

**Krzysztof BŁAŻEJCZYK<sup>1</sup>, Bożena KICIŃSKA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Polska Akademia Nauk

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania

e-mail: k.blaz@twarda.pan.pl

ORCID: 0000-0002-0439-6642

<sup>2</sup>Uniwersytet Warszawski

Wydział Geografii i Studiów Regionalnych

e-mail: bkicinska@uw.edu.pl

ORCID: 0000-0002-6198-0263

## **ROLA POLA MOKOTOWSKIEGO W KSZTAŁTOWANIU KLIMATU WARSZAWY**

### **The role of Pole Mokotowskie in creation of the climate of Warsaw**

**Zarys treści:** W artykule przedstawiono rolę parku Pole Mokotowskie w kształtowaniu lokalnych warunków termiczno-wilgotnościowych, a także w ułatwianiu wymiany powietrza w południowo-zachodniej i środkowej części Warszawy. Materiałem wykorzystanym w opracowaniu były wyniki badań klimatu Warszawy, prowadzonych od wielu lat przez Polską Akademię Nauk, Uniwersytet Warszawski oraz Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Stwierdzono, że zwłaszcza druga z wymienionych ról rozpatrywanego obszaru jest tak cenna dla miasta, że Pole Mokotowskie powinno być zabezpieczone przed możliwością wykorzystania w sposób, który osłabi jego obecną funkcję środowiskową.

**Abstract:** In the paper the Authors discuss the role of Pole Mokotowskie park in creation of local thermal-and-hygric conditions as well as in air exchange in south-western and central parts of Warsaw. The considerations based on the results of research carried out for several years by Polish Academy of Sciences, University of Warsaw and Institute of Meteorology and Water Management on the territory of Warsaw. There was concluded that the second of listed roles is especially important for the whole city area and Pole Mokotowskie should be protected against any changes in its environmental conditions.

**Słowa kluczowe:** Warszawa, Pole Mokotowskie, klimat lokalny, wymiana powietrza

**Key words:** Warsaw, Pole Mokotowskie, local climate, air exchange

### **WSTĘP**

Badania klimatu miasta mają tradycję sięgającą pierwszej połowy XIX wieku. Pozwoliły one zidentyfikować wiele typowych cech wyróżniających miasta na tle otaczających je terenów, a także stwierdzić, że stopień tej modyfikacji w znaczący sposób zależy od wielkości miasta oraz stylu jego zabudowy i organizacji przestrzeni. W szczególności, fizjonomia miasta ma duży wpływ na komfort życia jego mieszkańców. Ten nurt badań ma coraz większe znaczenie wobec współczesnych i prognozowanych na najbliższe dziesięciolecia procesów urbanizacyjnych.

---

Wpłynęło: 10.09.2019

Zaakceptowano: 06.01.2020

**Zalecany sposób cytowania/Cite as:** Błażejczyk K., Kicińska B., 2020, Rola Pola Mokotowskiego w kształtowaniu klimatu Warszawy, *Prace i Studia Geograficzne*, 65.1, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 9–16.

Naturalną konsekwencją stwierdzenia wpływu sposobu kształtowania terenów zabudowanych na panujące w nich warunki jest dążenie do takiego kreowania przestrzeni miast, aby panujące w nich warunki klimatu lokalnego były jak najkorzystniejsze dla mieszkańców. W działaniach tych bardzo dużą wagę przykładana się do wykorzystywania terenów naturalnych, takich jak zbiorniki wodne, rzeki oraz tereny zieleni miejskiej. Zwłaszcza te ostatnie, jako element bardzo plastyczny, stosunkowo łatwy do wprowadzenia, są cennym narzędziem w rękach urbanistów. Jednocześnie jednak jest to element tkanki miejskiej bardzo wrażliwy, podatny na uszkodzenia i niejednokrotnie traktowany bez należytego zrozumienia jego wartości.

## **CEL PRACY. WYKORZYSTANE MATERIAŁY**

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie roli parku Pole Mokotowskie w kształtowaniu klimatu lokalnego południowo-zachodniej i środkowej części Warszawy.

Pole Mokotowskie nie stało się dotychczas obiektem odrębnych, szerszej zakrojonych analiz klimatologicznych, jednak o panujących tu warunkach można wnioskować na podstawie wielu badań dotyczących klimatu Warszawy zrealizowanych przez Zakład Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Zakład Geoekologii i Klimatologii Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk oraz Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Wyniki tych właśnie badań stanowią materiał wykorzystany w niniejszym artykule.

