



Inwentaryzacja emisji gazów cieplarnianych dla Gminy Miejskiej Kraków

CO₂
CH₄ **N₂O**

Kraków 2023

Opracowanie:

Urząd Miasta Krakowa

Wydział Gospodarki Komunalnej i Klimatu

gk.umk@um.krakow.pl

Michał Gelata	sektor Odpady
Jarosław Gryszka	grafika (okładka, rys. 4, rys. 5, Zał. nr 1)
Ewa Kalinowska	sektor Odpady
Katarzyna Kałwa	sektor Odpady
Ewa Kozak	sektor Transport (2022)
Krystyna Kmita	sektor Transport (2018-2021)
Andrzej Łazęcki	nadzór ekspercki, konsultacja, recenzja
Paulina Pyrczak	sektor Transport
Marta Soluch	kierownik projektu
Agata Świeczka	sektor Energia stacjonarna (2022)
Magdalena Tchoń	sektor Transport (2022)
Jadwiga Zabagło	sektor Energia stacjonarna, koordynator opracowania

Konsultant zewnętrzny (2018-2021):

Konrad Klepacki

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	4
1.1. Charakterystyka miasta	4
1.2. Inwentaryzacja emisji.....	7
2. BAZOWA INWENTARYZACJA EMISJI (BEI) – 2018 R.	8
2.1. Energia stacjonarna	8
Zakres 1.....	8
Zakres 2.....	9
Zakres 3.....	9
2.2. Transport	10
Zakres 1.....	10
Zakres 2.....	10
Zakres 3.....	11
2.3. Odpady	11
Zakres 1.....	11
Zakres 2.....	13
Zakres 3.....	13
2.4. Sumaryczna emisja.....	14
Suma wg działalności miasta	14
Suma wg zakresów.....	14
3. KONTROLNA INWENTARYZACJA EMISJI (MEI) – 2019-2022 R.	15
3.1. Sumaryczna emisja.....	16
Suma wg działalności miasta	16
Suma wg zakresów.....	16
3.2. Energia stacjonarna	18
3.3. Transport	19
3.4. Odpady	22
4. STRESZCZENIE	26
LITERATURA	27
SPIS TABEL I RYSUNKÓW	29
ZAŁĄCZNIK NR 1 SUMARYCZNA EMISJA W ROZBICIU NA SEKTORY I ZAKRESY	31
ZAŁĄCZNIK NR 2 DANE W UKŁADZIE TABELARYCZNYM	36
ZAŁĄCZNIK NR 3 SZCZEGÓŁOWE DANE LICZBOWE DLA SEKTORÓW I ZAKRESÓW	38

1. WPROWADZENIE

Inwentaryzację emisji gazów cieplarnianych dla Gminy Miejskiej Kraków (zwaną dalej *Inwentaryzacją*) przeprowadzono na potrzeby zidentyfikowania głównych źródeł emisji oraz określenia jej wielkości. Uzyskane wyniki stanowią podstawę do planowania działań mitygacyjnych, a jednocześnie, w sposób całościowy, pozwalają na weryfikację ich efektu. Z kolei coroczne przeprowadzanie *Inwentaryzacji* pozwoli na monitorowanie emisji w sposób systemowy. Od 2021 r. wyniki są raportowane na platformie CDP (Carbon Disclosure Project) [1], uznawanej przez światowe organizacje i porozumienia na rzecz klimatu (np. Porozumienie Burmistrzów, Race to Zero). Ze względu na przekrojowy charakter sektorów objętych *Inwentaryzacją*, może być ona wykorzystana w innych opracowaniach tworzonych dla Miasta Krakowa. Dla dokumentów typu Kontrakt Klimatyczny (CCC – Climate City Contract) czy też Plan działań na rzecz klimatu i energii (SECAP) jest ona wręcz niezbędna.

W niniejszym raporcie przedstawiono metodykę i źródła danych wykorzystanych do przeprowadzenia *Inwentaryzacji* oraz zbiorcze wyniki dla lat 2018-2022 w postaci tabel i wykresów wraz z komentarzem. Pozostałe dane (np. dane statystyczne) dotyczą 2022 r., chyba że zaznaczono inaczej. Odwołania do tabel znajdujących się w załącznikach mają dodaną w numeracji literę „Z” oraz numer załącznika.

1.1. Charakterystyka miasta

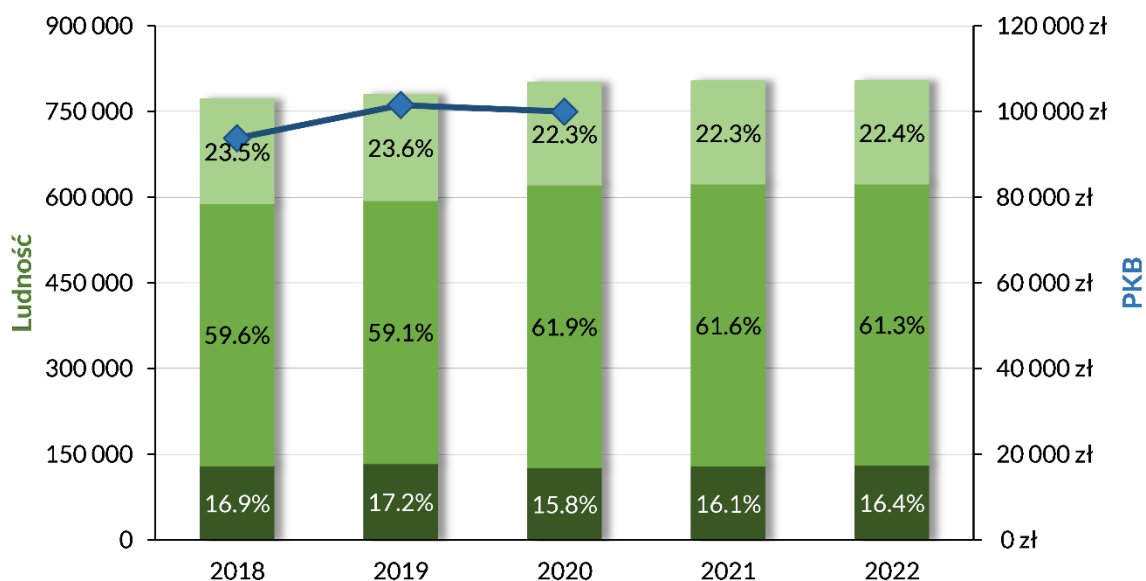
Miasto Kraków, stolica województwa małopolskiego, leży w jego północno-zachodniej części nad rzeką Wisłą i zajmuje powierzchnię 327 km² (rys. 1). Znajduje się w strefie klimatycznej umiarkowanej, ze średnią temperaturą powietrza ok. 10 °C i roczną sumą opadów ponad 600 mm (dane z lat 2019-2020) [2].

