

Studium przypadku

Inwentaryzacja źródeł grzewczych w procesach zarządzania jakością powietrza oraz transformacji energetycznej z wykorzystaniem danych przestrzennych

Inventory of heating sources in air quality management and energy
transformation processes using spatial data

Jan Urbańczyk¹, Magdalena Gruszka^{1,2}

¹Urząd Miasta Krakowa, Wydział ds. Jakości Powietrza, Kraków

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska,
Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, Kraków

Abstract

The aim of the work was to analyze the potential of heating sources with the use of spatial data on the example of the City of Krakow. The process of energy transformation in the city began in the 1990s. The City's tasks related to the reduction of low emissions, including inventory of heat sources required the use of many data resources, the expenditure of significant public funds, cooperation of many institutions, as well as the introduction of legislative changes that enabled the long duration of the energy transformation process. Due to better data processing tools, including high level of access to information, the possibility of reaching the geo-information society, total effects of the process are visible, among others in the Municipal Spatial Information System. The energy transformation process of the city is still ongoing, and the available tools in the form of new management systems, e.g. (CEEB database), allow for intensification activities to achieve the title of Smart City with a high share of renewable energy sources and the availability of information for residents.

Słowa kluczowe: transformacja energetyczna, GIS, inwentaryzacja źródeł grzewczych, OZE, CEEB, geoinformacja, jakość powietrza, Smart City, informacja o środowisku, MSIP

Keywords: energy transformation, spatial data, GIS, heating sources, RES, CEEB, inventory, geoinformation, air quality, Smart City, spatial planning, environmental information, geoinformation society, MSIS

Wprowadzenie

Kraków jest drugim co do wielkości populacji miastem w Polsce - 802,6 tys. mieszkańców (stan na 31 grudnia 2021 r.) o wysokiej gęstości zaludnienia – wg danych Urzędu Statystycznego ok. 225 osób/1 km² (stan na koniec grudnia 2020 r.). Jednocześnie, zgodnie z danymi GUS, powierzchnia Krakowa w dużym stopniu pokryta jest planami zagospodarowania terenu - ponad 70% w roku 2021 (GUS – Bank Danych Lokalnych). Tak jak każde Miasto, oprócz jego unikalności i dziedzictwa kulturowego, Kraków mierzy się z wieloma problemami, zarówno na szczeblu gospodarczym jak i społecznym. Umiejętność wskazania konkretnych wyzwań oraz określenie priorytetów w zakresie ich rozwiązywania stanowi punkt wyjścia do realizacji idei miasta jako Smart City.

Jak wskazuje Nicos Komninos (Komninos N. 2018, 2020), strukturę miasta inteligentnego można opisać jako kombinację trzech warstw o wielu komponentach. Pierwsza warstwa jest warstwą miasta obejmująca m.in. populację, infrastrukturę. Druga warstwa jest warstwą informacji i wiedzy obejmująca przepływ informacji, współpracę w zakresie badań i innowacji, finansowanie i alokację zasobów. Trzecia warstwa jest warstwą środowiska inteligentnego obejmująca szereg rozwiązań technologicznych i odpowiednich narzędzi. Można też uznać, że definicją miasta inteligentnego jest określenie jako miasta terytorium o wysokiej zdolności uczenia się i innowacji, kreatywnego, z instytucjami badawczo-rozwojowymi, szkolnictwem wyższym, infrastrukturą cyfrową i technologiami komunikacyjnymi, a także wysokim poziomem sprawności zarządzania (Miejska Platforma Internetowa „Magiczny Kraków”), (rys. 1).



Rys. 1. Obszary Smart dla Krakowa zgodne z definicją Smart City (Miejska Platforma Internetowa „Magiczny Kraków”)

Dążenie Krakowa do uzyskania tytułu miasta zeroemisyjnego w 2030, czy do osiągnięcia neutralności klimatycznej w 2050 stanowi istotny obszar Miasta

