małej retencji na stan starorzeczy Warty</b>	35
D. Gebler, P. Trzebniak, M. Adynkiewicz-Piragas, K. Achtenberg	
<b>CZĘŚĆ IV. Gospodarka wodna, żegluga</b>	37
<b>Relative elevations of the surface of artificially drained mine subsidence areas as significant aspects in formulating environmental policy</b>	38
D. Ignacy	
<b>Influence of dewatering of quarry on water conditions in the Łagów area</b>	39
K. Białecka	
<b>Wybrane problemy w aspekcie wykonania analizy ryzyka dla ujęć wód powierzchniowych</b>	40
M. Żelazny, T. Walczykiewicz	
<b>Możliwości poprawy jakości wody zbiornika Turawa z wykorzystaniem innowacyjnego systemu</b>	41
M. Wiatkowski, Ł. Gruss, B. Ruta, R. Kasperek	
<b>Drożność ekologiczna Odry – stan ichtiofauny a rozwój żeglugi</b>	42
T. Heese, K. Pikuła	
<b>Przystosowanie śluz żeglugowych na Odrzańskiej Drodze Wodnej do klasy międzynarodowej</b>	43
A. Majchrzak, M. Mokwa, J. Winter	
<b>Sprawna gospodarka wodna warunkiem funkcjonowania żeglugi śródlądowej</b>	44
J. Pyś	
<b>Koncepcja poprawy żeglowności i zwiększenia potencjału środowiskowego Odrzańskiej Drogi Wodnej</b>	45
D. Dybkowska-Stefek, B. Zakrzewski, J. Relisko-Rybak	
<b>Analiza uwarunkowań hydrologicznych przystosowania Odry do międzynarodowej klasy żeglownej</b>	46
R. Banasiak	
<b>Badania terenowe zmaczenia i transportu rumowiska unoszonego w zbiorniku Turawa</b>	47
R. Kasperek, M. Wiatkowski, Ł. Gruss	
<b>Wybrane elementy hydromorfologii Odry Środkowej</b>	48
R. Kasperek, J. Markowska, M. Mokwa	
<b>Problematyka określania niepewności pomiaru natężenia przepływu wody w korycie otwartym z użyciem mierników ADCP</b>	49
M. Wdowikowski, J. Gandecka, K. Kózka	



## WPROWADZENIE

Współczesnym wyzwaniom w dziedzinie meteorologii i gospodarki wodnej towarzyszy coraz ostrzejszy przebieg zjawisk hydrologicznych i meteorologicznych w postaci gwałtownych burz, tornad, intensywnych opadów – zarówno w cieplej, jak i chłodnej porze roku – zamieci śnieżnych, długotrwałych susz, znaczących wzrostów temperatury i lokalnie gwałtownych wezbrań. W strefie międzyzwrotnikowej częstsze stają się potężne huragany, przynoszące bardzo duże straty materialne i ludzkie. Zagadnienia te wymagają kompleksowego, interdyscyplinarnego podejścia oraz rozwiązań, w których łączone są najnowsze osiągnięcia nauki i inżynierii. Stąd złożony charakter II Międzynarodowej Konferencji Meteorologia, Hydrologia, Ochrona Środowiska, Gospodarka Wodna, Żegluga – Badania Naukowe i Problemy, której celem jest prezentacja najnowszego stanu wiedzy, pogłębianie więzi nauki z praktyką, stworzenie forum gromadzenia i wymiany doświadczeń oraz wiedzy fachowej w kontekście współczesnych wyzwań naukowych i inżynierskich.

Niezależnie od nas wkraczamy w nowy etap zdeterminowany postępującymi zmianami klimatycznymi, które wg. współczesnych ocen do roku 2050, a po roku 2050 szczególnie, powodować będą susze i zmniejszenie odpływu, a lokalnie intensywne opady i gwałtowne powodzie. Odpowiedzią na te obszary problemowe są prezentacje programowe autorstwa uznanych w Polsce naukowców:

- „Współczesna zmiana klimatu – wyzwanie dla rozwoju Polski”.
- „Wewnętrzny mechanizmy zmiany klimatu”.
- „Współczesna zmiana klimatu w Arktyce i jej wpływ na pogodę i klimat szerokości umiarkowanych”.
- „Hydrologia klasyczna a współczesne nauczanie”.
- „Modelowanie w hydrologii – problemy i praktyka”.
- „Groundwater resources of the lower and Middle Odra River region”.
- „Wpływ zmiany klimatu na potencjał wykorzystania wód opadowych w Polsce”.

Tematyka konferencji dotyczy zagadnień związanych ze zjawiskami i procesami w atmosferze i hydrosferze oraz ich konsekwencjami w szeroko pojętej gospodarce wodnej, w szczególności:

- globalnej zmiany klimatu i jego wpływu na gospodarkę wodną;
- adaptacji gospodarki wodnej do zmiany klimatu;
- modelowania zjawisk meteorologicznych i hydrologicznych;
- analizy ryzyka ekstremalnych zjawisk pogodowych i przyrodniczych;
- oceny i zrównoważonego zarządzania zasobami wód powierzchniowych i podziemnych;
- oceny niepewności pomiarów naziemnych i zdalnych;
- monitoringu i prognozowania zdarzeń meteorologicznych i hydrologicznych;
- oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych;
- stanu obecnego i wyzwań w żegludze śródlądowej.

Konferencja stanowi doskonałą okazję do prezentacji wyników badań i ich wykorzystania w nauce i gospodarce. Dotychczasowe doświadczenia pokazują, że współpraca na rzecz rozwoju dyscypliny jest bardziej efektywna, gdy są w nią zaangażowane różnorodne środowiska, instytucje, organizacje, firmy i stowarzyszenia, zarówno na szczeblu lokalnym i regionalnym, jak również w wymiarze krajowym i międzynarodowym. Dlatego do udziału w wydarzeniu zaproszono naukowców, specjalistów i praktyków oraz przedstawicieli administracji rządowej i samorządowej, a także członków stowarzyszeń, co pozwoli na sformułowanie postulatów opartych na najnowszym stanie wiedzy i odpowiadających na obecne wyzwania naukowe i inżynierskie. Tym samym wnioski z konferencji wpiszą się w apel Sekretarza Generalnego ONZ do szefów państw uczestniczących w szczycie COP26 w Glasgow o utrzymanie zobowiązań klimatycznych i zdecydowanych działań w zakresie, jeśli nie całkowitej, to znacznej redukcji CO<sub>2</sub>.



CZĘŚĆ I.  
WYKŁADY KONFERENCYJNE

## WSPÓŁCZESNA ZMIANA KLIMATU – WYZWANIE DLA ROZWOJU POLSKI?

Mirosław Miętus

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Współczesna zmiana klimatu przejawia się jego ociepleniem. Systematycznie i coraz silniej wzrasta temperatura powietrza przy powierzchni Ziemi oraz w troposferze. Coraz więcej ciepła akumulują oceany, przez co ich górne warstwy (rzędu kilkuset metrów) stają się cieplejsze. W istotny sposób zmieniają się charakterystyki pluwialne – niezwykle wydajne opady przeplatają się z długotrwałymi okresami bezopadowymi. Podnosi się poziom oceanów. Wzrasta liczba katastrof naturalnych związanych z występowaniem ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych czy klimatycznych. Koszty tych zdarzeń są coraz wyższe zarówno w wymiarze czysto ludzkim (ofiary), jak i ekonomicznym (koszty).

Na obszarze Polski procesy te przebiegają w sposób podobny, chociaż ich skala, tempo i częstotliwość zmian są różne. Ostatnie dekady pokazały, że stres klimatyczny ma coraz większy wpływ na jakość życia w naszym kraju. Przedłużające się okresy występowania anomalnych warunków klimatycznych (określanych tak chociażby z perspektywy wcześniejszych okresów) pokazują, że podatność systemów naturalnych i społeczno-ekonomicznych na skutki obserwowanych zmian jest wysoka. Niestety nasza gotowość adaptacyjna nie wydaje się być odpowiednia. To może dodatkowo „wzmocnić” negatywne oddziaływania i utrwalić bariery rozwojowe.



# WEWNĄTRZSYSTEMOWE MECHANIZMY ZMIANY KLIMATU

Andrzej A. Marsz

Polskie Towarzystwo Geofizyczne

Badania paleoklimatyczne i paleoceanograficzne wskazują, że klimat, rozumiany jako statystyczny „średni wieloletni stan atmosfery”, wykazuje nieprzerwaną zmienność o różnej skali czasowej i zróżnicowanej amplitudzie. Przyczyn tej zmienności dopatruje się najczęściej w działaniu czynników pochodzących spoza systemu klimatycznego, a w ostatnich latach głównie w działalności człowieka. Pojęcie „klimat” znaczna część badaczy przeciwstawia pojęciu „pogody”, które to stany atmosfery mają kształtować się pod wpływem odrębnych grup czynników.

System klimatyczny, przy niezmiennionej ilości energii dopływającej „z zewnątrz”, jest zdolny do generowania znacznej zmienności, dając na wyjściu sygnał o zróżnicowanym spektrum przebiegów elementów klimatycznych opisujących jego stan. Głównym mechanizmem sterującym zmiennością elementów meteorologicznych w podsystemie atmosferycznym jest cyrkulacja atmosferyczna. W szerokościach umiarkowanych i wysokich jej zmienność ujawnia się głównie w zmienności cyrkulacji środkowotroposferycznej, której przejawem są fale długie (fale Rossby’ego) tworzące przemieszczające się układy górnych zatok i górnych klinów. Z układami górnych klinów i górnych zatok powiązane są względnie ściśle dolne (SLP) pola rozkładu ciśnienia atmosferycznego warunkujące pogodę nad danym obszarem.

W atlantycko-eurazjatyckim sektorze cyrkulacyjnym typowe rozkłady przestrzenne górnych klinów i górnych zatok przedstawia typologia Wangengejma-Girsa, wyróżniająca tzw. „makrotypy” W, E i C. Z każdym z tych makrotypów związane są określone postaci „typów cyrkulacji” (w polskiej klimatologii są to typy cyrkulacji Osuchowskiej-Klein). W zależności od frekwencji rocznej typów cyrkulacji Osuchowskiej-Klein kształtuje się roczna struktura pogód nad poszczególnymi obszarami atlantycko-eurazjatyckiego sektora cyrkulacyjnego, która ostatecznie określa roczny przebieg wartości elementów meteorologicznych, a po ich uśrednieniu – elementów klimatycznych. W ten sposób zmiany frekwencji rocznej makrotypów cyrkulacji środkowotroposferycznej „przekładają się” ostatecznie na międzyroczną zmienność elementów klimatycznych.

Zmiennością frekwencji makrotypów W oraz E steruje zmienność zasobów ciepła w wodach Atlantyku Północnego, przejawiająca się m.in. w zmienności temperatury powierzchni oceanu (SST). Rozkład przestrzenny akwenów, na których występują nadmiary i niedobory ciepła, wynika z położenia wzmożonych i osłabionych strumieni ciepła do atmosfery, które kształtują południkowe gradienty termiczne w środkowej i górnej troposferze, wpływając tym samym na lokalizację górnych zatok i górnych klinów.

Generalne cechy rozkładu zasobów ciepła w wodach Atlantyku Północnego oraz ich długookresową zmienność reguluje składowa powierzchniowa cyrkulacja termohalinowej (dalej NA THC). W rezultacie między wskaźnikiem oznaczonym jako DG3L, który charakteryzuje zmienność NA THC, a frekwencją roczną makrotypów zachodzą statystycznie istotne związki – zmiany wartości wskaźnika DG3L są istotnie dodatnio skorelowane z frekwencją makrotypu W i jednocześnie ujemnie skorelowane z frekwencją makrotypu E. Ponieważ NA THC wykazuje długookresową zmienność (w latach 1854-2020 ~70-letnią), zmiany faz NA THC pociągają za sobą tworzenie się tzw. „epok cyrkulacyjnych”, w których dominuje jeden makrotyp lub dominuje jeden i subdominuje inny makrotyp, a struktura frekwencji makrotypów przybiera względnie stałe, typowe dla danej epoki, proporcje. W efekcie, w poszczególnych epokach cyrkulacyjnych występuje również typowa dla nich struktura pogód, określająca wartości elementów klimatycznych i zakresy ich międzyrocznej zmienności. Te ostatnie cechy określają „stan klimatu”. Dzięki występowaniu relacji przechodniej, opisane zależności sprawiają, że poszczególne elementy klimatyczne wykazują bezpośrednie skorelowanie ze zmianami SST na poszczególnych akwenach N Atlantyku. Na obszarze Polski najsilniej skorelowane są z SST na tropikalnym N Atlantyku usłonecznienie, temperatura powietrza i wilgotność względna. Wzrost SST na tym akwenie pociąga za sobą wzrost usłonecznienia i temperatury oraz spadek wilgotności.

W latach 1949-2018 w rytmie zmian faz NA THC występowały następujące „epoki cyrkulacyjne”: E+C (1949-1964), E (1965-1988) i W (1989-2018). Przejście w latach 1987-1989 NA THC z fazy ujemnej do fazy dodatniej i wzmocnienie transportu ciepła na północ doprowadziło do silnego spadku frekwencji makrotypu E i równie silnego wzrostu frekwencji makrotypu W. Zmiana ta nastąpiła skokowo, a ponieważ we wszystkich latach po roku 1988 NA THC utrzymuje znak dodatni, w całym tym okresie (1989-2018), również we frekwencji makrotypu W, ujawnia się trend dodatni. Doprowadziło to do zmiany „stanu klimatu”. W latach 1987-1989 doszło do skokowego wzrostu usłonecznienia i temperatury, a następnie pojawienia się w obu przebiegach silnego trendu dodatniego.