Kraków jest ważnym ośrodkiem w regionie pod wieloma względami. Cenne dziedzictwo historyczne, bogata oferta kulturalna i dobre połączenia komunikacyjne przyciągają wielu turystów. Szeroka gama uczelni (18 macierzystych, 5 filii) wraz z licznymi podmiotami działalności badawczo-rozwojowej (ponad 500 w 2021 r.) stanowią bazę dla działalności naukowej i akademickiej (130 tys. studentów), jednocześnie napędzając sferę biznesową (ponad 168 tys. podmiotów gospodarki narodowej) [3]. Dobrze rozwinięta infrastruktura oraz mnogość ofert pracy z wielu branż decydują o atrakcyjności Krakowa jako miejsca do zamieszkania, zapewniając miastu dodatnie saldo migracji. Corocznie zwiększającą się populację miasta (rys. 2, tab. Z2– 1) w ponad 60% stanowią obecnie osoby w wieku produkcyjnym [4]. Wyraźny przyrost ludności w 2020 roku wynika z korekty wprowadzonej przez Główny Urząd Statystyczny (GUS) po przeprowadzeniu Narodowego Spisu Powszechnego w 2021 r. (NSP 2021).

Wśród podmiotów gospodarki narodowej przeważają sekcje PKD: handel, wraz z naprawą pojazdów samochodowych, oraz działalność profesjonalna, naukowa i techniczna. W dalszej kolejności są to: informacja i komunikacja, budownictwo i obsługa rynku nieruchomości. Według GUS przemysł zajmuje pierwsze miejsce pod względem podmiotów o „przewidywanej liczbie



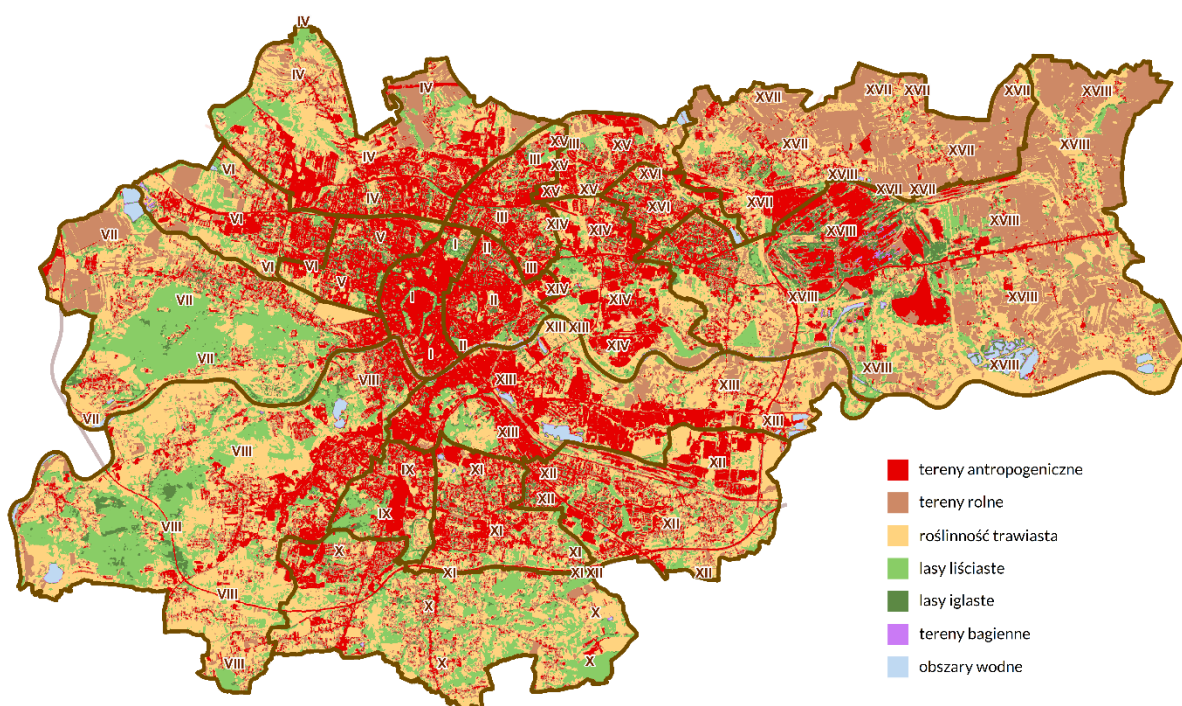
Rys. 1. Kraków na tle województwa małopolskiego
(opracowano na podstawie [5])



Rys. 2. Ludność w wieku ■ przedprodukcyjnym (17 lat i mniej), ■ produkcyjnym i ■ poprodukcyjnym [4] oraz ◆ przeciętny produkt krajowy brutto (PKB) w przeliczeniu na 1 mieszkańca [3] – dane dla Krakowa z lat 2018-2022 (dla PKB dane za 2021-2022 jeszcze niedostępne, dla ludności dane od 2020 r. po korekcie GUS w związku z NSP 2021)

pracujących 250 i więcej” oraz pod względem liczby „pracujących w sektorze przedsiębiorstw” (blisko 54 tys., co stanowi ponad 20% ogółu). Przeciętny produkt krajowy brutto (PKB) w przeliczeniu na 1 mieszkańca (rys. 2, tab. Z2- 1) jest rzędu 100 tys. zł i jest o ponad 80% wyższy niż przeciętny w województwie oraz o ponad 60% od średniego w kraju [3].

