

ROZPRAWA DOKTORSKA

Joanna Gębala

Metoda oceny wpływu antropopresji rolniczej na jakość wód powierzchniowych na przykładzie zlewni Regi

Promotor:

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



Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2015

STRESZCZENIE

Podstawowym problemem z punktu widzenia przeciwdziałania zjawisku eutrofizacji Morza Bałtyckiego jest właściwa ocena wielkości i źródeł ładunków związków biogennych odprowadzanych do Bałtyku. Polska będąca członkiem Unii Europejskiej oraz sygnatariuszem Konwencji Helsińskiej zobowiązała się do ograniczenia zrztu ładunków azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego do wód powierzchniowych a w konsekwencji do Bałtyku.

Celem pracy było opracowanie uniwersalnej metody, z wykorzystaniem modelu matematycznego, do określania rekomendowanych działań zmierzających do ograniczenia antropopresji rolniczej poprzez kontrolę i minimalizację odprowadzania do wód powierzchniowych zanieczyszczeń przyczyniających się do powstawania zjawiska eutrofizacji, przy jednoczesnej maksymalizacji produkcji rolnej. W pracy opracowano matematyczny opis jednostkowych procesów przemian i transportu ładunków zanieczyszczeń przedostających się do wód wraz ze spływami powierzchniowymi, od momentu ich wprowadzenia do zlewni do dopływu do przyjętego profilu obliczeniowego rzeki.

Metodę oparto na opracowaniu scenariusza bazowego, odzwierciedlającego rzeczywisty stan rolniczego użytkowania terenu (uzyskany z przeprowadzonej ankietyzacji) w pilotowej zlewni rzeka Rega, a następnie zestawieniu go z wybranymi scenariuszami wariantowych zmian prowadzonej działalności rolniczej i w konsekwencji wyborze scenariusza rekomendowanego.

Do analizy wpływu danego scenariusza na wielkości ładunków azotu ogólnego, fosforu ogólnego i zawiesiny ogólnej odprowadzanych do ujścia rzeki wybrano Makromodel DNS (*Discharge Nutrient Sea*) z modułem SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) czyli Makromodel DNS/SWAT. Wybór ten poprzedzono przeglądem literatury polskiej i światowej opisującej stosowane modele matematyczne wykorzystywane do symulacji procesów zachodzących w wodach powierzchniowych ze szczególnym uwzględnieniem procesów transportu i przemian zanieczyszczeń w zlewniach użytkowanych rolniczo.

Makromodel DNS/SWAT rozbudowano o moduł rolniczego użytkowania terenu, dający możliwość analizy wielkości ładunków związków biogennych wypływających z powierzchni gleby przez spływy powierzchniowe i dopływających do wód powierzchniowych, zwany dalej Makromodelem DNS/SWAT-C. Kalibrację, weryfikację i walidację Makromodelu DNS/SWAT-C przeprowadzono dla czterech wskaźników: średniodobowego natężenia przepływu Q, średniodobowych ładunków azotu ogólnego, fosforu ogólnego i zawiesiny ogólnej. Stopień dopasowania wyników modelowania do obserwacji sprawdzono wykorzystując miary statystyczne: współczynnik determinacji (R^2), współczynnik obciążenia predykcji (PBIAS) oraz współczynnik efektywności Nasha-Satcliffe'a (NSE). Kalibrację i weryfikację dla wszystkich czterech wskaźników przeprowadzono dla rzeki Regi na profilu obliczeniowym Trzebiatów natomiast walidację przeprowadzono dla profilu Resko. W sytuacji wystąpienia silnie odstających wyników modelowania od obserwacji zastosowano statystykę odporną zmniejszającą wagę danych silnie odstających i tym samym dającą poprawę dopasowania wyników modelowania do obserwacji.

Skalibrowany, zweryfikowany i zwalidowany Makromodel DNS/SWAT-C dla zlewni rzeki Rega pozwolił:

- a) zidentyfikować główne źródła zanieczyszczeń wód powierzchniowych związkami biogennymi,
- b) określić wpływ antropopresji rolniczej na jakość wód powierzchniowych w zlewni,
- c) uzyskać dokładne informacje o skuteczności stosowanych wybranych działań w zlewni i ich wpływie na jakość wód powierzchniowych,
- d) zweryfikować stosowane praktyki bądź zalecane m.in. w Kodeksie Dobrej Praktyki Rolnej pod względem ich skuteczności w redukcji wielkości ładunków związków biogennych w wodach powierzchniowych,
- e) oszacować naturalne tło ładunków związków biogennych w wodach powierzchniowych,

Tym samym potwierdzono skuteczność wykorzystania rozbudowanego Makromodelu DNS/SWAT-C o użytkowanie terenu jako narzędzia do:

- a) analizy wielkości ładunków zanieczyszczeń w profilach ujściowych jednolitych części wód powierzchniowych spowodowanych działalnością rolniczą,
- b) wyboru rekomendowanych działań z wielu wariantowych, które ograniczą niepożądane zmiany w środowisku,
- c) określenia niezalecanych działań w największym stopniu wpływających na wzrost ładunkowo związków biogennych na ujściu rzeki,
- d) określenia wpływu zmian klimatu (w zakresie zmian wielkości rocznych sum opadów) na wielkość ładunków zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych.

