

dr hab. Rafał Pudełko, prof. IUNG-PIB
Zakład Geomatyki
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Recenzja pracy doktorskiej

mgr inż. Katarzyny Beaty Kozickiej

pt.: „Modelowanie emisji metanu ze źródeł rolniczych z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych o średniej rozdzielczości w różnej skali przestrzennej”

wykonanej

w Instytucie Rolnictwa

Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

pod kierunkiem

promotora dr hab. Elżbiety Wójcik-Gront, prof. SSGW

Ocena istotności podjętego tematu rozprawy doktorskiej

Według danych KOBiZE, w 2022 r. całkowita emisja gazów cieplarnianych z polskiego rolnictwa wyniosła 8,7% całkowitej antropogenicznej emisji kraju. Polskie rolnictwo jest przede wszystkim źródłem emisji podtlenku azotu (N₂O) i odpowiada za 80,4% całkowitej, antropogennej emisji tego gazu - natomiast emisja metanu (CH₄) z rolnictwa w 2022 r. to 38,3% emisji ze wszystkich źródeł krajowych. W polskim rolnictwie głównym źródłem emisji metanu jest fermentacja jelitowa (91,7%) oraz gospodarka odchodami zwierzęcymi (8,8%). Jeśli chodzi o łączną emisję gazów cieplarnianych (GHG) z rolnictwa, liczoną w ekwiwalencie dwutlenku węgla (CO₂), to głównymi źródłami emisji w 2021 roku były gleby rolnicze (41,2%) oraz fermentacja jelitowa (42,9%).

Powyższe dane wskazują na istotność a wręcz konieczność podejmowania badań – zarówno monitorujących procesy emisji jak też wdrażających procedury ich regulacji (redukcji, mitygacji skutków). Obecnie istnieją dwie efektywne metody oceny poziomu emisji metanu w rolnictwie. Pierwszą jest pośrednia ocena emisji ze źródła, metoda ta wykorzystuje głównie dane statystyczne. Drugim sposobem jest zastosowanie metod bezpośredniego pomiaru stężenia tego gazu w atmosferze. W tym przypadku najbardziej efektywnymi sensorami są urządzenia oceny zdalnej. Ze względu na możliwości teledetekcji satelitarnej oraz istotność prowadzenia tego rodzaju monitoringu – Europejska Agencja Kosmiczna opracowała i wdrożyła dedykowany sensor z instrumentem TROPOMI na pokładzie satelity Sentinel-5P. Dzięki temu od 2017 roku istnieje możliwość precyzyjnych badań (modelowania) stanu i zanieczyszczenia atmosfery w skali regionalnej i kontynentalnej. W niniejszej pracy przedstawiono oba z tych podejść (statystyczną i teledetekcyjną).

W związku z powyższym, podjęte badania, które miały na celu analizę przestrzennych, czasowych i sezonowych zmian zawartości metanu w atmosferze dla wybranych regionów o wysokiej koncentracji upraw ryżu, korzystając z danych z misji Sentinel-5P oraz analizę przestrzennego rozkładu emisji metanu z hodowli zwierząt gospodarskich na świecie i w Polsce - uważam za niezwykle istotne. Badania te odpowiadają na bieżące potrzeby wdrażania nowych rozwiązań monitorowania stanu i dynamiki rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Wykorzystują najnowsze dostępne technologie – w tym technologie oferowane przez branżę kosmiczną.

Układ i struktura rozprawy doktorskiej

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska stanowi zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie czterech artykułów naukowych wraz z syntetycznym przedstawieniem celów pracy, hipotezy badawczej, warsztatu i wyników badań.

W zwartej, oprawionej formie Doktorantka zawarła 7 rozdziałów, poświęconych:

1. publikacjom będącym podstawą rozprawy doktorskiej,
2. uzasadnieniu podjęcia tematy badań,
3. celowi i zakresowi pracy oraz hipotezie badawczej,
4. materiałom i metodom badań,
5. omówieniu najważniejszych wyników badań i przeprowadzeniu dyskusji,
6. odpowiedzi na postawione w rozprawie problemy badawcze,
7. podsumowaniu rozprawy doktorskiej i wskazaniu perspektyw dalszych badań.

W rozdziale 6 praca zawiera dwa syntetyczne, najważniejsze wnioski. Bibliografia składa się z 46 kluczowych cytowanych pozycji literatury.

