

SARA CIAPA, MAŁGORZATA ŚLIWKA

AGH Akademia Górniczo – Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Ładowej i Gospodarki Zasobami, Katedra Inżynierii Środowiska, e-mail: sliwka@agh.pl

ZIELEŃ W MIEŚCIE I JEJ WPŁYW NA JAKOŚĆ POWIETRZA ORAZ EFEKT MIEJSKIEJ WYSPIY CIEPŁA NA PRZYKŁADZIE MIASTA KRAKOWA

Zieleń w mieście jest ważnym elementem wpływającym na komfort życia mieszkańców. Dodatkowo pozytywnie przyczynia się do walki z problemami obszarów zurbanizowanych, do których zalicza się zanieczyszczenia powietrza oraz wysokie temperatury powodujące występowanie miejskiej wyspy ciepła. W artykule omówiono tematykę związaną ze wskazanymi problemami. Ponadto, na podstawie przeprowadzonych badań, wykonano analizę jakości powietrza w Krakowie. Analiza pozwoliła na wskazanie miejsc szczególnie zagrożonych wystąpieniem omawianych zjawisk, a także porównanie zmienności występujących poziomów zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego w zależności od pór roku.

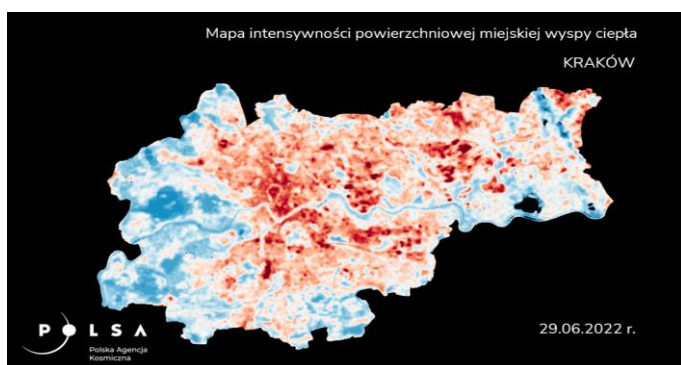
Słowa kluczowe: jakość powietrza, smog, miejska wyspa ciepła, zielono – niebieska infrastruktura, parki kieszonek, środowisko miejskie, Kraków

I. WSTĘP

Jakość powietrza oraz temperatura są bez wątpienia istotnymi czynnikami, mającymi wpływ na komfort życia w mieście. Są też aktualnym problemem dla mieszkańców Krakowa, który ze względu na swoje położenie oraz nieustanny rozwój, jest miastem szczególnie narażonym na szkodliwe działanie wspomnianych czynników.

Zanieczyszczenia powietrza mają wpływ na kształtowanie klimatu miasta. Powodują wzrost zachmurzenia oraz opadów atmosferycznych, a także wpływają niekorzystnie na dostępność promieniowania elektromagnetycznego, w tym ultrafioletowego, przyczyniając się do jego strat (np. tzw. ultrafioletowe noce). Zanieczyszczenia powietrza wpływają także na występowanie innego groźnego zjawiska charakterystycznego dla obszarów zurbanizowanych, jakim jest smog. W Krakowie występują dwa rodzaje smogu: smog typu londyńskiego oraz typu Los Angeles. Jest to spowodowane niską emisją oraz zanieczyszczeniami pochodzącymi z transportu, a także niekorzystnym położeniem miasta. Kraków położony jest w dolinie, gdzie przewietrzanie jest bardzo ograniczone [Kleczkowska i in. 2013, Kleczkowski 2020, Zimny 2002]. Dodatkowo do Krakowa dopływają zanieczyszczenia z zewnątrz, z okolicznych miejscowości (tzw. krakowski obwarzanek) i gromadzą się nad miastem, pogłębiają negatywne oddziaływanie na mezoklimat miasta [Kleczkowski 2020, Zimny 2005, Bokwa 2010, 2019].