Szeroki wachlarz prowadzonej działalności oraz dynamiczny rozwój miasta przekładają się na zróżnicowane użytkowanie terenu (rys. 3) i charakter zabudowy. Centralna część miasta to głównie zwarta zabudowa historyczna. Na obszarach bardziej oddalonych od centrum, przede wszystkim na północy i południu Krakowa, dominują współczesne budynki wielorodzinne. Tereny silnie uprzemysłowione są skoncentrowane głównie w dzielnicach Nowa Huta (m.in. kombinat metalurgiczny) oraz Podgórze. Na obrzeżach przeważają tereny rolnicze oraz rozproszona zabudowa jednorodzinna, a na zachodzie miasta obszary leśne (Białańsko-Tyniecki Park Krajobrazowy) [6]. Komunikacja na obszarze Krakowa oraz z gminami ościennymi jest zapewniona przez rozwiniętą sieć drogową i kolejową, zaś położony w sąsiednich Balicach Kraków Airport im. Jana Pawła II realizuje zarówno połączenia lotnicze krajowe jak i międzynarodowe.



Rys. 3. Zagospodarowanie terenu na obszarze Miasta Krakowa w 2021 r. [7]

Praktycznie każda z powyższych działalności, choć w różnym stopniu, ma wpływ na środowisko naturalne, w tym pośrednio lub bezpośrednio powoduje emisję gazów cieplarnianych. Emisja jest związana głównie z produkcją energii elektrycznej i ciepłej przez elektrociepłownie należące do PGE Energia Ciepła S.A. i TAMEH POLSKA sp. z o.o. oraz z wykorzystaniem paliw i energii w przemyśle, handlu i usługach, mieszkalnictwie czy transporcie. W zależności od rodzaju nośnika energii oraz skali jego wykorzystania, ich udział w sumarycznej emisji z Krakowa jest zróżnicowany. Dodatkową emisję powoduje przetwarzanie odpadów komunalnych oraz ścieków, jednak jej wartość, w porównaniu do emisji z wykorzystania paliw kopalnych, jest znacznie mniejsza.

1.2. Inwentaryzacja emisji

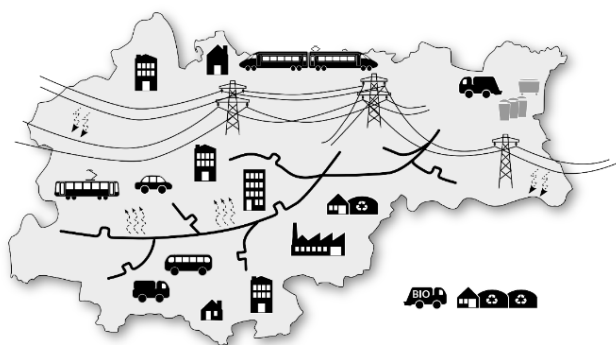
Inwentaryzację emisji gazów cieplarnianych przeprowadzono zgodnie z metodyką opisaną w przewodniku *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories (GPC)* [8]. Wybrano podstawowy poziom raportowania (**BASIC**), obejmujący emisje związane z wykorzystaniem paliw kopalnych oraz przetwarzaniem odpadów. Granice obszaru objętego *Inwentaryzacją* przyjęto jako tożsame z granicami administracyjnymi Miasta Krakowa, z kolei granice czasowe *Inwentaryzacji* pokrywają się z danym rokiem kalendarzowym.

Inwentaryzacja obejmuje następujące sektory: **energia stacjonarna** (dosł. „stacjonarne źródła energii”), **transport** oraz **odpady**, obejmujące odpady komunalne i przemysłowe oraz ścieki komunalne, bytowe (systemy indywidualne) i przemysłowe. Każdy z sektorów jest rozpatrywany w trzech zakresach, w zależności od miejsca powstawania emisji. **Zakres 1** to emisje na całym terenie Gminy Miejskiej Kraków, powstające w miejscu wykorzystania paliw kopalnych lub przetwarzania odpadów (emisje bezpośrednie). **Zakres 2** dotyczy emisji związanych z wykorzystaniem na terenie miasta energii elektrycznej i energii cieplnej pobranych z systemów sieciowych (emisje pośrednie – ponieważ są generowane w źródłach zasilających te sieci). **Zakres 3** na poziomie raportowania BASIC nie jest obowiązkowy. W niniejszej *Inwentaryzacji* ujęto jedynie emisje związane ze stratami energii przekazywanych systemami sieciowymi (emisje pośrednie) oraz emisje będące konsekwencją działalności miasta, ale występujące poza jego granicami, np. część podróży, przetwarzanie odpadów (emisje bezpośrednie).

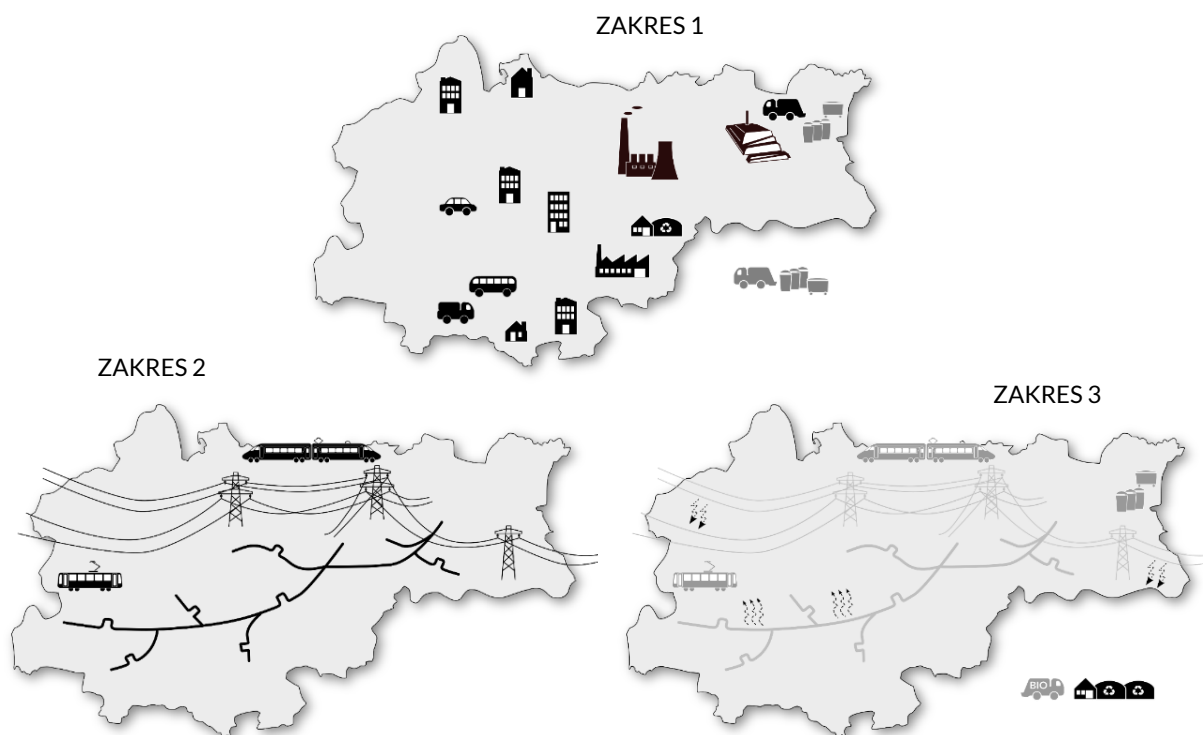
Sumaryczną emisję przedstawiono według dwóch podejść/ram:

