

PRACE GEOGRAFICZNE

zeszyt 170, 2023, 99–118

doi: 10.4467/20833113PG.23.005.17493

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Komisja Geograficzna, Polska Akademia Umiejętności

Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego

ZMIANY KLIMATU KRAKOWA I ADAPTACJA DO NICH W KONTEKŚCIE UWARUNKOWAŃ PLANISTYCZNYCH

Antoni Matuszko , *Dariusz Mikołajczyk* , *Dorota Matuszko*

Climate change in Krakow and adaptation to it in the context of urban planning

Abstract: Based on climatological data from 1901–2020 from the Research Station of the Department of Climatology of the Institute of Geography and Spatial Management of the Jagiellonian University in Krakow, the multi-year course of selected elements of Krakow climate was characterised and the role of local spatial development plans was indicated in terms of minimising the effects of the urban heat island and global warming.

Keywords: climate change, urban climate, urban heat island, adaptation to climate change, climate change mitigation, spatial planning

Zarys treści: Na podstawie danych klimatologicznych z lat 1901–2020 ze stacji naukowej Zakładu Klimatologii IGiGP UJ w Krakowie dokonano charakterystyki przebiegu wieloletniego wybranych elementów klimatu Krakowa i wskazano rolę miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego w aspekcie minimalizowania skutków miejskiej wyspy ciepła i globalnego ocieplenia.

Słowa kluczowe: zmiany klimatu, klimat miasta, miejska wyspa ciepła, adaptacja do zmian klimatu, mitygacja zmian klimatu, planowanie przestrzenne

Wprowadzenie

Zmiany klimatu uznaje się za jedno z największych wyzwań XXI w. (IPCC 2022). Mieszkańcy miast i osoby przebywające w miastach są kluczowymi sprawcami tych zmian, a jednocześnie są na nie najbardziej narażeni. Na terenach zurbanizowanych mieszka ponad połowa ludności świata. Miastom przypisuje się 70% globalnej emisji gazów cieplarnianych, dlatego działania międzynarodowe, krajowe i lokalne zintensyfikowane zostały na obszarach zurbanizowanych (*Środowisko i adaptacja do zmian klimatu* 2021).

W miastach jest cieplej, bardziej sucho i częściej widoczne są skutki ekstremalnych zdarzeń pogodowych niż w XX w. i na terenach pozamiejskich. Emisja gazów cieplarnianych i ciepła antropogenicznego oraz zamiana powierzchni naturalnych na sztuczne powoduje szybki wzrost temperatury powietrza, jak również z jednej strony – nasilenie występowania suszy, a z drugiej – opady nawalne, podtopienia i powodzie błyskawiczne. Aktywna polityka przestrzenna miast, realizowana głównie poprzez miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, obejmujące zakresem opracowania także ochronę terenów zieleni i obszarów cennych przyrodniczo, może istotnie przyczyniać się do poprawy klimatu miejskiego i łagodzenia skutków współczesnego ocieplenia. Zielona infrastruktura jest podstawowym, naturalnym elementem mitygacji i adaptacji miasta do zmian klimatu.

Wpływ intensywnej urbanizacji na wzrost temperatury powietrza jest dobrze udokumentowany w literaturze naukowej dotyczącej występowania miejskich wysp ciepła, zarówno powierzchniowych (ang. *surface urban heat island*), jak i atmosferycznych (ang. *atmospheric urban heat island*) (np. Oke 1973; Landsberg 1981; Arnfield 2003; Akbari i in. 2008; Kaplan i in. 2018). Natomiast niewiele jest publikacji, które łączą wiedzę klimatologa z doświadczeniem i praktyką urbanisty. Do prac w tym zakresie należy między innymi publikacja *Miasto idealne – Miasto zrównoważone. Planowanie przestrzenne terenów zurbanizowanych i jego wpływ na ograniczenie skutków zmian klimatu* (Kalinowska 2015). Jest to monografia zawierająca artykuły opracowane na podstawie wystąpień podczas cyklu seminariów i konferencji o tym samym tytule, organizowanych przez Uniwersytet Warszawski w 2014 r.

W niniejszym artykule na przykładzie Krakowa przedstawiono wpływ rozwoju terytorialnego i demograficznego na klimat miasta oraz możliwości adaptacji do obecnych i przyszłych zmian klimatu. Celem opracowania jest charakterystyka przebiegu wieloletniego wybranych elementów klimatu Krakowa i wskazanie roli miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego w aspekcie minimalizowania skutków miejskiej wyspy ciepła i globalnego ocieplenia.

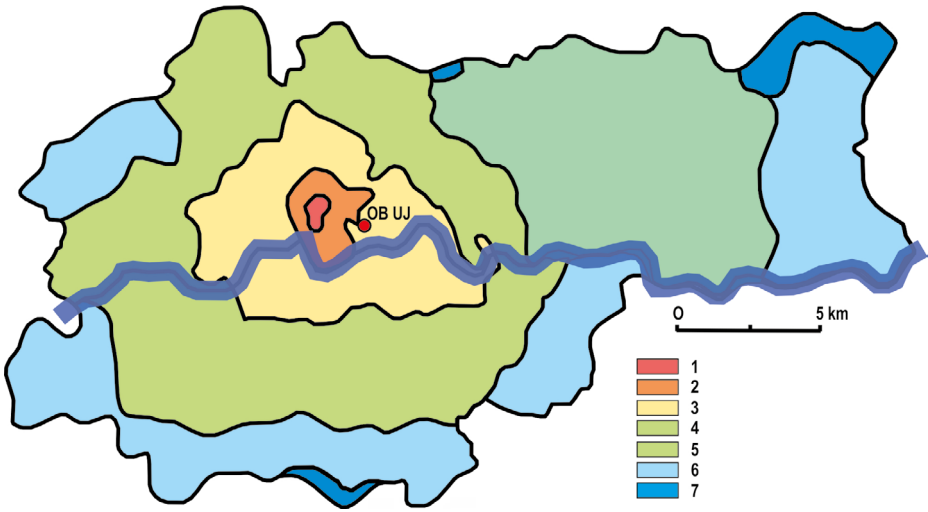
Materiały źródłowe

W opracowaniu wykorzystano dane z codziennych pomiarów i obserwacji meteorologicznych wykonywanych na stacji naukowej Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie w latach 1901–2020 oraz obowiązujące dokumenty planistyczne i strategiczne gminy miejskiej Kraków udostępnione na stronie BIP Wydziału Planowania Przestrzennego, jak również zamieszczone na stronie Zarządu Zieleni Miejskiej w Krakowie.

Wpływ rozwoju terytorialnego i demograficznego Krakowa na występowanie miejskich wysp ciepła

Od początku XX w. do czasów obecnych powierzchnia Krakowa zwiększyła się prawie siedmiokrotnie (ryc. 1), a liczba ludności ponad dziewięciokrotnie (ryc. 2). W 2020 r. udział powierzchni uszczelnionych wynosił 37,5% powierzchni Krakowa (Bartoszek i in. 2023). W ostatnim 30-leciu najwięcej takich powierzchni przybyło poza centrum miasta – można do nich zaliczyć przede wszystkim nowe inwestycje z zakresu infrastruktury drogowej. Także w obszarach stosunkowo zwartej zabudowy fragmenty uprzednio niezagospodarowanej przestrzeni lub w ramach tzw. rewitalizacji tereny zielone, skwery, parki zamieniano na place lub parkingi pokryte nieprzepuszczalnym brukiem, betonem lub asfaltem. Przyrost obszarów, w które nie może wsiąkać woda, związany jest również z pojawieniem się biurowców i centrów usługowych na niezagospodarowanych uprzednio nieruchomościach lub w miejscach zabudowy o mniejszej intensywności.