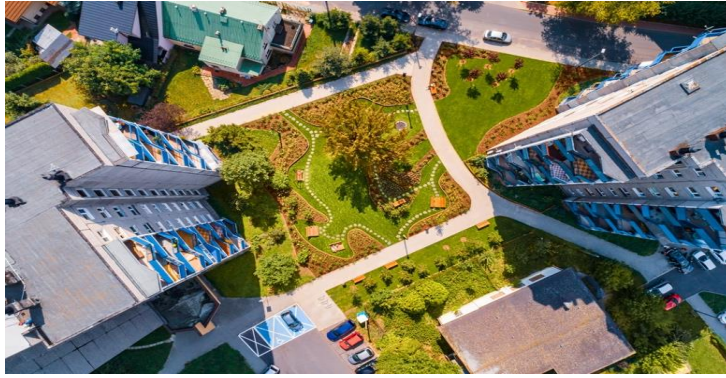
Kolejnym istotnym czynnikiem wpływającym na komfort życia w mieście jest miejska wyspa ciepła (ang. *Urban Heat Island – UHI*). Miejscem jej najczęstszego występowania są centra miast, a także obszary przemysłowe. Ma na to wpływ mały udział terenów zielonych oraz elementów zielono–niebieskiej infrastruktury, a także stosowanie materiałów budowlanych gromadzących ciepło, czyli betonu oraz asfaltu [Błażejczak i in. 2014, Zarząd Zieleni Miejskiej w Krakowie 2023]. Badania przeprowadzone przez Polską Agencję Kosmiczną pokazały, że Kraków boryka się z występowaniem powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła (ang. *Surface Urban Heat Island – SUHI*). Mapa intensywności powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła w Krakowie przedstawiona na rysunku 1. wskazuje, że miejscem z jej największą intensywnością jest najgęściej zabudowana dzielnica – Stare Miasto, natomiast najbardziej zalesione dzielnice miasta – Zwierzyniec, Dębniki oraz Swoszowice wykazują się najmniejszą intensywnością.



Rys. 1. Mapa intensywności powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła w Krakowie [źródło: Polska]
Fig. 1. *Surface Urban Heat Island intensity map in Cracow* [source: Polska]

Jednym z instrumentów, pozwalającym na niwelowanie problemów miast, związanych ze wzrostem temperatury powietrza oraz poziomem zanieczyszczeń pyłowych, jest właściwe zarządzanie obszarem terenów zielonych. Roślinność obszarów miejskich nie tylko korzystnie wpływa na walory estetyczne miasta i samopoczucie jego mieszkańców, ale przede wszystkim reguluje temperaturę, zwiększa produkcję tlenu, przyczynia się do poprawy jakości powietrza, a także tworzy przestrzenie bytowania dla zwierząt [Iwaszuk i in. 2018, Jopek 2018].

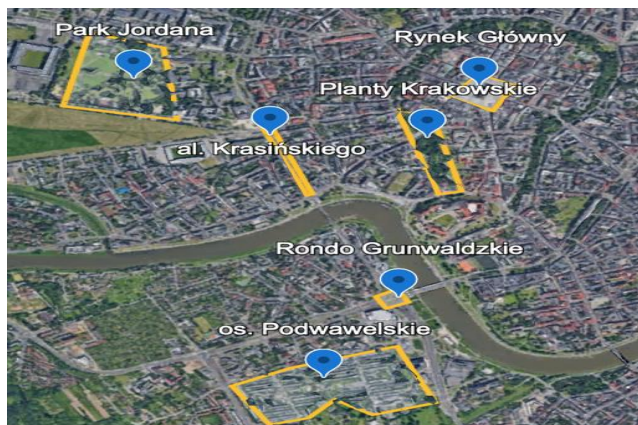
Niestety, gęsta zabudowa zazwyczaj nie pozwala na formowanie w miastach dużych obszarów zielonych, takich jak parki czy lasy. Doskonałymi narzędziami, pozwalającymi na tworzenie zielonych przestrzeni na ograniczonej powierzchni, są elementy zielonej infrastruktury. Jako najpopularniejsze tego typu rozwiązania w Krakowie, można wymienić: parki kieszonkowe (ang. *pocket parks*), zielone przystanki (ang. *green bus stops*) oraz zielone torowiska (ang. *green tracks*). Na rysunku 2 przedstawiono jedno z wymienionych rozwiązań zielonej infrastruktury w mieście – park kieszonkowy, które znalazło zastosowanie w Krakowie [Zarząd Zieleni Miejskiej w Krakowie 2023].