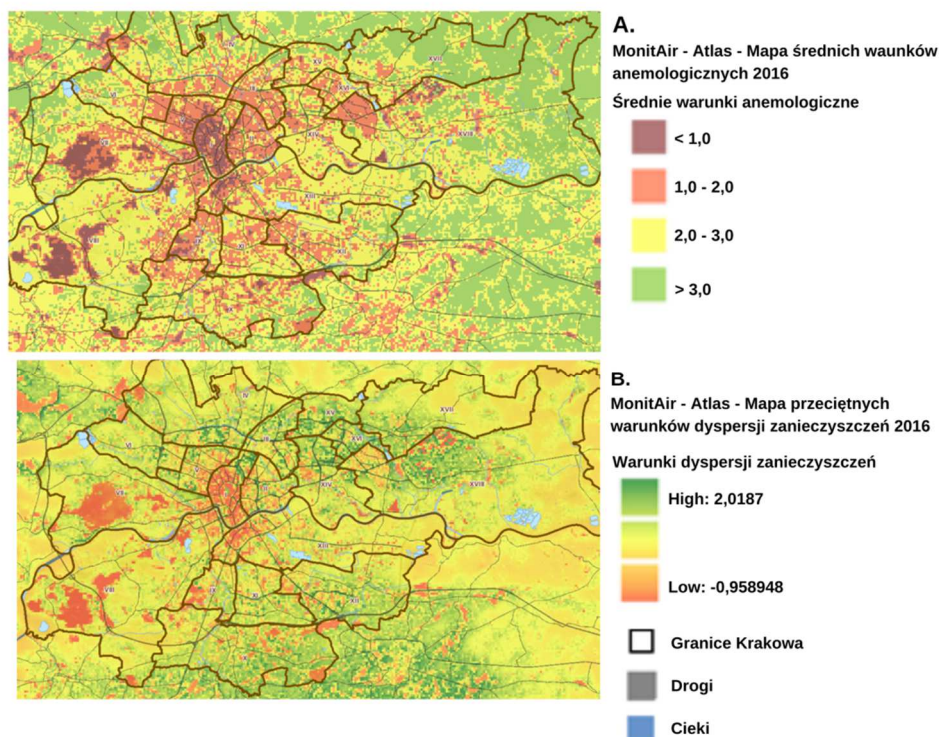
Inteligentnego. W tym celu priorytetem jest skuteczne zarządzanie w procesach jakości powietrza i transformacji energetycznej. Od kilkunastu lat, jednym z kluczowych i widocznych na tle kraju oraz Europy działań miasta jest walka z zanieczyszczeniem powietrza. Mieszkańcy miasta, ze względu na różne uwarunkowania (m.in. niekorzystne ukształtowanie terenu, warunki meteorologiczne, niską emisję, emisję komunikacyjną, emisję napływową) są narażeni na wysokie stężenia zanieczyszczeń, a tym samym na pogorszenie jakości zdrowia i komfortu życia. Przekroczenia dopuszczalnych poziomów substancji w powietrzu w dużej mierze związane są z warunkami pogodowymi i zmienną temperaturą. Niekorzystne warunki klimatyczne potęgowane są położeniem miasta w dolinie, występowaniem zjawiska inwersji termicznej, słabym przewietrzaniem miasta i dużą wilgotnością. Zdarzenia te niejednokrotnie wynikają z nałożenia się niekorzystnych warunków meteorologicznych i czynników lokalnych. Dążąc do zapewnienia mieszkańcom możliwości życia w zdrowym środowisku, w mieście na wielu szczeblach zarządzania konsekwentnie podejmowanych jest szereg działań zmierzających do jego poprawy. Działania prowadzone są zgodnie z przyjętą polityką, określoną przede wszystkim w Programie ochrony powietrza dla województwa małopolskiego, który zobowiązuje władarzy Gmin do podjęcia skutecznych działań i narzuca obowiązki dla Gmin w celu poprawy jakości powietrza. Wiele z tych działań związanych jest ze zmianami prawa lokalnego oraz stosowaniem nowoczesnych narzędzi, które niekiedy są trudne do wprowadzenia z uwagi np. na brak spójności danych, czy ich niekompletność. Stworzenie niejako struktury danych opartych o informację przestrzenną jest niezbędnym narzędziem w zarządzaniu jakością powietrza. Pozwala to na kontrolę oraz możliwość prognozowania zmian związanych z jakością powietrza. Fundamentem takich zmian jest modelowanie zanieczyszczeń do powietrza, które nie jest możliwe do realizacji bez odpowiednich danych przestrzennych. W tym celu od 2013 roku prowadzona jest w mieście inwentaryzacja źródeł grzewczych, tak aby można było określić liczbę źródeł grzewczych na paliwa stałe. W związku z coraz lepszymi technikami przetwarzania danych z uwzględnieniem wysokiego poziomu dostępu do informacji, w tym możliwości dotarcia do społeczeństwa geoinformacyjnego, efekty realizacji procesu są widoczne m.in. w Miejskim System Informacji Przestrzennej.