Rozwój urbanizacji i industrializacji (powstanie kombinatu metalurgicznego i włączenie Nowej Huty w granice Krakowa) przyczyniło się do znacznego zmniejszenia udziału powierzchni naturalnych oraz wzrostu emisji ciepła antropogenicznego i gazów cieplarnianych. Te czynniki spowodowały powstanie na terenie miasta wysp ciepła, czyli obszarów o wyższych wartościach temperatury powietrza w porównaniu z terenami otaczającymi (m.in. Lewińska 2000; Fortuniak 2003; Szymanowski 2004; Matuszko, Piotrowicz 2015). W latach 50. XX w. zasięg miejskiej wyspy ciepła (MWC) obejmował jedynie obszar śródmiejski, czyli najgęściej zabudowaną część miasta. Po około 10 latach nad obszarem Nowej Huty powstała druga wyspa ciepła. Z biegiem czasu w związku z zabudową terenu pomiędzy centrum Krakowa a Nową Hutą obie wyspy połączyły się. Powstała jedna, ponad trzykrotnie większa niż w latach 50. XX w., o różnym natężeniu w zależności od użytkowania terenu (Lewińska 2000). Obecnie największa powierzchniowa wyspa ciepła znajduje się na terenach przemysłowych dawnej Huty im. T. Sendzimira, wcześniej im. Lenina (ryc. 3). Drugi obszar o podwyższonej temperaturze obejmuje zwartą zabudowę w centrum miasta.

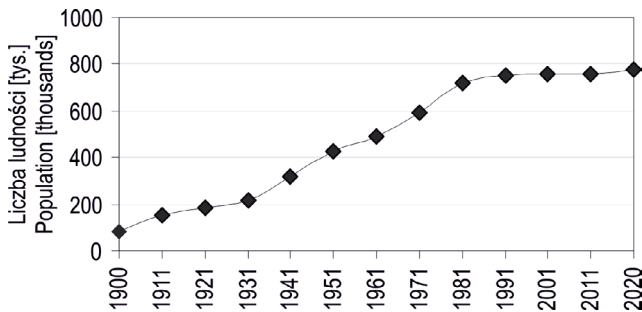


Ryc. 1. Rozwój terytorialny Krakowa (wg Mydela 1994) w latach 1792–1994. 1 – Obszar miasta do 1792 r., przyłączone: 2 – w 1792 r., 3 – w latach 1909–1919, 4 – w 1941 r., 5 – w 1951 r., 6 – w 1973 r., 7 – w 1986 r., OB UJ – stacja naukowa Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego

Fig. 1. Territorial growth of Krakow (according to Mydel 1994) in the years 1792–1994. 1 – Area of the city until 1792, annexed: 2 – in 1792, 3 – in 1909–1919, 4 – in 1941, 5 – in 1951, 6 – in 1973, 7 – in 1986, OB UJ – research station of the Department of Climatology, Institute of Geography and Spatial Management, Jagiellonian University

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Mydel (1994).

Source: own work based on: Mydel (1994).

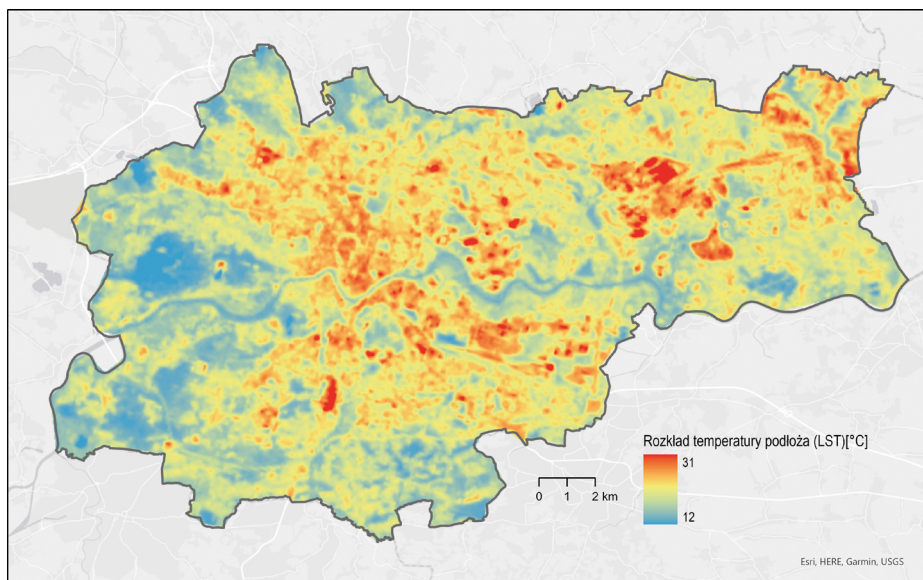


Ryc. 2. Rozwój demograficzny Krakowa

Fig. 2. The demographic development of Krakow

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Jelonek (1956), BDL GUS.

Source: own work based on: Jelonek (1956), BDL GUS.



Ryc. 3. Temperatura powierzchni czynnej na obszarze Krakowa w dniu 24 sierpnia 2019 roku na podstawie danych satelitarnych Landsat 8

Fig. 3. The temperature of the active surface in the area of Krakow on August 24, 2019 derived from Landsat 8 satellite data

Źródło: Łęczek, Łachowski (2021).

Source: Łęczek, Łachowski (2021).

Na tle cieplejszego obszaru Starego Miasta wyróżniają się chłodniejsze Plany i peryferyjne osiedla mieszkaniowe o zabudowie rozproszonej. Najchłodniejszymi obszarami są powierzchnie zbiorników wodnych oraz Wisły i jej dopływów, a także duże kompleksy zieleni. Należy pamiętać, że wielkość i natężenie wyspy ciepła zależy od warunków pogodowych, np. zachmurzenia i prędkości wiatru, oraz zmienia się w przebiegu dobowym i w przebiegu rocznym.

Tereny objęte MWC składają się w zdecydowanej większości z powierzchni nieprzepuszczalnych. Sztuczne podłoże miejskie (np. asfalt, beton, cegła, stal, aluminium itp.) charakteryzują się zwiększoną pojemnością i przewodnictwem cieplnym w porównaniu z powierzchniami naturalnymi poza miastem. Podwyższenie temperatury na terenach zabudowanych sprzyja nasileniu parowania, jednak ten fizyczny proces ochładzający jest mniej efektywny niż na obszarach naturalnych. Z powodu dużego udziału powierzchni uszczelnionych, ograniczających wsiąkanie wody w podłoże, nie ma zasobów wilgoci, które mogłyby parować. Złożona geometria

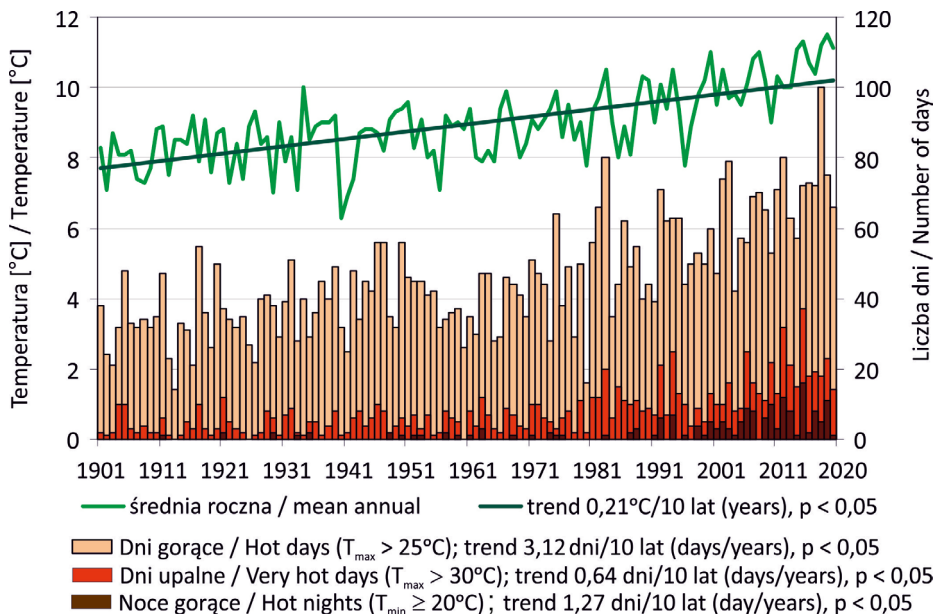
budynków w mieście utrudnia efektywne wypromieniowanie energii przez ulice i ściany budynków, ponieważ znaczna jej część jest absorbowana przez otaczającą zabudowę. Rozwój przestrzenny miasta spowodował zmianę wartości podstawowych składników bilansu cieplnego i wodnego, które mają bezpośredni wpływ na kształtowanie poszczególnych elementów klimatu, np. temperatury powietrza, opadów i pokrywy śnieżnej.

