

Dr hab. Anita Bokwa, prof. UJ  
Uniwersytet Jagielloński  
Wydział Geografii i Geologii  
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej  
Zakład Klimatologii  
ul. Gronostajowa 7  
30-387 Kraków

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Kai Czarneckiej  
pt. „Wpływ struktury przestrzennej i pokrycia terenu na warunki termiczne  
i biotermiczne na przykładzie Warszawy”**

Podstawą przygotowania niniejszej recenzji jest pismo Dyrektora Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, prof. dr hab. Tomasza Komornickiego z dnia 25 czerwca 2026 r. z prośbą o recenzję pracy oraz uchwała nr 19/2026 Rady Naukowej IGiPZ PAN z informacją o powołaniu mnie przez tę Radę w dniu 17 czerwca 2026 r. na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr Kai Czarneckiej.

**Uwagi ogólne**

Rozprawa doktorska Pani mgr Kai Czarneckiej została napisana w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Warszawie pod opieką Pani dr hab. Magdaleny Kuchcik, prof. IGiPZ PAN oraz Pani dr Katarzyny Lindner-Cendrowskiej. Rozprawę doktorską stanowi opracowanie obejmujące:

1. streszczenie rozprawy w języku polskim i angielskim,
2. wykaz publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej,
3. opis wkładu autorki w poszczególne artykuły włączone do rozprawy i oświadczenia współautorów,
4. autoreferat stanowiący omówienie zestawu artykułów, liczący 69 stron, w tym 14 stron spisu literatury,
5. trzy załączniki, którymi są, powiązane tematycznie i stanowiące spójną całość, artykuły:  
I. Czarnecka K., Kuchcik M., Baranowski J. 2024. Spatial development indicators as a tool to determine thermal conditions in an urban environment. *Sustainable Cities and Society*, 100, 105014. DOI: 10.1016/j.scs.2023.105014.  
II. Czarnecka K. 2025. Surface temperature extremes in urban areas: distribution, morphological drivers and air temperature patterns. *Geographia Polonica*, 98, 2. DOI: 10.7163/GPol.0297.

III. Czarnecka K., Kuchcik M., Derwisz K., Jarocińska A., Kowalska A., Lindner-Cendrowska K., Rabczenko D. 2026. Assessing the role of environmental factors in shaping human thermal stress within urban parks during the growing season. *Building and Environment*, 296, 114506. DOI: 10.1016/j.buildenv.2026.114506.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132326003124>.

Dwa spośród trzech artykułów wchodzących w skład rozprawy są współautorskie. Udział Doktorantki w ich przygotowaniu został rzetelnie udokumentowany, a przedstawione oświadczenia dowodzą, że była Autorem wiodącym. W każdym z artykułów Pani mgr K. Czarnecka jest pierwszym autorem. Artykuły zostały opublikowane w języku angielskim w renomowanych czasopismach. Wszystkie znajdują się w ministerialnym wykazie czasopism naukowych (kolejno 100 pkt., 100 pkt. i 200 pkt.) oraz posiadają współczynnik Impact Factor (o łącznym IF = 20,1).

Wszystkie artykuły składające się na cykl publikacji mają poprawną strukturę i zawierają: zarys problemu badawczego z pogłębionym przeglądem literatury przedmiotu i sprecyzowanym celem opracowania, opis obszaru badań, szczegółowy opis metodyki badawczej i uzyskanych wyników. We wszystkich trzech artykułach uzyskane wyniki poddane są dyskusji i odniesione do aktualnego stanu wiedzy, wszystkie też kończą się poprawnie sformułowanymi i nawiązującymi do wyników badań wnioskami. Podkreślić należy szeroki wachlarz cytowanej literatury - głównie anglojęzycznej. Wszystkie artykuły są bogato i w zróżnicowany sposób ilustrowane (mapy, diagramy, schematy), zaś uzyskane dane liczbowe przedstawiane w syntetycznych i dobrze zorganizowanych zestawieniach tabelarycznych.