Analiza trendów na stacjach europejskich wykazuje, że w latach 1951-1987 (na szeregu stacji europejskich w latach 1931-1987) trend rocznej temperatury powietrza był zerowy, w latach 1987-1989 temperatura wzrosła od 0,8 do 1,5°C, a następnie z „nowego poziomu” po roku 1989 stopniowo wzrasta do poziomu nie notowanego od połowy XVII wieku (CET). Tak więc całe ocieplenie na większości obszaru Europy rozpoczęło się dopiero po roku 1988, a przyczyną wzrostu temperatury jest zmiana charakteru cyrkulacji atmosferycznej w atlantycko-eurazjatyckim sektorze cyrkulacyjnym, wymuszona przez zmianę cyrkulacji termohalinowej na Atlantyku Północnym. Opisane zmiany zaszły pod wpływem naturalnej zmienności systemu klimatycznego, a procesy, które doprowadziły do zmiany klimatu są procesami o skali synoptycznej, a nie długookresowymi „procesami klimatycznymi”.

# WSPÓŁCZESNA ZMIANA KLIMATU W ARKTYCE I JEJ WPŁYW NA POGODĘ I KLIMAT SZEROKOŚCI UMIARKOWANYCH

Rajmund Przybylak

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej

Centrum Badań Zmian Klimatu UMK

W referacie przedstawiono aktualny stan wiedzy na temat współczesnej zmiany klimatu w Arktyce. Aby uzyskać dłuższą perspektywę czasową, omówiono także historyczne zmiany klimatyczne. W obliczu postępującego globalnego ocieplenia, które skutki najsilniej przejawiają się w Arktyce, niezwykle istotnym zagadnieniem jest przewidzenie przyszłych zmian w tym regionie do końca XXI wieku – w referacie podsumowano wiedzę na ten temat. W drugiej części skoncentrowano się na pokazaniu związków między zachodzącą zmianą klimatu w Arktyce a pogodą i klimatem strefy umiarkowanej.

Współczesna zmiana klimatu w Arktyce, głównie najważniejszego jego elementu jakim jest temperatura powietrza, omówiono w znacznym stopniu na podstawie własnych badań zespołu Katedry Meteorologii i Klimatologii UMK wykonanych w ramach projektu badawczego NCN pt. *Przyczyny ocieplenia klimatu Arktyki w pierwszej połowie XX wieku* (grant nr 2015/1.9/B/ST10/02933). Wykorzystano do tego celu wyniki opublikowane w artykułach:

- Przybylak R., Svyashchennikov P.N., Uscka-Kowalkowska J., Wszyński P., 2021, *Solar radiation in the Arctic during the Early Twentieth Century Warming (1921-1950), presenting a compilation of newly available data*, Journal of Climate, 34 (1), 21-37, DOI: 10.1175/JCLI-D-20-0257.1.
- Przybylak R., Wszyński P., 2020, *Air temperature changes in the Arctic in the period 1951-2015 in the light of observational and reanalysis data*, Theoretical and Applied Climatology, 139, 75-94, DOI: 10.1007/s00704-019-02952-3.
- Przybylak R., Wszyński P., Araźny A., 2022, *Comparison of Early Twentieth Century Arctic Warming and Contemporary Arctic Warming in the light of daily and sub-daily data*, Journal of Climate, accepted.

Stan wiedzy na temat pozostałych zagadnień poruszanych w referacie, w tym szczególnie scenariuszy klimatycznych dla Arktyki oraz wpływu zmiany klimatu w Arktyce na przebieg pogody i klimatu w strefie umiarkowanej, przedstawiono na podstawie wyników badań dostępnych w najnowszej literaturze przedmiotu.

Referat przygotowano w ramach realizacji projektu badawczego finansowanego przez NCN nr 2015/1.9/B/ST10/02933.

# HYDROLOGIA KLASYCZNA A WSPÓŁCZESNE NAUCZANIE

Laura Radczuk<sup>1</sup>, Joanna Markowska<sup>2</sup>, Monika Brząkała<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Centrum Kształcenia na Odległość

Pojawienie się hydrologii jako nauki datuje się zwykle na rok 1922, gdy w Rzymie odbyła się konferencja Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki. Powołano wówczas Sekcję Hydrologii Naukowej, co jednocześnie sprawiło, że coraz częściej zaczęto posługiwać się terminem hydrologia zamiast hydrografia.

W 1984 roku Dooge nakreślił trzy okresy w rozwoju hydrologii. Pierwszy, zwany heroicznym, z dużym prawdopodobieństwem można ulokować na początku 1674 roku, gdy Perrault opracował pierwszy bilans wodny. Drugi to tzw. okres rozwoju hydrologii klasycznej przypadający na dziesięciolecie 1920-1930. Lata 60. XX wieku to transformacja hydrologii klasycznej do hydrologii współczesnej.

Podobnie kształtuje się rozwój edukacji hydrologicznej. Pierwsze nowoczesne podręczniki pojawiły się w latach 20. ubiegłego wieku. Prace z lat 60. podkreślały interdyscyplinarny charakter hydrologii. Wskazywano na potrzebę stosowania podejścia systemowego, interdyscyplinarnej integracji wiedzy fizycznej, biologicznej, behawioralnej, społeczno-ekonomicznej oraz organizacyjno-prawnej. Zwracano uwagę na konieczność praktycznego szkolenia. W latach 1965-1974 w ramach UNESCO powołano Międzynarodową Dekadę Hydrologiczną (IHD, International Hydrological Decade), której celem było opracowanie międzynarodowych standardów spójnej agendy dotyczącej badań i edukacji hydrologicznej. Jej prace od 1975 roku kontynuuje Międzynarodowy Program Hydrologiczny (International Hydrological Programme), który wspiera i promuje interdyscyplinarne i multidyscyplinarne programy nauczania w szkolnictwie wyższym i ustawicznym.

Obecne odczucia nauczycieli akademickich, w odniesieniu do rozwoju edukacji hydrologicznej, akcentują: i) dalszą potrzebę rozwijania interdyscyplinarnego i multidyscyplinarnego podejścia oraz wskazują na konieczność podążania za holistycznym ujęciem edukacji hydrologicznej; ii) włączenia do programu nowoczesnych technologii, w tym modelowania, wizualizacji danych, metod i narzędzi GIS, hydroinformatyki oraz zasobów internetowych; iii) przejścia z nauczania pamięciowego na nauczanie problemowe, projektowe i kontekstowe; iv) wykorzystania nowych teorii i strategii pedagogicznych, takich jak idei konstruktywizmu czy konstruktywizmu społecznego bądź konstrukcjonizmu oraz osiągnięć z obszaru neurobiologii z zakresu motywowania i angażowania.

Współczesne technologie edukacyjne, umiejętnie stosowane, mogą w znaczący sposób wesprzeć nauczyciela w angażowaniu i motywowaniu studentów, jednak nie zastąpią w nauczaniu odwoływania się do konkretnych rzeczywistych problemów, tj. zjawiska ocieplania się klimatu i jego skutków w hydrosferze i socjosferze. Tylko autentyczne zaangażowanie i ciekawość pozwala na uruchomienie procesu uczenia się. Aktualne osiągnięcia technologiczne i prace badawcze z zakresu hydrologii powinny urzeczywistniać się w nowoczesnych programach nauczania i strategiach uczenia. Niestacjonarność, niepewność, ryzyko, podejmowanie decyzji, modelowanie w odniesieniu do fizycznego przebiegu zjawisk i procesów, wykorzystanie analizy przestrzennej (GIS) oraz technik i metod satelitarnych w zarządzaniu zlewniowym, a także wdrażanie rozwiązań hybrydowych – to przysłowiowe „must have” współczesnej edukacji hydrologicznej. Starannie zaprojektowane ćwiczenia problemowe, projekty, interaktywne wizualizacje oraz prace terenowe – zarówno w formie działań indywidualnych, jak i zespołowych – z wykorzystaniem technologii informacyjnej i komunikacyjnej, powinny charakteryzować nowoczesne strategie nauczania wsparte praktykami w wiodących instytucjach zarządzających zasobami wodnymi.

# MODELOWANIE W HYDROLOGII – PROBLEMY I PRAKTYKA

Tamara Tokarczyk

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Badania hydrologiczne relacji opad–odpływ w zlewni wymagają prowadzenia monitoringu wielu parametrów, a praktycznie niemożliwe jest zmierzenie wszystkiego, co chcielibyśmy wiedzieć o systemie hydrologicznym, głównie ze względu na dużą niejednorodność zlewni oraz ograniczenia w technikach pomiarowych. Te braki oraz potrzeba ekstrapolacji informacji hydrologicznej z miejsc kontrolowanych pod względem hydrologicznym do niekontrolowanych (zarówno w przestrzeni, jak i czasie) zapoczątkowały stosowanie modeli matematycznych, a symulacja zależności opad–odpływ jest głównym przedmiotem badań hydrologicznych od kilku dziesięcioleci.

Model jest uproszczoną reprezentacją systemu świata rzeczywistego. Najlepszy model to taki, który daje wyniki zbliżone do rzeczywistości, przy czym za najwłaściwsze podejście uważa się przyjmowanie najprostszych możliwych struktur modelowych, co umożliwia realizację postawionego celu w sposób ekonomiczny pod względem dostępności i ilości danych wejściowych oraz czasu obliczeń. Na przestrzeni lat rozwijano wiele modeli hydrologicznych, które najogólniej można sklasyfikować ze względu na strukturę, sposób opisu procesów hydrologicznych, rozdzielczość czasową i odzwierciedlanie zróżnicowania przestrzennego.

Z punktu widzenia struktury modele matematyczne opadów i odpływów można podzielić na metryczne, konceptualne i fizyczne. Podstawową cechą modeli metrycznych są obserwacje. Podejście metryczne jest zasadniczo empiryczne; przykładem jest hydrogram jednostkowy (UH). Modele konceptualne reprezentują składowe procesów hydrologicznych istotnych w relacji opad–odpływ i opierają się na dwóch kryteriach: (i) struktura modelu jest określona oraz (ii) nie wszystkie parametry modelu mają interpretację fizyczną. Modele fizyczne reprezentują składowe procesów hydrologicznych, takie jak np. ewapotranspiracja, infiltracja, przepływ w strefie nasyconej i nienasyconej. Na ogół modele fizyczne wykonywane są w warunkach laboratoryjnych lub na małą skalę podczas eksperymentów terenowych in-situ. W praktyce najczęściej stosuje się modele hydrydowe, np. metryczno-konceptualne. Modele te wykorzystują parametryzację modeli metrycznych i ich zdolność do efektywnego opisu danych obserwacyjnych w ujęciu statystycznym oraz wiedzę do testowania hipotez dotyczących struktury składowych hydrologicznych.

Procesy hydrologiczne modelowanej zlewni może opisać w sposób deterministyczny lub stochastyczny. Modele deterministyczne dają pojedynczy wynik symulacji z pojedynczym zestawem danych wejściowych i wartości parametrów, a dane wejściowe zawsze dadzą ten sam wynik, jeśli wartości parametrów są utrzymywane na stałym poziomie. W modelach stochastycznych zmienne mają postać rozkładów prawdopodobieństwa i są traktowane jako zmienne losowe, a wyniki podawane są z określonym prawdopodobieństwem. W praktyce stosowane są mieszane modele deterministyczno-stochastyczne, tj. opady stochastyczne mogą być wykorzystane jako dane wejściowe do deterministycznego modelu opad–odpływ lub model deterministyczny może być użyty do reprezentowania systemu stochastycznego przy użyciu symulacji Monte Carlo.

Rozdzielczość czasowa w jakiej działa model określa najkrótszy przedział czasu, przy którym zauważalna jest zmiana rejestrowanych danych. Według tego kryterium, modele hydrologiczne dzieli się na modele pojedynczych zdarzeń i modele ciągłe. Modele pojedynczych zdarzeń opadowych przeznaczone są dla krótkich okresów, np. minut. Modele ciągłe operują na dłuższych okresach, zazwyczaj roku lub wielolecia. Dane wejściowe i wyjściowe podawane są jako średnie wartości dobowe lub miesięczne.

Biorąc pod uwagę sposób odzwierciedlenia zróżnicowania przestrzennego zlewni, modele można podzielić na dwa rodzaje – o parametrach skupionych i przestrzennie rozłożonych. Pierwsze z nich posługują się uśrednionymi wartościami parametrów, a obliczenia wykonywane są dla obszaru całej zlewni. Wadą tych modeli jest brak uchwycenia zróżnicowania przestrzennego charakterystyk zlewni, co może prowadzić do zbyt dużego uproszczenia w opisie. Modele o parametrach przestrzennie rozłożonych dzielą obszar zlewni na mniejsze jednostki przestrzenne, a obliczenia wykonywane są dla każdej jednostki. Ograniczeniem przy ich stosowaniu może być duża ilość danych wejściowych, natomiast zaletą jest możliwość lepszego uwzględnienia przestrzennej zmienności poszczególnych charakterystyk środowiskowych. W praktyce część modeli łączy cechy pierwszego i drugiego podejścia, dzieląc zlewnię na mniejsze elementy o takich samych właściwościach. Taki typ określa się jako model o parametrach quasi-przestrzennie rozłożonych.

W ostatnich latach duże oczekiwania związane są z zastosowaniem technologii GIS, która umożliwia gromadzenie, przechowywanie, przetwarzanie, analizowanie i wizualizację różnych danych georeferencyjnych, a integracja hydrologii i GIS obejmuje: konstrukcję danych przestrzennych, integrację warstw modelu przestrzennego oraz GIS i interfejs modelu.