W ostatniej części manuskryptu dołączono kopie artykułów, na których oparto tę pracę:

1. Kozicka K., Gozdowski D., Wójcik-Gront E. 2021. Spatial-temporal changes of methane content in the atmosphere for selected countries and regions with high methane emission from rice cultivation. *Atmosphere* 12(11):1382. DOI: 10.3390/atmos12111382.
Impact Factor – 3,1; MNiSW – 70
2. Kozicka, K., Orazalina, Z., Gozdowski, D., Wójcik-Gront, E. 2023. Evaluation of temporal changes in methane content in the atmosphere for areas with a very high rice concentration based on Sentinel-5P data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 30, 100972. DOI: 10.1016/j.rsase.2023.100972.
Impact Factor – 4,7; MNiSW – 100
3. Kozicka, K., Žukovskis, J., Wójcik-Gront, E. 2023. Explaining global trends in cattle population changes between 1961 and 2020 directly affecting methane emissions. *Sustainability* 15(13):10533. DOI: 10.3390/su151310533.
Impact Factor – 3,9; MNiSW – 100

4. Kozicka, K., Ollik, M., Wójcik-Gront, E. 2024. Spatial distribution of CH₄ emissions from livestock farming in Poland: A comparison of 2010 and 2020. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 1–12. DOI: 10.1080/00167223.2024.2350040.
Impact Factor – 2,3; MNiSW – 40;

Suma Impact Factor – 14; Suma MNiSW – 310

Łącznie rozprawa doktorska obejmuje 49-stronicowy maszynopis oraz kopie czterech artykułów. Integralną częścią pracy są: jedna tabela oraz trzy najbardziej istotne rysunki, które ilustrują syntetyczne wyniki z przeprowadzonych badań, publikowanych uprzednio w formie artykułów. Powyższa treść uzupełniona została o podziękowania Autorki, oświadczenia współautorów o procentowym wkładzie w powstanie publikacji, stosowne oświadczenia oraz streszczenie pracy opracowane w języku polskim i angielskim - zgodnie z pkt. 4, Art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Oceniając formę przedłożonego manuskryptu należy stwierdzić, że:

- tytuł pracy jest klarowny i – z małymi zastrzeżeniami wskazanymi w dalszej części recenzji – adekwatny do zawartej w niej treści,
- układ pracy jest logiczny i spełnia wymagania stawiane dysertacjom doktorskim,
- praca napisana jest językiem zrozumiałym i poprawnym stylistycznie – zarówno w części polskojęzycznej, jak też anglojęzycznej,
- opis realizacji pracy doktorskiej umożliwia sprawne śledzenie procesu prowadzenia badań,
- pozycje literatury pod względem formalnym są cytowane w sposób właściwy, który umożliwia czytelnikowi ich odszukanie w zbiorach bibliotecznych lub zasobach internetowych.

Ocena części merytorycznej rozprawy doktorskiej

Rolnictwo jest odpowiedzialne za istotną, ogólną emisję metanu do atmosfery. Autorka pracy postawiła sobie bardzo ambitne i wielowymiarowe zadanie polegające na zastosowaniu najnowszej technologii teledetekcji satelitarnej do oceny wielkości emisji oraz wyjaśnienia przyczyn jej przestrzennego zróżnicowania – zarówno w skali globalnej jak i regionalnej. W tym celu przeprowadzone zostały badania kameralne, polegające na modelowaniu przestrzennych, czasowych i sezonowych zmian zawartości metanu w atmosferze dla wybranych regionów o wysokiej koncentracji upraw ryżu oraz analizie przestrzennego rozkładu emisji metanu z hodowli zwierząt gospodarskich na świecie i w Polsce.

W rezultacie przeprowadzonych badań – w pierwszych dwu opublikowanych pracach wykazano długoterminowy wzrost i sezonową zmienności poziomów stężenia CH₄ w atmosferze w regionach o wysokiej uprawie ryżu, co zostało stwierdzone na podstawie komputerowego modelowania emisji metanu oraz obserwacji satelitarnych z instrumentu TROPOMI (Sentinel-5P). Sezonowo, niższe emisje metanu odnotowano na początku roku, natomiast wyższe późnym latem, a więc podczas

intensywnego wzrostu ryżu. W dwu kolejnych pracach Autorka skupiła się na analizie emisji metanu z hodowli zwierząt gospodarskich na poziomie globalnym oraz na poziomie lokalnym (gmin Polski). W tej części pracy wykazano konieczność pierwszoplanowego posługiwania się danymi statystycznymi, ponieważ emisje pochodzące z fermentacji jelitowej i odchodów zwierzęcych są rozproszone na dużych obszarach, gdyż pochodzą od wielu zwierząt rozmieszczonych na różnych pastwiskach i gospodarstwach. Emisje metanu od pojedynczego zwierzęcia czy stada są stosunkowo niskie w porównaniu do emisji z przemysłowych źródeł, takich jak wycieki gazu ziemnego – a więc trudne do detekcji współczesnymi metodami teledetekcji satelitarnej.