Praktyczne zastosowanie

W 2016 roku zrealizowany został projekt pn. Zintegrowany system monitorowania danych przestrzennych dla poprawy jakości powietrza w Krakowie MONIT – AIR (Bajorek-Zydroń K. i in., 2016). Projekt był pionierski, gdyż obejmował ocenę warunków przewietrzania miasta, inwentaryzację niskiej emisji, pokrycie terenu z przyporządkowaniem współczynników aerodynamicznej szorstkości terenu oraz ogólną

inwentaryzację terenów pokrytych roślinnością, ze szczególnym uwzględnieniem terenów zieleni miejskiej.

Jak wskazuje Godłowska J. w swojej publikacji utworzenie światowej bazy danych, z możliwie pełną informacją o tkance miejskiej dla potrzeb modelowania meteorologicznego i klimatycznego w obszarach zurbanizowanych, zgłosił w 2012 roku na VIII Międzynarodowej Konferencji Klimatu Miast w Dublinie prof. Jason Ching z North Caroline University. W projekcie MONIT-AIR skorzystano z jego doświadczeń, tworząc bazę danych parametrów morfometrycznych miasta, kompatybilną z amerykańską bazą NUDAPT (Godłowska J., 2019).

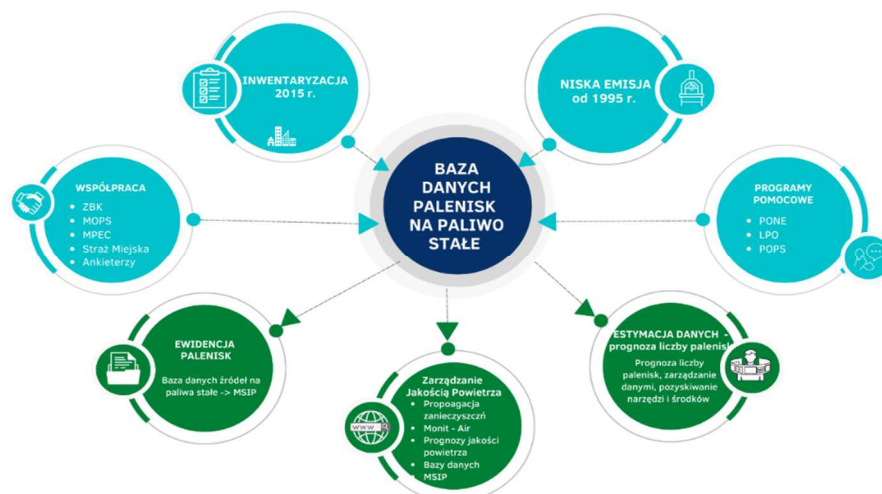


Rys. 2. MonitAir - Atlas Krakowa, A: warunki anemologiczne – kolorem zielonym oznaczono korzystne warunki anemologiczne; B: dyspersja zanieczyszczeń – kolorem zielonym oznaczono korzystne warunki dyspersji zanieczyszczeń

Mapy zawarte w projekcie Monit –Air „Atlasie Krakowa”, które są dostępne online m.in. w Miejskim System Informacji Przestrzennej Krakowa to w szczególności zestawienie informacji przestrzennych, uzyskanych w wyniku monitoringu, kontroli i badań pomiarowych wykonanych z wykorzystaniem nowoczesnych technologii (zobrazowania satelitarne, dane z lotniczego i naziemnego skanowania laserowego

– LIDAR), w celu wspomaganie procesu decyzyjnego zmierzającego do poprawy jakości życia mieszkańców, zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju. W projekcie zawarte są dane na temat pokrycia i szorstkości terenu, zieleni miejskiej, warunków przewietrzania, roślinności rzeczywistej, waloryzacji przyrodniczej, średnich warunków anemologicznych oraz przeciętnych warunków dyspersji zanieczyszczeń. (Bajorek-Zydroń K. i in., 2016), (rys.2). Dane z projektu zostały wykorzystane również w wielu publikacjach naukowych w obszarach planowania przestrzennego czy technologii 3D (Bieda A. i in., 2020).