- według **działalności miasta** („City-induced framework”), gdzie sumowane są tylko emisje związane z działalnością miasta, a wyłączone są emisje z obiektów zasilających systemy sieciowe oraz z przetwarzania importowanych odpadów (w tym ścieków) – rys. 4,
- według **zakresów** („Scopes framework”), przy czym zakres 1 obejmuje wszystkie bezpośrednie emisje z terenu miasta, włącznie z emisjami z zakładów dostarczających energię elektryczną i ciepłą do systemów sieciowych oraz z przetwarzania odpadów i ścieków wytworzonych poza terenem Krakowa – rys. 5.

Podział źródeł ze względu na sektor i zakres oraz szczegółowy sposób sumowania emisji z poszczególnych rodzajów źródeł przedstawiono w Załączniku nr 1.



Rys. 4. Sposób sumowania emisji według działalności miasta



Rys. 5. Sposób sumowania emisji według zakresów

2. BAZOWA INWENTARYZACJA EMISJI (BEI) – 2018 R.

Zgodnie z Rekomendacjami Krakowskiego Panelu Klimatycznego, *inwentaryzację bazową* (Baseline Emission Inventory – BEI) przeprowadzono dla **2018 roku**.

2.1. Energia stacjonarna

Zakres 1

Zakres 1 obejmuje emisje ze spalania paliw kopalnych (węгля, oleju opałowego, gazu ziemnego) w kotłach, kotłowniach, piecach, kuchenkach, palnikach, agregatach prądotwórczych, silnikach spalinowych itp. oraz emisje ulotne (uwalniane przy okazji transportu i magazynowania paliw, np. utlenianie węgla, wycieki gazu ziemnego z sieci itp.). Znaczny udział emisji na terenie miasta jest związany z produkcją stali w ArcelorMittal Poland S.A. (AMP), uwzględnioną w podsektorze przemysłu. W zakresie 1 uwzględniana jest także emisja powstająca podczas wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej, dostarczanych do systemów sieciowych. Energia produkowana jest z paliw kopalnych i odpadów w instalacjach znajdujących się na terenie Krakowa, tj. w elektrociepłowni PGE Energia Ciepła Oddział nr 1 w Krakowie (PGE EC) oraz w Zakładzie Termicznego Przekształcania Odpadów w Krakowie (ZTPO).

Do oszacowania emisji wykorzystano dane pozyskane z Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) – dotyczy wartości emisji oraz współczynników emisji [9] –

oraz dane o zużyciu gazu ziemnego, otrzymane od Polskiej Spółki Gazownictwa Sp. z o.o. (PSG) i od AMP. W zakresie emisji z produkcji energii dostarczanej do sieci wykorzystano informacje od PGE EC i ZTPO. Podczas wyznaczania wartości emisji ulotnych zastosowano wskaźniki IPCC [10].

Podsektor	Emisja, Mg CO _{2e}
Gospodarstwa domowe	309 091
Przemysł, handel i usługi, i inne	3 332 725
Przemysł energetyczny – produkcja energii	1 702 556
Emisje ulotne	18 123

Zakres 2

Zakres 2 obejmuje emisje związane z energią elektryczną pobraną z Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE), wykorzystaną na potrzeby m.in. oświetlenia, zasilania urządzeń, napędów, wykonywania pracy mechanicznej, oraz z energią cieplną pobraną z miejskiej sieci ciepłowniczej.

Do oszacowania emisji wykorzystano dane o zużyciu energii elektrycznej, pozyskane od TAURON Dystrybucja S.A., oraz dane o zużyciu energii cieplnej, pozyskane od Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej S.A. w Krakowie (MPEC). Dla energii elektrycznej zastosowano wskaźniki emisyjności podawane przez KOBiZE [11], a dla energii cieplnej wskaźniki wyznaczono w oparciu o wielkość emisji i sprzedaż ciepła z sieci ciepłowniczej, podawane na stronie MPEC [12]. Ponadto wykorzystano informacje dotyczące wysokości strat sieciowych [13][14][15].

Podsektor	Emisja, Mg CO _{2e}
Gospodarstwa domowe	1 232 807
Przemysł, handel i usługi, i inne	2 283 929

Zakres 3

W zakresie 3 ujęto emisje związane ze stratami na przesyłach i dystrybucji energii elektrycznej oraz energii cieplnej. Do oszacowania emisji wykorzystano te same źródła danych, co w zakresie 2.

Podsektor	Emisja, Mg CO _{2e}
Gospodarstwa domowe	107 453
Przemysł, handel i usługi, i inne	127 014

2.2. Transport

Zakres 1

Zakres 1 obejmuje emisje ze spalania paliw kopalnych (benzyny, oleju napędowego, LPG, LNG, CNG) w silnikach spalinowych pojazdów. Do oszacowania emisji wykorzystano:

