

Dr hab. inż. Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz, prof. ZUT  
Pracownia Klimatologii i Ochrony Atmosfery  
Katedra Kształtowania Środowiska  
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

20.11.2023 Szczecin

## **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Joanny Krużel**

**pt. „Zmienność i zmiany termicznych cech klimatu Polski w latach 1981-2015”**

Recenzja została wykonana w odpowiedzi na pismo Pana prof. dr hab. inż. arch. Piotra Herbuta, Przewodniczącego Rady dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie z dnia 06. 09. 2023 roku (pismo nr 3DIŚiG 520-3/2018-2023).

Oceniana rozprawa doktorska została wykonana w Katedrze Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie pod kierunkiem naukowym dr hab. inż. Agnieszki Ziernickiej-Wojtaszek, prof. UR. Opinię wykonano na podstawie przesłanych dokumentów w wersji papierowej, zawierających pracę doktorską oraz umowę na sporządzenie ww. recenzji.

### **1. Ocena problematyki badawczej pracy**

Współczesne zmiany klimatu są empirycznym faktem, który nie podlega wątpliwości [Międzyrządowy Zespół do spraw Zmian Klimatu]. Jak podaje Światowa Organizacja Meteorologiczna w 2022 r. średnia globalna temperatura była o około 1,15°C wyższa od średniej z lat 1850-1900. Również w klimatycznych warunkach Polski zaznacza się systematyczny, istotny statystycznie wzrost średniej rocznej temperatury powietrza, największy na północy i zachodzie kraju. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej -Państwowy Instytut Badawczy podaje, że ostatnie 22-lecie to najcieplejszy okres od połowy XX wieku. Każdy kolejny rok przynosi kolejny niepokojący rekord termiczny. Ostatnim był ekstremalnie ciepły wrzesień br., ze średnią obszarową dla Polski wynoszącą 17,7°C aż o 3,9°C wyższą od normy. Obserwowane zmiany temperatury powietrza pociągają za sobą określone skutki ekologiczne i agroklimatyczne takie jak zmiany terminów początku, końca i czasu trwania sezonu wegetacyjnego, zwiększenie zasobów ciepła pozwalających na wprowadzanie do upraw

roślin ciepłolubnych czy występowanie kalendarzowych zim z dodatnią temperaturą powietrza.

W ocenianej pracy przedstawiono zmienność temperatury powietrza w ujęciu wybranych cech a także zasygnalizowano wybrane skutki obserwowanych zmian. Co ważne, analizą objęto obszar całej Polski za lata 1981-2015. Nietypowy okres analizy, wynika z faktu rozpoczęcia badań nad dysertacją przy obowiązującej normie klimatycznej za lata 1981-2010, którą Autorka przedłużyła o 5 lat. Podjęty temat oceniam jako ważny i wpisujący się w aktualną problematykę klimatologiczną i agroklimatyczną.

## **2. Ocena formalna i merytoryczna rozprawy**

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska stanowi zwartą monografię liczącą 156 stron maszynopisu. Treść pracy podzielono na 8 głównych, numerowanych rozdziałów, zatytułowanych kolejno: wprowadzenie; cel, zakres i teza pracy; dotychczasowy stan badań; charakterystyka obszaru badań; materiały i metody; wyniki; dyskusja; wnioski. Rozdział 4. Charakterystyka obszaru badań zawiera 9 podrozdziałów a rozdział 6. Wyniki obejmuje 11 podrozdziałów. Na końcu pracy umieszczono spis literatury, spis wykorzystanych w pracy stron internetowych, spis tabel, spis rycin oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Integralną częścią pracy jest obszerny materiał dokumentacyjny, na który składa się 36 tabel i 43 ryciny, wymagające jednak uzupełnienia i poprawy, co zostanie szczegółowo wyspecyfikowane w dalszej części recenzji. Pod względem formalnym układ rozprawy, za wyjątkiem rozdziału 4 oraz podrozdziału 6.11, jest poprawny.