Pomimo że modelowanie opad–odpływ jest kluczowym narzędziem we współczesnej erze interdyscyplinarnej hydrologii, to kwestiami problematycznymi są nadal zagadnienia związane ze skalą i skalowaniem, tj.: (a) jaka jest idealna skala siatki modelu; b) jak zmieniają się parametry modelu wraz ze skalą zlewni; (c) jak zmienia się wydajność modelu wraz ze skalą zlewni dla danej struktury modelu; oraz (d) jak najlepiej rozwiązać problem niedopasowania skali pomiarów z elementami modelu. Trudności dostarcza również ocena niepewności, która powinna obejmować: identyfikację i kwantyfikację źródeł niepewności, redukcję niepewności, propagację niepewności przez model, kwantyfikację niepewności w wynikach modelu oraz zastosowanie niepewnych informacji w procesie podejmowania decyzji.

# GROUNDWATER RESOURCES OF THE LOWER AND MIDDLE Odra RIVER REGION

Stanisław Staško, Sebastian Buczyński

University of Wrocław, Faculty of Earth Sciences and Environmental Management

According to Polish Hydrogeological Survey (PSH) data, at the end of 2019, the amount of available groundwater resources in Poland is nearly 34 million m<sup>3</sup>/d. These are resources that can be used without introducing negative changes to the environment.

The catchment area of the central Odra River covering the Opole region and Lower Silesia is a region rich in fresh and mineral groundwater resources. Available resources of fresh groundwater has been calculated as 3.2 million m<sup>3</sup>/d. Assuming that we use them to supply the population and that the average daily consumption is 100 l/day, this means that they can supply 30 million inhabitants. Groundwater is of good quality and in case of few single aquifer water requires simple treatment.

Three visits of the ice sheet in the last geological period (Pleistocene) made glaciation sediments in the form of sands and gravels rich groundwater collectors. Also, the sands and sandstones of the Tertiary, e.g. the Oligocene, form extensive and rich reservoirs, as do the carbonate formations of limestone and dolomites of the Jurassic, Cretaceous and Triassic age. Hydrogeologists have developed a number of maps and information about the so-called Major Groundwater Reservoirs (GZWP), in which the largest and most valuable groundwater resources subject to protection are collected. Together with Hydrogeological maps of Poland on a scale of 1:50,000 are well recognized groundwater resources and quality. Information on groundwater resources and their quality is available on the PSH website of the Polish Geological Institute ([www.pgi.gov.pl/psh/sluzba-hydrogeologiczna](http://www.pgi.gov.pl/psh/sluzba-hydrogeologiczna)).

The paper also discusses the possibilities of supplying Wrocław City with groundwater from areas rich in high-quality water in the vicinity of Bogdaszowice and Oleśnica.

# WPŁYW ZMIANY KLIMATU NA POTENCJAŁ WYKORZYSTANIA WÓD OPADOWYCH W POLSCE

Joanna Gwoździej-Mazur<sup>1</sup>, Piotr Jadwiszczak<sup>2</sup>, Karina Kózka<sup>3</sup>, Joanna Struk-Sokołowska<sup>1</sup>, Katarzyna Wartalska<sup>3</sup>, Marcin Wdowikowski<sup>2,3</sup>, Bartosz Kaźmierczak<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku

<sup>2</sup> Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska

<sup>3</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Wiele obszarów na świecie doświadcza obecnie deficytu zasobów wodnych. Problem ten nasilił się w ciągu kilku ostatnich dekad. Dotyczy to również Polski, która postrzegana jest jako państwo o jednym z najniższych zasobów wodnych w Europie.

Przyczyną takiego stanu są przede wszystkim niekorzystne warunki klimatyczne i hydrologiczne, ale również wzrost zapotrzebowania na wodę do celów komunalnych, przemysłowych i w dużym stopniu rolniczym. Zasoby wodne Polski pochodzą głównie z opadów atmosferycznych, a więc to one w decydują o odnawialności zasobów wodnych, które cechuje znaczne zróżnicowanie czasowe i przestrzenne. W Polsce średnie roczne wysokości opadów atmosferycznych na obszarach nizinnych wynoszą od 450 do 650 mm, przy wartościach sięgających nawet ponad 1000 mm na obszarach górskich. O ile obszary górskie i podgórskie są więc stosunkowo zasobne w wodę, o tyle na nizinach występują już jej niedobory. Stan zasobów wodnych jest szczególnie istotnym zagadnieniem w aspekcie obserwowanej w ostatnich dziesięcioleciach zmiany klimatu. Postępujące ocieplenie wpływa na zmiany w obiegu wody i w perspektywie najbliższych dekad oczekuje się wzrostu zagrożenia pogłębionymi niżówkami, co prowadzić będzie do zmniejszenia zasobów wód płynących i wód podziemnych.

Celem pracy jest analiza wpływu zmiany klimatu (obserwowanych zmian wysokości opadów atmosferycznych) na potencjalne pozyskiwanie wody deszczowej na potrzeby mycia i spłukiwania toalet w gospodarstwach domowych w Polsce. Analizę przeprowadzono dla dziesięciu miejscowości na podstawie danych pomiarowych z lat 1970-2019. Wyniki badań pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków.

- Nie stwierdzono istotnych statystycznie trendów zmian średniorocznej sprawności systemu zagospodarowania wód opadowych w 18 z 19 analizowanych miast w Polsce.
- Statystycznie istotny wpływ zmiany klimatu na roczną efektywność oszczędzania wody stwierdzono tylko w Opolu. Spadek sprawności o 1,44% na dekadę oznacza wyraźnie malejące korzyści ekonomiczne i ekologiczne dla użytkowników takiego systemu podczas jego eksploatacji.
- W analizowanym półwieczu odnotowano 24 istotne statystycznie trendy miesięczne wzrostowe w miesiącach zimowych i malejące w miesiącach letnich.
- Projekt instalacji zagospodarowania wód opadowych powinien opierać się na danych archiwalnych i uwzględnić wieloletnie zmiany opadów. Poprawi to wydajność tego systemu.



CZĘŚĆ II.  
METEOROLOGIA I KLIMAT –  
ANOMALIE, EKSTREMA,  
PROGNOZY

# KONTYNETALNE ANOMALIE TERMICZNE W EUROPIE W LATACH 1951-2018

Robert Twardosz

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Wydział Geografii i Geologii

Z dotychczasowych badań wynika, że anomalie termiczne w Europie są zjawiskiem dość częstym. Większość z nich ma jednak niewielki zasięg, co stanowi cechę klimatu naszego kontynentu, a ich zmieniająca się w czasie częstość świadczy dobitnie o postępującym ociepleniu<sup>1</sup>. Największe znaczenie mają jednak anomalie, które obejmują duże obszary, przynoszące bardzo wysoką albo bardzo niską temperaturę powietrza, nietypową dla danego miesiąca w danym obszarze. Dlatego w pracy autorzy skoncentrowali się na poznaniu częstości, lokalizacji i zasięgu przestrzennego takich wielkoobszarowych miesięcznych anomalii termicznych, które nazwano kontynentalnymi.

Materiałem wyjściowym do badań były średnie miesięczne wartości temperatury powietrza ze stacji meteorologicznych z Europy (164 stacje) i jej najbliższego otoczenia (46 stacji) z lat 1951-2018. Za miesiąc anomalny pod względem termicznym przyjęto taki, w którym średnia temperatura powietrza różniła się od odpowiedniej średniej z 60-lecia 1951-2010 przynajmniej o dwa odchylenia standardowe ( $\sigma$ ). Wyróżniono miesiące: niezwykle zimne (NZ:  $t \leq \text{tśr.} - 2\sigma$ ) i niezwykle ciepłe (NC:  $t \geq \text{tśr.} + 2\sigma$ ). Za anomalię kontynentalną (KAT) uznano taką, która wystąpiła na co najmniej czterdziestu stacjach, co odpowiada około jednej czwartej powierzchni Europy i jednej piątej całości uwzględnionego obszaru. Podjęto próbę wyjaśnienia występowania KAT w powiązaniu z warunkami cyrkulacyjnymi nad Europą.

W latach 1951-2018 wystąpiło szesnaście KAT- (głównie w zimie i jesieni) i dwadzieścia pięć KAT+ (najwięcej w lecie). Spośród KAT- piętnaście wystąpiło do roku 1993, a tylko jedna w XXI wieku (2002). Spośród KAT+ tylko dwie (1990 i 1994) wystąpiły w XX wieku, a spośród pozostałych dwudziestu trzech aż dwanaście w ciągu ostatnich 8 lat, w tym cztery w 2018 roku.

<sup>1</sup> Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2019, Wielkoobszarowe anomalie termiczne w Europie (1951-2018), IGIGP UJ, Kraków, 80 s.

# A FEW REMARKS ON THE DYNAMICS OF CONTEMPORARY CLIMATE CONDITIONS IN SVALBARD

Krzysztof Migala<sup>1</sup>, Marzena Osuch<sup>2</sup>, Elżbieta Majchrowska-Lepkowska<sup>3</sup>, Tomasz Wawrzyniak<sup>2</sup>, Łukasz Stachnik<sup>1</sup>, Dariusz Ignatiuk<sup>3</sup>, Piotr Owczarek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Wrocław, Faculty of Earth Sciences and Environmental Management

<sup>2</sup>Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences

<sup>3</sup>University of Silesia in Katowice, Faculty of Natural Sciences

On the basis of the long-term climatological data from the Polish Polar Station at Hornsund Fjord, SW Spitsbergen (1979-2019), we undertook an analysis of selected climatological indices, followed by an attempt to assess the scale of impact on the local environment. The indices were selected based on the recommendations of the European Climate Assessment & Dataset and in accordance with the WMO recommendations in relation to drought indices. Phyto-bio-climatic indices (sum of temperatures, growing degree-days, length of growing season) were supplemented with indices with the thermal threshold of daily mean air temperature of +2.5°C. Some of the temperature and precipitation indices were calculated based on percentiles of these variables calculated for a population of daily values from the 1981-2010 climate standard. In addition, we paid attention to the number of melting days (NMD days with  $T_{\max} \geq 0^\circ\text{C}$ ), which can be treated as a simple index of snow cover formation and snow avalanches as well as the winter element of the glacier mass balance and the initial conditions of active development of the permafrost layer, solifluction and geohazards of slope mass movement. Most indices based on temperature and precipitation show an increasing trend, except for a few that show a decreasing trend as a result of warming. These include: HDD15.5 (heating degree-days expressing the energy needed to heat a building), ID (No. of ice days), Tav<sub>g10p</sub> (No. of cold days), CD (No. of cold & dry days), CW (No of cold & wet days) and drought indices for some months.

A greater share of both cyclonal and anticyclonal circulation from the S+SW sector, forcing the advection of warm air masses from the south, was decisive in terms of the trends of change in comparison with the long-term mean. Both extreme precipitation and drought events depend on anomalies of geopotential height of 500 hPa and of precipitable water determined by the baric field over the North Atlantic.

Trends in change of climatic variables have an impact on the dynamics of local geoecosystems. They produce faster ablation and retreat of the glaciers, degradation of permafrost, intensification of the hydrological cycle in glacier-filled and glacier-free basins and changes in the condition and growth of tundra vegetation.

# EKSTREMALNY OPAD GRADU W POLSCE 11 CZERWCA 2019 ROKU – SZCZEGÓŁOWA ANALIZA ZJAWISKA

Patryk Matczak<sup>1,2</sup>, Filip Skop<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych

<sup>2</sup> Stowarzyszenie Skywarn Polska – Polscy Łowcy Burz

W ramach prowadzonych badań analizowany jest przypadek wystąpienia, jednego z najdokładniej udokumentowanych, opadów gradu o bardzo dużej średnicy (maksymalnie do 12 cm) na terenie Polski, który wystąpił 11 czerwca 2019 roku w zachodniej części kraju. Wykonano dogłębną analizę warunków synoptycznych, a także termodynamicznych i kinematycznych, które występowały tego dnia nad zachodnią Polską i doprowadziły do rozwoju bardzo silnych superkomórek burzowych. Na podstawie raportów, wraz ze zdjęciami i nagraniami z terenu miasta Gorzowa Wielkopolskiego i jego okolic, a także zdjęć radarowych i satelitarnych prześledzono przebieg burzy oraz z dużą dokładnością wyznaczono powstały szlak gradowy. Bardzo dużą rolę w zbieraniu raportów spełniły media społecznościowe, poprzez które pozyskano znaczną liczbę zdjęć i nagrań. Przyczyniło się to także w znacznym stopniu do uzupełnienia i korekty danych dotyczących tego zdarzenia w Europejskiej Bazie Danych o Gwałtownych Zjawiskach Atmosferycznych (ang. *European Severe Weather Database*).

W dalszym toku badań zastosowano techniki geoinformacyjne, a także najnowszą reanalizę atmosferyczną ERA5 ECMWF (ang. *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) o rozdzielczości przestrzennej 30 km dla 137 poziomów do wysokości 80 km. Okazuje się, że na podstawie analizowanego incydentu burzowego można wskazać pewne niedoskonałości w reanalizie meteorologicznej, które uwidoczniają się w przypadku dynamicznie zmieniających się warunków w czasie zdarzeń konwekcyjnych. Pomimo najdokładniejszej rozdzielczości wśród dostępnych reanaliz, zachodzą znaczne różnice pomiędzy rzeczywistymi warunkami a reanalizą ERA5.