Rys. 2. Park kieszonkowy „Ogród Relaksacyjny” w Krakowie [źródło: ZMZ w Krakowie]
Fig. 2. Pocket park „Relaxation Garden” in Cracow [source: ZMZ in Cracow]

II. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania jakości powietrza w wybranych punktach w Krakowie (rys. 3) wykonano przy użyciu pyłomierza, którym zmierzono zawartość PM_{2.5} oraz PM₁₀ w powietrzu. Pomiar odbył się w różnych warunkach meteorologicznych, uwzględniających ich zmiany w trzech porach roku: jesienią, zimą oraz na wiosnę. Jako miejsca pomiarowe, wytypowano sześć obszarów, różniących się powierzchnią terenów zielonych, a także obszary pozbawione roślinności oraz miejsca w pobliżu głównych ciągów komunikacyjnych. W każdym z wybranych miejsc pomiarowych, dokonano trzykrotnego pomiaru zanieczyszczeń, a otrzymaną średnią wyników porównano do obowiązujących norm oraz stężeń zanieczyszczeń powietrza udostępnianych przez stacje pomiarowe Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska. Pomiar był wykonany we wtorki i poniedziałki (w roku 2022 i 2023), wtedy gdy ruch samochodowy jest duży, bo chodziło o sprawdzenie roli zieleni miejskiej w ograniczaniu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń czy też ich oczyszczania.



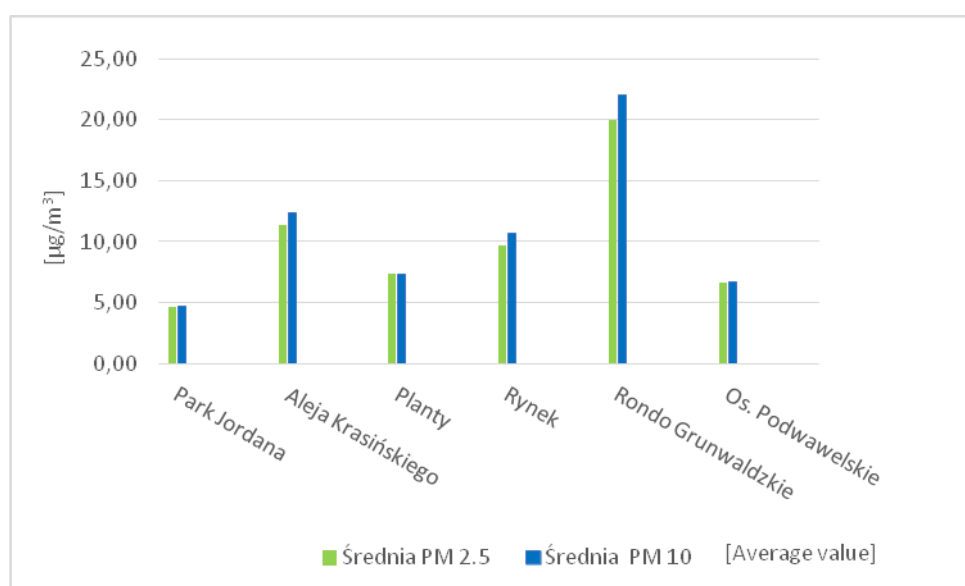
Rys. 3. Lokalizacja miejsc wykonywania pomiarów [źródło: opracowanie własne przy użyciu Google Earth]
Fig. 3. Locations of places where measurements were made [source: own study using Google Earth]

III. WYNIKI I DYSKUSJA

W dniu wykonywania pomiarów jesiennych (25.10.2022 r.), od godzin porannych występowały w Krakowie przelotne opady, a w trakcie pomiarów wiał wiatr o kierunku południowo – zachodnim, o prędkościach maksymalnych 18 km/h.

Przeprowadzone badania pokazały, że najwyższe stężenia PM_{2.5} oraz PM₁₀ występowały w okolicach Ronda Grunwaldzkiego, gdzie ma miejsce duży ruch samochodowy. Niższe wartości występowały przy Alei Krasińskiego oraz na Plantach. Najmniejsza ilość stężeń zanieczyszczeń powietrza została zaobserwowana w Parku Jordana, czyli w jednym z najbardziej zielonych miejsc na mapie Krakowa. Otrzymane wyniki zostały zestawione na rysunku 4.