## **ROLA POLA MOKOTOWSKIEGO W KSZTAŁTOWANIU WARUNKÓW TERMICZNO-WILGOTNOŚCIOWYCH**

Pole Mokotowskie stanowi rozległy (73 ha), urozmaicony fizjonomicznie teren zieleni, rozdzielający obszary zwartej zabudowy śródmiejskiej Warszawy. Za jedną z najważniejszych funkcji tego typu obszarów traktuje się lokalne osłabienie miejskiej wyspy ciepła. Jest ono w głównej mierze efektem zużycia znacznej ilości energii w prowadzonym przez rośliny procesie transpiracji oraz wynikiem wolniejszego nagrzewania się gruntu z powodu jego ocienienia (przy występowaniu drzewostanu). W wyniku tych procesów na terenach zieleni w ciągu dnia wolniej wzrasta temperatura powietrza. W nocy z dużej otwartej przestrzeni łatwiej dokonuje się wypromieniowanie ciepła, co sprzyja szybszemu wychładzaniu (Lewińska red. 1991, Błażejczyk i in. 2014).

Opisane procesy odbywają się z różną intensywnością w przebiegu rocznym (nawiązując do faz rozwoju roślinności), wykazują też bardzo silną zależność od warunków pogodowych. W ciągu roku największa redukcja intensywności miejskiej wyspy ciepła zaznacza się latem. Różnicowaniu warunków termicznych i wilgotnościowych najbardziej sprzyja pogoda radiacyjno-insolacyjna: bezchmurna lub niemal bezchmurna oraz bezwietrzna lub niemal bezwietrzna. O zróżnicowaniu temperatury i wilgotności powietrza w jego przygruntowej warstwie decydują wówczas lokalne właściwości podłoża, a porcje powietrza utworzone nad różnymi fragmentami terenu nie mieszają się. Przy większej prędkości wiatru lokalny wpływ podłoża ulega zatarciu, a pogoda pochmurna w ogóle nie sprzyja powstaniu lokalnego zróżnicowania temperatury i wilgotności powietrza (Wawer 1997).

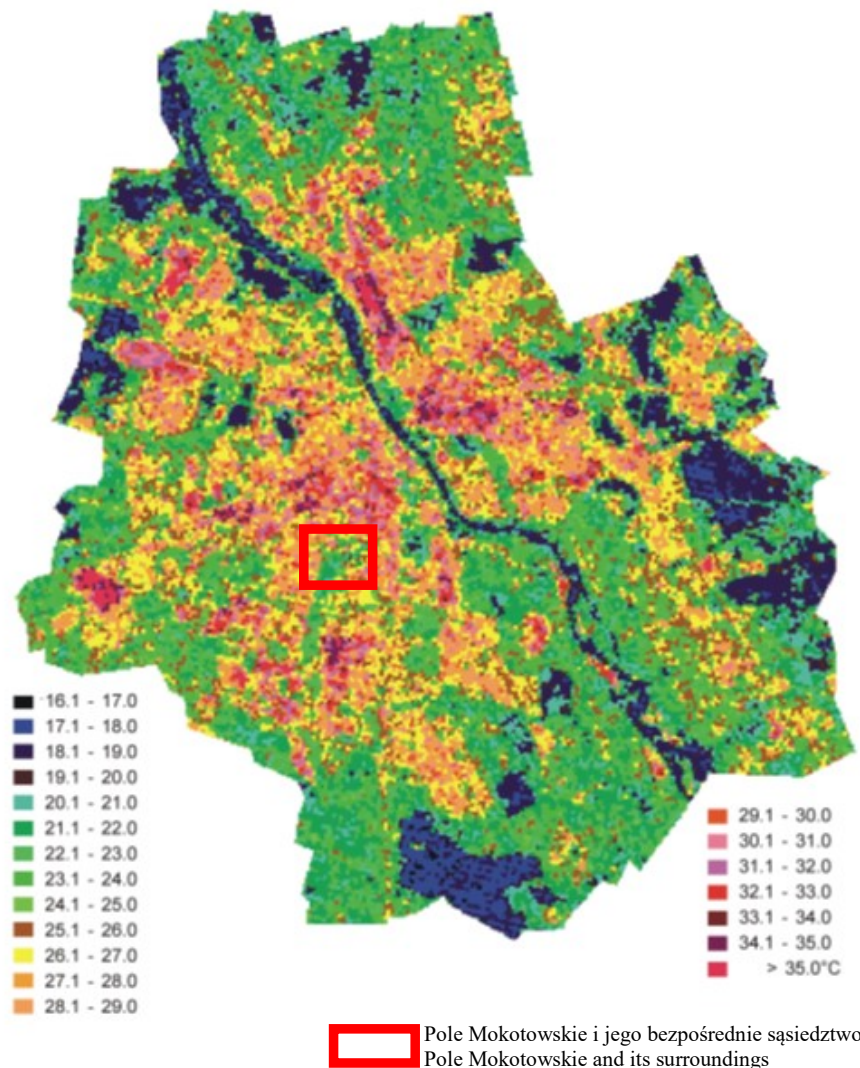
Stopień lokalnej redukcji miejskiej wyspy ciepła przez tereny zieleni zależy od wielkości danego terenu i rodzaju roślinności. Największy wpływ mają wielkopowierzchniowe parki o zwartym i wysokim drzewostanie. Tereny trawiaste mają znacznie słabsze oddziaływanie.