# DEKADOWA CHARAKTERYSTYKA ZMIENNOŚCI POLA OPADU W SUDETACH

Hanna Ojrzyńska, Marek Błaś, Bartosz Jasiński

Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska

Ostatnie trzy dekady pomiarów instrumentalnych w sposób jednoznaczny dokumentują postępujący proces globalnego ocieplenia, a modele klimatyczne przewidują, że należy się spodziewać kontynuacji tego trendu. Bezprecedensowa skala ocieplenia obserwowana jest także w regionach górskich, co można prześledzić na podstawie danych z pomiarów meteorologicznych prowadzonych w Sudetach, m.in. na Śnieżce, w Jeleniej Górze, Kłodzku oraz na Szrenicy. Celem prezentacji jest opisanie ilościowych i strukturalnych zmian w kształtowaniu się pola opadów atmosferycznych w Sudetach, w szczególności na przestrzeni ostatnich trzech dekad (1991-2000, 2001-2010, 2011-2020).

W pierwszym etapie przeanalizowano dane z depeż synoptycznych (Śnieżka, Jelenia Góra oraz Kłodzko), dotyczące rodzaju, czasu trwania i wydajności opadu atmosferycznego w wieloleciu 1971-2020. Największe zmiany zaszły w czasie trwania opadu śniegu. Na przestrzeni ostatnich 50 lat ten czas skrócił się blisko o połowę na Śnieżce, o 33% w Jeleniej Górze i niecałe 10% w Kłodzku. Jest to przede wszystkim wynik przesuwania się początku śnieżnej zimy na koniec grudnia lub nawet początek stycznia. W ostatniej dekadzie (2011-2020) obserwuje się także wyraźny spadek liczby dni oraz czasu występowania opadu, co przekłada się na jego większą wydajność. Jest to zjawisko charakterystyczne przede wszystkim dla Sudetów Zachodnich. W ostatniej dekadzie (2011-2020) zanotowano z kolei skrócenie się czasu występowania opadu w Jeleniej Górze (o 25%) i na Śnieżce (o 30%). Opisane zmiany dotyczą przede wszystkim miesięcy wiosennych i jesiennych.

W drugim etapie dokonano analizy ilościowych zmian pola opadu w Sudetach, bazując na interpolacji przestrzennej średnich dekadowych. Największe spadki sum opadu wystąpiły w ostatniej dekadzie (2011-2020) i były notowane przede wszystkim w Sudetach Zachodnich oraz Środkowych. Po polskiej stronie wyróżniają się pod tym względem Karpacz (redukcja o 12%) i Srebrna Góra (8%), a więc te miejsca, gdzie na ogół obserwuje się najintensywniejsze oddziaływanie procesów fenowych. Anomalie ujemne miały miejsce przede wszystkim w marcu, kwietniu i listopadzie. Opady w Sudetach Wschodnich są w tym miesiącach bliskie średniej wieloletniej.

Wydaje się, że stwierdzone w Sudetach istotne zmiany pola opadu w ostatniej dekadzie należy traktować jako bezpośrednią konsekwencję zmian w cyrkulacji atmosferycznej. Wyraźny spadek liczby dni z opadem i sum opadów pokrywa się z większym udziałem typów antycyklonalnej cyrkulacji z sektorów SE-S-SW (ok. 15%) oraz 20-procentowym spadkiem udziału cyrkulacji cyklonalnej z sektora W-NW. Potwierdzałoby to silną zależność pola opadu atmosferycznego w Sudetach od ogólnej cyrkulacji atmosferycznej i związanego z nią wpływu bariery orograficznej.

# OCENA JAKOŚCI DANYCH RADAROWYCH O ODBICIOWOŚCI, UZYSKANYCH ZE SKANU DOPPLEROWSKIEGO

Sylwia Śmigiera

Instytut Meteorologii i Gospodarki – Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego

Przedmiotem pracy było określenie jakości danych radarowych o odbiciowości otrzymanych ze skanu dopplerowskiego, zoptymalizowanego do pomiarów prędkości przemieszczania się obiektów. Dane źródłowe stanowiły nieskorygowane dane o odbiciowości z radaru w Świdwinie, ze skanów dopplerowskiego i klasycznego, z okresu 1 stycznia – 31 grudnia 2019 roku, z 10-minutowym krokiem czasowym, w odległości do 125 km od radaru.

Jakość danych o odbiciowości ze skanu dopplerowskiego oceniono na podstawie analizy porównawczej z danymi ze skanu klasycznego, zoptymalizowanego do pomiarów odbiciowości. Porównania dokonano zarówno na danych surowych, jak i na produktach radarowych. Analizę na produktach wykonano, określając różnice miesięcznych sum opadów z obu skanów. Sumy wyznaczono na podstawie produktów PPI (przekrój stożkowy) dla elewacji  $0,5^\circ$  oraz SRI (natężenie opadu). Porównanie danych surowych wykonano w wybranych obszarach pozbawionych zakłóceń, poprzez wyznaczenie różnic w poszczególnych binach. Analizie poddano zarówno przypadki dla opadów konwekcyjnych, jak i dla opadów z chmur warstwowych.

Wyniki analizy wskazują, że dane o odbiciowości ze skanu dopplerowskiego mogą być wykorzystywane do określania opadów. Dane te są podatne na liczne zakłócenia, konieczna jest więc ich filtracja. Różnice pomiędzy danymi z obu skanów wynikają głównie z różnicy czasu pomiędzy nimi (skan dopplerowski wykonywany jest 4 minuty później). Większe różnice zaobserwowano podczas sytuacji konwekcyjnych, co jest spowodowane dużą prędkością przemieszczania się komórek opadowych oraz z dynamiką rozwoju chmur tego rodzaju.

Otrzymane wyniki mogą być wykorzystane do opracowania nowej strategii skanowania.

# NUMERYCZNE MODELE POGODY W IMGW-PIB 30 LAT TEMU, DZISIAJ I W PRZYSZŁOŚCI

Bogdan Bochenek

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Numeryczne modele pogody odgrywają w dzisiejszych czasach ogromną rolę, ponieważ narodowe służby meteorologiczne na całym świecie opierają na wynikach modeli krótko-, średnio i długoterminowych swoje systemy prognozowania i ostrzegania. Niemalże każdy rozwinięty kraj uczestniczy w pracach jakiegoś międzynarodowego konsorcjum, mającego na celu rozwój i dostęp do numerycznych prognoz pogody. Wiele sektorów gospodarki jest wspomagane przez te prognozy i bez nich ich działanie byłoby bardzo utrudnione, a czasami wręcz niemożliwe, np. lotnictwo cywilne, energetyka odnawialna, służby drogowe, rolnictwo.

Modele, takie jak je znamy dzisiaj, przeszły długą drogę od czasu pierwszych udanych symulacji. Obecnie przeżywają kolejną falę gwałtownego rozwoju związaną z dostępem do coraz to większych mocy obliczeniowych, większej ilości danych pomiarowych oraz nowych technologii. Rozwój ten nie byłby możliwy bez pracy tysięcy naukowców zrzeszonych w międzynarodowe konsorcja, które umożliwiają przepływ informacji pomiędzy krajami członkowskimi.

Podczas prezentacji przedstawione zostaną zarysy początków numerycznych modeli pogody na świecie i w Polsce, obecny stan zaawansowania stosowanych modeli, bieżące prace nad rozwojem tych metod oraz plany i przewidywania na najbliższą przyszłość.

# EVALUATION OF TIME LAG PREDICTORS IN SHORT-TERM AIR TEMPERATURE FORECASTING

Joanna Kajewska-Szkudlarek, Justyna Stańczyk

Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Faculty of Environmental Engineering and Geodesy

Depending on the usage, air temperature prediction models may be of very short-term (minutes), short-term (hours to day), medium (days to months), and long-term (year to multi-year period) resolution. Short-term forecasting is applicable, for example, in HVAC systems regulation, management and operation optimization, because the precise ambient air temperature prediction is a key issue when taking into account energy savings since it provides energy and heating load in advance, a few hours ahead.

The study focused on using the past temperature time series (lagged by 1 to 24 hours in relation to the actual temperature) and selecting the optimum combination of inputs between them. It was a preprocessing technique providing the best set of inputs before air temperature forecasting using computational intelligence methods. According to the literature, input variable selection plays a crucial role in the efficiency of the predictive model. The main principles for building models with optimized parameters are both simplicity and lack of duplication in the model structure. Therefore, an optimum set of predictors should be used instead of the all possible.

To meet the above task, multiple linear regression models (General Regression Models, GRM) were used, created on the basis of quantitative input variables (24 delayed air temperature time series) which come from the input database. The actual hourly air temperature modelled by the mentioned explanatory variables was considered as the target variable. To create the forecasting models with the highest accuracy, predictors were selected based on stepwise regression (reverse and progressive), backward elimination, and the best-subset regression method (with standard approach – squared correlation coefficients and Cp Mallows). Significant lag predictors which affect the quality of the model ( $p < 0.05$ ) were presented on Pareto charts.

The following research step was to compare regression predictive models with Artificial Neural Networks (ANN) as well as Support Vector Regression (SVR) modelling results.



# SZACOWNIE KWANTYLI ROZKŁADÓW PRAWDOPODOBIENSTWA MAKSYMALNYCH OPADÓW DOBOWYCH DLA KRÓTKICH CIĄGÓW OBSERWACJI

Leszek Kuchar<sup>1,2</sup>, Ewa Broszkiewicz-Suwaj<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Zastosowań Matematyki

<sup>2</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowe Instytut Badawczy

Znajomość wartości kwantyli rozkładów opadów maksymalnych wymagana jest w wielu pracach projektowania inżynierskiego, przygotowania ekspertyz naukowych, a przede wszystkim szacowania ryzyka hydrologicznego. W przypadku niewielkiej liczby lat obserwacji brak jest możliwości dopasowania rozkładu prawdopodobieństwa wartości maksymalnych lub właściwego oszacowanie parametrów tego rozkładu i tym samym obliczenia wartości kwantyli.

W pracy przedstawiono procedurę obliczania wartości kwantyli rozkładu prawdopodobieństwa maksymalnych opadów dobowych w okresie roku z wykorzystaniem zbieżności stochastycznej rozkładów. Ciągi rozkładów zmiennych losowych zdefiniowanych na bazie próby uciętej z eliminacją najmniejszych wartości umożliwiły wyznaczenie ciągu kwantyli rozkładu rzędu  $\alpha$ . Wartości te aproksymowano funkcją z klasy wykładniczej a następnie ekstrapolowano uzyskując kwantyle dla rozkładu maksimów. Ostatecznie uzyskane oszacowania kwantyli skorygowano z wykorzystaniem kurtozy danych stosowanych do estymacji. Obliczenia wykonano dla 30 lat dobowych opadów dla Wrocławia (1989-2018).



CZĘŚĆ III.  
HYDROLOGICZNE  
ZDARZENIA EKSTREMALNE –  
ZAGROŻENIA, RYZYKO

# ZARZĄDZANIE RYZYKIEM POWODZIOWYM I SUSZY

Marta Bedryj, Grzegorz Dumieński, Andrzej Tiukało

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy

Zjawiska powodzi i suszy są głównymi zagrożeniami hydrologicznymi mogącymi powodować wymierne skutki społeczno-gospodarcze. Koncepcją która staje się coraz popularniejsza w przeciwdziałaniu tym negatywnym efektom jest tzw. zarządzanie ryzykiem, mająca zastosowanie do wszystkich zagrożeń pochodzenia naturalnego, nie tylko tych hydrologicznych.

Zarządzanie ryzykiem powodziowym zostało formalnie wprowadzone w Unii Europejskiej przez Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2007/60/EC z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim (tzw. „Dyrektywę Powodziową”). W Polsce jej zapisy usankcjonowane prawnie w ustawie z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne. Również zarządzanie ryzykiem suszy, choć nie ma umocowania prawnego, zyskuje coraz większe znaczenie i zastosowanie.

Istotnym aspektem zarządzania ryzykiem jest określenie i wdrożenie konkretnych działań umożliwiających jego redukcję. Mając na uwadze genezę zjawisk powodzi i suszy, wskazane jest znalezienie wspólnego ich mianownika w zarządzaniu ryzykiem – tak aby określone działania ukierunkowane były zarówno na przeciwdziałanie skutkom powodzi, jak i skutkom suszy (były komplementarne względem siebie i uwzględniały specyfikę analizowanego obszaru).

W niniejszej pracy dokonano analizy ww. zagadnienia. Omówiono proces zarządzania ryzykiem powodziowym i ryzykiem suszy. Szczególną uwagę zwrócono na elementy, które powinny być uwzględniane w obu procesach zarządzania w celu optymalizacji przeciwdziałania skutkom powodzi i suszy.

# OCENA SYSTEMOWEGO RYZYKA SUSZY

Wiwiana Szalińska

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Pojęcie ryzyka systemowego odnosi się do „prawdopodobieństwa załamania się całego systemu, w przeciwieństwie do pojedynczych części lub komponentów, i wynika ono z zależności (korelacji) pomiędzy większością lub wszystkimi tymi częściami”<sup>2</sup>. W pracy przedstawiono podstawy analizy suszy jako ryzyka systemowego z uwzględnieniem danych wejściowych oraz metod oceny poszczególnych elementów składowych ryzyka – zagrożenia oraz skutków jego wystąpienia.

Proces formowania się i rozwoju suszy jest efektem wielu współoddziałujących czynników, od meteorologicznych, fizjograficznych, hydrograficznych aż po czynniki antropogeniczne. Wzajemnie nieliniowe powiązania o wysokim stopniu kompleksowości, jak również duży zasięg obszarowy i wielosektorowość skutków suszy wskazują na konieczność oceny tego zjawiska pod kątem ryzyka systemowego.