Wyniki badań Łęczek i Łachowskiego (2021) potwierdziły, że najbardziej narażonymi na oddziaływanie miejskiej wyspy ciepła są obszary zlokalizowane w centrum miasta, gdzie dominują tereny nieprzepuszczalne, a udział błękitno-zielonej infrastruktury jest znikomy (ryc. 3). Obszary te wyróżnia jednocześnie wysoki udział MWC w powierzchni jednostki oraz udział osób zamieszkałych w granicach MWC większy niż 40%. Elementem znacznie łagodzącym temperaturę są tereny zieleni. Nawet na obszarach silnie zurbanizowanych, w miejscach występowania drzew, krzewów i innych typów zieleni obserwuje się niższą temperaturę niż na sąsiadujących terenach zabudowanych.

Przebieg wieloletni wybranych elementów klimatu Krakowa

Średnia roczna temperatura powietrza w Krakowie w latach 1901–2020 wahała się od 6,4°C w 1940 r. do 11,6°C w 2019 r. (ryc. 4). Od początku XXI w. notowane są coraz wyższe średnie temperatury powietrza, których przyrost zaznacza się w każdym miesiącu, przy czym największy jest w styczniu, kwietniu i sierpniu (2,1°C na 100 lat), a najmniejszy we wrześniu i październiku (1,0°C na 100 lat). Dla osób przebywających w Krakowie, szczególnie tych, które mieszkają lub pracują na terenie objętym MWC, niezwykle męczące są letnie upały. W mieście w ostatnich latach wzrosła liczba dni gorących ($t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$), upalnych ($t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) oraz nocy gorących ($t_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$). W 2018 r. padł w Krakowie rekord – było 100 dni gorących (ryc. 4). Kilkudniowy ciąg dni i nocy upalnych powoduje u ludzi złe samopoczucie (zmęczenie, rozdrażnienie), wzrost tętna i obniżenie ciśnienia krwi, przyspieszenie oddechu (zaburzenie termoregulacji). Przyczynia się także do wzrostu umieralności na choroby układu sercowo-naczyniowego i oddechowego oraz zwiększenia liczby zdarzeń na drogach i wypadków przy pracy. W Krakowie rekordowo dużą liczbę nocy z $t_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$ zanotowano w 2006 i 2010 r. – odpowiednio 9 i 10 nocy. W XXI w. noce gorące pojawiają się w coraz dłuższych ciągach, np. 5-dniowym (od 20/21 do 24/25 lipca 2006 r.) i 7-dniowym (16–22 lipca 2007 r.).

W Krakowie także zimy są coraz cieplejsze. W latach 30. do 60. XX w. temperatura miesięcy zimowych często była niższa niż -2°C , natomiast w ostatniej dekadzie jest przeważnie dodatnia, a liczba dni mroźnych spadła w tym okresie do poniżej 20, podczas gdy jeszcze pod koniec XX w. (zima 1996/1997) zdarzyło się ponad 60 dni



Ryc. 4. Przebieg wieloletni średniej rocznej temperatury powietrza, liczby dni gorących, upalnych i nocy tropikalnych w Krakowie

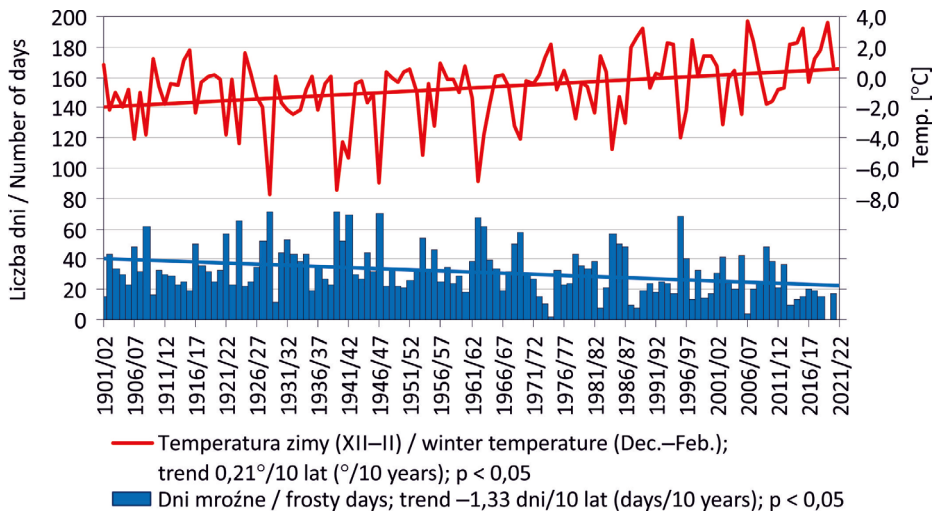
Fig. 4. The multi-year course of the annual mean air temperature, the number of warm as well as hot days and tropical nights in Krakow

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze stacji naukowej IGiGP UJ.

Source: own work based on data derived from the research station of the Department of Climatology (IGiGP UJ).

z $t_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ (ryc. 5). Ciepłe zimy sprawiają, że rzadko pada śnieg, a nawet jeśli spadnie, to w mieście szybko topnieje, dlatego coraz rzadziej notowane są dni z pokrywą śnieżną (ryc. 6). Jest to jednak element bardzo zmienny z roku na rok i np. w zimie 1995/1996 było aż 133 dni z pokrywą śnieżną, a w zimie 2019/2020 zanotowano tylko jeden taki dzień.

W przebiegu wieloletnim sum opadów w Krakowie nie obserwuje się wyraźnego trendu, a jedynie mniej lub bardziej regularne fluktuacje, czyli na przemian wzrosty i spadki sum opadów (ryc. 7). Występuje duża zmienność opadów z roku na rok. Najwyższa suma opadów (1126 mm) wystąpiła w 2010 r., a najniższa (448 mm) w 1993 r. W Krakowie występują obfite opady kilkudniowe, charakterystyczne dla Karpat i ich przedpola, związane ze spiętrzaniem się wilgotnych mas powietrza napływających z sektora północnego, które są najczęściej przyczyną powodzi w dorzeczu górnej