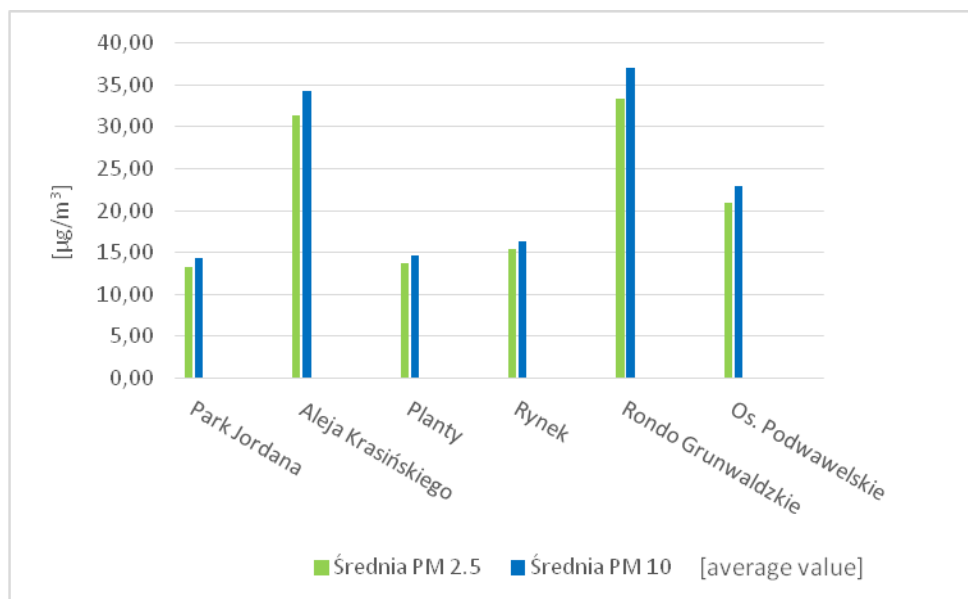
Porównując otrzymane wyniki do wartości poziomów zanieczyszczeń udostępnianych przez stację pomiarową Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska zlokalizowaną przy al. Krasińskiego, można było zauważyć, że kształtowały się one na podobnym poziomie. Według Polskiego Indeksu Jakości Powietrza stan powietrza w dniu pomiarów został określony jako dobry. Średnie dobowe wartości stężeń PM_{2.5} nieznacznie przekraczały normy WHO, a wartości stężeń PM₁₀ mieściły się w normie [GIOŚ 2022, GIOŚ 2023, Dz.U. 201 Nr 62. poz. 627].



Rys. 4. Średnie stężenia zanieczyszczeń PM_{2.5} oraz PM₁₀ – jesień [źródło: opracowanie własne]
Fig.4. Average concentrations of pollutants PM_{2.5} and PM₁₀ – autumn [source: own study]

Zimowe pomiary (28.02.2023 r.) były wykonywane w dniu o niskim zachmurzeniu, słonecznym i wietrze wschodnim o prędkości maksymalnej 15 km/h.

Przeprowadzone badania pokazały, że najwyższe stężenia PM_{2.5} oraz PM₁₀ występowały w okolicach Ronda Grunwaldzkiego oraz przy al. Krasińskiego. Występował tam także duży ruch samochodowy. Najmniejsza ilość stężeń zanieczyszczeń powietrza została ponownie zaobserwowana w Parku Jordana. Otrzymane wyniki zostały zestawione na rysunku 5.



Rys. 5. Średnie stężenia zanieczyszczeń PM2.5 oraz PM10 – zima [źródło: opracowanie własne]
Fig. 5. Average concentrations of pollutants PM2.5 and PM10 – winter [source: own study]

Porównując otrzymane wyniki do wartości poziomów zanieczyszczeń udostępnianych przez stację pomiarową Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska zlokalizowaną przy al. Krasińskiego, można było zauważyć, że kształtowały się one na podobnym poziomie. Według Polskiego Indeksu Jakości Powietrza stan powietrza w dniu pomiarów został określony jako dobry. Średnie dobowe wartości stężeń PM2.5 oraz PM10 przekraczały normy WHO [GIOŚ 2022, GIOŚ 2023, Dz.U. 201 Nr 62. poz. 627].