Celem pracy było przedstawienie struktury funkcjonalnej oceny systemowego ryzyka suszy wraz z propozycją metod i narzędzi do szacowania stopnia zagrożenia, ekspozycji, podatności i odporności dla wybranych kontekstów decyzyjnych (rolnictwo, tkanka miejska). Do oceny stopnia zagrożenia suszą wykorzystano wartości wskaźnikowe obliczane na podstawie wieloletnich serii pomiarowych parametrów meteorologicznych i hydrologicznych: standaryzowany wskaźnik opadu (SPI), standaryzowany wskaźnik odpływu (SRI), standaryzowany wskaźnik bilansu wodnego (SPEI), wskaźnik suszy efektywnej (EDI) oraz wskaźnik odpływu (FI). Do oceny ekspozycji, podatności i odporności zaproponowano wskaźniki bazujące na pomiarach satelitarnych ze szczególnym uwzględnieniem wskaźników wilgotnościowych i kondycji roślin, takich jak: wskaźnik ewapotranspiracji aktualnej (ETa), wskaźnik wilgotności gleby (SMI), znormalizowany różnicowy wskaźnik suszy (NDDI), Frakcja promieniowania fotosyntetycznie czynnego absorbowana przez rośliny (fAPAR), Wskaźnik Powierzchni Liściowej (LAI). Do prezentacji zależności pomiędzy poszczególnymi komponentami składowymi ryzyka systemowego wykorzystano wielowymiarowe macierze oceny ryzyka.

<sup>2</sup> Scott K.E., Kaufman G.G., 2003, What is systemic risk and do bank regulators retard or contribute to it?, *The Independent Review*, 7 (3), 371-291

# TEMPO ROZWOJU NIŻÓWKI HYDROLOGICZNEJ W RÓŻNYCH WARUNKACH ŚRODOWISKA GEOGRAFICZNEGO DORZECZA ŚRODKOWEJ ODRY

Wojciech Krasowski

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Obserwowane w ostatnich latach susze hydrologiczne i niżówki rzeczne powodują, że prace badawcze poświęcone zagadnieniom ich występowania skupiają się nie tylko na wykazaniu potrzeby monitorowania, prognozowania, ale również ocenie tempa rozwoju tych zjawisk – właściwe rozpoznanie charakterystyki pozwala zrozumieć zróżnicowanie przestrzenne, a opis ilościowy dostarcza wniosków o charakterze prognostycznym. W warunkach zmieniającego się klimatu i postępującej antropopresji częstość okresów z niskimi przepływami będzie się zwiększała, co uzasadnia intensywniejsze prace w tym zakresie. Celem prezentacji jest analiza tempa rozwoju niżówki hydrologicznej, obserwowanej na wybranych dopływach środkowej Odry w wieloleciu 1966-2020.

Tempo rozwoju niżówki scharakteryzowano następującymi wskaźnikami: recesji odpływu, stabilności niżówki, *rapid index*, położenia minimalnego przepływu niżówki, które pozwalają na ilościowy opis dynamiki, postępu oraz zmienności niżówki. Za niżówkę hydrologiczną przyjęto okres z przepływami codziennymi poniżej wartości granicznej, odpowiadającej przepływowi 70-procentowemu, uzyskanemu z krzywych sum czasów trwania wraz z wyższymi.

Analizy przeprowadzono dla rzek górskich Sudetów, Przedgórze Sudeckiego oraz nizinnych prawo- i lewostronnych dopływów Odry Środkowej. Uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie wniosków w zakresie podobieństw i różnic tempa recesji niżówki hydrologicznej.

# OCENA ZAGROŻENIA SUSZĄ BŁYSKAWICZNĄ NA PODSTAWIE WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW TERMICZNYCH I WILGOTNOŚCIOWYCH

Irena Otop, Wiwiana Szalińska, Tamara Tokarczyk

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Deficyt opadów jest podstawowym czynnikiem powstawania oraz rozwoju suszy. Jednak tempo rozwoju tego zjawiska, a w konsekwencji intensywność oraz skutki suszy, zależą również od wielu innych czynników, w tym anomalii pogodowych, które mogą powodować bardzo szybki rozwój suszy, takich jak wysoka temperatura powietrza, niska wilgotność względna powietrza czy duże usłonecznienie. W literaturze naukowej pojawił się w ostatnich latach termin, który określa nowy typ suszy, tj. susza błyskawiczna (ang. flash drought), wskazujący na szybkie nasilenie niektórych susz<sup>3</sup>. Obecnie w literaturze naukowej nie ma jednej, powszechnie przyjętej definicji suszy błyskawicznej. Jednak jako cechy wyróżniające ten typ suszy uznaje się zarówno szybkie tempo intensyfikacji zjawiska, tj. flash, jak też faktyczny stan ograniczenia dostępności wody, tj. drought<sup>4</sup>. Ponadto, jako suszę błyskawiczną określa się tylko przedział czasu, w którym nastąpiło gwałtowne nasilenie zjawiska.

Kluczową kwestią w identyfikacji suszy błyskawicznej pozostaje wybór wskaźników, które powinny szybko reagować na zmieniające się warunki wilgotnościowe. Oznacza to zwykle wybór wskaźników obliczanych dla krótkich przedziałów czasu (np.  $\leq 1$  miesiąc). W większości badań suszę błyskawiczną identyfikuje się na podstawie bardzo szybkich zmian, takich wskaźników jak: ewapotranspiracja aktualna, ewapotranspiracja potencjalna, wilgotność gleby, czy też klimatyczny bilans wodny. Ponadto coraz częściej podejmowane jest zagadnienie współwystępowania fal upałów w warunkach niedoboru wilgotności, które mogą prowadzić do szybkiej intensyfikacji zjawiska suszy.

Celem niniejszej pracy jest próba identyfikacji zagrożenia suszą błyskawiczną na podstawie wybranych wskaźników termicznych i wilgotnościowych. Analizy przeprowadzono dla zlewni Warty, na podstawie danych z sześciu stacji meteorologicznych IMGW-PIB z wielolecia 1975-2019. Wybrany wskaźnikiem termicznym był wskaźnik fali ciepła WSDI (warm spell duration index). WSDI definiuje falę ciepła jako okres co najmniej trzech kolejnych dni z temperaturą maksymalną ( $T_{max}$ ), która przekracza wartość 90 percentyla  $T_{max}$  z okresu 30 lat. Do oceny warunków wilgotnościowych zastosowano wskaźniki suszy bazujące na opadach, tj. SPI – wskaźnik standaryzowanego opadu<sup>5</sup> i EDI – efektywny wskaźnik suszy<sup>6</sup> oraz wskaźnik termiczno-wilgotnościowy SPEI – standaryzowany klimatyczny bilans wodny<sup>7</sup>.

Na podstawie uzyskanych wyników oznaczono znaczną intensyfikację deficytu wilgotności, która wystąpiła w czerwcu 2019 roku. Na podstawie wskaźnika WSDI określono cztery fale ciepła o znacznej intensywności z łącznym czasem trwania 19 dni. Wskaźnik suszy efektywnej (EDI) od początku czerwca wskazywał na umiarkowane zagrożenie suszą (EDI  $< -0,7$ ), pogłębiające się od drugiej dekady czerwca (EDI  $< -1$ ). Natomiast wskaźnik SPI1 na koniec maja przyjmował wartość 0 czyli wskazywał na warunki normalne, a w końcu czerwca na warunki suszy umiarkowanej (SPI  $-0,6$ ). Wskaźnik SPEI na koniec maja wskazywał warunki normalne, ale już w końcu czerwca wskazywał na zagrożenie suszą silną (SPEI  $-1,65$ ).

Ze względu na znaczne pogorszenie warunków wilgotnościowych, które nastąpiło w ciągu miesiąca, zidentyfikowany epizod można uznać za przykład suszy błyskawicznej. Wybrany zbiór wskaźników pozwolił zarówno na identyfikację, jak i ocenę intensywności tego zjawiska.

<sup>3</sup> Svoboda M., LeComte D., Hayes M., Heim R., Gleason K., Angel J., Rippey B., Tinker R., Palecki M., Stooksbury D., Miskus D., Stephens S., 2002. The drought monitor, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83, 1181-1190.

<sup>4</sup> Otkin J.A., Svoboda M., Hunt E.D., Ford T.W., Anderson M.C., Hain C., Basara J.B., 2018. Flash droughts: a review and assessment of the challenges imposed by rapid-onset droughts in the United States, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99 (5), 911-919, DOI: 10.1175/BAMS-D-17-0149.1

<sup>5</sup> McKee T.B., Doesken N.J., Kleist, J., 1993, The relationship of drought frequency and duration to time scales, [w:] *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, California, 17-22 January 1993, 179-184.

<sup>6</sup> Byun H.R., Wilhite D.A., 1999, Objective quantification of drought severity and duration, *Journal of Climate*, 12 (9), 2747-2756, DOI: 10.1175/1520-0442(1999)012<2747:OQODSA>2.0.CO;2.

<sup>7</sup> Vicente-Serrano S.M., Beguería S., López-Moreno J.I., 2010, A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index, *Journal of Climate*, 23 (7), 1696-1718, DOI: 10.1175/2009JCLI2909.1.

# WSPÓLNE DZIAŁANIA NA RZECZ ADAPTACJI GOSPODARKI WODNEJ DO ZMIANY KLIMATU W EUROPIE ŚRODKOWEJ

Mariusz Adynkiewicz-Piragas, Iwona Lejcuś, Bartłomiej Miszuk, Irena Otop, Iwona Zdralewicz

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Wyniki badań dotyczące warunków klimatologicznych Europy Środkowej wskazują, że w regionie tym potencjalnymi skutkami zmiany klimatu w kolejnych dekadach mogą zostać dotknięte liczne sektory środowiskowe i społeczno-ekonomiczne. Znaczny zasięg przestrzenny prognozowanych zmian oraz konieczność minimalizowania ich skutków sprawiają, że niezbędne jest podjęcie działań uwzględniających współpracę instytucji reprezentujących różne kraje położone w tym regionie. Do takich działań zaliczyć można projekt TEACHER-CE (joinT Efforts to increase water management Adaptation to climate CHanges in central EuRope), realizowany przez dwunastu partnerów z ośmiu państw w ramach eksperymentalnego kapitalizacyjnego naboru w Programie Europa Środkowa. Celem projektu jest wykorzystanie rezultatów opracowanych we wcześniej realizowanych projektach w programach INTERREG Europa Środkowa, Horyzont 2020 oraz Life i stworzenie narzędzi wspomagających adaptację do zmiany klimatu.

Rezultatem projektu będzie innowacyjny zestaw narzędzi, tzw. Toolbox, którego celem jest wsparcie procesów decyzyjnych w sześciu obszarach działań: zarządzanie ryzykiem powodziowym, zarządzanie ryzykiem podtopień, zarządzanie niedoborem wody i suszą, gospodarka wodami podziemnymi, zarządzanie ekosystemami zależnymi od wody, zarządzanie zaopatrzeniem w wodę pitną, zarządzanie wodą do nawodnień. Toolbox obecnie jest testowany w dziewięciu obszarach pilotażowych, między innymi przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy w zlewni Nysy Łużyckiej.

Proces testowania zakłada udział instytucji zewnętrznych, m.in. jednostek samorządu terytorialnego, instytucji publicznych i agencji związanych tematycznie z gospodarką wodną, NGOs i przedsiębiorstw prywatnych, w celu zagwarantowania powstania narzędzia dostosowanego do potrzeb jego użytkowników.

TEACHER-CE może stać się skutecznym instrumentem implementacji działań adaptacyjnych do zmiany klimatu w strategicznych dokumentach sektorowych, takich jak: plany zarządzania ryzykiem powodziowym, gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy, przeciwdziałania skutkom suszy oraz w regionalnych lub lokalnych planach zagospodarowania przestrzennego.

W artykule przedstawiono identyfikację problemów w zlewni pilotażowej. Ponadto omówiono proces testowania opracowywanego narzędzia i jego funkcjonalność.

Projekt TEACHER-CE jest współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach programu INTERREG Europa Środkowa.



# TRYBUNAŁ SPRAWIEDLIWOŚCI UNII EUROPEJSKIEJ W EUROPEJSKIM SYSTEMIE PRAWA WODNEGO (STUDIUM PRZYPADKÓW W ZAKRESIE IMPLEMENTACJI RAMOWEJ DYREKTYWY WODNEJ)

Marcin Sobota

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dz.U. UE 2000, L 327, s. 1-73, dalej: RDW) zapewnia integrację z gospodarczego i ekologicznego punktu widzenia w zakresie zarządzania jakością i ilością wody w ramach Unii Europejskiej (dalej: UE). Jej głównym celem jest osiągnięcie do 2015 r. (z możliwością przedłużenia tego terminu do 2027 r. – art. 4 ust. 4 RDW) dobrego stanu ponad 111 tys. wód powierzchniowych (np. rzek, jezior, wód przybrzeżnych) oraz ponad 13 tys. wód podziemnych na terytorium UE.

Stan realizacji etapów wdrażania postanowień RDW do krajowych porządków prawnych podlega cyklicznej ocenie, m.in. Komisję Europejską i Parlament Europejski (art. 18 i 19 WFD). Szczególna rola organów UE w tym zakresie dotyczy kontroli implementacji dyrektywy do krajowych porządków prawnych, a także stanie na straży jakości wprowadzanych rozwiązań prawnych. W ramach niniejszego opracowania przedstawiono uprawnienia Trybunału Sprawiedliwości Unii Europejskiej (dalej: TSUE) w tym zakresie.