Projekt ten, stał się niejako punktem wyjścia w efektywnym zarządzaniu jakością powietrza, gdyż po raz pierwszy do map modelowania zanieczyszczeń do powietrza na tak dużą skalę zostały użyte dane z inwentaryzacji palenisk na paliwa stałe (Biuletyn Informacji Publicznej Miasta Krakowa). Tutaj warto wspomnieć o prowadzonej inwentaryzacji palenisk, której początek sięga 2013 roku. Oszacowanie ilości palenisk na paliwo stałe było niezwykle istotne w celu podjęcia działań zmierzających do likwidacji niskiej emisji w Krakowie. Dzięki inwentaryzacji palenisk, powstała wielowymiarowa baza danych, która jest prowadzona i uzupełniana na bieżąco przez Wydział ds. Jakości Powietrza Urzędu Miasta Krakowa. Dane prezentowane są na mapie Krakowa w podziale na dzielnice i udostępniane na stronie Miejskiego Systemu Informacji Przestrzennej – MSIP Kraków w kompozycji – Kształtowanie i ochrona środowiska. Utworzenie bazy inwentaryzacji palenisk na paliwo stałe było kamieniem milowym w efektywnym zarządzaniu jakością powietrza, ponieważ na podstawie konkretnych lokalizacji źródeł grzewczych, ich wielkości i ilości można było prognozować liczbę palenisk do wymiany, pozyskiwać środki finansowe, czy uruchamiać współpracy z innymi podmiotami, np. z dystrybutorami energii i ciepła, co przyczyniło się do zapoczątkowania transformacji energetycznej w Krakowie. Obecnie, prawie wszystkie budynki ogrzewane są proekologicznie, a wiele z nich posiada odnawialne źródła energii np. mikroinstalacje fotowoltaiczne, które wg danych z kwietnia 2022 r. były zainstalowane już w co 6 budynku mieszkalnym (dla porównania w roku 2020 co 16 budynek mieszkalny wyposażony był w fotowoltaikę - dane Urzędu Miasta Krakowa).



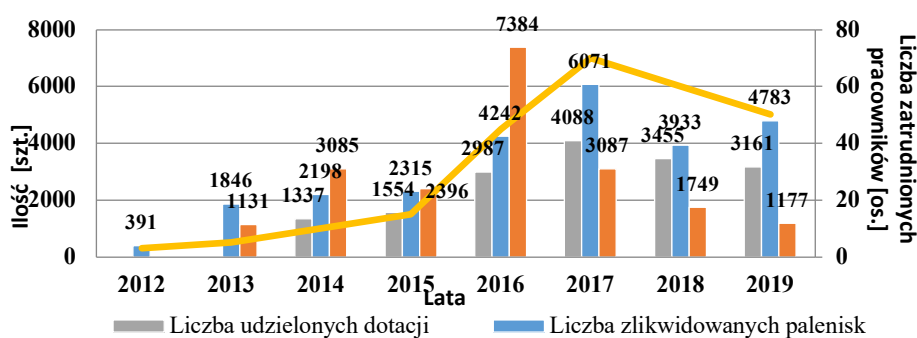
Rys. 3. Baza danych palenisk na paliwo stałe

Schemat bazy danych palenisk przedstawiony jest na rys. 3. Dane wejściowe do bazy to: dane z inwentaryzacji z 2015 r. wraz z tzw. inwentaryzacją wsteczną prowadzoną przez Urząd Miasta Krakowa, dane w zakresie ilości źródeł grzewczych przy współpracy z innymi podmiotami (np. z kontroli Straży Miejskiej), czy informacje o niskiej emisji, wraz z informacjami z programów pomocowych, lub dotacyjnych takich jak np. PONE. Na podstawie ww. danych utworzono ewidencję palenisk na paliwa stałe, która jest udostępniona w postaci danych przestrzennych na platformie Miejskiego Systemu Informacji Przestrzennej (MSIP – źródło). Dane z inwentaryzacji zostały również wykorzystane przy tworzeniu mapy przeciętnych warunków dyspersji zanieczyszczeń w projekcie MonitAir. Informacja o konkretnej ilości i lokalizacji źródeł grzewczych na paliwa stałe wynikająca z prowadzonej bazy danych była niezwykle istotna w planowaniu ilości palenisk na paliwa stałe pozostałych do wymiany, co wiązało się z pozyskiwaniem optymalnych środków i dostępów do odpowiednich programów pomocowych.