Tytuł pracy „Zmienność i zmiany termicznych cech klimatu Polski w latach 1981-2015”, można uznać za sformułowany poprawnie, jednak treść rozprawy wymaga uzupełnienia/rozwinienia przede wszystkim o wyniki obrazujące zmienność czasową.

W **Rozdziale 1. Wprowadzenie** przedstawiono motywację podjęcia badań w temacie pracy oraz zarys jej treści.

W **Rozdziale 2. Cel, zakres i teza pracy** jasno i poprawnie sformułowano cele i tezę rozprawy. Głównym celem pracy była charakterystyka zmian i zmienności klimatu Polski w okresie 1981-2015 oraz analiza wybranych skutków tych zmian i zmienności. Jednocześnie, wskazano cechy/wskaźniki termiczne, które wybrano do realizacji cząstkowych celów pracy.

Tezę pracy Autorka sformułowała następująco:

*„Wzrost temperatury na obszarze Polski w badanym okresie jest wyraźny i dla wskaźników termicznych istotny statystycznie. Wraz z wyraźnym i istotnym wzrostem temperatury zaznacza się silna naturalna zmienność temperatury i wskaźników termicznych charakterystyczna dla przejściowego klimatu Polski. Wzrost temperatury powietrza wywiera zarówno pozytywne jak i negatywne skutki ekologiczne i gospodarcze. Wyniki badań mogą być pomocne przy podejmowaniu i realizacji działań adaptacyjnych do zmian klimatu.”*

W **Rozdziale 3. Dotychczasowy stan badań** liczącym 11 stron, przedstawiono przegląd literatury z zakresu realizowanego tematu. Przybliżono rys historyczny pomiarów meteorologicznych w Polsce, najobszerniej omówiono literaturę opisującą obserwowany wzrost temperatury w Polsce oraz konsekwencje tych zmian.

Układ i kolejność wątków w tym rozdziale należy uznać za poprawny i związany z tematem. Na podkreślenie zasługuje też zrozumiały i poprawny stylistycznie język. Niemniej jednak zauważalny jest brak przywołania aktualnych, w tym obcojęzycznych publikacji, opisujących zmienność warunków termicznych w ujęciu różnych cech nie tylko w Polsce ale i na świecie. W całej pracy przywołano łącznie 163 pozycje, w tym 3 źródła internetowe i aż 53 pozycje książkowe (z czego 23 pozycje w rzeczywistości są trzema podręcznikami przywoływanymi kilkakrotnie jako podrozdziały), 46 pozycji zostało opublikowanych przed 2000 rokiem (a ich cytowanie nie zawsze jest zasadne) i tylko 25 pozycji jest obcojęzycznych.

UWAGI:

W mojej opinii, krytyczna rewizja przywołanej literatury jest konieczna a zredagowany na nowo spis powinien być wartościowym uzupełnieniem i rozwinięciem treści rozdziałów 3 i 7.

**Rozdział 4. Charakterystyka obszaru badań** liczy 9 stron i składa się aż z 9 podrozdziałów następującej treści: położenie geograficzne Polski; budowa geologiczna i ukształtowanie terenu; warunki klimatyczne; warunki hydrologiczne, warunki glebowe, użytkowanie ziemi; walory przyrodnicze; rolnictwo; przemysł.

UWAGI:

Uważam, że rozdział ten jest zbędny, wręcz „szkolny”, w żaden sposób nie przybliży i nie rozwija zagadnień ujętych w rozprawie a dodatkowo podrozdział 4.3. Warunki klimatyczne został scharakteryzowany na nieaktualnych danych. Jest to co najmniej dziwne, bo tzw. aktualne normy klimatyczne, są dostępne on-line na stronie IMGW-PIB, o czym Autorka wie, bo wspomina na stronie 14, w drugim akapicie.