Potwierdzono że opracowanie scenariuszy wariantowych, z analizą ich wpływu na jakość wód z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej która rozbudowuje ranking środowiskowy jednokryterialnej analizy scenariuszy, może stanowić istotne narzędzie wspomagania procesu podejmowania decyzji w zarządzaniu zlewnią w zakresie działań zmierzających do poprawy jakości wód powierzchniowych.

Powyższa metoda zweryfikowana dla zlewni rzeki Regi może być rekomendowana jako metoda analizy wpływu antropopresji rolniczej w innych zlewniach.

ABSTRACT

The basic problem from the point of view of prevention of eutrophication of the Baltic Sea waters is a reasonable assessment of the size and sources of nutrients loads discharged into the Baltic Sea. Poland, as a member of the European Union and a signatory of the Helsinki Convention is committed to reduce discharge of total nitrogen and total phosphorus discharges into surface waters and consequently to the Baltic Sea.

The aim of this work was to develop a universal method with the use of a mathematical model to determine the recommended measures to minimize an agriculture impact by controlling and minimizing the discharge of pollutants to surface waters that contribute to the formation of eutrophication phenomena, while maximizing of agricultural production.

In the work, a mathematical description of the processes of transformations and transport of pollutants discharged to waters with surface runoff from their introduction to the catchment to the river outflow profile has been developed.

The method is based on the development of the baseline scenario, reflecting the actual state of the agricultural land use (obtained from a survey by questionnaire) in a pilot catchment of Rega river, and then comparing it with the selected variant scenarios regarding changes in agricultural activity and consequently, the selection of the recommended scenario. To analyze the impact of the given scenario on the size of total nitrogen, total phosphorus and total suspended solids loads discharged into the mouth of the river, the Macromodel DNS (Sea Nutrient Discharge) with the module SWAT (Soil and Water Assessment Tool) called Macromodel DNS/SWAT was selected. This choice was preceded by a review of Polish and world literature describing mentioned abovemathematical models to simulate the processes occurring in surface waters with particular emphasis on the processes of transport and transformation of pollutants in the agricultural catchments. Macromodel DNS/SWAT was expanded with the agricultural land use module, giving the ability to analyze the size of the nutrients loads washed from the soil surface by surface runoff and flowing to surface water, hereinafter referred to as Macromodel DNS/SWAT-C (Catchment). The process of calibration, verification and validation of the Macromodel DNS/SWAT-C was performed for indicators such as: average daily flow rate Q , average daily total nitrogen loads N_{og} , total phosphorus P_{og} and total suspended solids. The degree of matching observations to modeling results were checked by using statistical measures: the coefficient of determination (R^2), percent bias (PBIAS) and the Nash-Satcliffe coefficient (NSE). The calibration and verification process were carried out for the Rega river in Trzebiatów output profile, while the validation process was carried out in Resko profile. In case of a strong outlier modeling results of observations robust statistics was applied. Robust statistics reduces the significance of the outliers, thus giving the improvement of matching the modeling results to observations. Calibrated, verified and validated Macromodel DNS/SWAT-C for Rega river catchment allowed to:

- a) identify the main sources of pollution of surface waters with nutrient compounds,
- b) determine the effect of agricultural impact on the surface water quality in the catchment,

- c) obtain accurate information about the effectiveness of selected agricultural activities in the catchment area and their impact on the surface water quality,
- d) verify current agricultural practices as well as recommended in Code of Good Agricultural Practice in terms of their effectiveness in reducing the size of nutrients loads in surface waters,
- e) estimated natural nutrients loads background in surface waters.

Thus, the effectiveness of application Macromodel DNS/SWAT-C extended with the land use module was confirmed to use as a tool to:

- a) analyze the size of pollutant loads in the outflow profiles of surface water bodies caused by agricultural activities,
- b) select the recommended actions from many variants, which will reduce the unwanted changes in the environment,
- c) determine non-recommended actions affecting the increase of nutrients in rivers output profile,
- d) determine the impact of climate change (change of annual precipitation) on the size of the pollutant loads in surface waters.

It was confirmed that the development of variant scenarios with the use of a multi-criteria analysis expands a single objective environmental ranking scenario, hence can be an important tool to support decision-making in the management of catchment in terms of taking measures to improve the quality of surface waters.