Tutaj warto wspomnieć o Programie Ograniczania Niskiej Emisji dla Miasta Krakowa (PONE), który prowadzony był w latach 1995-2019 przez Urząd Miasta Krakowa (rys. 4). W tym okresie, w ramach udzielonych przez Gminę Miejską Kraków dotacji na zakup i montaż proekologicznych źródeł grzewczych zostało zlikwidowanych ponad 45 tys. palenisk na paliwa stałe, zainstalowano prawie 2 tys. odnawialnych źródeł energii, a łączne środki wydatkowane na ten cel wyniosły blisko 338 mln zł. W ramach Programu ograniczenia niskiej emisji tylko w latach 2012-2019 przekazano dofinansowanie

do likwidacji ponad 25 tys. palenisk na paliwo stałe i montażu proekologicznych źródeł, a w ramach własnych środków finansowych (tj. poza PONE), mieszkańcy na skutek wzrostu świadomości ekologicznej dodatkowo wymienili kolejne 20 tys. palenisk. Szczególnie w ostatnich latach trwania (2016-2019) PONE cieszył się dużym zainteresowaniem, co ilustruje poniższy wykres (Rys.2). W 2016 roku dotacja przyznawana była w wysokości do 100 % kosztów kwalifikowanych, w 2017 roku – do 80 % kosztów kwalifikowanych, a w latach 2018-2019 – do 60 % kosztów kwalifikowanych. W konsekwencji mieszkańcy Krakowa przeszli transformację energetyczną, zmniejszając zużycie wysokoemisyjnych paliw kopalnych na rzecz niskoemisyjnego gazu ziemnego i odnawialnych źródeł energii (opracowanie Urzędu Miasta Krakowa BIP).

Dodatkowo, na bieżąco aktualizowane przez Urząd Miasta Krakowa dane ewidencji palenisk na paliwa stałe, wykorzystywane są również do codziennych prognoz jakości powietrza prowadzonych przy współpracy Gminy Miejskiej Kraków z IMGW PIB w sezonie grzewczym.



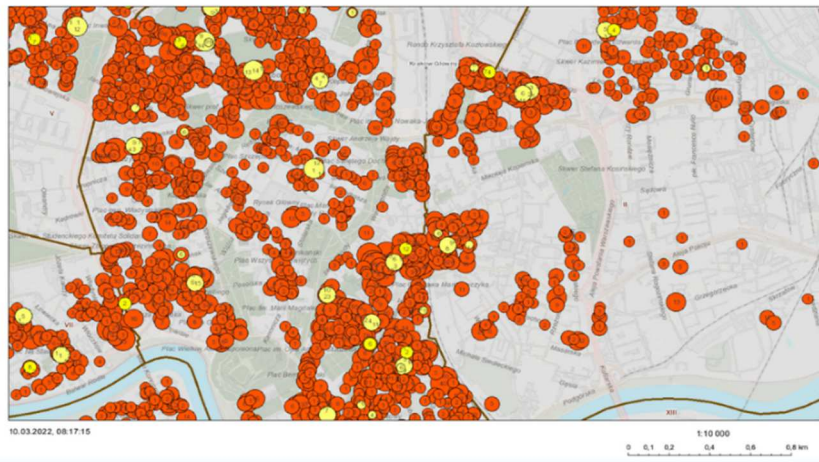
Rys. 4. Program ograniczania niskiej emisji dla Krakowa w latach 2012-2019 (opracowanie własne)