**Rozdział 5. Materiały i metody** został przedstawiony na 8 stronach. Zawiera informacje o podstawowych materiałach empirycznych, będących podstawą pracy. Zasadniczy zbiór stanowiły miesięczne wartości temperatury powietrza z 53 stacji meteorologicznych funkcjonujących w sieci Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego. Dane obejmowały okres wielolecia 1981-2015. Na potrzeby opracowania wskaźnika Selianinowa w pracy wykorzystano dodatkowo sumy opadów atmosferycznych pochodzących z 47 stacji IMGW-PIB.

W opisie uzyskanych rozkładów przestrzennych posłużono się nazwami 18 podprovincji według regionalizacji fizycznogeograficznej opracowanej przez Kondrackiego [1998].

Krótko scharakteryzowano treść poszczególnych podrozdziałów wraz z przyjętymi kryteriami ich opracowania.

#### UWAGI:

Na stronie 32 Autorka pisze „*Mapy wykonano metodą krigingu przy pomocy programu Surfer 7. Pliki graficzne w celu uzyskania lepszej jakości przygotowano w programie Photoshop CS6.*”

Tymczasem jakość „map” pozostawia wiele do życzenia – w większości są słabo czytelne, przejścia pomiędzy kolorami często za mało wyraźne, zwłaszcza w zakresie 16-20°C. Dodatkowo do poprawy: ryc. 6. kolor dla przedziału temperatury 6-7°C jest niewłaściwy, nie odpowiada przyjętej gradacji; ryc. 22, 23 – niewłaściwa skala barw, brak różnicowania kolorów, przy tak dużej rozpiętości warto rozważyć cięcie izolinii co 10 dni; ryc. 33 – niewłaściwa skala, zmienność na mapie jest w zakresie 0,2-0,6.

Strona 32-33, ryc. 2, powinien być na jednej stronie; region V nosi nazwę Sudety z Przedgórzem Sudeckim, do poprawy na stronie 46, 47, 57.

Na stronie 34, podano, że „*Data końca jednej pory roku jest również datą początku następną*”. Jest to błędne założenie – koniec danej pory jest datą poprzedzającą początek następną, czyli są to daty z dwóch kolejnych dni. W literaturze z zakresu tej tematyki w tabelach na ogół podaje się tylko datę początku kolejnych pór termicznych a data końca w domyśle jest datą o dzień wcześniejszą. Poniżej przykłady prac z opisanym powyżej podejściem metodycznym.

Kossowska-Cezak U. 2005. Zmiany termicznych pór roku w Warszawie w okresie 1933-2004. *Przegląd Geofizyczny*, z. 3-4, s. 265-277.

Szyga-Pluta K. 2011. Zmienność termicznych pór roku w Poznaniu. *Badania Fizjograficzne, Seria A, Geografia Fizyczna (A62)*, s. 181–195.

Woś A. 2006. Termiczne pory roku w Poznaniu w drugiej połowie XX wieku [w: Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego]. Kraków, s. 117-126.

Na **Rozdział 6. Wyniki** składa się 11 podrozdziałów i obejmuje 93 strony. Autorka w podrozdziałach 6.1 - 6.4 przedstawia graficznie i tabelarycznie zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach, roku, porach kalendarzowych i termicznych oraz wykazuje wieloletnią istotność tych zmian dla miesięcy i roku w skali całej Polski. Podrozdziały 6.5-6.7 uwzględniają charakterystyki obrazujące zmienność klimatu, którą wykazano na podstawie struktury średniej miesięcznej temperatury powietrza, odstępstwa od regularnego wzrostu i spadku temperatury w kolejnych miesiącach oraz wskazanie miesięcy najzimniejszych oraz najcieplejszych. W wyżej przywołanych podrozdziałach analizą objęto już tylko 5 stacji (Łódź, Kraków, Opole, Suwałki, Ustka) reprezentujących różne pod względem klimatycznym regiony kraju. Kolejne podrozdziały 6.8 - 6.11 dokumentujące skutki zmienności i zmian klimatu przedstawiono w oparciu o takie cechy jak: daty początku i czas trwania okresu wegetacyjnego, wskaźnik SAT, kalendarzowe zimy z dodatnią temperaturą powietrza, współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa. W podrozdziale 6.10 analizę przeprowadzono dla 5 stacji, natomiast zmienność pozostałych wskaźników przeanalizowano w ujęciu wszystkich stacji. Dla dat początku, końca oraz długości okresu wegetacyjnego a także wskaźnika SAT, w oparciu o równania regresji, przedstawiono również prognozę na 2025 rok.