W obrębie Pola Mokotowskiego drzewostany nie tworzą dużych, zwartych powierzchni. Znaczną część obszaru stanowią tereny trawiaste. Zbiornik wodny w środkowej części Pola jest zbyt mały, by mieć znaczenie większe niż tylko lokalne. Łączne oddziaływanie tak uformowanego obszaru na warunki termiczno-wilgotnościowe tej części Warszawy jest zauważalne w obrębie samego Pola, ale w znikomym stopniu wpływa na warunki otoczenia.

W badaniach prowadzonych w Warszawie dowiedziono, że tuż nad podłożem trawiastym (0,25 m n.p.g.) o powierzchni ponad 3000 m<sup>2</sup> w słoneczny letni dzień lokalne obniżenie temperatury może przekraczać 2°C, a lokalny wzrost wilgotności względnej może sięgać 10% (Olszewski 1980, Kopacz-Lem-

bowicz i in. 2003, Kicińska, Olszewski 2008). Ta lokalna modyfikacja słabiej zaznacza się na większej wysokości (1,25 m n.p.g.), w związku ze słabnącym wpływem podłoża. Odniesienie tych badań do Pola Mokotowskiego pozwala oczekiwać takiego właśnie rzędu wielkości lokalnej modyfikacji warunków termicznych i wilgotnościowych.

Potwierdzają to obrazy zróżnicowania przestrzennego temperatury podłoża w Warszawie uzyskane na podstawie danych z satelity LANDSAT (ryc. 1), na podstawie których można stwierdzić, że w słoneczny letni dzień obszar Pola jest o 2–3°C chłodniejszy od otaczających go terenów zabudowanych i ok. 3–4°C cieplejszy w porównaniu z obszarami Lasu Kabackiego oraz lasów Mazowieckiego Parku Krajobrazowego (Kozłowska-Szczęśna i in. 1996). Także badania L. Gawucia (2017) potwierdzają fakt wyraźnego oddziaływania terenów zieleni w Warszawie na temperaturę podłoża i przygruntowej warstwy powietrza. Zatem w powierzchniowej warszawskiej wyspie ciepła Pole Mokotowskie zaznacza się wyraźnie, będąc przy tym jednym z większych obszarów rozcinających najbardziej nagrzane tereny dzielnic śródmiejskich.



Opracowanie komputerowe: K. Błazejczyk

Autor: Z. Bochenek

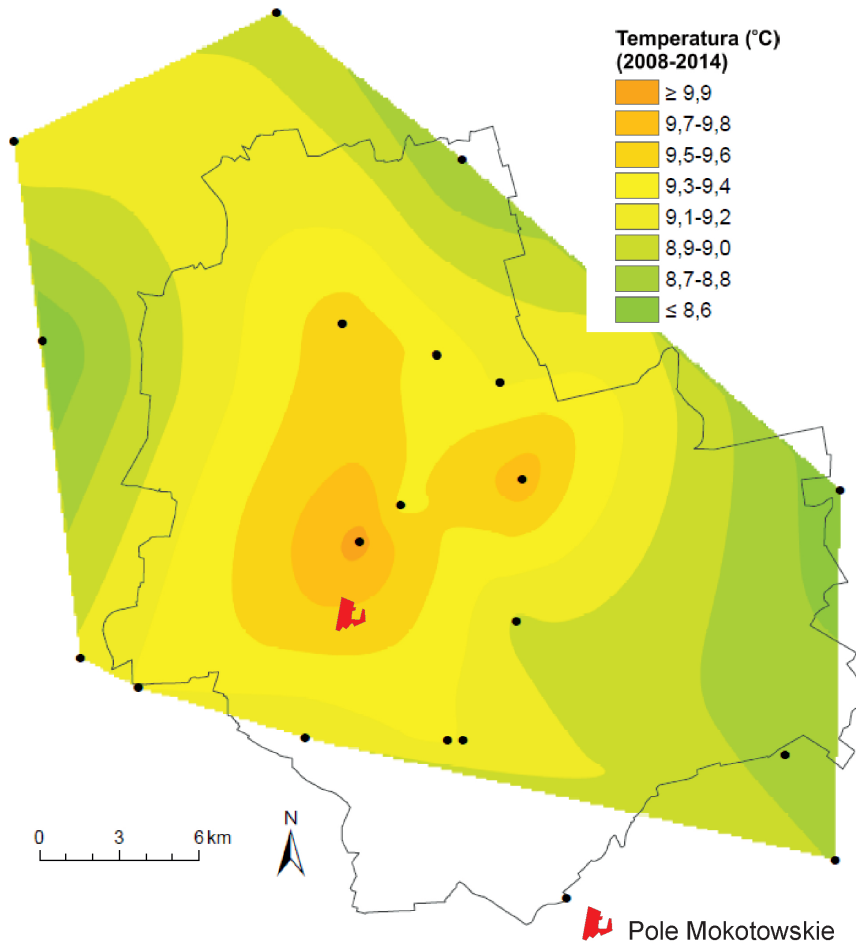
**Rycina 1.** Rozkład temperatury podłoża w Warszawie, na podstawie obrazu LANDSAT5 TM, z 11 lipca 1987 r.