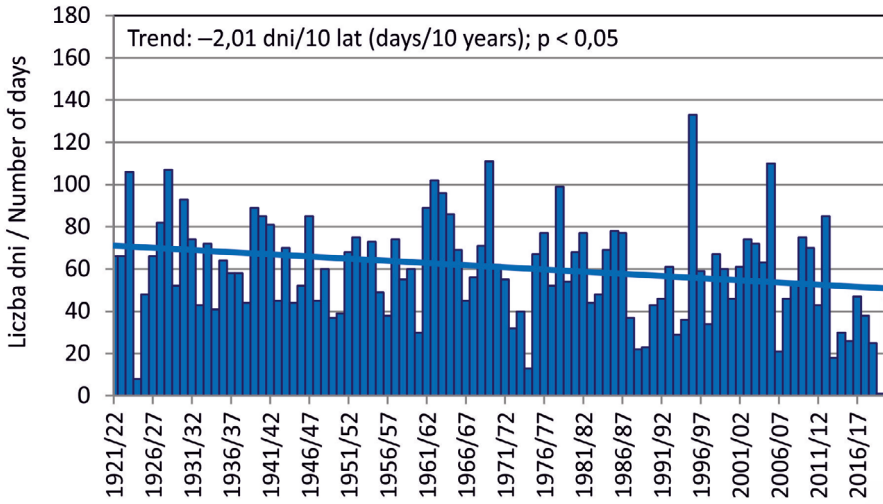


Ryc. 5. Przebieg wieloletni średniej temperatury miesięcy zimowych (XII–II) i liczby dni mroźnych ($t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) w Krakowie

Fig. 5. The multi-year course of the mean air temperature during the winter months (XII–II) and the number of frosty days ($t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) in Krakow

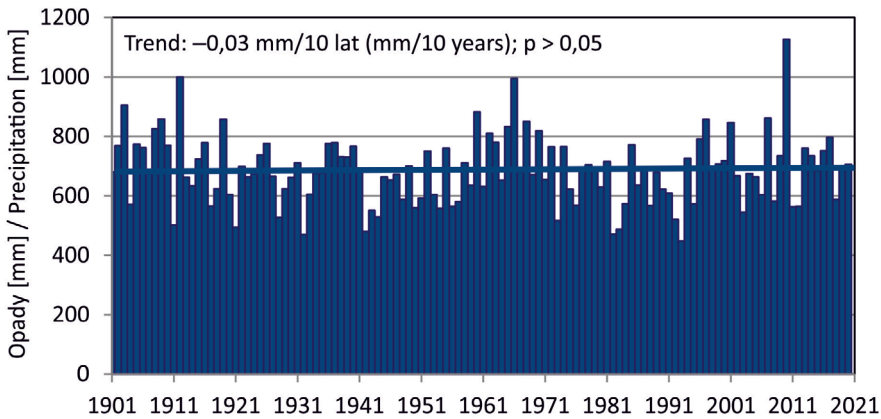
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze stacji naukowej Zakładu Klimatologii (IGiGP UJ).
 Source: own work based on data derived from the research station of the Department of Climatology (IGiGP UJ).

Wisły. W cieplej połowie roku zdarzają się ulewę (powyżej 50 mm na dobę), powodujące lokalne podtopienia i powodzie błyskawiczne. Rekordowy opad zdarzył się 5 sierpnia 2021 r., kiedy suma dobową wyniosła 103,4 mm. Coraz częściej zdarzają się opady o dużym natężeniu i jednocześnie coraz częściej pojawiają okresy bezopadowe. Taki rozkład opadów jest niekorzystny w aspekcie gospodarowania wodą. Długie okresy bezopadowe (najdłuższy trwał 38 dni i wystąpił w dniach 26.10–2.12.2011 r.) skutkują zarówno spadkiem wilgotności gleby w wyniku intensywnego parowania, jak i obniżeniem się przepływów w rzekach i zwierciadła wód podziemnych, co może utrudniać zaopatrzenie miasta w wodę. Na obszarach zurbanizowanych przy opadach o dużym natężeniu aż 70% wody opadowej jest bezpowrotnie tracone. Woda deszczowa szybko spływająca po uszczelnionej powierzchni ulic, chodników, placów, parkingów jest odprowadzana systemem kanalizacji do rzek. W wyniku szybkiego odpływu deszczówki nie ma wody na parowanie, które obniżałoby temperaturę powietrza oraz brakuje jej na utrzymanie roślin, które dawałyby cień i hamowały nagrzewanie powierzchni (Matuszko, Matuszko 2020).



Ryc. 6. Przebieg wieloletni liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie

Fig. 6. The multi-year course of days with snow cover in Krakow

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze stacji naukowej Zakładu Klimatologii (IGiGP UJ).*Source:* own work based on data derived from the research station of the Department of Climatology (IGiGP UJ).

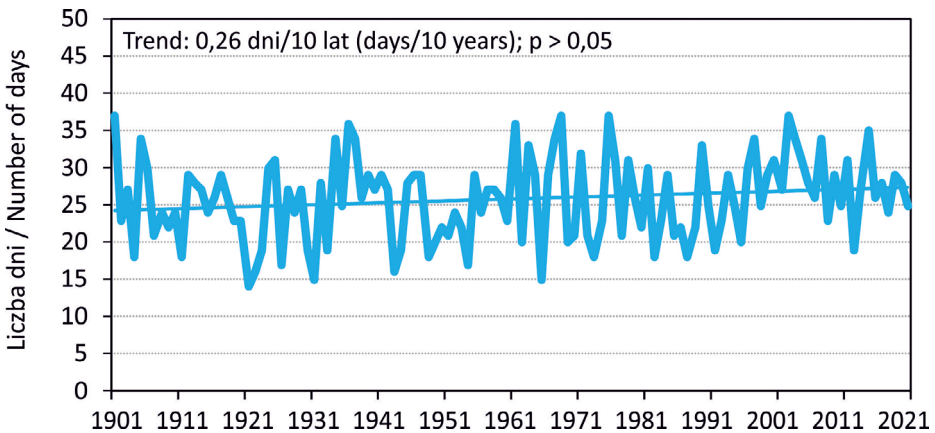
Ryc. 7. Przebieg wieloletni sum rocznych opadów w Krakowie

Fig. 7. The multi-year course of total annual rainfall in Krakow

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze stacji naukowej Zakładu Klimatologii (IGiGP UJ).*Source:* own work based on data derived from the research station of the Department of Climatology (IGiGP UJ).

Zarazem jednak opady o dużym natężeniu mogą być przyczyną lokalnych podtopień z powodu braku możliwości wchłaniania wód opadowych przez grunt, który w mieście w dużej części jest nieprzepuszczalny. Mankamentem infrastruktury miejskiej jest niewydolny system odprowadzenia nadmiaru wody z dróg, placów, dachów, co prowadzi do szybkiego spływu wody do miejsc niżej położonych, np. przejść podziemnych, dróg pod mostami itp.

Występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych uważane jest za skutek współczesnego ocieplenia (IPCC 2022). Groźne zjawiska meteorologiczne w Krakowie i powiecie krakowskim w świetle interwencji straży pożarnej i policji są doskonale opisane w publikacji Piotrowicz i in. (2020). Warto przede wszystkim zwrócić uwagę na występowanie burz i zjawisk im towarzyszących, silnych porywów wiatru i opadów o dużym natężeniu, które w mieście powodują duże straty. W Krakowie zaznacza się trend rosnący liczby dni z burzą (ryc. 8). W pierwszej dekadzie XXI w. liczba dni z burzą wzrosła w stosunku do poprzedniego stulecia średnio o 5 dni w roku, jednak w ostatnim dziesięcioleciu przyrost ten uległ zahamowaniu. Wydłużył się natomiast sezon burzowy, coraz częściej burze występują także w chłodnej części roku. Oprócz czynników cyrkulacyjnych, wzrost częstości zimowych burz może być związany ze zwiększoną liczbą jąder kondensacji (zanieczyszczenie powietrza w mieście) i dużą emisją sztucznego ciepła w sezonie grzewczym. Przykładem groźnej burzy zimowej było zdarzenie z 17.02.2022 r. Chmurom burzowym towarzyszyły w tym dniu silne porywy wiatru, które spowodowały przewrócenie się dźwigu i śmierć 2 osób.



Ryc. 8. Przebieg wieloletni liczby dni z burzą w Krakowie

Fig. 8. The multi-year course of storm days in Krakow

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze stacji naukowej Zakładu Klimatologii (IGiGP UJ).