O ile same wskaźniki termiczne przyjęte do realizacji celów oraz na potwierdzenie tezy można uznać w większości za trafne, tak już sam opis wyników jest schematyczny, sprawozdawczy a prezentowane rozkłady przestrzenne są w większości znane (podrozdziały 6.1-6.4, 6.8). Brak jest pogłębionej analizy z użyciem podstawowych miar statystycznych, zwłaszcza że pozwala na to, tak liczny zbiór danych podstawowych (podrozdziały 6.1-6.4). Z kolei w podrozdziałach 6.5 i 6.6, dla kontrastu, opis otrzymanych wyników wciąż schematyczny, jest nadmiernie szczegółowy, a dodatkową trudnością w odbiorze wyników jest przedstawienie ich w tabelach (tab. 8-31).

Biorąc pod uwagę tytuł pracy a zwłaszcza frazę „zmiany i zmienność”, czytelnik ma prawo oczekiwać wyników analizy zarówno w ujęciu przestrzennym jak i czasowym. Tymczasem to drugie podejście jest potraktowane marginalnie i wymaga uzupełnienia. W całej pracy nie ma ani jednego wykresu, który obrazowałby zmienność wybranych cech w kolejnych latach analizowanego 35-lecia. Takie ujęcie w formie tabelarycznej dla wskaźnika Sielianinowa, (ryc.

35) pojawia się dopiero w ostatnim podrozdziale, co do którego mam wątpliwości natury merytorycznej.

Poniżej szczegółowe uwagi odnoszące się do poszczególnych podrozdziałów.

UWAGI:

Podrozdział 6.1. Zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach

Tabelę 1 proszę uzupełnić o podstawowe charakterystyki statystyczne (takie jak w Tabeli 3), czyli wartość minimalną, maksymalną, amplitudę, odchylenie przeciętne. Podobnie w Tabeli 2, obok średniej miesięcznej dla każdej stacji powinna znaleźć się wartość minimalna, maksymalna oraz odchylenie przeciętne.

Podrozdział 6.2. Zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza w kalendarzowych porach roku

Proszę opracować tabelę z podstawowymi charakterystykami temperatury powietrza dla czterech kalendarzowych pór roku (analogicznie jak Tabela 2).

Podrozdział 6.3. Zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza w termicznych porach roku

Tabela 4 – proszę uzupełnić o średnie daty początku dla poszczególnych termicznych pór roku dla Polski.

Tabela 5 – do usunięcia kolumny z końcem poszczególnych pór roku, które w przedmiotowej tabeli są takie same jak daty początku.

Podrozdział 6.4. Zróżnicowanie przestrzenne trendów temperatury powietrza

Ocenę zmienności czasowej przeprowadzono dla wartości rocznych oraz miesięcy cechujących się statystycznie istotnym wzrostem (IV, VI, VII, VIII, XI) temperatury powietrza w analizowanym wieloleciu 1981-2015. Uważam, że analogiczną procedurą powinny zostać objęte również pory kalendarzowe. Pory termiczne z uwagi na wymagany duży nakład pracy można pominąć. Zwłaszcza, że we wprowadzeniu (strona 6, pierwszy akapit) zadeklarowano:

*„Przedłużenie okresu badawczego o 5 lat (1981-2015) w stosunku do obowiązującej, przy rozpoczęciu badań, normy 1981-2010 pozwoliło nie tylko na prześledzenie wielkości trendów temperatury w dłuższym 35-letnim okresie intensywnego wzrostu temperatury i rozkładu przestrzennego jej wartości w badanym okresie w poszczególnych miesiącach, kalendarzowych i termicznych porach roku oraz w okresie rocznym, ale także na zasygnalizowanie wybranych skutków tych zmian.”*