W referacie wskazano uprawnienia TSUE ukształtowane w prawie pierwotnym UE, a więc podstawy prawne podejmowania działań zmierzających do zapewnienia należytej implementacji RDW do krajowych porządków prawnych. Przedmiotowe procedury działania TSUE obejmują m.in. możliwość stwierdzenia naruszenia przepisów prawa UE przez państwo członkowskie z uwagi np. na brak terminowej implementacji rozwiązań wskazywanych w dyrektywie do prawodawstwa krajowego lub niewłaściwy sposób ich wdrożenia (np. niepełny, nieskuteczny), co jest uznawane w orzecznictwie TSUE za naruszenie zobowiązań ciążących na państwie członkowskim na mocy traktatów.

Kolejnym uprawnieniem TSUE jest kontrola legalności aktów ustawodawczych, aktów Rady, Komisji i Europejskiego Banku Centralnego oraz aktów Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej zmierzających do wywarcia skutków prawnych wobec podmiotów trzecich ( a więc również dyrektywy). TSUE kontroluje również legalność aktów organów lub jednostek organizacyjnych UE, które zmierzają do wywarcia skutków prawnych wobec osób trzecich.

Wreszcie TSUE, zgodnie z art. 267 Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej, jest właściwy również do orzekania w trybie prejudycjalnym o wykładni prawa pierwotnego (traktaty regulujące działalność UE), jak i o wykładni i ważności prawa wtórnego (tworzonego przez instytucje UE, np. dyrektywy, rozporządzenia).

W referacie przedstawiono konkretne orzeczenia TSUE, stany faktyczne stanowiące podstawę orzeczenia, a także stanowiska stron w ramach toczących się postępowań, co pozwala poznać argumentację i poglądy na zagadnienia związane z europejskim prawem wodnym zarówno z punktu widzenia państw członkowskich, jak i organów UE. Często poglądy te, diametralnie odmienne, kształtują orzecznictwo TSUE i stanowią wyznacznik postępowania w analogicznych sprawach.

W ocenie autora kompetencje TSUE, o których mowa powyżej, wskazują na szerokie uprawnienia tego organu w zakresie kontroli przestrzegania prawa UE. Szeroki wachlarz możliwości ingerencji w przyjęte na szczeblu krajowym rozwiązania prawne zapewnia duży wpływ władzy sędowniczej UE na etapie realizacji WFD. Autor podjął również próbę dokonania oceny realnej skuteczności takich działań TSUE w ramach przyznanych kompetencji.

# ZMIANY WARUNKÓW BIOMETEOROLOGICZNYCH W REGIONIE TRANSGRANICZNYM POLSKA-SAKSONIA I ICH UWARUNKOWANIA CYRKULACYJNE

Bartłomiej Miszuk

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Stres ciepła jest jednym z najważniejszych czynników oddziałujących na zdrowie i samopoczucie człowieka. W Europie Środkowej jego wpływ jest zauważalny m.in. w regionie polsko-saksońskim, będącym popularnym kierunkiem turystycznym i uzdrowiskowym i zamieszkały przez znaczną liczbę osób starszych. Głównym celem pracy była ocena wieloletnich zmian warunków biometeorologicznych związanych z występowaniem stresu ciepła, z uwzględnieniem częstości dni upalnych, wskaźnika biotermicznego UTCI oraz warunków cyrkulacyjnych.

Wyniki badań pokazały, że w latach 1971-2019 na nizinach, przedgórzu i w regionach reprezentujących niższe piętra gór wartości wszystkich rozpatrywanych wskaźników znacząco wzrosły. W przypadku UTCI na całym obszarze zaobserwowano malejącą tendencję częstości występowania stresu zimna przy jednoczesnym wzroście frekwencji warunków termoneutralnych i stresu ciepła. Dotyczy to szczególnie sytuacji pogodowych związanych z silnym i bardzo silnym stresem ciepła ( $UTCI > 32^{\circ}C$ ), których rosnące trendy zaobserwowano dla większości stacji zlokalizowanych w dolnych strefach hipsometrycznych. Wyniki pokazały również, że stres ciepła pojawia się głównie w dniach z cyrkulacją antycyklonalną, zwłaszcza podczas typu SW-A, dla którego zanotowano istotny statystycznie wzrost sytuacji upalnych w okresie wieloletnim. Analiza wybranych przypadków fal upałów w XXI wieku pokazała, że dolne strefy hipsometryczne charakteryzują się bardzo wysokimi wartościami UTCI odpowiadającymi nawet obciążeniom cieplnym z klasy „bardzo gorąco”, podczas gdy w strefie szczytowej stres ciepła nie pojawia się w ogóle. Wyniki badań przedstawione w artykule opublikowanym w magazynie Atmosphere.

## WPŁYW SYSTEMU MAŁEJ RETENCJI NA STAN STARORZECZY WARTY

Daniel Gebler<sup>1</sup>, Piotr Trzebniak<sup>1</sup>, Mariusz Adynkiewicz-Piragas<sup>2</sup>, Krzysztof Achtenberg<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Ochrona siedlisk przyrodniczych cennych na skale europejską została wprowadzona na podstawie Dyrektywy Siedliskowej. Jednym z chronionych siedlisk są „Starorzecza i naturalne eutroficzne zbiorniki wodne ze zbiorowiskami *Nympheion, Potamion*” (kod 3150). Celem pracy była ocena stanu zachowania siedliska ośmiu starorzeczy wraz analizą wpływu Warty oraz systemu małej retencji na starorzecza (system retencji, funkcjonujący od roku 2005, składa się przepustów z klapą zbudowaną na kanałach łączących starorzecza).

W ramach prac przeprowadzono badania terenowe w starorzeczach zgodnie z metodą oceny siedliska oraz dokonano charakterystyki stanu wód Warty w latach 2010-2019 i analizę połączenia starorzeczy z Wartą w tym okresie. Wyniki wykazały znaczące różnice w wartościach niektórych wskaźników i parametrów oceny siedliska. Właściwy stan oceniono dla trzech starorzeczy: Dużej Staruchy, Małej Staruchy i Okrągłego Zaskrzęcia, słaby dla dwóch: Łojewo, Długie Zaskrzęcie, a nieodpowiedni dla kolejnych trzech: Szaniec, Łojewo i Musiółka. Wykazano, że stan związany był z długością okresów połączenia poszczególnych starorzeczy z rzeką Wartą. Duży wpływ na kształtowanie reżimu hydrologicznego oraz na stan zachowania starorzeczy w analizowanym okresie miały liczne przepusty, które sprzyjały połączeniu starorzeczy z rzeką. Zróżnicowanie w usytuowaniu poszczególnych przepustów powodowały jednak znaczące różnice w tym zakresie. Najlepiej zachowane starorzecza charakteryzowały się stosunkowo długimi okresami połączenia z Wartą, natomiast niewłaściwy stan Musiółki i Czaplina można łączyć z wysoko usytuowanym przepustem. W analizowanym okresie zauważalne jest również obniżenie się stanów wód Warty i skrócenie okresów połączenia starorzeczy z rzeką.



CZEŚĆ IV.  
GOSPODARKA WODNA,  
ŻEGLUGA

# RELATIVE ELEVATIONS OF THE SURFACE OF ARTIFICIALLY DRAINED MINE SUBSIDENCE AREAS AS SIGNIFICANT ASPECTS IN FORMULATING ENVIRONMENTAL POLICY

Dariusz Ignacy

Główny Instytut Górnictwa

Planowanie przestrzenne w terenach występowania złóż kopalin wymaga odrębnej i specjalnej polityki, która powinna opierać się na właściwej identyfikacji i planowaniu polityki zrównoważonego rozwoju w sposób zgodny z prawnie ustalonymi ramami przekształceń górniczych środowiska. W zależności od początkowej morfologii powierzchni terenu górniczego kopalni, eksploatacja górnictwa może prowadzić do przekształceń środowiska wodnego, w tym wystąpienia zawodnień (zalewisk), podtopień lub osuszeń powierzchni i/lub zagrożenia zawodnieniami. Dotyczy to sztucznie odwadnianych terenów górniczych oraz pogórnicznych i może wynikać z przywrócenia w ich granicach swobodnych przepływów wód (wyłączenia pompowni). Przedmiotem prezentacji jest artykuł opublikowany w Journal of Hydrology na temat trwałych zawodnień i/lub zagrożenia zawodnieniami fragmentów powierzchni wybranych terenów górniczych kopalń podziemnych.

W czynnych terenach górniczych kopalń węgla kamiennego rzeźba powierzchni podlega permanentnym obniżeniom. Z tego powodu zidentyfikowane zagrożenie zawodnieniami (w rozumieniu: zagrożenie powodzią oraz zawodnieniami wodogruntowymi) ma jedynie krótkoterminową aktualność. Specjalne hydromorfologiczne elementy środowiska terenów górniczych, sformułowane przez autora, mogą wyznaczać nowe standardy jakości w polityce środowiskowej takich terenów. W prezentacji omówiono najważniejsze z nich: bazę naturalnego odpływu wód, normalny hydrometryczny punkt odniesienia, wysokości położenia powierzchni terenu górniczego oraz granicę potencjalnego zalewu.

Wprowadzenie wysokości położenia powierzchni względem hydrometrycznego punktu odniesienia umożliwiło opracowanie map hydromorfologicznych terenu górniczego służących ocenie zagrożenia zawodnieniami. Nowatorskie elementy hydromorfologiczne środowiska terenów górniczych mają szereg zastosowań, w tym w zarządzaniu ryzykiem powodziowym, gospodarce wodnej, naprawie szkód górniczych, zrównoważonym środowiskowo planowaniu przestrzennym oraz ubezpieczeniach powodziowych. Dodatkowo prezentowana metoda pozwala na kwalifikowanie zasobów kopalin do przemysłowej eksploatacji górnictwa z uwzględnieniem zrównoważonych przekształceń środowiska.

# INFLUENCE OF DEWATERING OF QUARRY ON WATER CONDITIONS IN THE ŁAGÓW AREA

Katarzyna Białecka

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

Exploitation of minerals below the groundwater table has a significant impact on water conditions. As a result of the dewatering of quarries, a regional depression cone is created, in which surface waters infiltrate aquifers and the operational abilities of drilled wells decrease. At the same time, mine water discharged into rivers increases the volume of their flow, which is especially visible in periods of low flows. It may also cause local flooding of structures located in the river valley.

An example is the Łagów region in the Holy-Cross Mts., where ten Devonian limestone and dolomite deposits are exploited. Currently, only one of them is drained. Due to the high demand for aggregate, mine owners are seeking permission from the commune to extract minerals below the groundwater table. In order to determine the influence of drainage on the water relations in the area, a mathematical model of the aquifer was made in Visual Modflow 4.6.0.162, version 2011.1. On it, multi-variant forecasts were calculated and the impact of drainage on the exploitation resources of intakes and flows of rivers receiving mine waters was assessed. Based on model calculations, it was established that as a result of the dewatering of quarries, a regional depression cone will be created, which will cover a significant part of the aquifer. In the drilled wells located there, the water table will decrease and their production capacities will be reduced. The water balances for individual calculation variants clearly show an increase in the recharge of the aquifer from rivers (infiltration). In dry periods, this may have local ecological consequences and affect the intact flow of rivers, but only in their small sections above the drained quarries. Water from quarry drainage systems will be discharged to the Łagowica and Wszachówka rivers. This will cause a significant increase in their flows and may cause local flooding or blurring of the dykes of local ponds.

# WYBRANE PROBLEMY W ASPEKTCIE WYKONANIA ANALIZY RYZYKA DLA UJĘĆ WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Mateusz Żelazny, Tomasz Walczykiewicz

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Nowelizacja ustawy Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r., która weszła w życie z dniem 1 stycznia 2018 r., wprowadza m.in. zasadnicze zmiany w zakresie ustanawiania stref ochronnych ujęć wód. Nakłada ona na właścicieli ujęć obowiązek przeprowadzenia analizy ryzyka dla ujęć wód realizujących zadania w zakresie zbiorowego zaopatrzenia w wodę. Analiza ta stanowi podstawę do wyznaczenia terenu ochrony pośredniej ujęcia lub stwierdzenia braku takiej potrzeby. Jednakże ustawa nie określa w sposób jednoznaczny w jaki sposób oraz w jakim zakresie analiza ryzyka powinna zostać wykonana. Problem niejednoznaczności zapisów ustawy w tym zakresie może zostać rozwiązany następną nowelizacją.

Według zapisów Ustawy w obecnym kształcie, strefa ochronna ujęcia może obejmować: 1) wyłącznie teren ochrony bezpośredniej (TOB) związany z obiektami ujęcia, do którego dostęp jest możliwy tylko dla upoważnionych osób; 2) teren ochrony bezpośredniej i teren ochrony pośredniej (TOP). W przypadku ujęć wody z potoków górskich lub z górnego biegu rzeki, strefa ochronna może obejmować nawet całą zlewnię cieku powyżej tego ujęcia. Zarówno dla TOB, jak i TOP określony został szereg nakazów, zakazów oraz ograniczeń związanych z ich ustaleniem. Na obszarze TOB zakazuje się użytkowania gruntów do celów niezwiązanych z eksploatacją ujęcia wody, z kolei na TOP ustawa umożliwia wprowadzenie istotnych ograniczeń w działalności gospodarczej i inwestycyjnej związanej m.in. z lokalizacją nowych obiektów. Ponadto wprowadza się możliwość zakazu takich działalności, które mogą mieć wpływ na jakość ujmowanej wody lub wydajność ujęcia. Jest to uszczegółowienie poprzednich zapisów prawnych, dostosowujące przepisy krajowe do zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia oraz Komisji Europejskiej, pod względem ochrony zdrowia ludzkiego poprzez kontrolę jakości wody surowej przeznaczonej do spożycia. W tym celu można wykorzystać schemat analityczny DPSIR – Driving forces (czynniki sprawcze), Pressures (presje), State (stan), Impacts (oddziaływanie), Responses (odpowiedzi), opisujący interakcje między społeczeństwem i środowiskiem, a więc wpływ człowieka na środowisko i odwrotnie ze względu na współzależność komponentów. Schemat ten jest wykorzystywany przez Europejską Agencję Ochrony Środowiska.