- dla *transportu drogowego* indywidualnego (obejmującego samochody osobowe, samochody ciężarowe do 3,5 t, samochody ciężarowe powyżej 3,5 t): Krakowski Model Ruchu, w którym wygenerowane zostały wartości natężeń ruchu na sieci w godzinie szczytu porannego, oraz program REKOMKRAK, służący do obliczania emisji z sektora Transport,
- dla *transportu drogowego* zbiorowego (obejmującego busy/autobusy nie-miejskie, autobusy miejskie): dane dotyczące pracy przewozowej, pozyskane bezpośrednio od operatorów i organizatorów, które następnie zostały wprowadzone do kalkulatora emisji z transportu drogowego, przekazanego przez KOBiZE,
- dla *transportu szynowego* (obejmującego kolejowy transport towarowy i pasażerski): dane w zakresie pracy eksploatacyjnej, uzyskane z PKP PLK S.A., oraz uśredniony wskaźnik emisji CO₂ dla transportu kolejowego,
- dla *transportu wodnego* (obejmującego tramwaj wodny i inne statki pływające w granicach miasta): dane w zakresie zużycia paliw, otrzymane od Zarządu Zieleni Miejskiej w Krakowie oraz Urzędu Marszałkowskiego Województwa Małopolskiego (UMWM), oraz wskaźnik emisji CO₂ dla spalania paliw,
- dla *transportu lotniczego* (obejmującego ratownictwo medyczne, pokazy sportowe, rekreacyjne loty itp.): dane w zakresie zużycia paliw, otrzymane z Lotniczego Pogotowia Ratunkowego oraz Muzeum Lotnictwa Polskiego w Krakowie, oraz wskaźnik emisji CO₂ dla spalania paliw,
- dla *transportu off-road* (obejmującego m.in. pojazdy wolnobieżne): dane w zakresie zużycia paliw, otrzymane z UMWM, oraz wskaźnik emisji CO₂ dla spalania paliw.

Podsektor	Emisja, Mg CO ₂ e
Transport drogowy (indywidualny i zbiorowy)	350 134
Transport szynowy	454
Transport wodny	90
Transport lotniczy	393
Transport off-road (dost. „pozadrogowy”)	54 182

Zakres 2

Zakres 2 obejmuje emisje związane z energią elektryczną pobraną z Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, wykorzystaną w silnikach elektrycznych pojazdów. Do oszacowania emisji wykorzystano:

- dla *transportu drogowego* indywidualnego: dane otrzymane z Wydziału Ewidencji Pojazdów i Kierowców Urzędu Miasta Krakowa w zakresie liczby zarejestrowanych w Krakowie pojazdów elektrycznych,

- dla *transportu drogowego* zbiorowego: dane w zakresie zużycia energii pozyskane bezpośrednio od operatora (Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego S.A. w Krakowie - MPK),
- dla *transportu szynowego*: tramwajowego - dane w zakresie zużycia energii pozyskane bezpośrednio od operatora (MPK), kolejowego - dane w zakresie pracy eksploatacyjnej, uzyskane z PKP PLK S.A.

Emisje przeliczono z zastosowaniem wskaźników emisji dla energii elektrycznej pobranej z sieci dystrybucyjnej TAURON-u. Przyjęto, że wskaźniki są analogiczne do wskaźników z Krajowego Systemu Elektroenergetycznego. Wskaźniki pochodzą z KOBiZE.

Podsektor	Emisja, Mg CO _{2e}
Transport drogowy (indywidualny i zbiorowy)	338
Transport szynowy	82 637

Zakres 3

Zakres 3 obejmuje emisje związane ze stratami na przesyłach i dystrybucji energii elektrycznej wykorzystanej w silnikach elektrycznych pojazdów oraz emisje ze spalania paliw kopalnych w silnikach spalinowych pojazdów wykorzystanych do transportu odpadów kuchennych ulegających biodegradacji powstałych na terenie Krakowa, do kompostowni znajdujących się poza granicami miasta.

Do oszacowania emisji związanej z wykorzystaniem energii elektrycznej wykorzystano te same źródła danych, co w zakresie 2. Z kolei do oszacowania emisji ze spalania paliw w transporcie odpadów kuchennych korzystano ponadto z *Metodyki oceny poziomu emisji gazów cieplarnianych* [16]. W celu obliczenia emisji CO₂ określono:

- odległości, które pojazdy transportujące odpady muszą pokonać do instalacji przetwarzania odpadów komunalnych oraz z powrotem do Krakowa [km],
- ilość odpadów poddanych zagospodarowaniu [Mg],
- średni tonaż jednego transportu odpadów [Mg].

Podsektor	Emisja, Mg CO _{2e}
Transport drogowy (indywidualny i zbiorowy)	15
Transport szynowy	3 605

2.3. Odpady

Zakres 1

Zakres 1 obejmuje emisje ze składowania (CH₄) i biologicznego przetwarzania (CH₄, N₂O) odpadów komunalnych. Ponadto obejmuje emisje CH₄ i N₂O z oczyszczania ścieków oraz z naturalnych procesów zachodzących w ściekach nieoczyszczonych. Emisje CO₂, CH₄ i N₂O związane z termicznym przekształcaniem odpadów w ZTPO uwzględniono w sektorze Energia

stacjonarna (produkcja energii dostarczanej do sieci). W *Inwentaryzacji* nie uwzględniono emisji z przetwarzania odpadów przemysłowych.

Odpady

Emisja metanu ze składowisk odpadów jest związana z rozkładem frakcji organicznej zawartej w deponowanych odpadach komunalnych. Składowisko Barycz zostało już w 1998 r. wyposażone w system do zbierania i przetwarzania biogazu (w tym metanu), który umożliwia przetworzenie go na energię elektryczną oraz ciepłą w procesie kogeneracyjnym. Powstały na składowisku biogaz jest w całości wykorzystywany i nie powoduje znaczących emisji do środowiska, co również potwierdzają badania monitoringowe [17]. Ewentualne straty mogą wystąpić na etapie przechwytywania biogazu (nieszczelność rurociągów), podczas transportu lub jego przetwarzania w energię (awarie instalacji). Ponadto, od 2016 r. Kraków nie przekazuje do składowania odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, co oznacza, że obecnie emisja pochodzi tylko od odpadów zdeponowanych wcześniej i z roku na rok będzie maleć. Ze względu na pełne wykorzystanie biogazu składowiskowego w celach energetycznych oraz znikomą emisję na powierzchni składowiska (miesięczne wartości stężenia metanu w 2018 r. wyniosły 0-5 ppm [17]) przyjęto, że emisja metanu ze składowania odpadów komunalnych na terenie Krakowa wynosi zero.