Dodatkowo, rozdział ten warto uzupełnić o proste wykresy dla pięciu wybranych stacji, ilustrujące przebieg temperatury powietrza w ujęciu wartości miesięcznych (np. w lipcu i listopadzie), rocznych i w porach kalendarzowych, w kolejnych latach analizowanego 35-lecia. W Tabeli 6 i 7 prezentowane są de facto wartości współczynników regresji (a nie wartości trendów) na podstawie których określa się kierunek zmian czyli trend.

W tabeli 7 brakuje informacji, że podane wartości współczynników regresji dotyczą zmian w °C /10 lat.

#### Podrozdział 6.5. Struktura średniej temperatury powietrza poszczególnych miesięcy

Tabele 8-19 proszę przedstawić w postaci 12 zbiorczych histogramów, co zdecydowanie ułatwi percepcję wyników. Zakres przedziałów proszę przyjąć odpowiednio do występujących wartości, proponuję wspólną skalę dla poszczególnych pór kalendarzowych, przykładowo dla zimy od 6,1 do -16,0 °C.

Tytuły tabel 8-19 – treścią tabel nie jest częstość a liczba przypadków.

#### Podrozdział 6.6. Odstępstwa od regularnego wzrostu i spadku temperatury powietrza w kolejnych miesiącach

Tabele 20-31 – proponuję zmniejszyć czcionkę i sformatować tabele tak, żeby w układzie poziomym (jak Tab. 2) zmieścić obok siebie różnice dla trzech par miesięcy.

Tekst powinien wypełniać całą stronę. Przy obecnym układzie, odnosi się wrażenie rozciągania „na siłę” objętości pracy. Powyższa uwaga dotyczy całej pracy.

Tytuły tabel 20-31 – treścią tabel nie jest częstość a liczba przypadków.

#### Podrozdział 6.7. Miesiące najzimniejsze i najcieplejsze

Analizą powinny zostać objęte wszystkie stacje, zwłaszcza, że nie wymaga to dużo pracy. Dopiero takie całościowe ujęcie będzie uzasadnioną podstawą do sformułowań typu „Na przeważającym obszarze Polski....” (ostatnie zdanie na stronie 115), gdzie Autorka ma na myśli trzy z pięciu stacji, co jest nadinterpretacją. Uwzględnienie wszystkich stacji być może ujawni też jakąś zależność przestrzenną pozwalającą stwierdzić, że np., na Wybrzeżu najczęściej najchłodniejszym miesiącem jest luty a na południu Polski jest to grudzień. I tego typu wnioski byłyby oryginalne i cenne.

#### Podrozdział 6.8. Daty początku, końca i czas trwania meteorologicznego okresu wegetacyjnego

Istotnym uzupełnieniem tego podrozdziału powinno być zilustrowanie zmienności występowania początku i końca okresu wegetacyjnego w poszczególnych latach

analizowanego 35-lecia. Podobnie jak dla trendów, przebieg należy opracować dla pięciu wybranych stacji. Dopiero takie uzupełnienie będzie upoważniało do wniosku o treści „*Przyrost czasu trwania jest skutkiem zarówno wcześniejszego rozpoczynania się jak i późniejszego jego kończenia*” (wniosek 10). Dodatkowo w tabeli proponuję zestawić daty średnie, najwcześniejsze i najpóźniejsze początku, czas trwania okresu wegetacyjnego oraz obliczyć wartość odchylenia standardowego lub przeciętnego.

Proszę podać równania regresji, wraz z podstawowymi statystykami, będące podstawą prognoz początku, końca i długości okresu wegetacyjnego w 2025 roku.