Źródło: Kozłowska-Szczęśna i in. 1996

**Figure 1.** Distribution of surface temperature in Warsaw based on LANDSAT5 TM image of July 11, 1987

Source: Kozłowska-Szczęśna et al. 1996

Z kolei znacznie słabszy wpływ Pola na atmosferyczną warszawską wyspę ciepła zdaje się być potwierdzony przez fakt niezaznaczania się tego obszaru na mapach obrazujących zróżnicowanie temperatury powietrza na większej wysokości nad gruntem (ryc. 2, ADAPTCITY 2018). Zjawisko słabszego zróżnicowania temperatury powietrza na wysokości 2–3 m niż nad samą powierzchnią gruntu zostało także odnotowane w przywołanych wyżej badaniach L. Gawucia (2017).



**Rycina 2.** Średnia temperatura powietrza w Warszawie w latach 2008–2014

Źródło: ADAPTCITY 2018, Mapa Klimatyczna Warszawy

**Figure 2.** Mean air temperature in Warsaw in the years 2008–2014

Source: ADAPTCITY 2018, Climatic map of Warsaw

Latem niższa temperatura powietrza, większa jego wilgotność względna przy jednocześnie większej prędkości wiatru (typowej na terenach otwartych) kształtują na Polu Mokotowskim warunki odczuwalne znacznie korzystniejsze niż na otaczających go terenach. Rzadziej można się spodziewać panowania tu stresu ciepła (zwłaszcza silnego), częściej zaś występowania odczucia komfortu termicznego. Sprzyja to wykorzystywaniu Pola do celów rekreacyjnych. Inaczej jest zimą, gdy silniejszy wiatr może wzmacniać odczuwanie stresu zimna (Błażejczyk 2011, 2013).

Oddzielenie Pola Mokotowskiego od terenów przylegających do niego od strony zachodniej i północnej szerokimi ulicami o dużym natężeniu ruchu (Żwirki i Wigury, Wawelska) ogranicza możliwość wywierania przez ten obszar korzystnego wpływu na sąsiadujące z nim z tych stron dzielnice. Nieco lepiej sytuacja wygląda w wypadku terenów znajdujących się na południe i wschód od Pola (na wschód od Al. Niepodległości ciągną się rozległe obszary parkowe, będące naturalną kontynuacją Pola Mokotowskiego).

## ROLA POLA MOKOTOWSKIEGO W KSZTAŁTOWANIU WARUNKÓW WIATROWYCH

O ile na podstawie lokalnych różnic temperatury powietrza i jego wilgotności względnej między Polem Mokotowskim oraz otaczającymi go terenami można określić jego oddziaływanie na otoczenie jako ograniczone, o tyle nie sposób przecenić wpływ tego obszaru w kształtowaniu wymiany powietrza w całej południowo-zachodniej i centralnej części Warszawy.

Już w pochodzących z drugiej i trzeciej dekady XX w. dokumentach (począwszy od Szkicu Planu Regulacyjnego Warszawy T. Tołwińskiego z 1916 r.) przedstawiono koncepcję Warszawy jako miasta otoczonego zielonym pierścieniem lasów i z zabudową porozcinaną przez idące od tych lasów w stronę centrum kliny zieleni. Korzyść, jaką miasto zyskuje dzięki obecności takich klinów, polega przede wszystkim na zwiększeniu możliwości dopływu do centrum miasta powietrza z terenów pozamiejskich. Ta lokalna cyrkulacja, zwana bryzą miejską, uruchamia się zwłaszcza wtedy, gdy nad nagrzanym centrum miasta tworzą się wstępujące prądy powietrza. Dzięki bryzie miejskiej do centrum dopływa – o ile nie przeszkadza w tym zabudowa – powietrze nie tylko chłodniejsze, ale i z reguły czystsze.