Source: own work based on data derived from the research station of the Department of Climatology (IGiGP UJ).

Rola planowania przestrzennego w adaptacji miast do zmian klimatu

Planowanie przestrzenne odgrywa rolę kluczowego narzędzia polityki przestrzennej, którego głównym zadaniem jest stworzenie właściwych ram prawnych dla potrzeb racjonalnego gospodarowania przestrzenią, z uwzględnieniem szeregu uwarunkowań dotyczących aspektów społecznych, gospodarczych i ekonomicznych. Jednocześnie planowaniu przestrzennemu przyświecają dwie podstawowe zasady – zrównoważonego rozwoju oraz dążenia do osiągnięcia ładu przestrzennego. O ile pierwsza z nich została wyrażona wprost w art. 5 Konstytucji RP, o tyle w przypadku drugiej zagadnienie ładu przestrzennego uregulowano dopiero na poziomie ustawowym zgodnie z definicją zawartą w art. 2 pkt 1 ustawy z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym oraz odwołaniem się ustawodawcy w art. 1 ust. 1 i 2. Powyższe sprawia, że podmiotami zobowiązanymi do podejmowania świadomych i racjonalnych działań w sferze planowania i zagospodarowania przestrzennego są organy administracji publicznej. W szczególności obowiązek ten spoczywa na gminach, które korzystają z przysługującego im tzw. władztwa planistycznego, na co wskazuje art. 6 ust. 1 przywołanej ustawy, rzutujący na sposób wykonywania prawa własności nieruchomości. Głównym instrumentem realizacji polityki przestrzennej na szczeblu lokalnym jest zatem miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego, który w przeciwieństwie do dokumentu studium posiada cechy prawa miejscowego. Na podstawie tego prawnego aktu planowania przestrzennego następuje bowiem ustalenie docelowego przeznaczenia poszczególnych terenów wraz z określeniem zasad ich zagospodarowania oraz parametrów i wskaźników dla przyszłej zabudowy.

Mając na uwadze poruszaną problematykę i ostatnie badania Instytutu Rozwoju Miast i Regionów (IRMiR), nie sposób jednak pominąć w dalszych rozważaniach na temat współczesnej roli planowania przestrzennego licznych powiązań i odwołań do kluczowych obecnie kwestii związanych z adaptacją i mitygacją miast do zmian klimatu. W raporcie o stanie polskich miast pt. *Środowisko i adaptacja do zmian klimatu* (2021) autorzy przedstawili szereg wniosków i rekomendacji, których wdrożenie powinno w znacznej mierze przyczynić się do łagodzenia skutków zmian klimatu, w tym minimalizowania zjawiska występowania miejskiej wyspy ciepła. Jednym z proponowanych rozwiązań jest rozwój błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) w kontekście budowania odporności miejskiej (ang. *city resilience*). Służyć temu mają wielokierunkowe działania wspierające m.in. rozwój małej retencji, bioróżnorodność czy też wprowadzanie wielorakich form zieleni w przestrzeni miejskiej. Stąd też – jak podkreślają autorzy raportu, niezbędne jest szersze niż dotychczas wykorzystanie planów miejscowych oraz pozostałych narzędzi planistycznych. Jednocześnie autorzy zwracają uwagę na dość istotny problem, jakim jest niedostateczne zainteresowanie ze strony samorządów stosowaniem tego ustawowego instrumentu zarządzania

przestrzeni. Przy czym nie ulega wątpliwości, że aktualna sytuacja planistyczna w Polsce, opisywana przez pryzmat niskiego wskaźnika pokrycia planistycznego (31,7% w 2021 r. wg danych BDL GUS), jest też wynikiem licznych dysfunkcji obecnego systemu planowania przestrzennego. W tym kontekście należy więc uznać, że stan planistyczny w poszczególnych gminach zależeć będzie w największym stopniu od ich indywidualnego podejścia do prowadzenia aktywnej polityki przestrzennej.

Aktywna polityka przestrzenna miasta Krakowa

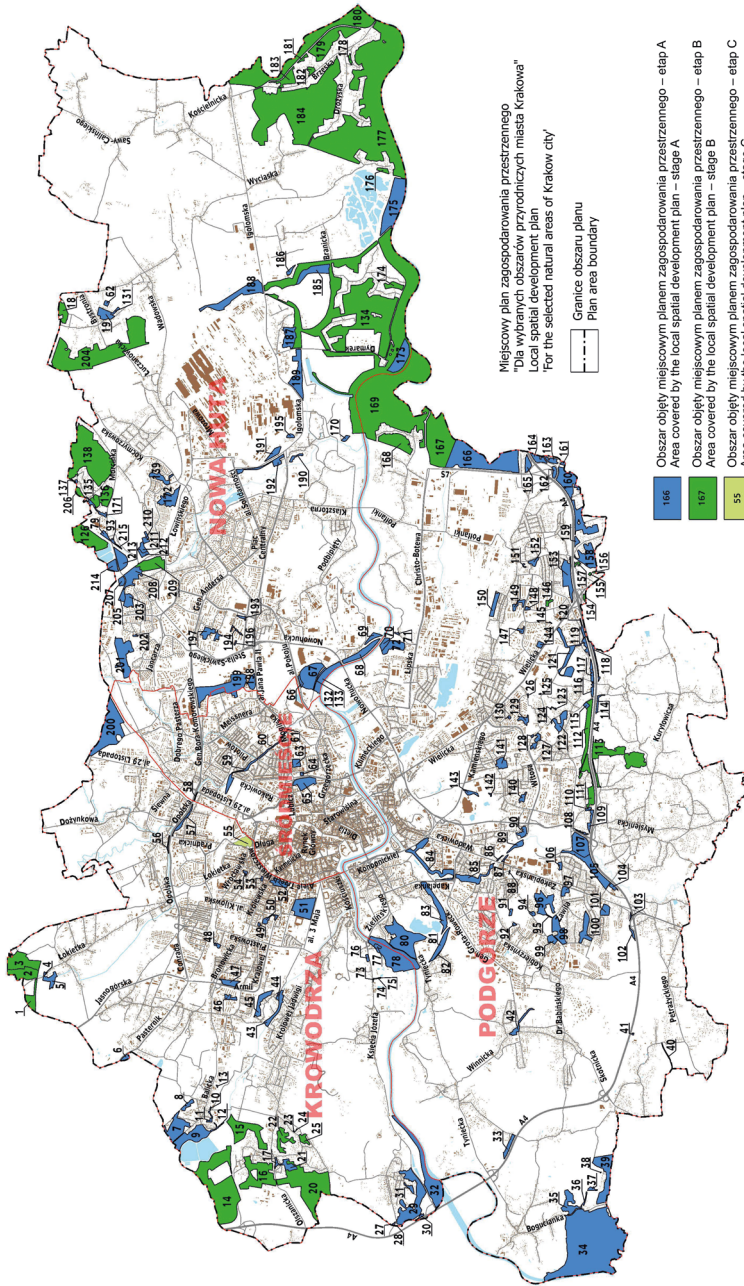
Jednym z bardziej wyróżniających się miast w Polsce pod względem sposobu realizacji polityki przestrzennej jest niewątpliwie Kraków, którego władze prowadzą szeroko zakrojone działania w tym zakresie. Planowanie przestrzenne stało się tym samym jednym z kluczowych filarów polityki rozwoju miasta, patrząc z perspektywy uchwalenia w dniu 9 lipca 2014 r. nowego *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Krakowa*. Okres ten przyniósł znaczące zmiany pod względem powierzchni objętej miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego, co ostatecznie pozwoliło zbudować pozycję lidera wśród największych polskich miast. Według stanu na koniec grudnia 2022 wskaźnik pokrycia planistycznego dla Krakowa przekroczył poziom 75,0% z blisko 250 obowiązującymi planami miejscowymi, a w perspektywie do 2030 r. zakłada się niemal stuprocentowe pokrycie miasta tego rodzaju opracowaniami (BIP Urzędu Miasta Krakowa, Planowanie Przestrzenne). Władze Krakowa wyszły w ten sposób z założenia, że plan miejscowy pozostaje w obowiązującym porządku prawnym jedynym gwarantem prawidłowego rozwoju przestrzennego miasta. Waży bowiem interesy publiczne i prywatne, uwzględniając przy tym szereg wymagań, m.in. w zakresie ochrony środowiska, w tym gospodarowania wodami oraz gruntami rolnymi i leśnymi, jak również tych dotyczących ochrony zdrowia oraz bezpieczeństwa ludzi i mienia. Niewątpliwie jego zaletą jest także możliwość zabezpieczenia w planach miejscowych terenów na potrzeby realizacji różnego rodzaju inwestycji celu publicznego, jak chociażby przeznaczenie określonych obszarów pod publicznie dostępne parki.

