

ROZPRAWA DOKTORSKA

Paweł Wilk

Metoda obliczania chłonności rzeki jako narzędzie do oceny stanu fizykochemicznego powierzchniowych wód płynących

Promotor:

dr hab. inż. Mieczysław S. Ostojki, prof. IMGW-PIB



**Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2015**

STRESZCZENIE

Celem niniejszej dysertacji było opracowanie metody obliczenia chłonności rzeki z wykorzystaniem modelu matematycznego tego procesu, a następnie jego kalibracja, weryfikacja i walidacja, która pozwalała na określenie chłonności danego odcinka rzeki, rozumianej jako wprowadzony do danego odcinka rzeki ładunek zanieczyszczeń, który nie spowoduje trwałych i nieodwracalnych zmian w ekosystemie wodnym ani zmiany klasyfikacji jakości wody w danym profilu bilansowym rzeki. Niniejsza praca obejmuje przegląd polskiej i światowej literatury opisującej stosowane modele matematyczne wykorzystywane do symulacji procesów zachodzących w wodach powierzchniowych ze szczególnym uwzględnieniem procesów składających się na samooczyszczanie.

Znajomość wielkości chłonności rzeki pozwoli podejmować takie działania, które zapobiegą degradacji jakości wody w rzece, a w konsekwencji ekosystemów wodnych i od wody zależnych, zachodzącej w wyniku działalności człowieka, czyli antropopresji. Uszczegółowienie pojęcia samooczyszczania odcinka rzeki, przez wprowadzenie pojęć ładunku granicznego (λ_g), ładunku tła (λ_{RN}) i ładunku krytycznego (λ_{KR}), pozwoliło na określenie ładunku zanieczyszczeń, jaki rzeka może przeprowadzić przez profil obliczeniowy bez wystąpienia nieodwracalnych zmian w ekosystemie wodnym i od wody zależnym. Dla zdefiniowanego pojęcia samooczyszczania rzeki, opracowano matematyczny opis tego procesu uwzględniając w nim jednostkowe procesy przemian i transportu zanieczyszczeń biologicznych, chemicznych i fizycznych od ich wprowadzenia do zlewni do dopływu do przyjętego profilu obliczeniowego. Na podstawie przyjętego opisu matematycznego tych procesów poszukiwano modelu, który w najlepszy sposób odzwierciedli procesy przemian związków azotu ogólnego, fosforu ogólnego i węgla organicznego oznaczanego jako BZT_C. Udało się rozbudowując Makromodelu DNS/SWAT opracować Makromodel DNS/SWAT-Ch, który spełnia założone wymagania. Makromodel ten skalibrowano, zweryfikowano i poddano procesowi walidacji dla zlewni Warty środkowej od profilu Nowa Wieś Podgórna do profilu Oborniki.

Kalibrację, weryfikację i walidację Makromodelu DNS/SWAT-Ch przeprowadzono dla czterech wskaźników: średniodobowego natężenia przepływu Q , średniodobowego ładunku azotu ogólnego N_{og} , fosforu ogólnego P_{og} oraz węgla organicznego oznaczanego jako BZT_C. Wykorzystano do tego trzy miary statystyczne: współczynnik determinacji (R^2), obciążenie predykcji (PBIAS) i współczynnik efektywności Nasha-Satcliffe'a (NSE). Kalibrację i weryfikację dla wszystkich czterech wskaźników przeprowadzono na profilu obliczeniowym Poznań Most-Rocha natomiast walidację przeprowadzono dla profilu Oborniki.

Uzyskane dopasowania wyników obserwacji i wyników modelowania dla okresu kalibracji, weryfikacji i walidacji dla natężenia przepływu mieszczą się w większości w przedziale wartości określanych jako „bardzo dobre”. W przypadku azotu ogólnego wyniki dopasowania obserwacji i wyników modelowania dla okresu kalibracji, weryfikacji i walidacji mieszczą się w przedziale wartości określanych jako „satisfakcjonujące” i „dobre”, natomiast dla fosforu ogólnego i BZT_C jako „niasatisfakcjonujące”. Takie wyniki dla fosforu ogólnego i BZT_C, w tym przypadku, świadczyły o występowaniu w analizowanych próbach statystycznych danych odstających, które w istotny sposób przekładały się na wyniki kalibracji, weryfikacji i walidacji. Wpływ danych odstających na dopasowanie wyników modelowania do obserwacji udało się zmniejszyć poprzez zastosowanie statystyki odpornej. Po jej zastosowaniu poprawione zostały wskaźniki dopasowania obserwacji i wyników modelowania dla okresu kalibracji, weryfikacji i walidacji azotu ogólnego z

„satisfakcjonujących” w większości na „dobre” i „bardzo dobre”. Jeszcze większą poprawę dało zastosowanie statystyki odpornej dla fosforu ogólnego, gdzie wskaźniki dopasowania obserwacji i wyników modelowania dla okresu kalibracji i walidacji poprawiły się z wartości „niesatisfakcjonujących” na „satisfakcjonujące” i „dobre”. W przypadku węgla organicznego, oznaczanego jako BZT_c , zastosowanie statystyki odpornej nie przyniosło oczekiwanego rezultatu. Wyniki dopasowania obserwacji i wyników modelowania dla okresu kalibracji i weryfikacji pozostały „niesatisfakcjonujące”. Walidacja węgla organicznego, oznaczanego jako BZT_c , nie mogła być przeprowadzona ze względu na brak wystarczającej ilości obserwacji monitoringowych. Dlatego też w pracy przedstawione wyniki analiz BZT_c należy traktować jedynie jako szacunkowe.

Zweryfikowany Makromodel DNS/SWAT-Ch posłużył do obliczenia chłonności rzeki dla średniodobowych ładunków zanieczyszczeń azotu ogólnego N_{og} i fosforu ogólnego P_{og} oraz szacunkowo dla średniodobowych ładunków zanieczyszczeń BZT_c .

W pracy została także przeprowadzona analiza wpływu najczęściej stosowanych przepływów charakterystycznych (Q_{SNQ} , $Q_{95\%}$, $7Q_{10}$) i przepływu środowiskowego wyznaczonego metodą Tennanta, na ostateczny wynik chłonności poszczególnych Jednolitych Części Wód Powierzchniowych (JCWP) Warty środkowej. Analiza ta wykazała, że im niższy przepływ charakterystyczny lub środowiskowy, tym mniejsza chłonność rzeki. Zastosowany przepływ środowiskowy (Tennanta) uwzględniający czynniki biologiczne i środowiskowe oraz dzielący rok na dwa okresy (letni i zimowy) okazał się najniższym, czyli najbardziej restrykcyjnym w okresie zimowym. Najbardziej restrykcyjnym z przeanalizowanych przepływów charakterystycznych, dla okresu całego roku, okazał się przepływ $7Q_{10}$. Najmniej restrykcyjnym, czyli o największym przepływie, okazał się najczęściej stosowany w Polsce przepływ charakterystyczny Q_{SNQ} .

Zaproponowana metoda wyznaczania chłonności zweryfikowana dla zlewni Warty środkowej jednoznacznie wskazała, że bez względu na zastosowany przepływ charakterystyczny zdecydowana większość JCWP tej zlewni uzyskała dodatni wynik chłonności dla wybranych parametrów. Analiza uzyskanych wyników pokazała, że największą antropopresję dla Warty środkowej wykazuje miasto Poznań.