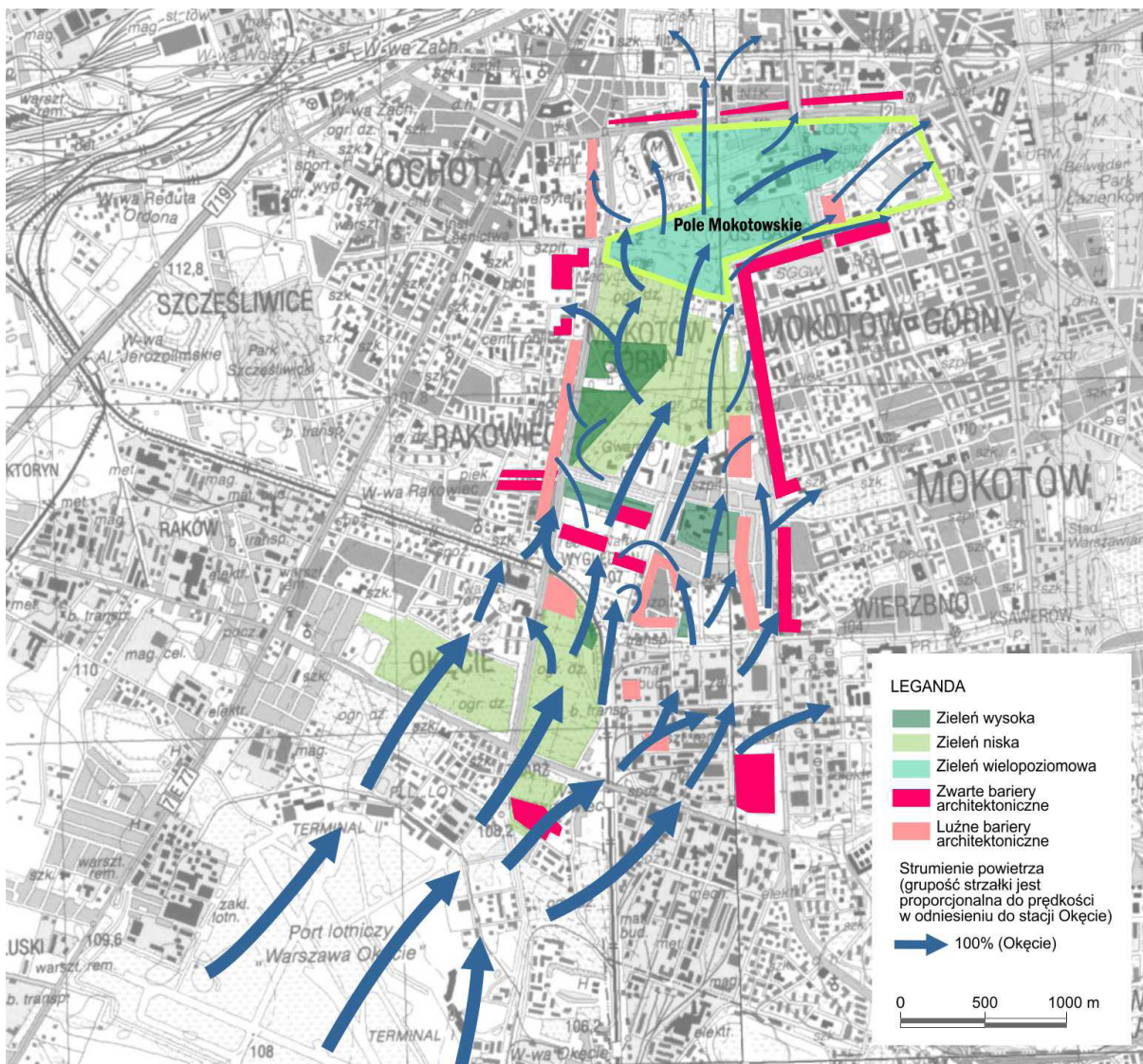
Obecnie, przy rozwoju przestrzennym miasta i większej emisji zanieczyszczeń powietrza, rolę klinów zieleni (zwanych też korytarzami wymiany powietrza lub klinami nawietrzającymi) docenia się jeszcze bardziej. W Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy (2010) wyróżniono 8 takich korytarzy oraz wskazano zasady zagospodarowania tych terenów, jakie nie szkoda ich funkcji klimatotwórczej.