Odnosząc się z kolei do formułowanego zakresu ustaleń w planie miejscowym, warto na przykładzie ustaleń zawartych w sporządzanych planach miejscowych dla Krakowa wyróżnić te elementy, które przyczyniają się do poprawy klimatu miejskiego (BIP Urzędu Miasta Krakowa). Przykładowo są to:

1. Ustalenia w zakresie zasad kształtowania zabudowy i zagospodarowania terenu dotyczące:
 - odpowiednio dużego wskaźnika terenu biologicznie czynnego w ramach poszczególnych przeznaczeń terenów,

- strefy zieleni (osiedlowej) w obrębie terenów zabudowy mieszkaniowej, dla której ustala się m.in.: zakaz lokalizacji budynków, zakaz realizacji miejsc postojowych, nakaz zagospodarowania zielenią, w tym drzewami i krzewami, z wykorzystaniem rodzimych gatunków, gdzie udział wskaźnika terenu biologicznie czynnego powinien wynosić minimum 80%,
 - kształtowania elewacji budynków w formie zieleni na ścianach lub wertykalnych ogrodów,
 - realizacji dachów zielonych.
2. Ustalenia w zakresie zasad kształtowania i urządzania zieleni dotyczące:
- maksymalnej ochrony istniejącej zieleni na etapie realizacji zagospodarowania terenu,
 - nakazu wprowadzania w pasach drogowych głównych ciągów komunikacyjnych komponowanej zieleni wysokiej w formie alei i szpalerów drzew,
 - nakazu utrzymania i uzupełniania istniejących szpalerów drzew,
 - urządzenia nowych szpalerów drzew we wskazanych lokalizacjach, przy równoczesnym dopuszczeniu przerwania ciągłości szpalerów w przypadku wymogu zachowania odpowiedniej widoczności w rejonie węzłów komunikacyjnych lub lokalizacji zjazdu do nieruchomości.
3. Ustalenia w zakresie zasad kształtowania przestrzeni publicznych dotyczące:
- lokalizowania pasm drzew lub krzewów,
 - lokalizowania w posadzce chodnika trawników lub pasów zieleni niskiej o szerokości nie mniejszej niż 2 m przy realizacji szpalerów drzew, albo powierzchni nie mniejszej niż kwadrat 1,5 m × 1,5 m wokół każdego drzewa, ponadto dopuszcza się stosowanie poziomych i pionowych osłon drzew, systemów nawadniających lub napowietrzających.
4. Ustalenia w zakresie zasad odprowadzania wód opadowych dotyczące:
- zagospodarowania wód opadowych poprzez retencję w miejscu,
 - budowy nawierzchni ciągów i dojeżdż pieszych jako naturalnych lub utwardzonych z wykorzystaniem materiałów przepuszczalnych dla wody.

Szczególne miejsce w zbiorze obowiązujących planów miejscowych dla Krakowa zajmują tzw. plany ochronne, które są przyjmowane w celu zapewnienia skutecznej ochrony obszarów przyrodniczych przed zabudową. Jako przykład warto wskazać miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego *Dla wybranych obszarów przyrodniczych miasta Krakowa*, podzielony na 3 części (Etapy A, B, C – uchwały z lat 2018–2022) obejmujący na koniec 2022 r. 191 obszarów o łącznej powierzchni ok. 3200 ha (ryc. 9). W uzasadnieniu do Uchwały z 2016 r. w sprawie przystąpienia do sporządzania przedmiotowego planu miejscowego wymienione zostały argumenty przemawiające za takim podejściem, tj. nieplanowa zabudowa realizowana na podstawie wydanych decyzji administracyjnych (tzw. decyzje WZ), które w przeciwieństwie do planów miejscowych nie muszą być zgodne z ustaleniami dokumentu kierunkowego gminy,



Ryc. 9. Granice sporządzonego miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego *Dla wybranych obszarów przyrodniczych miasta Krakowa*
Fig. 9. Area covered by the local spatial development plan called *For the selected natural areas of Krakow city*
Źródło: Załącznik do Uchwały nr CVIII/2844/18 Rady Miasta Krakowa z dnia 29 sierpnia 2018 r. w sprawie zmiany uchwały Nr LXV/1124/16 Rady Miasta Krakowa z dnia 26 października 2016 r. w sprawie przystąpienia do sporządzenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego *Dla wybranych obszarów przyrodniczych miasta Krakowa*, BIP Urzędu Miasta Krakowa, <https://www.bip.krakow.pl/zalaczniki/dokumenty/n/218508>, https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=80571.
Source: Annex to the Resolution No. CVIII/2844/18 of The Krakow City Council of August 29, 2018 on amending the Resolution No. LXV/1124/16 of The Krakow City Council of October 26, 2016 on the accession to the elaboration of the Local Development Plan called 'For the selected natural areas of Krakow city', 'Public Information Bulletin of the City of Krakow, <https://www.bip.krakow.pl/zalaczniki/dokumenty/n/218508>, https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=80571.

jakim jest studium. W skład wskazanych obszarów wchodzi wyznaczone w dokumencie Studium kategorie terenów przyrodniczych, tj. tereny zielone nieurządzonej oznaczone symbolem ZR, tereny zielone urządzonej oznaczone symbolem ZU oraz tereny wód powierzchniowych śródlądowych oznaczone symbolem W, nieobjęte dotychczas miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego.