### **Charakterystyka i ocena merytoryczna pracy**

Doktorantka sformułowała trzy pytania badawcze:

**P1.** Które elementy zagospodarowania przestrzeni miejskiej wywierają największy wpływ na warunki termiczne oraz jaki jest ich zasięg oddziaływania?

**P2.** Jak rozmieszczone są ekstrema temperatury powierzchni terenu („hot spoty” i „cold spoty”) w przestrzeni miasta, jakie typy pokrycia terenu sprzyjają ich występowaniu oraz jaki reżim temperatury powietrza je charakteryzuje?

**P3.** Czy warunki biotermiczne w parkach wykazują zróżnicowanie przestrzenne oraz jak elementy środowiska miejskiego je kształtują?

Pytania badawcze zostały następnie przełożone na cele pracy. Celem głównym jest określenie wpływu struktury środowiska miejskiego na kształtowanie lokalnych warunków termicznych i biotermicznych w różnych skalach przestrzennych i czasowych. Do celów szczegółowych zalicza się:

C1. Identyfikację wpływu elementów środowiska parametryzowanych wskaźnikami zagospodarowania przestrzennego na charakterystyki temperatury powietrza w trakcie ekstremalnie ciepłych miesięcy oraz określenie skali przestrzennej, w której zależności te są najsilniejsze (artykuł I).

C2. Określenie przestrzennego zróżnicowania „hot spotów” i „cold spotów”, ich powiązań z typami pokrycia terenu oraz reżimem temperatury powietrza w ujęciu rocznym i sezonowym (lato i zima) (artykuł II).

C3. Ocenę wpływu elementów środowiska na kształtowanie obciążeń termicznych człowieka w przestrzeni parków miejskich w różnych fazach sezonu wegetacyjnego i skalach przestrzennych (artykuł III).

Każdy ze sformułowanych celów dotyczy innego aspektu klimatu miasta i innej skali czasowej, natomiast elementem spajającym te rozważania jest rola zagospodarowania przestrzennego w kształtowaniu termiki miasta i to pozwala uznać oceniany zestaw artykułów za spójną całość. Wszystkie badania i wyniki odnoszą się do Warszawy, czyli największego polskiego miasta.

Pierwszy z omawianych artykułów dotyczy wpływu parametrów zagospodarowania przestrzennego na temperaturę powietrza w skali klimatu lokalnego miasta i należy podkreślić, że jest to szczególnie cenne podejście i nieczęsto spotykane, z uwagi na pracochłonność i czasochłonność pomiarów. Wykorzystano dane z 21 punktów pomiarowych z warszawskiej sieci monitoringu Zakładu Badań Klimatu Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk, reprezentujących różne formy użytkowania przestrzeni miejskiej. Analizy przeprowadzono na danych meteorologicznych z czterech miesięcy: lipiec 2010 r., sierpień 2015 r., maj 2018 r. i czerwiec 2019 r. Miesiące te wybrano jako ekstremalnie ciepłe i podano ich średnią miesięczną temperaturę oraz informacje, że występowały wtedy fale upałów. Podano także odnośniki do pozycji literatury gdzie te miesiące były omawiane, jednak z punktu widzenia analiz prezentowanych w artykule zasadnym było by podanie większej liczby charakterystyk termicznych dla tych miesięcy, np. jak długo trwały fale upałów, jaka była ich intensywność itp. Dalsze analizy były wykonane osobno dla każdego miesiąca co tym bardziej rodzi pytanie o zróżnicowanie warunków termicznych