Odpady komunalne wytwarzane przez mieszkańców Krakowa zagospodarowywane są w zdecydowanej większości w gminnych instalacjach, zlokalizowanych na terenie miasta (ZTPO, składowisko Barycz, sortownia, kompostownie itp.). Jedynie część odpadów kuchennych ulegających biodegradacji (kod 20 01 08) przetwarzana jest poza granicami miasta, stąd dotycząca ich emisja jest ujęta w zakresie 3. W zakresie 1 *Inwentaryzacji* dodatkowo uwzględniania jest także część odpadów kuchennych, które zostały wytworzone poza granicami administracyjnymi Krakowa, a następnie zagospodarowane na terenie miasta w Kompostowni PreZero Małopolska Sp. z o.o.

Ścieki

W zakresie ścieków, emisja CH₄ i N₂O pochodzi:

- ze ścieków komunalnych, bytowych (systemy indywidualne) i przemysłowych, generowanych i odprowadzanych do środowiska na terenie Krakowa, oraz
- ze ścieków komunalnych, generowanych poza miastem w gminach ościennych (Michałowice, Kocmyrzów-Luborzycza, Świątniki Górne, Wieliczka, Wielka Wieś, Zielonki i Zabierzów) i odprowadzanych do środowiska na terenie Krakowa.

Zbieranie i oczyszczanie ścieków jest realizowane w ramach komunalnego systemu kanalizacyjnego miasta. Tworzą go dwa oddzielne układy: krakowski, z oczyszczalnią ścieków w Płaszowie, oraz nowohucki, z oczyszczalnią ścieków Kujawy. Ponadto w Krakowie funkcjonują lokalne systemy kanalizacyjne z oczyszczalniami ścieków: Wadów, Bielany, Kostrze, Sidzina i Tynec.

Obliczenia

Do oszacowania emisji z zagospodarowania odpadów komunalnych wykorzystano informacje dotyczące ilości, miejsca i sposobu przetwarzania odpadów wytwarzanych na terenie Krakowa, zbierane na podstawie obowiązków sprawozdawczych podmiotów odbierających odpady, tj. od

właściciele nieruchomości zarówno objętych, jak i nieobjętych, gminnym systemem odbierania odpadów komunalnych. W przypadku części odpadów kuchennych wytwarzanych poza Krakowem, a przetwarzanych na jego terenie, wykorzystano ponadto dane pozyskane od zarządcy instalacji, w której są one przetwarzane, tj. Kompostowni PreZero Małopolska Sp. z o.o.

Do oszacowania emisji ze ścieków komunalnych, bytowych (systemy indywidualne) i przemysłowych wykorzystano dane GUS oraz informacje zawarte w sprawozdaniach z realizacji Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych.

Podsektor	Emisja, Mg CO ₂ e
Kompostowanie odpadów z terenu Krakowa	3 710
Kompostowanie odpadów spoza terenu Krakowa	495
Ścieki komunalne i bytowe (systemy indywidualne) z terenu Krakowa	14 305
Ścieki komunalne spoza terenu Krakowa	229
Ścieki przemysłowe z terenu Krakowa	20

Zakres 2

W sektorze Odpady emisje z zakresu 2 nie występują. Energia elektryczna i ciepła, wykorzystywane do prowadzenia procesów zagospodarowywania odpadów i oczyszczania ścieków, są uwzględnione w sektorze Energia stacjonarna.

Zakres 3

Zakres 3 obejmuje emisje CH₄ oraz N₂O z przetwarzania odpadów komunalnych (odpady kuchenne ulegające biodegradacji – kod 20 01 08), powstałych na terenie Krakowa, ale kompostowanych w instalacjach poza jego granicami. Dodatkowa emisja gazów cieplarnianych (CO₂), związana z transportem tych odpadów, została ujęta w zakresie 3 sektora Transport. W *Inwentaryzacji* nie uwzględniono emisji z przetwarzania odpadów przemysłowych.

Podobnie jak w zakresie 1, dane dotyczące ilości, miejsca i sposobu przetwarzania odpadów komunalnych ulegających biodegradacji pochodzą z rocznych sprawozdań podmiotów odbierających odpady od właścicieli nieruchomości na terenie Krakowa.

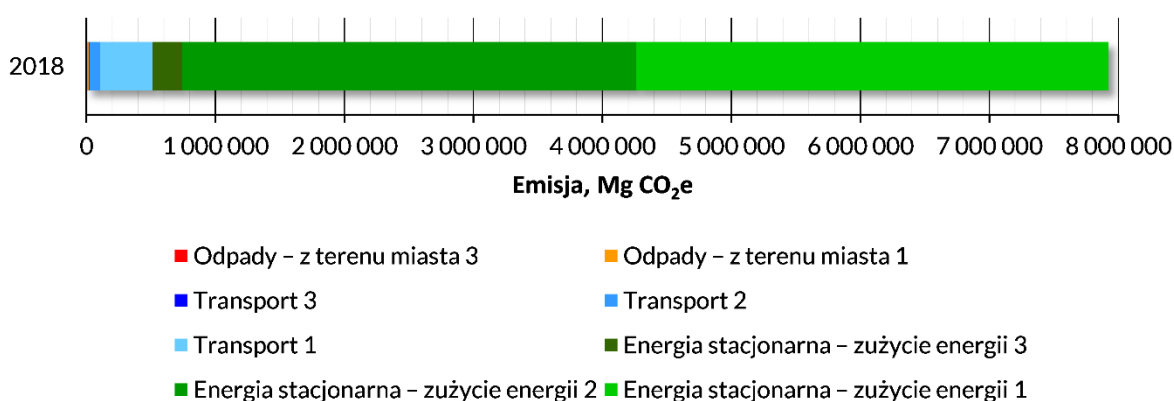
Z uwagi na niewielką ilość ścieków bytowych (rzędu kilkaset m³ rocznie) generowanych na terenie Krakowa i wywożonych poza granice miasta celem oczyszczania, pominięto w tym przypadku wyznaczanie emisji CH₄ i N₂O ze ścieków.