Efekty

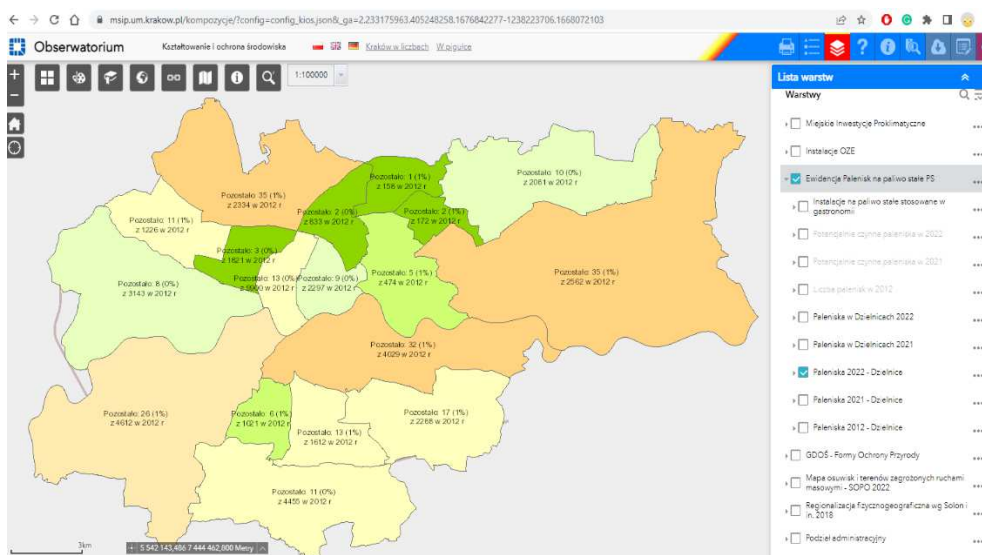
Działania związane z inwentaryzacją palenisk niewątpliwie przyczyniły się do wprowadzenia wielu zmian w zarządzaniu jakością powietrza w mieście. W następstwie uruchomiono wiele mechanizmów w postaci np. programów pomocowych, które posłużyły do wymiany źródeł grzewczych na paliwa stałe na źródła ekologiczne. Obecnie ok. 100 % budynków na terenie miasta ogrzewanych jest za pomocą źródeł proekologicznych, m.in. gazu czy ciepła sieciowego.

Rezultaty wymiany palenisk są również widoczne dla mieszkańców Krakowa na kompozycji mapowej „Ewidencja palenisk” (Miejski System Informacji Przestrzennej),

(rys. 5),(rys. 6). Przedstawiono tam dokładną lokalizację wymienionych palenisk z rozróżnieniem ich ilości w każdej dzielnicy i procentowym udziałem ich wymiany na źródła proekologiczne.

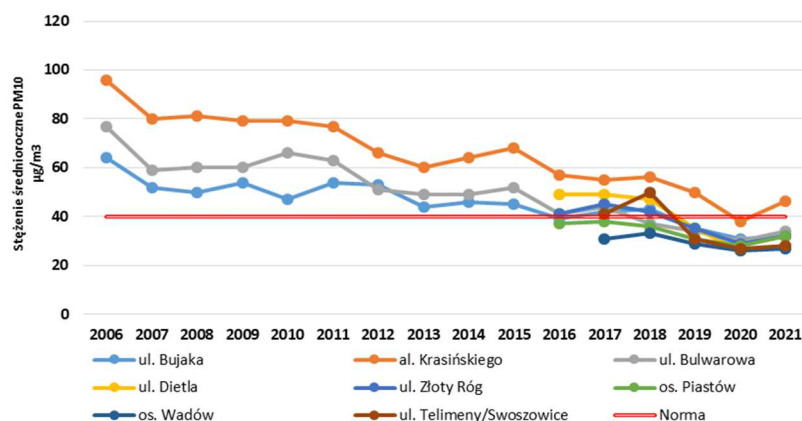


Rys. 5. Widok na mapę Ewidencji palenisk na paliwa stałe. Paleniska w 2012 r. – kolor czerwony, pozostałe paleniska w 2021 – kolor żółty (Miejski System Informacji Przestrzennej)

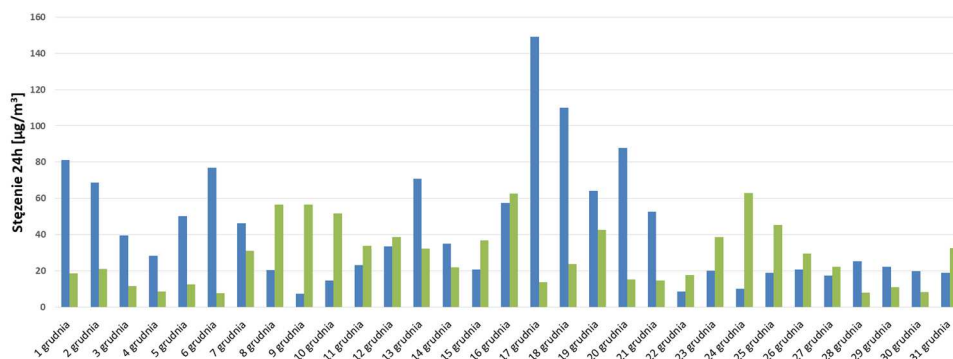


Rys. 6. Mapa Ewidencji palenisk w 2022 r. z podziałem na dzielnice (widok z Miejskiego Systemu Informacji Przestrzennej)