poszczególnych miesięcy i wpływ na wyniki analiz. W opracowaniu danych wykorzystano metodę analizy skupień (k-średnich) w taki sposób, że grupowano wyniki w obrębie jednej zmiennej. Do dyskusji pozostaje pytanie czy nie warto podjąć analizy tą metodą biorąc pod uwagę kombinację kilku parametrów. Pozytywnie należy ocenić wykorzystanie w analizie autorskich wskaźników termicznych, co było możliwe dzięki dużej częstotliwości pomiarów (co 10 minut), jak również przetestowanie badanych zależności dla różnych obszarów źródłowych pomiarów, co w efekcie dało jeden z wniosków metodycznych, że obszar o promieniu co najmniej 100 m jest w takich analizach optymalny. Podkreślono wiodącą rolę zieleni w kształtowaniu temperatury powietrza w mieście w czasie okresów gorących, ale wydaje się, że choć jest to wykazane to zbyt słabo wybrzmiewa, że dotyczy to okresu nocnego i dużych obszarów zielonych; taka informacja zasługuje na propagowanie jako przeciwwaga dla wielu niekompletnych czy wręcz mylnych przekazów medialnych. Ciekawym wynikiem zaprezentowanym w artykule jest próba stworzenia modeli badanych zależności, w konkluzji czytamy, że zależności te są nieliniowe i tu ponownie pytanie dyskusyjne: czy uzyskane modele uprawniają do szukania pewnych punktów krytycznych, po przekroczeniu których badane zależności stabilizują się? Takie wskazówki mają nie tylko wymiar badawczy, ale także aplikacyjny. Wskazano także na geometrię budynków jako ważny czynnik wpływający na temperaturę powietrza. Jest to istotny rezultat badań podkreślający znaczenie struktur urbanistycznych typowych dla danego obszaru w badaniu klimatu miasta tego obszaru i konieczność uwzględniania lokalnej specyfiki zabudowy w takich badaniach.

Drugi artykuł, nawiązujący do drugiego celu szczegółowego, dotyczy powiązania temperatury powietrza z temperaturą powierzchni w ujęciu sezonowym i rocznym a do wykonania analiz posłużyły dane ze wspomnianych już 21 punktów pomiaru temperatury powietrza oraz dane temperatury powierzchni terenu pozyskane z 25 zobrażeń satelitarnych z lat 2002–2018, wykonanych w godzinach porannych (ok. 9:00–9:30 UTC). Podjęcie tego tematu należy szczególnie docenić i podkreślić jego aktualność oraz walor aplikacyjny, zwłaszcza w dobie powszechności komercyjnych opracowań wnioskujących o klimacie miasta wyłącznie na podstawie termalnych zdjęć satelitarnych. Analizy przeprowadzone przy wykorzystaniu różnych baz danych dotyczących pokrycia/użytkowania terenu, metod GIS i statystycznych (m.in. analizy skupień (Warda)) pozwoliły na wydzielenie termicznych „hot spotów” i „cold spotów”, czyli obszarów skupień istotnie niższych i wyższych wartości temperatury podłoża względem otoczenia, dla których zbadano termikę powietrza. Wykazano większą częstość i powierzchnię obszarów zimnych niż gorących i główny wpływ roślinności na ich

występowanie. Ważnym wnioskiem jest stwierdzenie relatywnie niewielkiej zależności temperatury powietrza od temperatury powierzchni w obszarze miejskim i podkreślenie znacznego zróżnicowania temperatury powietrza w mieście a także podkreślenie różnic w reżimie temperatury powietrza w mieście nocą i w ciągu dnia.