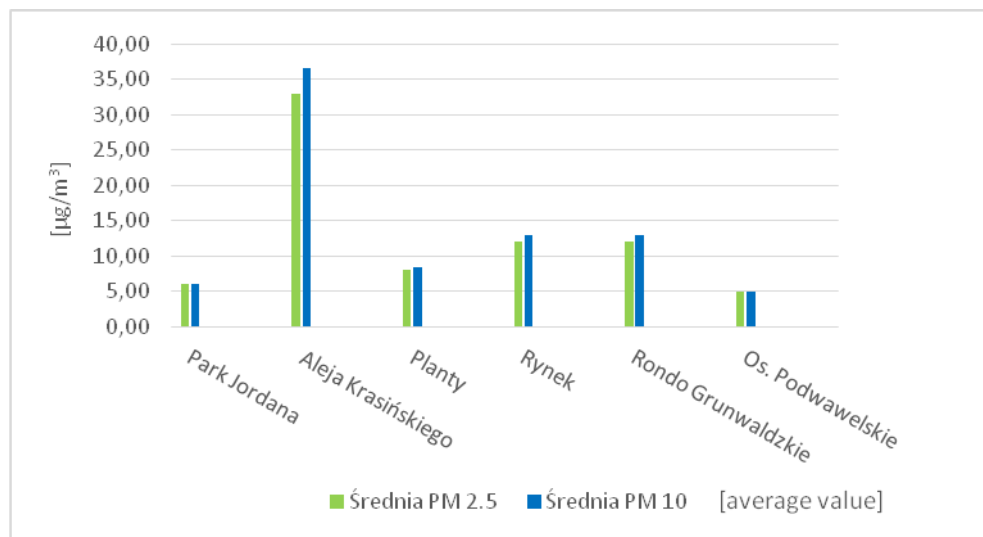
Dzień, w którym zostały przeprowadzone pomiary wiosenne (22.05.2023 r.) był także słoneczny. W dniu pomiaru wiał wiatr północno - wschodni o prędkości maksymalnej 22 km/h.

Przeprowadzone badania pokazały, że najwyższe stężenia PM2.5 oraz PM10 występowały przy al. Krasińskiego, gdzie zaobserwowano wzmożony ruch samochodowy. Najmniejsza ilość stężeń zanieczyszczeń powietrza została zaobserwowana na Osiedlu Podwawelskim, a niewiele większy poziom zanieczyszczeń pyłowych stwierdzono w Parku Jordana oraz na Plantach (rys. 6).

Porównując otrzymane wyniki do wartości poziomów zanieczyszczeń udostępnianych przez stację pomiarową Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska zlokalizowaną przy al. Krasińskiego, można było zauważyć, że kształtowały się one na podobnym poziomie. Według Polskiego Indeksu Jakości Powietrza stan powietrza w dniu pomiarów został określony jako dobry. Średnie dobowe wartości stężeń PM2.5 przekroczyły nieznacznie dobowe normy WHO, a stężenia PM10 mieściły się w granicach norm [GIOŚ 2022, GIOŚ 2023, Dz.U. 201 Nr 62. poz. 627].

Przeprowadzone badania wskazują, że zimą zapylenie PM2.5 oraz PM10 utrzymywało się na wyraźnie wyższym poziomie niż jesienią oraz wiosną w każdym z wybranych miejsc pomiarowych. Było to spowodowane szczytem sezonu grzewczego, co powoduje zwiększoną emisję pyłu frakcji drobnych. Pomiary wykonane w jesieni oraz na wiosnę, pod względem poziomów zanieczyszczenia PM2.5 oraz PM10, kształtowały się na podobnym poziomie. Było to spowodowane tym, że pomiary wykonano na początku oraz analogicznie

na końcu sezonu grzewczego. Wyższe poziomy zanieczyszczeń pyłowych stwierdzono w miejscach o dużym nasileniu ruchu samochodowego. Natomiast niższe poziomy stężenia zanieczyszczeń zaobserwowano w miejscach charakteryzujących się z dużym udziałem obszarów zielonych, co potwierdza istotny udział infrastruktury zielonej w ograniczaniu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, a także istotnym ich wpływem na kształtowanie się klimatu w mieście.