Efekty likwidacji niskiej emisji mają odzwierciedlenie na stacjach monitoringu jakości powietrza prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Na rys. 7 oraz rys. 8. przedstawione są stężenia pyłu z pomiarów ze stacji monitoringu jakości powietrza. Obrazują one wyraźną tendencję spadkową, jednocześnie na rys. 7 widać spadek stężeń od roku 2018, tzn. od okresu, w którym konsekwentnie zmniejszała się liczba zlikwidowanych wysokoemisyjnych źródeł grzewczych w Mieście. Obecnie spadek ten jest jeszcze bardziej widoczny (rys.8). W roku 2021 stężenia pyłu PM10 kształtowały się na podobnym poziomie jak w roku 2020 (w 2020 r. średnia ze wszystkich stacji ok. $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$, w 2021 r. $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a w związku z tym, tendencja spadkowa nadal pozostała utrzymana.



Rys. 7. Stężenia średnioroczne pyłu PM10 odnotowane na stacjach monitoringu jakości powietrza w latach 2006-2021 (opracowanie własne na podstawie danych GIOŚ)



Rys. 8. Stężenia 24h pyłu PM10 na stacji monitoringu przy ul. Bujaka - porównanie grudzień 2018 (kolor niebieski) i grudzień 2021 (kolor zielony)

Oprócz różnych źródeł emisji (ze źródeł komunalno – bytowych, z transportu czy z przemysłu) na jakość powietrza w Krakowie wpływa wiele czynników, m.in. występujące w Krakowie niekorzystne warunki meteorologiczne, wynikające pośrednio z położenia miasta w niecce terenu i jego gęstej zabudowy (Oleniacz R., i in., 2014). W związku z tym, aby inteligentnie zarządzać jakością powietrza w mieście należy uwzględniać również determinanty wynikające z parametrów meteorologicznych czy ukształtowania terenu, w szczególności w pobliżu stacji monitoringu jakości powietrza.

Aktualnie Wydział ds. Jakości Powietrza Urzędu Miasta Krakowa prowadzi prace nad bazą danych przestrzennych obejmującą wszystkie źródła grzewcze w mieście. Wykorzystywane są również dane z bazy Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków, która jest nowym narzędziem inwentaryzacji źródeł grzewczych, lecz nie jest narzędziem w pełni dopracowanym – brak jej możliwości przetwarzania danych jako danych przestrzennych, tak potrzebnych w modelowaniu jakości powietrza.

Połączenie wiedzy merytorycznej w zakresie źródeł emisji wraz z warunkami meteorologicznymi i ukształtowaniem terenu z nowoczesną technologią jest perspektywicznym działaniem w stronę stworzenia miasta Smart City. Takie podejście jest dobrze ujęte na przykładzie miasta Helsinki. W 2018 r. stworzono tam cyfrową mapę jakości powietrza, aktualizowaną w czasie rzeczywistym pokazującą aktualny stan jakości powietrza wokół obszaru metropolitalnego, a także prognozę jego zmiany (Hämäläinen M., 2019), (Helsinki Air Quality Map).

Podsumowanie

Na przykładzie Krakowa, inwentaryzacja źródeł grzewczych przyczyniła się do istotnych zmian w zarządzaniu jakością powietrza oraz do transformacji energetycznej w mieście. Opracowanie bazy danych palenisk stało się narzędziem monitoringu i kontroli źródeł emisji oraz stworzyło perspektywę do powstania nowych rozwiązań, które pomogą poprawić stan jakości powietrza i złagodzić wpływ emisji. Do stworzenia bardziej zaawansowanych narzędzi związanych z dyspersją zanieczyszczeń niezbędne są dane przestrzenne. Stężenia zanieczyszczeń są bezpośrednio powiązane z topografią terenu, warunkami atmosferycznymi i danymi emisyjnymi.

Nowe narzędzie, jakim od niedawna jest baza Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków (CEEB) daje szerokie możliwości w zakresie inwentaryzacji źródeł grzewczych, co może przyczynić się do określenia emisji z każdego budynku w mieście. Mankamentem bazy jest jednak brak geolokalizacji źródeł, ponieważ głównie baza jest skonstruowana jako baza deklaracji, a nie konkretnych danych ewidencyjnych. W związku

z tym, niezbędne jest zapewnienie jednorodności, spójności i uniwersalności danych, tak istotnych w obszarach Smart dla Krakowa zgodne z definicją Smart City.