W trzecim artykule skoncentrowano się na warunkach bioklimatycznych w parkach miejskich. Ten artykuł jest logicznym domknięciem wcześniejszych rozważań, gdyż z jednej strony dotyczy terenów zielonych, które w poprzednich artykułach zostały zidentyfikowane jako najchłodniejsze, tak pod względem temperatury powietrza jak powierzchni, w różnych porach roku, a z drugiej strony odnosi się do oddziaływania warunków termicznych tych terenów na odczucia termiczne człowieka co ma ważny wymiar aplikacyjny. Wykorzystano wskaźnik UTCI, dane z reanaliz oraz terenowych kampanii pomiarowych, wiele wskaźników dotyczących pokrycia/użytkowania terenu, wspomnianych w poprzednich publikacjach. Wyniki analiz pozwoliły na wysnucie wniosków nie tylko merytorycznych, ale także metodycznych. Wskazano na rozbieżności między danymi uzyskanymi z wykorzystaniem reanaliz i pomiarów oraz oszacowano ich istotność. Ponownie na szczególne uznanie zasługuje podjęcie trudu badań terenowych, które zawsze powinny stanowić fundament badań w skali klimatu lokalnego i mikroklimatu. Uzyskane rezultaty zostały przedstawione w sposób wieloaspektowy, pokazując, że głównym elementem kształtującym odczucia termiczne człowieka, zwłaszcza w okresie letnim i z wysoką temperaturą powietrza, jest zacienienie. Jest to istotny wniosek aplikacyjny, który powinien mieć przełożenie na działania w przestrzeni miejskiej, gdzie w wielu miejscach nie ma możliwości urządzenia zieleni, ale w okresie letnim powinno się zapewnić okresowo cień innymi metodami. Ważne jest także stwierdzenie, że wpływ środowiska miejskiego na lokalne warunki termiczne i biotermiczne ma charakter złożony, często nieliniowy oraz jest silnie uwarunkowany skalą przestrzenną i czasową analiz. Implikuje to bowiem rangę i konieczność lokalnych badań terenowych dotyczących klimatu i bioklimatu w procedurach dotyczących planowania przestrzennego. Jako element dyskusyjny można podnieść kwestię czy uzyskane wyniki pozwalają na określenie minimalnego kształtu i powierzchni zadrzewionego terenu zielonego w naszej strefie klimatycznej, w obszarze zabudowanym, który powodowałby znaczące (czyli ok. 3-4°C) obniżenie temperatury powietrza pod koronami w czasie fal upałów; podobne badania są podejmowane na świecie w celu optymalizacji działań w przestrzeni miejskiej.

## Ocena końcowa

W podsumowaniu mojej oceny stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr Kai Czarneckiej pt. „Wpływ struktury przestrzennej i pokrycia terenu na warunki termiczne i biotermiczne na przykładzie Warszawy” charakteryzuje się wysokim poziomem merytorycznym oraz znaczną wartością aplikacyjną. Autorka trafnie sformułowała oryginalny problem naukowy, a do jego rozwiązania wybrała i wykorzystała szereg metod analiz przestrzennych, analiz GIS, statystycznych, zaplanowała oraz przeprowadziła pracochłonne badania terenowe. Zarówno postawienie problemu badawczego jak i interpretacja uzyskanych wyników w kontekście literatury przedmiotu wskazują na szeroką wiedzę teoretyczną Doktorantki oraz umiejętność samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych. Doktorantka podjęła się badań dotyczących tematyki relatywnie dobrze rozpoznanej, ale zwróciła uwagę na luki badawcze i kontekst lokalny rozpatrywanych zagadnień co ma znaczący wpływ na końcowe rezultaty badań. Uzyskane wyniki są dobrze udokumentowane w cyklu publikacji, który stanowi spójne i kompletne dzieło oraz wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy o klimatologii miejskiej. Uzyskane rezultaty mają duży potencjał praktyczny i mogą być z powodzeniem wykorzystane dla wsparcia działań związanych z planowaniem przestrzennym obszarów zurbanizowanych. Na podkreślenie zasługuje krytyczne podejście Doktorantki do uzyskiwanych rezultatów, zastosowane procedury weryfikacyjne i ostrożność w formułowaniu wniosków końcowych.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana praca magister Kai Czarneckiej odpowiada jej przeznaczeniu jako rozprawy doktorskiej. W związku z powyższym, na podstawie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, z późniejszymi zmianami (Dz.U. 2018 poz. 1668) wnioskuję do Rady Naukowej IGiPZ PAN o dopuszczenie Pani mgr Kai Czarneckiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Biorąc pod uwagę szeroki wachlarz zastosowanych w pracy specjalistycznych metod pomiarowych i analitycznych, wysoki poziom badań i rozległą wiedzę Doktorantki wnioskuję o nagrodzenie recenzowanej pracy.

Kraków, 28 sierpnia 2026 r.



Anita Bokwa