Pole Mokotowskie stanowi końcowy odcinek korytarza mokotowskiego. Poza miastem korytarz ten sięga Lasów Sękocińskich, a u wlotu do Warszawy obejmuje rozległe trawiaste tereny lotniska na Okęciu. Obszary zasilania stanowią Lasy Chojnowskie i kompleksy łąkowe w dolinie Raszynki, co zapewnia dobrą jakość napływającego powietrza. Korytarz mokotowski dociera wyjątkowo głęboko do centrum miasta, poza tym znajduje się w linii dość częstego kierunku wiatru regionalnego (Błażejczyk i in. 2014).

Znaczenie klina mokotowskiego i Pola Mokotowskiego dobrze oddaje analiza układu prądów powietrza typowych w tej części Warszawy (ryc. 3). Masy powietrza napływające do miasta od strony południowej i południowo-zachodniej przemieszczają się wzdłuż klina mokotowskiego, a w obrębie Pola Mokotowskiego rozdzielają się na strugi wnikające w poszczególne ulice. Do podobnych wniosków dotyczących zmiany kierunku wiatru z sektora południowo-zachodniego w zabudowie miejskiej prowadzi porównanie częstości kierunków wiatru na Okęciu oraz na terenie Obserwatorium Astronomicznego w centrum (ryc. 4, Lorenc H., Mazur A. 2003). Jak wynika z tych badań, rola klina mokotowskiego i Pola Mokotowskiego w kształtowaniu warunków wiatrowych (a w dalszej konsekwencji także aerosanitarnych) panujących w mieście jest niezwykle ważna.

Kluczowa rola omawianego terenu została szczegółowo przedstawiona w Analizie i ocenie funkcjonowania terenu położonego w Warszawie pomiędzy al. Żwirki i Wigury, ul. Raclawicką, ul. Etiudy Rewolucyjnej oraz linią PKP w systemie przewietrzania miasta (Błażejczyk, Kuchcik 2001a) oraz w będącej jej kontynuacją Ocenie wariantowych koncepcji projektu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego rejonu Wyględowa w dzielnicy Warszawa-Mokotów z punktu widzenia funkcjonowania systemu przewietrzania miasta (Błażejczyk, Kuchcik 2001b).

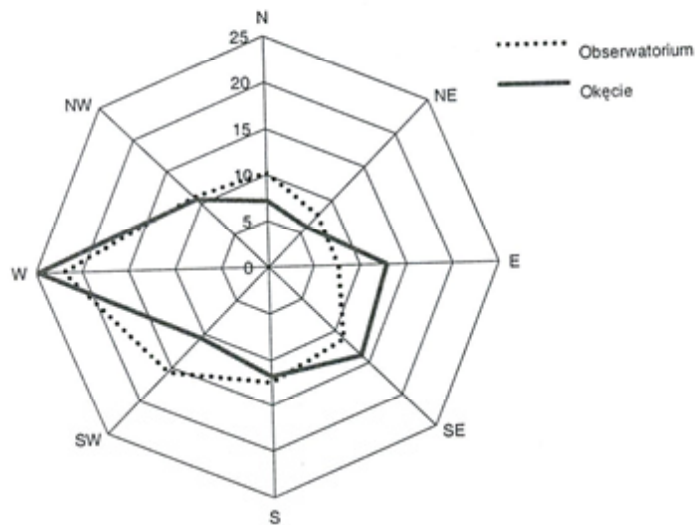
Niestety, ta ważna rola Pola Mokotowskiego (jak i wielu innych części systemu korytarzy nawietrzających Warszawy) jest często niedoceniana. Obydwa wspomniane powyżej opracowania powstały jako analiza zasadności (czy raczej niezasadności) planów przewidujących zagęszczenie zabudowy w obrębie Wyględowa, sąsiadującego z Polem Mokotowskim od południa i stanowiącego poprzedni odcinek korytarza mokotowskiego. Podstawową konkluzją w/w badań są stwierdzenia, że: 1) skutki wprowadzenia w życie takich planów mogłyby być fatalne; 2) ograniczenie drożności kanału mokotowskiego na odcinku Wyględowa w istocie odcięłoby Pole Mokotowskie od klina mokotowskiego i uczyniłoby z niego zaledwie enklawę zieleni wśród zabudowy; 3) sam klin mokotowski stałby się znacznie krótszy, przez co ucierpiałyby warunki termiczne i aerosanitarnie w centrum.