#### Podrozdział 6.9. Meteorologiczny wskaźnik potencjału dojrzewania winorośli

Wskaźnik SAT jest wskaźnikiem charakteryzującym wielkość zasobów termicznych, potrzebnym roślinom do osiągnięcia poszczególnych faz rozwojowych. Co prawda, jest on najczęściej wykorzystywany przy ocenie możliwości uprawy winorośli, ale w uprawie innych roślinnych ciepłolubnych również. Stąd uważam, że właściwszą (bardziej uniwersalną) będzie nazwa podrozdziału „Wskaźnik zasobów termicznych SAT”.

Proszę podać równanie regresji wraz z podstawowymi statystykami, będące podstawą opracowania ryc. 41.

Jaką metodą oszacowano % zasięgi wydzielonych regionów termicznych? Skąd, tak duża dokładność, przywoływana również we wniosku 11?

#### Podrozdział 6.10. Kalendarzowe zimy z dodatnią temperaturą powietrza

Proszę uzupełnić podrozdział o wykresy (dla 5 stacji) obrazujące zmienność temperatury powietrza w okresie kalendarzowej zimy w kolejnych 35 latach.

#### Podrozdział 6.11. Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa

W mojej opinii ten podrozdział jest zbędny i dotyka już cech pluwialnych.

Zamiast współczynnika Sielianinowa proponuję opracować klasyfikację termiczną miesięcy, pór kalendarzowych i lat. Do wyboru są dwie metody – pierwsza, która opiera się na wartościach odchylenia standardowego (według Lorenc) i druga, w której podstawą klasyfikacji są kwantyle, a których wyniki są publikowane na stronie IMGW-BIP i są znane Autorce.

Opracowanie kolorowych „witraży” będzie nie tylko ciekawym graficznym uzupełnieniem ale przede wszystkim wyraźnie zobrazuje postępujące ocieplenie.



**Rozdział 7.** Dyskusja liczy 4 strony, w których Autorka konfrontuje swoje wyniki badań z prezentowanymi w literaturze.

UWAGI:

Dyskusję należy uzupełnić o nowe elementy wyników oraz o aktualną literaturę, zwłaszcza w kontekście skutków obserwowanego wzrostu temperatury powietrza.

Na stronie 133, drugi akapit znajduje się stwierdzenie „*Wzrost długości okresu wegetacyjnego jest bardziej spowodowany wcześniejszym jego rozpoczęciem niż późniejszym zakończeniem*” – brak odwołania do literatury, z kontekstu wynika, że jest to wynik analiz własnych Autorki, co nie jest prawdą.

Ponadto, 4 linijki niżej znajduje się zapis wskazujący na dokładnie odwrotną zależność „*Według Tomczyka i Szygi-Pluty [2016]...wydłużenie czasu trwania (okresu wegetacyjnego) było spowodowane w większym stopniu zmianą daty końca niż daty początku tego okresu*”. Na taki układ wskazują też prace innych klimatologów.

**Rozdział 8.** Wnioski zawiera główne rezultaty badań i analiz Autorki ujęte syntetycznie w 14 punktach.

UWAGI:

Wniosek 7 warto uzupełnić też o zakres zmienności. Jednocześnie, zwracam uwagę, że do analogicznych wniosków, w dodatku dla całego kraju, można dojść na podstawie wartości klasycznej miary zmienności jaką jest odchylenia przeciętne, które rekomenduję do uzupełnienia w tabeli 2.

Wniosek 10 – część wniosku jest nieuzasadniona, co wykazano już w uwagach do podrozdziału 6.8 oraz rozdziału 7.

Wnioski należy uzupełnić o nowe wyniki wynikające z zalecanej poprawy.

### **3. Wniosek końcowy**

Podsumowując, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Joanny Krużel w przedstawionej do oceny formie nie spełnia wymagań stawianym rozprawom doktorskim, które określa art. 13 ust.1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789).

W związku z powyższym wnoszę o uzupełnienie i poprawę rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Krużel pt. „Zmienność i zmiany termicznych cech klimatu Polski w latach 1981-2015”. Zakres uzupełnień oraz poprawek został szczegółowo określony w recenzji.