Podsektor	Emisja, Mg CO ₂ e
Kompostowanie odpadów	10

2.4. Sumaryczna emisja

Suma wg działalności miasta

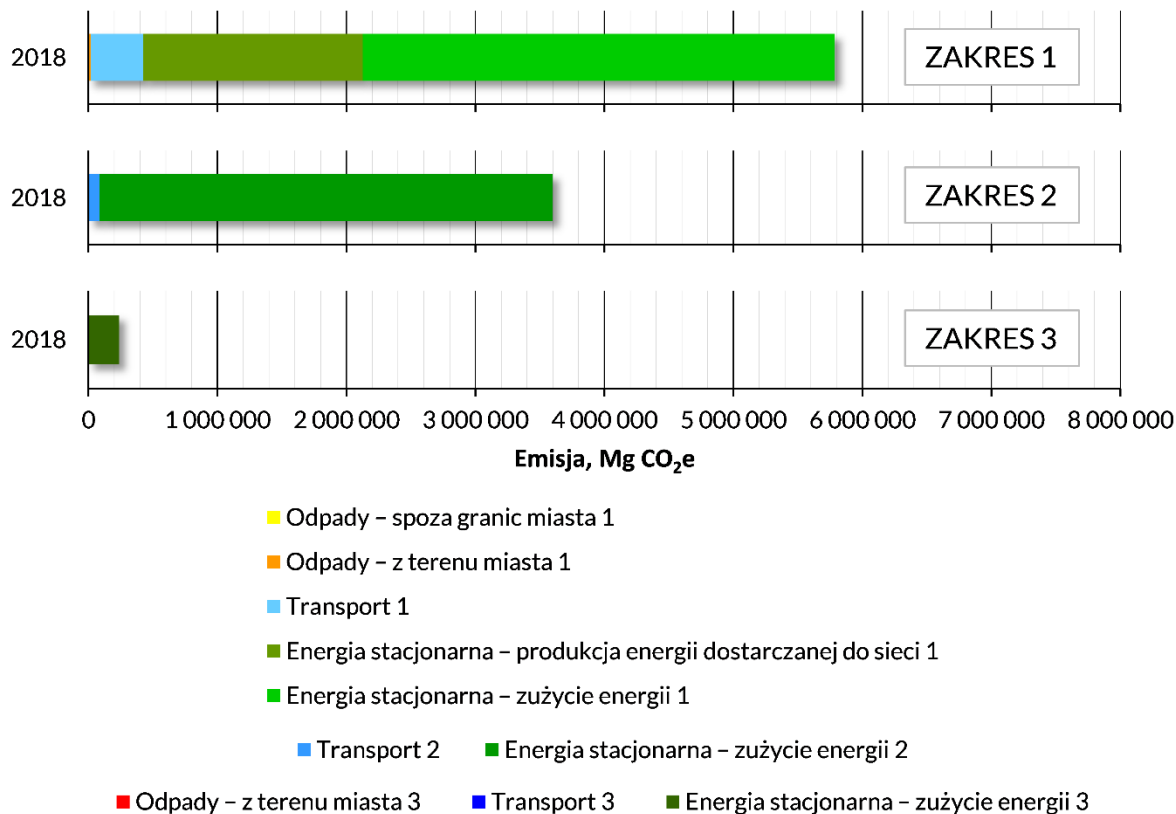
W Krakowie największy udział w sumarycznej emisji dla podejścia według działalności miasta (rys. 6, tab. Z2- 2) miał sektor Energia stacjonarna (ponad 93%), przy czym pośrednio uwzględnia on też emisje ze spalania odpadów komunalnych (produkowana energia jest dostarczana do sieci elektroenergetycznej i ciepłowniczej). Pozostałe emisje z sektora Odpady nie przekraczały 1%. Reszta emisji pochodziła z sektora Transport.



Rys. 6. Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta w 2018 r.
(1, 2, 3 w legendzie oznaczają numer zakresu)

Suma wg zakresów

Sumaryczna emisja według zakresów została przedstawiona na rys. 7 (i w tab. Z2- 3). Największą emisją charakteryzował się zakres 1 (znaczny udział ma w niej przemysł, w tym AMP), przy czym aż blisko 30% z niego stanowiła emisja pochodząca z zakładów dostarczających energię elektryczną i ciepłą do systemów sieciowych (PGE EC, ZTPO). Emisja z transportu wynosiła 7%, a emisja z odpadów, wytwarzanych i przetwarzanych na terenie miasta oraz wytwarzanych poza jego granicami, ale przetwarzanych w jego granicach, mniej niż 1%. W zakresie 2 i 3 sektor Energia stacjonarna odpowiadał za aż ok. 98% emisji.



Rys. 7. Emisja gazów cieplarnianych w poszczególnych zakresach w 2018 r.
(1, 2, 3 w legendzie oznaczają numer zakresu)

Wartości emisji z zakresu 1 oraz z zakresu 2 i 3 nie należy razem sumować, bowiem część emisji z PGE EC i ZTPO występuje w obu zakresach – w zakresie 1 jako emisje bezpośrednie z terenu miasta, a w zakresie 2 i 3 jako emisje pośrednie (zakłady produkujące energię elektryczną i ciepłą zasilają systemy sieciowe).

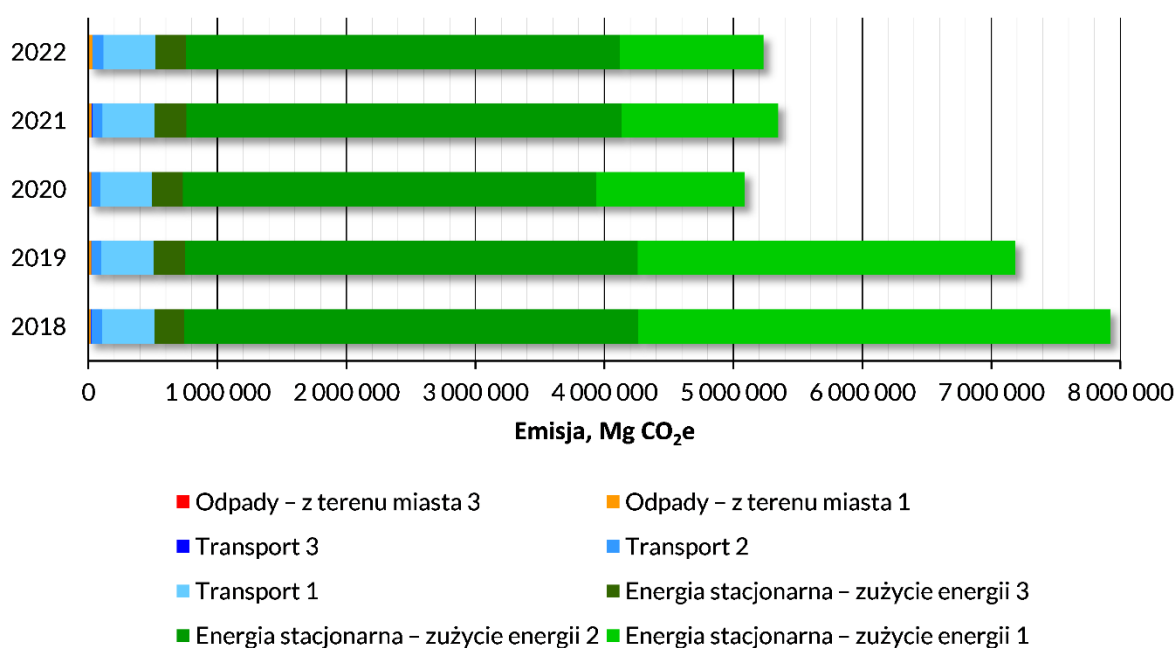
3. KONTROLNA INWENTARYZACJA EMISJI (MEI) – 2019-2022 R.