**Rycina 3.** Układ prądów powietrza w obrębie korytarza mokotowskiego w Warszawie w czasie napływu mas powietrza z sektora południowo-zachodniego i południowego. Źródło: (Błażejczyk, Kuchcik 2001b)

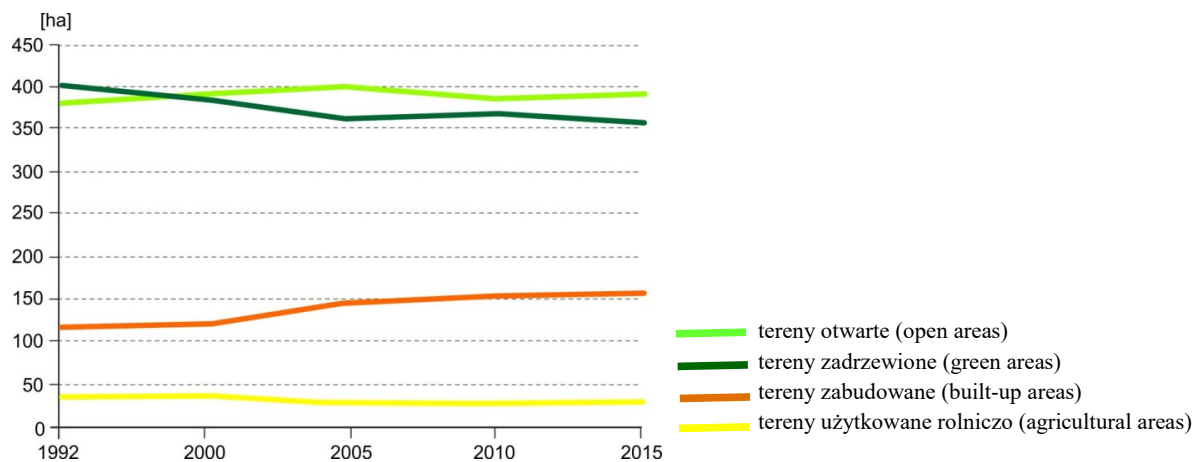
**Figure 3.** Local air streams within Mokotowski corridor in Warsaw during advection of air mass from south and south-west. Source: Błażejczyk, Kuchcik 2001b

W świetle prowadzonych w ostatnich latach obserwacji wydaje się, że obawy te były słuszne. Jak bowiem podają Osińska-Skotak i Zawalich (2016) od początku lat 90. XX w. w obrębie korytarza mokotowskiego wzrósł udział powierzchni zabudowanej, spadł natomiast udział terenów zieleni (ryc. 5). Są to zmiany podobne do następujących w większości pozostałych klinów nawietrzających Warszawy (Wicht i in 2017). Tereny te są bardzo atrakcyjne dla wielu inwestorów, chcących wprowadzić tu różnego rodzaju działalność. Zwykle w takich postępowaniach rozpatrywana jest jedynie przydatność danego fragmentu terenu do zagospodarowania, a pomijana lub pomniejszana jego rola w skali całego miasta. Co gorsza, obecne uwarunkowania prawne nie chronią w dostateczny sposób całości takich terenów.



**Rycina 4.** Udział (w %) wiatru z poszczególnych kierunków na Okęciu oraz w Obserwatorium Astronomicznym w Warszawie w latach 1971–2000. Źródło: Lorenc H., Mazur A. 2003

**Figure 4.** Percentage of wind directions at Okęcie and Astronomical Observatory meteorological stations in Warsaw in the years 1971–2000. Source: Lorenc H., Mazur A. 2003



**Rycina 5.** Zmiany użytkowania gruntów w obrębie korytarza mokotowskiego w Warszawie w latach 1992–2015  
Źródło: Osińska-Skotak, Zawalich 2016 s. 352

**Figure 5.** Changes in land use within Mokotowski in Warsaw ventilation wedge in the years 1992–2015  
Source: Osińska-Skotak, Zawalich 2016, page 352

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Pole Mokotowskie nie tylko stanowi obszar o swoistych cechach klimatu lokalnego, czyniących ten teren wartościowym dla mieszkańców i gości tej części miasta, ale także jest terenem niezwykle cennym w skali całej Warszawy. Jednocześnie jest to obszar budzący zainteresowanie wielu inwestorów, widzących w nim wspaniale zlokalizowany teren, który – jak sądzą – można w różny sposób ciekawie wykorzystać (głównie zabudować). Należy dołożyć wszelkich starań, aby w przekształceniach oblicza miasta – skądinąd całkowicie zrozumiałych, bo miasto stanowi żywy i zmieniający się organizm – uznawano nadrzędność funkcji środowiskowej nad innymi, nawet gdyby te inne dawały nadzieję na doraźnie istotne profity.