Ryzyko dla ujęcia wód wobec powyższej klasyfikacji może być interpretowane jako funkcja stanu (zagrożenia) i oddziaływań (skutków). W ramach podjętych przez zespół ZHZW prac, zaproponowane zostały dwa podejścia metodyczne do przeprowadzania analizy ryzyka, z podziałem na metodę szczegółową i metodę uproszczoną. Wybór właściwej metody uzależniony został od wielkości ujęcia – metoda szczegółowa zalecana jest dla ujęć „dużych” dostarczających ponad 10 m<sup>3</sup> wody na dobę, natomiast metoda uproszczona dla mniejszych ujęć indywidualnych dostarczających do 10 m<sup>3</sup> wody w ciągu doby. Niezależnie od wybranej metody, kluczem dla właściwego przeprowadzenia analizy ryzyka jest dostępność niezbędnych danych i dokumentów, w tym zarówno środowiskowych, formalno-prawnych oraz technicznych.

Możliwe ograniczenia w strefie należy analizować w dwóch płaszczyznach. Z punktu widzenia korzystających użytkowników powinny zapewnić bezpieczną jakościowo wodę. Natomiast z punktu widzenia prowadzących działalność gospodarczą i inwestycyjną powyżej ujęcia, ograniczenia powinny być racjonalnie uzasadnione uwzględniając ich wpływ na kondycję ekonomiczną. Wówczas granica strefy zostanie wyznaczona optymalnie.



# MOŻLIWOŚCI POPRAWY JAKOŚCI WODY ZBIORNIKA TURAWA Z WYKORZYSTANIEM INNOWACYJNEGO SYSTEMU

Mirosław Wiatkowski, Łukasz Gruss, Bogna Buta, Robert Kasperek

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Prace dotyczące eutrofizacji wód są od dawna w centrum zainteresowania specjalistów zajmujących się ochroną wód. Proces ten jest dużym utrudnieniem w racjonalnym gospodarowaniu wodą retencjonowaną w zbiornikach zaporowych. Zbiorniki wodne ze względu na położenie w najniższym miejscu zlewni są odbiornikami zanieczyszczeń z obszaru całej zlewni, w tym substancji biogenych. Bez względu na swoje podstawowe funkcje pełnią pozytywną rolę w zwiększaniu zasobów wodnych.

Na świecie i w Polsce od wielu lat wypracowuje się metody, które mają na celu zapobieganie lub ograniczanie eutrofizacji. Jedną z nich polega na zastosowaniu instalacji poprawiającej jakość wód. W pracy przedstawiono wyniki badań jakości wód pochodzące z instalacji poprawiającej jakość wody w zbiorniku Turawa, zrealizowane w ramach projektu współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, BIOSTRATEG3/343733/15/NCBR/2018 pt. „Innowacyjna metoda poprawy jakości wody w wielofunkcyjnych zbiornikach retencyjnych”. W pracy przeanalizowano wpływ instalacji na zmiany wybranych zanieczyszczeń ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , odczyn i przewodność elektrolityczną) w wodach zbiornika oraz udzielono odpowiedzi na pytanie, jak zmieniają się poszczególne wskaźniki jakości wody w trakcie działania systemu instalacji.

# DROŻNOŚĆ EKOLOGICZNA ODRY – STAN ICHTIOFAUNY A ROZWÓJ ŻEGLUGI

Tomasz Heese, Katarzyna Pikula

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Podstawowymi czynnikami kształtującymi zespół ichtiofauny rzeki to jej parametry hydrologiczne – głównie spadki, prędkość nurtu, naturalne morfologiczne formy koryta – oraz warunki klimatyczne. Czynniki te mają zdecydowany wpływ na wyznaczenie krain rybnych.

Dorzecze Odry odwadniane jest przez odmienne typy krajobrazu, gdzie uformowały się rzeki górskie i wyżynne Sudeków i Karpat, dalej rzeki wyżynne Wyżyn Polskich (Śląsko-Krakowskiej i Małopolskiej), rzeki nizinne Niziny Środkowopolskiej (Niziny Środkowopolskich i Sasko-Łużyckich), rzeki nizinne Pojezierza Wielkopolskiego oraz rzeki morenowe nizinne obszarów młodogłacjalnych Pojezierza Pomorskiego i Pobrzeży Południowobałtyckich. W konsekwencji wyróżnia się dolne i środkowe dorzecze Odry oraz Odrę górną – zajmującą tereny Czech.

Odra ma swoje źródła w Górach Odrzańskich, niedaleko miejscowości Kozłov, na wysokości 632 m n. p. m. W Czechach odcinek górnej Odry zaliczany jest do krainy pstrąga, lipienia i brzany. Natomiast od Opola do granicy państwowej rzeka stanowi krainę brzany, a dalej aż po ujście do Roztoki Odrzańskiej – krainę leszcza. Ichtiofauna Odry należy do bardzo bogatej w gatunki. W całym dorzeczu zinwentaryzowano 54 rodzime gatunki ryb i minogów oraz 19 gatunków obcych. Gatunki wędrowne należą do krytycznie zagrożonych lub uznanych za wymarłe i są to jesiotr ostronosy, aloza czy minóg morski. W skład ichtiofauny Odry wchodzi gatunki, o których istnieniu na chwilę obecną decydują wyłącznie zarybienia. Obecność tych gatunków uzależniona jest więc głównie od ich ochrony. W grupie tej wyróżnić można: jesiotra ostronosego, łososa atlantyckiego, troć wędrowną i certę. Akcje restytucji tych gatunków muszą być skorelowane z planami zabudowy hydrotechnicznej oraz rozwoju żeglugi.

Podstawowym warunkiem udrożnienia rzeki są sprawne przepławki, które zapewniają wędrówkę nie tylko rybom o znacznych rozmiarach ciała, wędrujących na tarło z morza w górę rzeki, ale także gatunkom o słabszych umiejętnościach i mniejszych rozmiarach tzw. potamodromicznych. Gatunki potamodromiczne Odry, do których zaliczyć można: pstrąga potokowego, lipienia, brzanę, klenia, jazia, piekielnicę czy jelca, należą do różnych kategorii zagrożenia. Poprawa jakości wody jest czynnikiem sprzyjającym zagrożonym populacjom ryb, nie mniej jednak zmiany w morfologii koryta rzeki i ich hydrotechniczna zabudowa prowadzą do degradacji siedlisk do rozrodu, odrostu potomstwa czy zimowania. Antropogenicznemu przekształcaniu rzeki muszą towarzyszyć akcje restytucji gatunków zagrożonych, poprawa skuteczności funkcjonowania przepławek dla ryb oraz odtwarzanie siedlisk ryb na odcinkach uregulowanych.

# PRZYSTOSOWANIE ŚLUZ ŻEGLUGOWYCH NA ODRZAŃSKIEJ DRODZE WODNEJ DO KLASY MIĘDZYNARODOWEJ

Artur Majchrzak<sup>1</sup>, Marian Mokwa<sup>1</sup>, Jan Winter<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

<sup>2</sup> Politechnika Warszawska

Odrzańską Drogę Wodną (ODW) stanowi Kanał Gliwicki, Odra skanalizowana (od Kędzierzyna-Koźła do Malczyc) i Odra swobodnie płynąca – od Malczyc do ujścia do jeziora Dąbie. Całkowita długość tego szlaku żeglugowego wynosi ok. 687 km.

Na odcinku ponad 200 km, od Kędzierzyna-Koźła do Malczyc, znajduje się na głównej trasie żeglownej dwadzieścia pięć stopni wodnych ze śluzami żeglugowymi. Poza główną budowlą piętrzącą w skład większości tych stopni wchodzi dwie śluzy – duża, tzw. pociągowa i mała. Większość śluz ma szerokość co najmniej 9,6 m, odpowiadającą III klasie żeglowności w skali międzynarodowej (poza Węzłem Śródmiejskim oraz śluzą Koźle), przy czym na stopniach w Zwanowicach, Janowicach, Rędzinie, Brzegu Dolnym i Malczycach szerokość śluz wynosi 12,0 m.

23 stycznia 2017 roku Prezydent RP podpisał ustawę o ratyfikacji europejskiego Porozumienia w sprawie głównych śródlądowych dróg wodnych o znaczeniu międzynarodowym (AGN). Polska jako członek Porozumienia zobowiązała się do zapewnienia na wskazanych drogach wodnych warunków nawigacyjnych spełniających kryteria śródlądowych dróg wodnych o znaczeniu międzynarodowym, tzw. klasy „E” odpowiadającej co najmniej IV klasie żeglowności.

Polskie śródlądowe drogi wodne, z wyjątkiem niewielkiego odcinka Odry, zostały pominięte w tej sieci z powodu braku jasno określonej strategii i planu rozwoju głównych polskich śródlądowych dróg wodnych do co najmniej IV klasy żeglowności. Z tego względu przed kolejną rewizją sieci TEN-T w 2023 r. Polska powinna mieć gotowe i przyjęte programy przebudowy dróg wodnych wskazanych do wpisania do sieci TEN-T.

Pierwszym, istotnym krokiem do rozbudowy lub modernizacji śródlądowych dróg w Polsce było przyjęcie w czerwcu 2016 r. Radę Ministrów „Założeń do planów rozwoju śródlądowych dróg wodnych w Polsce do roku 2020 z perspektywą do 2030” – strategicznego dokumentu określającego perspektywę tworzenia warunków do rozwoju transportu śródlądowego w Polsce. Strategia polskiego rządu wpisuje się w europejskie regulacje wyznaczone właśnie w Porozumieniu AGN.

W celu przystosowania ODW do klasy IV-Va wymaganych jest szereg działań modernizacyjno-budowlanych i remontowych szlaku żeglugowego. Dotyczy to w szczególności śluz.

Nowe i modernizowane śluzy na ODW powinny być konstrukcji żelbetowej o wymiarach 190,0 m × 12,0 m. Przy kompozycji śluz bliźniaczych, jedna przedzielona będzie głową pośrednią, co umożliwi śluzowanie małych jednostek pływających. Głowy śluz (górną, dolną, pośrednią) zamykane będą wrotami wspornymi o pionowej osi obrotu. Napełnianie i opróżnianie komór odbywać się będzie systemem czołowym, przy zastosowaniu krótkich kanałów obiegowych. Praca śluz sterowana będzie automatycznie na podstawie opracowanych algorytmów.

W artykule przedstawiono:

- rys historyczny budowy śluz na ODW,
- stan istniejący oraz projekty modernizacji śluz na ODW,
- przykład typowej śluzy dla ODW, przystosowanej do klasy międzynarodowej Va,
- sposób obliczeń hydraulicznych śluzy typowej,
- wyniki obliczeń dla celów badawczych i projektowych otrzymane z autorskiego modelu numerycznego opisującego ruch wody i statku podczas czołowego napełniania komory śluzy,
- przykładowy algorytm sterowania śluzą.

# SPRAWNA GOSPODARKA WODNA WARUNKIEM FUNKCJONOWANIA ŻEGLUGI ŚRÓDLĄDOWEJ

Jan Pyś

Urząd Żeglugi Śródlądowej Wrocław, Wyższa Szkoła Bankowa

Woda staje się surowcem strategicznym. Jej brak może być poważnym problemem społecznym i gospodarczym naszego państwa. Już teraz występują niedobory wody w rolnictwie, transporcie wodnym turystyce i energetyce konwencjonalnej. Celem opracowania jest omówienie problematyki synergii gospodarki wodnej i żeglugi śródlądowej.

Do prawidłowego funkcjonowania transportu wodnego niezbędne są stabilne parametry nawigacyjne, co wymusza budowę sprawnego systemu wodnego odpornego na warunki naturalne, który skutecznie zabezpiecza podstawowe cele gospodarki wodnej, tj. ochronę przed powodzią, zapewnienie odpowiedniej ilości i jakości wody, troskę o rozwój ekosystemów wodnych. Rola dróg wodnych, a co za tym idzie sprawnego systemu wodnego, zwiększa się w dobie zachodzącej obecnie zmiany klimatu. Zgromadzona dla potrzeb żeglugi woda w skanalizowanych drogach wodnych, zbiornikach retencyjnych i kanałach żeglugowych służy rentownemu transportowi wodnemu, a także sprzyja retencji i wielokrotnemu jej wykorzystaniu dla innych potrzeb.

# KONCEPCJA POPRAWY ŻEGLOWNOŚCI I ZWIĘKSZENIA POTENCJAŁU ŚRODOWISKOWEGO ODRZAŃSKIEJ DROGI WODNEJ

Dorota Dybkowska-Stefek, Bogdan Zakrzewski, Justyna Relisko-Rybak

Zarząd Morskich Portów Szczecin i Świnoujście S.A.

W pracach nad dokumentacją techniczną dla Programu Rozwoju Odrzańskiej Drogi Wodnej, prowadzonych w Biurze ds. Odrzańskiej Drogi Wodnej Zarządu Morskich Portów Szczecin i Świnoujście, jako podstawową zasadę przyjęto, aby program ten nie tylko tworzył infrastrukturę śródlądowego transportu wodnego przyjaznego środowisku i wpisujące się w koncepcję zrównoważonego rozwoju transportu Unii Europejskiej, lecz także zawierał rozwiązania i działania sprzyjające środowisku, pozwalające na zwiększanie bioróżnorodności oraz przyczyniające się do zmniejszenia zanieczyszczenia wód i skutków zmian klimatycznych.