Rys. 6. Średnie stężenia zanieczyszczeń PM2.5 oraz PM10 – wiosna [źródło: opracowanie własne]
Fig.6. Average concentrations of pollutants PM2.5 and PM10 – spring [source: own study]

IV. PODSUMOWANIE

Tereny zielone w Krakowie, naturalne i o zaplanowanej roślinności, zajmują istotną powierzchnię miasta, co stawia Kraków w dobrej sytuacji w porównaniu do innych polskich miast. Stan jakości powietrza ulega widocznej poprawie z uwagi na politykę środowiskową miasta (zmiana źródeł ogrzewania, ograniczanie ruchu samochodów w centrum, prowadzenia nasadzeń zieleni miejskiej, tworzenie obszarów zielonych oraz wprowadzanie elementów zielonej infrastruktury. Pomimo faktu, że według przeprowadzanych pomiarów oraz obowiązujących norm WHO, krakowskie powietrze określane jest jako dobre, problematyka związana z zanieczyszczeniem powietrza nie znika z przestrzeni dyskusji publicznej. Miasto nadal mierzy się z problemem napływających z zewnątrz zanieczyszczeń powietrza (z otaczającego go „obwarzanka”), który tworzą podmiejskie miejscowości.

Jednym z możliwych rozwiązań, które przyczyni się do poprawy obecnego stanu, jest wprowadzenie do przestrzeni miejskiej większej ilości elementów zielonych, w różnej formie: parków miejskich, także tych linearnych i kieszonkowych, zielonych torowisk, fasad, dachów, zielonych elementów małej architektury. Pozwoli to nie tylko na polepszenie jakości powietrza, którym oddychają mieszkańcy, ale także przyczyni się do obniżenia temperatury w mieście, a tym samym do zniwelowania efektu miejskiej wyspy ciepła w najbardziej gorących dzielnicach Krakowa.

BIBLIOGRFIA

1. Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P., Dudek W., Kręcisz B., Błażejczyk A., Szmyd J., Degórska B., Pałczyński C. 2014. Miejska wyspa ciepła w Warszawie: uwarunkowania klimatyczne i urbanistyczne. IGiPZ PAN. Wydawnictwo Akademickie SEDNO.
2. Bokwa A. 2010. Wieloletnie zmiany struktury mezoklimatu miasta na przykładzie Krakowa. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego.
3. Bokwa A. 2019. Rozwój badań nad klimatem lokalnym Krakowa. Acta Geographica Lodziensia. 108. 7-20.
4. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska – bieżące dane pomiarowe: [<https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/current>. dostęp 25.10.2022 r., 28.02.2023 r., 22.05.2023 r.]
5. Iwaszuk E., Rudnik G., Duin L., Mederake L., Davis M., Naumann S., Wagner I. 2018. Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach: katalog techniczny. Ecologic Institute. Berlin. Fundacja Sendzimira.
6. Jopek D. 2018. Czynniki kształtujące przestrzenną formę miasta. Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna. 42. 81-89.
7. Kleczkowska B., Kleczkowski P. 2013. Ochrona środowiska z analizą powietrza w Krakowie. Wydawnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica.
8. Kleczkowski P. 2020. Smog w Polsce. Wydawnictwo Naukowe PWN.
9. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 201 Nr 62. poz. 627).
10. Zarząd Zieleni Miejskiej w Krakowie: [<https://zm.krakow.pl>].
11. Zimny H. 2002. Ekologia ogólna. Agencja Reklamowo-Wydawnicza Arkadiusz Grzegorzczak.
12. Zimny H. 2005. Ekologia miasta. Agencja Reklamowo-Wydawnicza Arkadiusz Grzegorzczak.

URBAN GREEN AREAS AND THEIR IMPACT ON THE AIR QUALITY AND URBAN HEAT ISLAND EFFECT ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF KRAKÓW

Summary

Green areas in the city are an important factor influencing the quality of life of residents. Additionally, it positively contributes to the fight against the problems of urbanized areas, which include air pollution and high temperatures causing the occurrence of an Urban Heat Island. The article discusses topics related to the indicated problems. Moreover, using the conducted research, an analysis of air quality in Krakow was carried out. The analysis allowed for the identification of particularly problematic places, as well as the comparison of pollution levels depending on the season.

Keywords: air quality, smog, Urban Heat Island, green – blue infrastructure, pocket parks, urban environment, Krakow