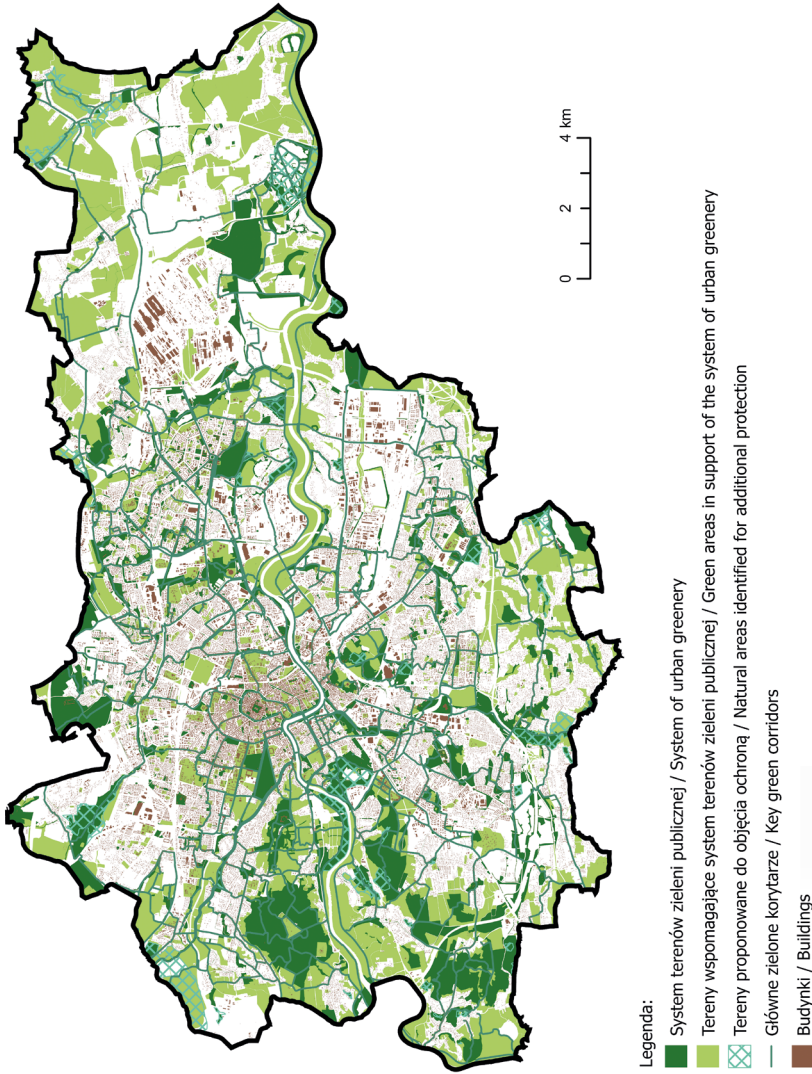
W tym kontekście warto jednocześnie wskazać na zastosowanie przez lokalne władze modelu integrującego działania planistyczne i strategiczne w celu określenia spójnej i długoterminowej polityki rozwoju terenów zieleni w Krakowie (ryc. 10).

Plan adaptacji miasta Krakowa do zmian klimatu do roku 2030

Jednym z głównych celów opracowanego w 2019 r. *Planu adaptacji miasta Krakowa do zmian klimatu* (MPA) było zwiększenie odporności miasta na występowanie wysokiej maksymalnej temperatury powietrza oraz fal upałów, potęgowanych przez zjawisko miejskiej wyspy ciepła. Szczególnie narażone na to zjawisko są obszary zabudowy historycznej i śródmiejskiej, charakteryzujące się wysokim stopniem uszczelnienia terenu oraz znikomym odsetkiem terenów biologicznie czynnych. Cel ten ma zostać osiągnięty m.in. poprzez realizację działań planistycznych ukierunkowanych na tworzenie i rozwój terenów zieleni (np. poprzez wykup terenów w celu ich ochrony przed zabudową), zwiększanie lesistości oraz wprowadzanie elementów błękitno-zielonej infrastruktury. Mając na uwadze jednak wysoki stopień zwartości zabudowy oraz zainwestowania na tych obszarach, wprowadzanie nowych elementów błękitno-zielonej infrastruktury w istniejącą tkankę miejską w wielu przypadkach staje się niemożliwe.

W związku z powyższym wskazane zostały również alternatywne rozwiązania w zakresie proponowanych działań adaptacyjnych do zmian klimatu i rozwoju MWC, do których zaliczyć należy stosowanie odpowiednich technologii, materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych najkorzystniejszych z punktu widzenia ochrony środowiska oraz wariantowanie lokalizacji inwestycji, bądź też rozwiązań technicznych (*Prognoza oddziaływania na środowisko projektu MPA*). Jednym z nich jest tzw. wariant zero polegający na ostatecznym zaniechaniu danej inwestycji. Jednak w większości przypadków takie działanie może być utrudnione z uwagi na konsekwencje wynikające z tego tytułu (np. straty materialne i ludzkie na obszarach zagrożonych powodzią i podtopieniami, brak podejmowanych działań z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury i termomodernizacji na rzecz poprawy komfortu termicznego mieszkańców).

W tym kontekście warto wspomnieć o realizowanym w Krakowie od 2014 r. programie mikroretencji wód opadowych i roztopowych. Zgodnie z uchwałą nr XXXVII/965/20 Rady Miasta Krakowa z dnia 11 marca 2020 r. dofinansowanie z budżetu miasta w formie dotacji celowej udzielane jest na realizację inwestycji



Ryc. 10. Koncepcja rozwoju terenów zieleni w Krakowie

Fig. 10. The concept of the development of green areas in Krakow

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Zarządu Zieleni Miejskiej w Krakowie (ZZM) – *Kierunki rozwoju i zarządzania terenami zieleni w Krakowie na lata 2019–2030*, <https://zzm.krakow.pl/dla-mieszkancow/kritz/mapy.html>.

Source: own work based on the data provided by the Krakow Municipal Greenspace Authority (ZZM) – 'Directions of the development and management of green areas in Krakow for 2019–2030', <https://zzm.krakow.pl/dla-mieszkancow/kritz/mapy.html>.

obejmujących wykonanie w ramach mikroretencji systemów do gromadzenia i wykorzystania wód opadowych i roztopowych służących ochronie zasobów wodnych Miasta Krakowa, tj. podziemnych zbiorników na wody opadowe i roztopowe; naziemnych, zamkniętych, wolnostojących zbiorników na wody opadowe i roztopowe z dachu o pojemności minimum 200 l wraz z instalacją do podłączenia do rynny; systemów bioretencji; systemów drenażu zbierającego wody opadowe i roztopowe (z wyłączeniem odwodnienia dróg i parkingów) oraz systemów nawadniania terenów zielonych, terenów zadrzewionych, ogrodów. Dotychczas w ramach programu dotacyjnego wykonano 1065 instalacji do gromadzenia i wykorzystania wód deszczowych i przeznaczono na ten cel kwotę 11,6 mln zł (*W Krakowie oszczędzamy wodę*, 2022).

Wnioski

1. Mieszkańcy miast są szczególnie narażeni na wzrost temperatury powietrza związany z globalnym ociepleniem i istnieniem miejskiej wyspy ciepła.
2. W Krakowie wraz z rozwojem terytorialnym i demograficznym miasta zmienił się klimat: wzrosła temperatura powietrza, coraz częściej zdarzają się fale upałów, w zimie coraz rzadziej pada śnieg i krótko utrzymuje się pokrywa śnieżna, sumy roczne opadów nie zmieniają się, ale coraz częściej zdarzają się okresy bezopadowe i opady nawalne, a burze i towarzyszące im groźne zjawiska pojawiają się także w chłodnej połowie roku.
3. Urbanizacja, uszczelnianie powierzchni („betonoza”) powodują wysuszenie powietrza nad miastem oraz nasilenie konwekcji, która zwiększa ryzyko wystąpienia groźnych zjawisk pogodowych.
4. Działania adaptacyjne do zmian klimatu w Krakowie powinny polegać na ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych i ciepła antropogenicznego oraz zminimalizowaniu efektu miejskiej wyspy ciepła.
5. W wielu miastach obserwuje się niedocenianie roli planowania przestrzennego w poprawie stanu środowiska, szczególnie w zakresie ochrony zieleni i zabezpieczenia terenów biologicznie czynnych.
6. Plany zagospodarowania przestrzennego poprzez ustalenia przeznaczenia oraz zasad zagospodarowania terenów w znacznym stopniu mogą przyczynić się m.in. do ochrony terenów zielonych przed zabudową.
7. Szczególnie dużą aktywnością na tym polu wyróżnia się miasto Kraków, którego władze podejmują w ostatnich latach szereg działań planistycznych (sporządzanie planów miejscowych) i strategicznych (ustalenie kierunków rozwoju i zarządzania terenami zieleni). Działania te zmierzają do skutecznej ochrony terenów cennych pod względem przyrodniczo-krajobrazowym i mają na celu powstanie nowych

terenów zieleni publicznej w przestrzeni miasta (np. poprzez wykup gruntów, zalesienia itp.). Jako dobrą praktykę w tym zakresie można uznać sporządzany miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego *Dla wybranych obszarów przyrodniczych miasta Krakowa*.