Literatura (References)

- Bajorek-Zydroń K., Wężyk P., 2016, Atlas pokrycia terenu i przewietrzania Krakowa. MONIT-AIR . Zintegrowany system monitorowania danych przestrzennych dla poprawy jakości powietrza w Krakowie, Urząd Miasta Krakowa, Wydział Kształtowania Środowiska, ISBN: 978-83-918196-5-4
- Bieda A., Bydłowski J., Parzych P., Pukalska K., Wójciak E., 2020, 3D Technologies as the Future of Spatial Planning: the Example of Krakow, Geomatics And Environmental Engineering, Volume 14, Number 1, DOI: <https://doi.org/10.7494/geom.2020.14.1.15>
- Opracowanie własne Urzędu Miasta Krakowa, BIP Biuletyn Informacji Publicznej Miasta Krakowa, https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=17950
- Godłowska J., 2019,. Wpływ warunków meteorologicznych na jakość powietrza w Krakowie. Badania porównawcze i próba podejścia modelowego, IMGW-PIB Warszawa ISBN: 978-83-64979-29-3
- GUS – Bank Danych Lokalnych [Statistics Poland – Local Data Bank], <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/start>
- Hämäläinen M., 2019, A Framework for a Smart City Design: Digital Transformation in the Helsinki Smart City, Entrepreneurship and the Community 63–86, DOI: 10.1007/978-3-030-23604-5_5
- Helsinki Ari Quality Map <https://www.hsy.fi/en/air-quality-and-climate/air-quality-now/air-quality-map/>
- Komninos N. 2018, Smart Cities. The Sage Encyclopedia of the Internet, 783-789, Sage Publications. DOI:<http://dx.doi.org/10.4135/9781473960367.n229>
- Komninos N., 2002, Intelligent Cities: innovation, knowledge systems and digital spaces, Taylor&Francis Group, London, ISBN 978-02-03857-74-8, <https://doi.org/10.4324/9780203857748>
- Miejska Platforma Internetowa „Magiczny Kraków” ,2015, Smart City, City https://www.krakow.pl/innowacyjny_krakow/193481.artykul.smart_city.html
- Miejski System Informacji Przestrzennej (MSIP), Ewidencja Palenisk, <https://msip.krakow.pl/dataset/1585>
- Oleniacz R., Bogacki M., Rzeszutek M., Kot A., 2014, Meteorologiczne determinanty jakości powietrza w Krakowie (Meteorological factors affecting air quality in Krakow), Ochrona powietrza w teorii i praktyce. Tom 2, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze, DOI: [10.13140/RG.2.1.4200.3044](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4200.3044)

Streszczenie

Istotą pracy było przeprowadzenie analizy potencjału zasobów źródeł grzewczych z wykorzystaniem danych przestrzennych na przykładzie Miasta Krakowa. Proces transformacji energetycznej w mieście zaczął się już w latach 90-tych ubiegłego wieku. Zadania Miasta związane z ograniczeniem niskiej emisji, w tym m.in. inwentaryzacja źródeł ciepła, wymagały korzystania z wielu zasobów danych, wydatkowania znacznych środków publicznych, współpracy wielu instytucji, a także wprowadzenia zmian legislacyjnych, które umożliwiły długotrwałość procesu transformacji energetycznej. W związku z coraz lepszymi narzędziami przetwarzania danych z uwzględnieniem wysokiego poziomu dostępu do informacji w tym możliwości dotarcia do społeczeństwa geoinformacyjnego, efekty realizacji procesu są widoczne m.in. w Miejskim System Informacji Przestrzennej. Proces transformacji energetycznej miasta nadal trwa, a dostępne narzędzia w postaci nowych systemów zarządzania np. (baza danych CEEB), pozwalają na intensyfikację działań w kierunku miasta inteligentnego (Smart City) z wysokim udziałem OZE oraz dostępnością informacji dla mieszkańców.

Dane autorów / Authors details:

Jan Urbańczyk

jan.ubranczyk@um.krakow.pl

Magdalena Gruszka

magdalena.gruszka@um.krakow.pl

Przesłano / Received

15.11.2022

Zaakceptowano / Accepted

22.02.2023

Opublikowano / Published

25.02.2023



© Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).