Dalsze istnienie korytarza mokotowskiego, w którym leży Pole Mokotowskie, jest zagrożone przez już zbudowane osiedla Eko-Park i Marina-Wyględów (gdzie wiele wysokich budynków zlokalizowano poprzecznie do osi tego korytarza), a także presję nowej zabudowy (m.in. Fort Mokotów). Sprawność korytarza mokotowskiego obniżyć będzie także urbanizujący się rejon Raszyn-Rybie-Dawidy, stanowiący dotychczasowy obszar zasilania z kierunku południowego.

## Literatura

- ADAPTCITY, 2018, *Mapa Klimatyczna Warszawy*, [w:] ADAPTCITY, *Przygotowanie strategii adaptacji do zmian klimatu miasta metropolitalnego przy wykorzystaniu mapy klimatycznej i partycypacji społecznej*, <http://adaptcity.pl/mapa-klimatyczna-warszawy/> (data dostępu: 13.03.2019).
- Błażejczyk K., 2011, *Mapping of UTCI in local scale (the case of Warsaw)*, *Prace i Studia Geograficzne WGSR UW*, 47, 275–283.
- Błażejczyk K., 2013, *Distribution of Universal Thermal Climate Index (UTCI) In Warsaw*, *Geographia Polonica*, 86, 1, 79–80.
- Błażejczyk K., Kuchcik M., 2001a, *Analiza i ocena funkcjonowania terenu położonego w Warszawie pomiędzy al. Żwirki i Wigury, ul. Raclawicką, ul. Etiudy Rewolucyjnej oraz linią kolejową PKP w systemie przewietrzania miasta*, maszynopis, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Błażejczyk K., Kuchcik M., 2001b, *Ocena wariantowych koncepcji projektu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego rejonu Wyględowa w dzielnicy Warszawa-Mokotów z punktu widzenia funkcjonowania systemu przewietrzania miasta*, maszynopis, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P., Dudek W., Kręcisz B., Błażejczyk A., Szmyd J., Degórska A., Pałczyński C., 2014, *Miejska wyspa ciepła w Warszawie – uwarunkowania klimatyczne i urbanistyczne*, Instytut Geografii i Przestrzennego zagospodarowania PAN, SEDNO Wydawnictwo Akademickie, Warszawa.
- Gawuń L., 2017, *Metoda szacowania strumienia ciepła jawnego w miastach na podstawie danych satelitarnych i obserwacji naziemnych*, Politechnika Warszawska, Rozprawy Doktorskie.
- Kicińska B., Olszewski K., 2008, *The impact of lawns on local thermic and humidity conditions in Warsaw* [w:] *Stadtökologische Perspektiven in Wissenschaft und Praxis*, Berlin 17. & 18. October 2008, s. 79–80 (materiały konferencyjne)
- Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., 2003, *The influence of urban greenery on local climate*, [w:] *Studies on the climate of Warsaw*, Stopa-Boryczka M. (red.), Warsaw University, Faculty of Geography and Regional Studies, Warsaw, s. 111–129.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1996, *Środowisko fizycznogeograficzne w Warszawie – niektóre zagadnienia*, [w:] *Atlas Warszawy*, 4, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Lewińska J. (red.), 1991, *Klimat miasta. Vademecum urbanisty*, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Kraków.
- Lorenc H., Mazur A., 2003, *Współczesne problemy klimatu Warszawy*, IMGW, Warszawa.
- Olszewski K., 1980, *Próba określenia wpływu trawników na warunki termiczno-wilgotnościowe w mieście w porze dziennej*, *Acta Universitatis Lodziensis, series H*, 28, 133–140.
- Osińska-Skotak K., Zawalich J., 2016, *Analysis of land use changes of urban ventilation corridors in Warsaw in 1992–2015*, *Geographia Polonica*, 89, 3, 345–358 <http://dx.doi.org/10.7163/GPol.0057>, Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, Warszawa
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m. st. Warszawy*, 2010, Załącznik Nr 1 do Uchwały Nr LXI/1669/2013 Rady m.st. Warszawy z dnia 11 lipca 2013 r.
- Wawer J., 1997, *Miejska wyspa ciepła w Warszawie*, [w:] Stopa-Boryczka M. (red.), *Nowe metody badań klimatu Polski*, *Prace i Studia Geograficzne*, 20, 145–197.
- Wicht M., Wicht A., Osińska-Skotak K., 2017, *Detection of ventilation corridors using spatio-temporal approach added by remote sensing data*, *European Journal of Remote Sensing*, 50, 1, 254–267.