Literatura

- Akbari H., Rose L., 2008, *Urban surfaces and heat Island mitigation potentials*, Journal of Human-Environment System, 11(2), 85–101.
- Arnfield A.J., 2003, *Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island*, International Journal of Climatology, 23 (1), 1–26.
- Bartoszek K., Łachowski W., Matuszko D., 2023, *The increase in the proportion of impervious surfaces and changes in air temperature, relative humidity and cloud cover in Poland*, Quaestiones Geographicae, 42(1), 25–41.
- Fortuniak K., 2003, *Miejska Wyspa Ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 233.
- IPCC, 2022, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>.
- Jelonek A., 1956, *Liczba ludności miast i osiedli w Polsce w latach 1810–1955*, Dokumentacja Geograficzna, 5, IGiPZ PAN Warszawa.
- Kalinowska A. (red.), 2015, *Miasto idealne – miasto zrównoważone. Planowanie przestrzenne terenów zurbanizowanych i jego wpływ na ograniczenie skutków zmian klimatu*, Uniwersyteckie Centrum Badań nad Środowiskiem Przyrodniczym i Zrównoważonym Rozwojem, Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Kaplan G., Avdan U., Avdan Z.Y., 2018, *Urban heat Island analysis using the landsat 8 satellite data: A case study in Skopje, Macedonia*, Proceedings 2(7), 358. DOI: 10.3390/ecrs-2-05171.
- Landsberg H.E., 1981, *The urban climate*, International Geophysics Series, 28, Academic Press, Nowy Jork.
- Lewińska J., 2000, *Klimat miasta: zasoby, zagrożenia, kształtowanie*, IGPIK, Kraków, 151.
- Łęczek A., Łachowski W., 2021, *Spojrzenie w głąb: Miejska Wyspa Ciepła*, [w:] A. Rzeńca, A. Sobol, P. Ogórek (red.), *Środowisko i adaptacja do zmian klimatu. Raport o stanie polskich miast*, Obserwatorium Polityki Miejskiej IRMiR, Kraków.
- Matuszko A., Matuszko D., 2020, *EKOMIASTO – przykład Krakowa*, Urban Development Issues, 66, 241–253. DOI: 10.2478/udi-2020-0028.
- Matuszko D., Piotrowicz K., 2015, *Cechy klimatu miasta a klimat Krakowa*, [w:] P. Trzepacz, J. Więclaw-Michniewska, A. Brzosko-Sermak, A. Kołoś (red.), *Miasto w badaniach geografów*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 1, 221–240.
- Mydel R., 1994, *Rozwój urbanistyczny miasta Krakowa po drugiej wojnie światowej*, Secesja, Kraków.
- Oke T.R., 1973, *City size and the urban heat island*, Atmospheric Environment, 7 (8), 769–779.

- Piotrowicz K., Bielec-Bąkowska Z., Krzyworzeka K., 2020, *Groźne zjawiska meteorologiczne w Krakowie i powiecie krakowskim w świetle interwencji straży pożarnej i policji*, IGiGP UJ, Kraków.
- Plan adaptacji miasta Krakowa do zmian klimatu do roku 2030 (MPA)*, Kraków 2019 (Uchwała Nr XXXVI/933/20 Rady Miasta Krakowa z dnia 26 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia *Planu Adaptacji Miasta Krakowa do zmian klimatu do roku 2030*).
- Prognoza oddziaływania na środowisko projektu Planu adaptacji do zmian klimatu miasta Krakowa do roku 2030*, 2019, Arcadis Sp. z o.o.
- Szymanowski M., 2004, *Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu*, Studia Geograficzne, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, 77, 288.
- Środowisko i adaptacja do zmian klimatu. Raport o stanie polskich miast*, 2021, Rzeńca A., Sobol A., Ogórek P. (red.), Obserwatorium Polityki Miejskiej IRMiR, Kraków.
- Uchwała Nr LV/1124/16 Rady Miasta Krakowa z dnia 26 października 2016 r. w sprawie przystąpienia do sporządzenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego „Dla wybranych obszarów przyrodniczych miasta Krakowa”.
- Uchwała Nr CIX/2894/18 Rady Miasta Krakowa z dnia 12 września 2018 r. w sprawie uchwalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego *Dla wybranych obszarów przyrodniczych miasta Krakowa – etap A*.
- Uchwały Rady Miasta Krakowa w sprawie uchwalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego *Dla wybranych obszarów przyrodniczych miasta Krakowa – etap B*, podetap B1 (Uchwała Nr LXVIII/1927/21 z dnia 6.10.2021), B6 (Uchwała Nr XLIV/1162/20 z dnia 27.08.2020), B8 (Uchwała Nr XLVI/1253/20 z dnia 30.09.2020), B9 (Uchwała Nr LXXXIII/2381/22 z dnia 27.04.2022), B10 (Uchwała Nr XLIV/1163/20 z dnia 27.08.2020), B12 (Uchwała Nr XLIX/1347/20 z dnia 2.12.2020), B13 (Uchwała Nr LXVI/1901/21 z dnia 22.09.2021), B14 (Uchwała Nr XLVI/1252/20 z dnia 30.09.2020).
- Uchwała Nr XXXVII/946/20 Rady Miasta Krakowa z dnia 11 marca 2020 r. w sprawie uchwalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego *Dla wybranych obszarów przyrodniczych miasta Krakowa – etap C*.
- Uchwała Rady Miasta Krakowa Nr XXXVII/965/20 z dnia 11 marca 2020 r. w sprawie zasad udzielania i rozliczania dotacji celowej na zadania służące ochronie zasobów wodnych w ramach krakowskiej mikroretencji wód opadowych i roztopowych (z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. z 2022 r. poz. 503 z późn. zm.).

Strony internetowe [dostęp: 07.02.2023]:

BDL GUS, <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/start>.

Biuletyn Informacji Publicznej Urzędu Miasta Krakowa, <https://www.bip.krakow.pl/planowanie-przestrzenne>.

Kierunki rozwoju i zarządzania terenami zieleni w Krakowie na lata 2019–2030, <https://zzm.krakow.pl/dla-mieszkanow/kritz/mapy.html>.

W Krakowie oszczędzamy wodę, 2022, Magiczny Kraków, Urząd Miasta Krakowa, https://www.krakow.pl/aktualnosci/261910,1926,komunikat,w_krakowie_oszczedzamy_wode_.html.
Załącznik do Uchwały nr CVIII/2844/18 Rady Miasta Krakowa z dnia 29 sierpnia 2018 r. w sprawie zmiany uchwały Nr LV/1124/16 Rady Miasta Krakowa z dnia 26 października 2016 r. w sprawie przystąpienia do sporządzenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego *Dla wybranych obszarów przyrodniczych miasta Krakowa*, BIP Urzędu Miasta Krakowa, <https://www.bip.krakow.pl/zalaczniki/dokumenty/n/218508>, https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=80571.

Antoni Matuszko

Instytut Rozwoju Miast i Regionów

Zakład Kształtowania Przestrzeni i Rewitalizacji

ul. Targowa 45, 03-728 Warszawa, adres koresp. ul. Cieszyńska 2, 30-015 Kraków

amatuszko@irmir.pl

ORCID: 0000-0001-5601-6624

Dariusz Mikołajczyk

Instytut Rozwoju Miast i Regionów

Zakład Kształtowania Przestrzeni i Rewitalizacji

ul. Targowa 45, 03-728 Warszawa, adres koresp. ul. Cieszyńska 2, 30-015 Kraków

dmikolajczyk@irmir.pl

ORCID: 0000-0003-3278-0139

Dorota Matuszko

Uniwersytet Jagielloński

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków

d.matuszko@uj.edu.pl

ORCID: 0000-0003-1909-6519