W moim przekonaniu, o wartości merytorycznej niniejszej pracy doktorskiej świadczą następujące jej cechy:

- Badania przeprowadzono przekrojowo – analizy prowadzone w skali kontynentalnej uzupełniono regionalnym studium przypadku, czyli analizami na szczeblu krajowym.
- Analizie poddano dwa najważniejsze źródła emisji metanu pochodzące z produkcji rolniczej.
- Zastosowano nowoczesne metody teledetekcji satelitarnej, które zostały porównane z odpowiednimi danymi statystycznymi.
- Przeprowadzono dogłębne analizy statystyczne, badając zarówno zależności pomiędzy wybranymi czynnikami, jak również zależności wielowymiarowe poszczególnych kombinacji.
- Wszystkie wyniki zostały opublikowane w uznanych czasopismach międzynarodowych, posiadających wysoki wskaźnik cytowani.

Niemniej jednak lektura przedmiotowej rozprawy skłania do przedstawienia krótkiej listy uwag o charakterze krytycznym bądź polemicznym:

Uwagi:

- Tytuł – sugeruje, że wszystkie prace będą związane z modelowaniem emisji metanu z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych – tymczasem modelowanie to jest przedmiotem tylko połowy prac.
- Hipoteza badawcza – przedstawiono ogólne założenia, podczas gdy można by było wskazać kryteria ilościowe.
- Metody badawcze – przedstawiony wzór, będący de facto iloczynem wielkości populacji i emisji jednostkowej – trudno nazwać modelem matematycznym.
- W części wynikowej przedstawiono mapę globalnego poziomu stężeń metanu, którą opracowano na podstawie danych zewnętrznych – miejsce tej mapy powinno się znaleźć w dyskusji wyników.
- Rozdział 6 (Odpowiedź na postawione w rozprawie problemy badawcze oraz wnioski) jest zbliżony i powiela treści z rozdziału 7 (Podsumowanie rozprawy doktorskiej i perspektywy dalszych badań).

- Manuskrypt rozprawy, głównie rozdziały 3, 4, 5, 6 i 7 są zredagowany w zbyt ogólny sposób – żeby właściwie ocenić wartość merytoryczną tej pracy należy szczegółowo zapoznać się z każdym artykułem osobno.

Powyższe uwagi jednak nie umniejszają wartości merytorycznej pracy, ani też nie stanowią o konieczności jej poprawy - mogą natomiast być wskazówką przy planowaniu kolejnych prac badawczych, jeżeli takie będą miały być prowadzone.

Podsumowanie

- Praca doktorska dotyczy zagadnień aktualnych i istotnych dla rozwoju polskiego rolnictwa.
- Doktorantka w sposób czytelny sformułowała problem badawczy oraz postawiła hipotezę badawczą, która została następnie wykazana w rezultacie badań.
- Wybór materiałów i metod badań pod względem merytorycznym nie budzi zastrzeżeń. Analizy danych zostały przeprowadzone starannie, ich opis jest konsekwentny i spójny. Wyniki prac zostały zinterpretowane w oparciu o właściwe wnioskowanie statystyczne. Przeprowadzona dyskusja i sformułowane wnioski odpowiadają wynikom przedsięwziętych prac.
- W rezultacie należy stwierdzić, że przeprowadzone badania naukowe doprowadziły do osiągnięcia wyników, które odpowiedziały na określone w pracy doktorskiej cele.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Kozickiej pt.: „Modelowanie emisji metanu ze źródeł rolniczych z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych o średniej rozdzielczości w różnej skali przestrzennej” spełnia wymagania stawiane tego typu pracom w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. z dnia 10 marca 2023 r., Dz.U. z 2023 r. poz. 742 ze zm.) i kwalifikuję Kandydatkę do ubiegania się o stopień doktora nauk rolniczych w zakresie dyscypliny naukowej rolnictwo i ogrodnictwo. **W związku z powyższym, zwracam się do Rady Naukowej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o dopuszczenie Pani mgr inż. Katarzyny Kozickiej do dalszych etapów procedury postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.**

Puławy, 26.09.2024 r.