W referacie przedstawiono podstawowe założenia przyjęte dla opracowania koncepcji dostosowania Odrzańskiej Drogi Wodnej do klasy żeglowności Va poprzez budowę stopni wodnych, przebieg poszczególnych etapów prac oraz ich wyniki w postaci tzw. Wstępnej Koncepcji Przestrzenno-Technicznej (WKPT) dla Odry swobodnie płynącej, składającej się z trzech części:

- Część I dla odcinka od miejscowości Ścinawa (km 330,90) do ujścia rzeki Czarna Struga (km 432,40).
- Część II dla odcinka od ujścia rzeki Czarna Struga (km 432,40) do ujścia rzeki Nysa Łużycka (km 542,40).
- Część III dla odcinka od ujścia rzeki Nysa Łużycka (km 542,40) do miejscowości Ognica (km 697,00) – odcinek graniczny.

Idea łączenia poprawy żeglowności ze zwiększeniem potencjału środowiskowego Odrzańskiej Drogi Wodnej, a następnie urzeczywistnienie jej we Wstępnej Koncepcji Przestrzenno-Technicznej dla Odry swobodnie płynącej, stanowi efekt współpracy z Europejskim Regionalnym Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk, które było autorem odpowiednich wytycznych środowiskowych, a także udzielało merytorycznego wsparcia poprzez konsultację proponowanych w WKPT rozwiązań technicznych pod kątem środowiskowym, ze szczególnym uwzględnieniem zrównoważonego podejścia ekohydrologii do zarządzania środowiskiem wodnym.

W referacie omówiono zastosowane w WKPT działania, mające na celu zwiększenie potencjału środowiskowego Odrzańskiej Drogi Wodnej, obejmujące:

- wdrożenie innowacyjnych rozwiązań ekohydrologicznych, kompensujących oddziaływania żegluga na ekosystem rzeki i tworzenia komplementarnych siedlisk dla restytucji bioróżnorodności;
- zwiększenie retencji wody w obszarze dorzecza dla poprawy żeglowności i adaptacji do zmiany klimatu;
- poprawę jakości wody poprzez ograniczenie dopływu zanieczyszczeń obszarowych i punktowych w obszarach dorzecza sąsiadujących z drogą wodną jako element wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej.

Spektrum tych działań zaprezentowano na jednolitej, opracowanej w Biurze ds. Odrzańskiej Drogi Wodnej mapie, której fragmenty zamieszczono w referacie.

W podsumowaniu podkreślono, że opracowana koncepcja stanowi systemowe rozwiązanie prezentujące kompromis pomiędzy interesem użytkowników Odrzańskiej Drogi Wodnej oraz potrzebą budowania odporności środowiska w obliczu narastającej presji, wynikającej z globalnego ocieplenia oraz działalności człowieka.

# ANALIZA UWARUNKOWAŃ HYDROLOGICZNYCH PRZYSTOSOWANIA ODRY DO MIĘDZYNARODOWEJ KLASY ŻEGLOWNEJ

Robert Banasiak

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Ocena zasobów wodnych i kształtowania się odpływu leży u podstaw koncepcji rozwoju Odrzańskiej Drogi Wodnej (ODW). Wielkości i czasy trwania określonych przepływów charakterystycznych determinują warunki żeglowne, m.in. głębokości tranzytowe. W przypadku niespełniania wymogów dla danej klasy żeglownej, wskazują na zakres niezbędnych robót regulacyjnych, czy też na rozwiązania w kierunku modernizacji lub rozbudowy systemu stopni wodnych. Wraz z przystąpieniem Polski do europejskiego Porozumienia AGN (2017 r.), podjęto działania związane z przystosowaniem ODW do klasy Va, tj. spełniającej wymogi międzynarodowego szlaku żeglownego, m.in. powstała wstępna koncepcja przestrzenno-techniczna dla Odry skanalizowanej i swobodnie płynącej, z założeniem jej dalszej kaskadyzacji.

W tym kontekście praca przedstawia wyniki analiz wybranych parametrów hydrologicznych. Dokonano obliczeń przepływów charakterystycznych średnich niskich SNQ i średnich SSQ. Przeanalizowano trendy zmian tych parametrów dla Odry i jej głównych dopływów, w których wyraźnie zaznacza się trend spadkowy dla Odry Środkowej, podobnie dla jej dopływów; brak natomiast takiego trendu dla zasilania w górnym biegu rzeki. Wyznaczono także najniższe i najwyższe przepływy żeglowne o zadanym czasie trwania odpowiednio 276 i 14 dni w roku. Ponadto przedyskutowano wariantowe obliczenia przepływów o niskim prawdopodobieństwie wystąpienia dla celów projektowania budowli hydrotechnicznych. Wzięto pod uwagę wpływ retencji dolinowej na kształtowanie się przepływów maksymalnych, oceniony z wykorzystaniem symulacji dwuwymiarowymi modelami hydraulicznymi, oraz zweryfikowane przepływy maksymalne powodzi w 1997 roku. W zależności od podejścia metodycznego różnice uzyskanych przepływów projektowych (miarodajnych i kontrolnych) są znaczne i mogą mieć istotny wpływ na przygotowanie i akceptację inwestycji.

# BADANIA TERENOWE ZMĄCENIA I TRANSPORTU RUMOWISKA UNOSZONEGO W ZBIORNIKU TURAWA

Robert Kasperek, Mirosław Wiatkowski, Łukasz Gruss

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji

Eutrofizacja i zamulanie są głównymi zagrożeniami dla jakości wód oraz gospodarki na zbiornikach zaporowych. Spowodowane jest to wysokim ładunkiem pierwiastków biogennych transportowanym z rumowiskiem unoszonym, które stanowi ponad 90% osadu w zbiornikach wodnych. Postępujący proces eutrofizacji prowadzi do występowania nadmiernych ilości biomasy fitoplanktonu, m.in. zakwitów sinic i uwalnianie toksycznych związków. W zbiornikach zaporowych i elektrowniach wodnych pełniących funkcje przeciwpowodziową, rolniczą, energetyczną i rekreacyjną, intensywne zmaczenie oraz transport rumowiska unoszonego powodują utratę ww. funkcji i zadań. Wynikiem tego jest nadmierne zamulanie czaszy zbiornika, problemy w jego eksploatacji oraz pracy elektrowni.

Autorzy prowadzą systematyczne pomiary zmaczenia wody w zbiorniku Turawa oraz na dopływie Mała Panew, powyżej i poniżej zapory, w celu określenia ilości dopływającego i odpływającego rumowiska unoszonego. Z wstępnych, nefelometrycznych badań za pomocą mętnościomierzy PARTECH i sondy EXO2 wynika, że średnie zmaczenie jest na poziomie  $1,2-1,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , a roczne natężenie transportu rumowiska unoszonego w zbiorniku wynosi 340-370 ton.

## WYBRANE ELEMENTY HYDROMORFOLOGII ODRY ŚRODKOWEJ

Robert Kasperek, Joanna Markowska, Marian Mokwa

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Środkowa Odra przewidziana jest do przebudowy zgodnie z przyjętym w czerwcu 2016 r. przez Radę Ministrów planem „Założeń do planów rozwoju śródlądowych dróg wodnych w Polsce do roku 2020 z perspektywą do 2030” – strategicznego dokumentu określającego perspektywę tworzenia warunków do rozwoju transportu śródlądowego w Polsce. Strategia polskiego rządu wpisuje się w europejskie regulacje wyznaczone w Porozumieniu AGN podpisanym przez Prezydenta RP w styczniu 2017 roku.

Środkowy odcinek Odry wyznacza ostatni stopień Brzeg Dolny (do czasu oddania do eksploatacji stopnia Malczyce). Poniżej stopnia Odra jest rzeką swobodnie płynącą. Scharakteryzowano również rumowisko na skanalizowanym odcinku Odry od KędzierzynaKozła do Brzegu Dolnego, w celu określenia wpływu zabudowy kaskadowej na procesy fluwialne w korycie rzeki (transport, erozja i sedymentacja rumowiska).

Ze względu na planowane prace modernizacyjne, polegające na przystosowaniu Odry Środkowej do IV-V klasy międzynarodowej, znajomość cech rumowiska jest szczególnie istotna przy projektowaniu nowych stopni (między innymi Lubiąż i Ścinawa) i zabudowy regulacyjnej koryta oraz prognozowaniu erozji i sedymentacji. Różne formy transportu rumowiska (wleczone, unoszone, zawieszony) w różny sposób odpowiedzialne są za procesy fluwialne w korycie rzeki. Bardzo ważną rolę w przebiegu procesów rzecznych stanowi rumowisko wleczone, ponieważ kształtuje ono dno i wpływa na stabilność koryta, formy denne i inne parametry. Natomiast pozostała część transportowanego materiału decyduje głównie o procesach sedymentacyjnych.

Na badanym odcinku w wierzchnich warstwach koryta Odry zalegają piaski, żwiry oraz gliny piaszczyste. Specyficzne dla doliny Odry jest występowanie wychodni trzeciorzędowych ilów poznańskich.

W pracy przedstawiono charakterystykę wybranych elementów hydromorfologicznych Odry Środkowej w aspekcie przystosowania rzeki do żeglugi. Wykorzystano badania własne i innych autorów prowadzone na przestrzeni wielu lat. Wykonano pomiary hydrometryczne oraz pobrano materiał denny i pomierzono transport rumowiska.

W wyniku prowadzonych prac badawczych w pracy przedstawiono:

- krótką charakterystykę przeobrażeń morfologicznych i hydrotechnicznych Odry,
- charakterystykę rumowiska rzecznego,
- zmiany średnicy  $d_{50}$  rumowiska z biegiem Odry od Chałupek do ujścia,
- wyniki pomiarów transportu rumowiska (wleczone, unoszone, zawieszony) w Odrze Środkowej z podaniem wzoru na całkowity transport rumowiska.
- przebieg erozji dna Odry Środkowej w układzie warstw podłoża,
- analizę zmian dynamiki dna Odry na odcinku Wrocław–Ścinawa w okresie historycznym (1841-2000) pokazującą, że ingerencja człowieka w ustrój rzeki jest główną przyczyną znacznych przeobrażeń koryta,
- prognozy zmian koryta Odry po wybudowania stopnia Malczyce.



# PROBLEMATYKĄ OKREŚLANIA NIEPEWNOŚCI POMIARU NATĘŻENIA PRZEPŁYWU WODY W KORYCIE OTWARTYM Z UŻYCIEM MIERNIKÓW ADCP

Marcin Wdowikowski<sup>1</sup>, Julia Gandecka<sup>2</sup>, Karina Kózka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

<sup>2</sup> Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu

Ocena jakościowa wyników podstawowych urządzeń pomiarowych w hydrometrii, stosowana przez jednostki PSHM i opisana w obecnie obowiązujących instrukcjach Systemu Zarządzania Jakością IMGW-PIB, jest prowadzona w sposób ogólny, niejednokrotnie na bazie wbudowanych mechanizmów (udostępnionych przez producenta) kontroli jakości pomiarów (wskaźnikach Quality Control). Do chwili obecnej wytyczne i zalecenia dotyczące analizy błędów pomiarowych współcześnie stosowanymi urządzeniami nie zostały wdrożone w Polsce. Zarówno wytyczne WMO, Głównego Urzędu Miar, Międzynarodowe Normy ISO, jak i literatura problemowa identyfikują dwadzieścia rodzajów źródeł błędów pomiarowych dla technik akustycznych. Stosowana w PSHM metodyka oceny jakości wyników pomiaru opiera się na jednym wskaźniku względnego odchylenia pomiaru od średniej (RMR – relative measurement residual) dla urządzeń profilujących w trybie ciągłym i mylnie zakładaną analogię błędu pomiarowego młynka mechanicznego dla urządzeń akustycznych i elektromagnetycznych.

Stosowanie urządzeń pomiarowych w różnych warunkach terenowych, meteorologicznych i hydrologicznych (szczególnie warunki powodziowe), bez jasno określonych wytycznych i dopuszczalnych wartości wskaźników jakościowych pomiarów, może w skrajnych przypadkach powodować błędy w oszacowaniu przepływów chwilowych będących podstawą określania krzywych przepływów jako charakterystyk szczególnie w dolnej i górnej strefie stanów wody. Wyniki pomiarów wykonanych na Odrze i jej dopływach w 2010 r. (z zastosowaniem technik akustycznych) w wielu przekrojach wodowskazowych zweryfikowały dotychczas opracowane wartości największych przepływów, dając jednocześnie możliwość weryfikacji wyników modelowania hydrologicznego. Celem niniejszej pracy była próba określenia zbioru elementów składowych niepewności pomiarów hydrometrycznych dla technik akustycznych możliwych do zastosowania w warunkach terenowych z uwzględnieniem aktualnych wskaźników oceny niepewności pomiarów hydrometrycznych. Za obszar badawczy przyjęto wybrane profile wodowskazowe rzek dorzecza górnej i środkowej Odry oraz zbiór danych pomiarowych zarejestrowanych w latach 2002-2019. W pracy porównano metodę oceny niepewności pomiaru stosowaną dla młynków hydrometrycznych z metodą stosowaną przez oprogramowanie producenta RMR, z metodami statystycznymi Qu95% oraz RUE. Najważniejsze sformułowane w pracy wnioski:

- istnieją dedykowane metody umożliwiające określanie niepewności pomiarów ADCP z dowolnym poziomem istotności,
- obliczone niepewności pomiarowe w incydentalnym przypadkach dyskwalifikują pomiar hydrometryczny pod względem ilościowym, jeśli są zachowane dobre praktyki pomiarowe,
- możliwe są do zastosowania praktycznego wskaźniki niepewności pomiarów, takie jak Qu czy RUE.