Inwentaryzację emisji dla kolejnych lat, tj. 2019-2022, zwaną kontrolną inwentaryzacją emisji (Monitoring Emission Inventory – MEI), przeprowadzono zgodnie z tą samą metodyką, co dla roku bazowego. W celach porównawczych na wykresach dodano również wartości dla 2018 r. Szczegółowe dane liczbowe dla sektorów i zakresów zawiera Załącznik nr 3 (plik GHGEmissionsReport_Summary.xlsx, arkusze: 2018, 2019, 2020, 2021, 2022).

3.1. Sumaryczna emisja

Suma wg działalności miasta

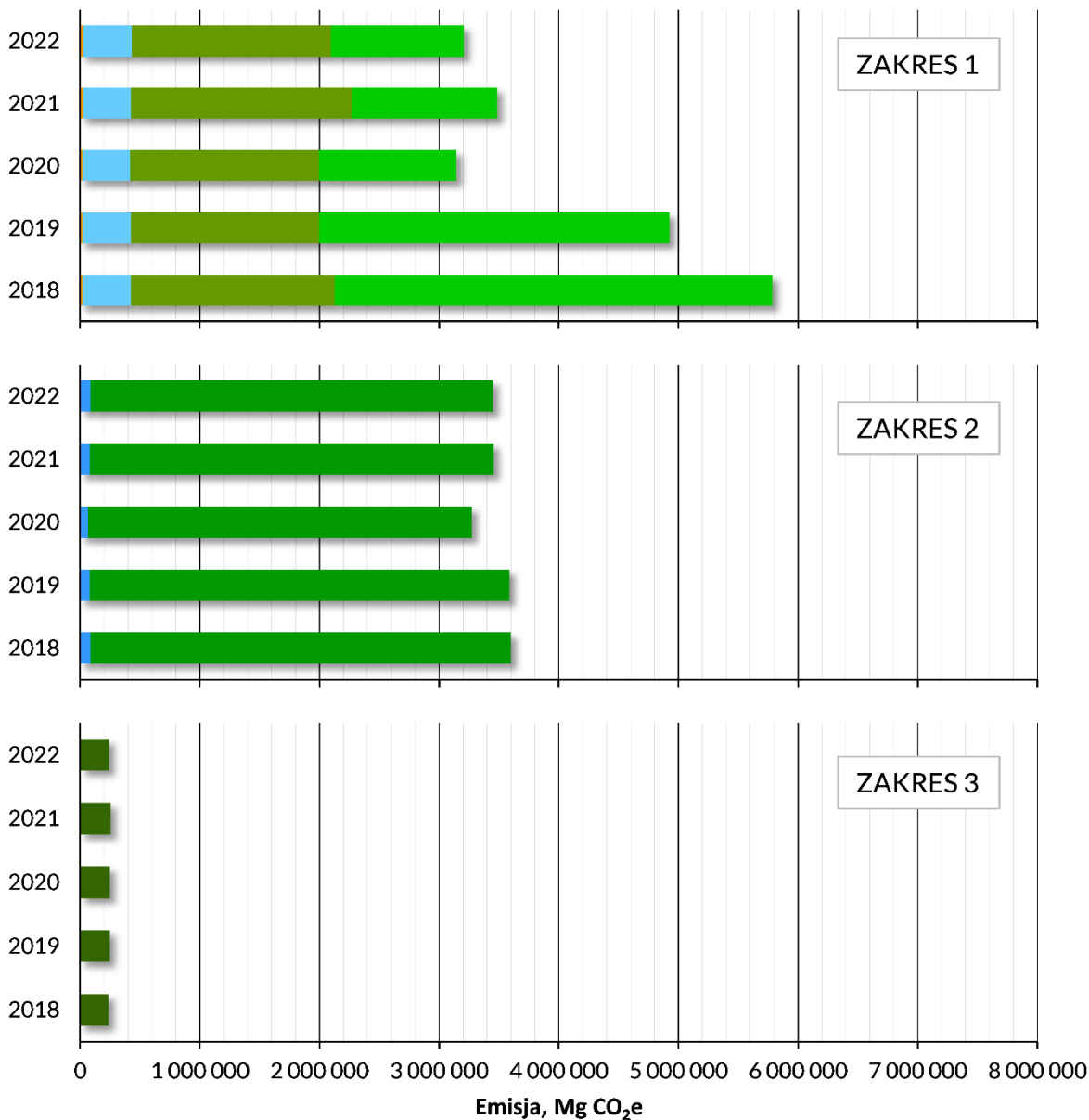
Sumaryczna emisja dla podejścia z działalności miasta w latach 2018-2022 (rys. 8, tab. Z2- 2) istotnie zmalała (o blisko 34%). Za tak dużą redukcję odpowiadają przede wszystkim zmiany na terenie kombinatu metalurgicznego, uwzględnianego w sektorze Energia stacjonarna. W efekcie, udział emisji z sektora Transport wzrósł od 6,2% w 2018 r. do 9,4% w 2022 r. Emisje z sektora Odpady pozostają na poziomie poniżej 1%.



Rys. 8. Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta w latach 2018-2022
(1, 2, 3 w legendzie oznaczają numer zakresu)

Suma wg zakresów

Istotny spadek w sumarycznej emisji dla podejścia z działalności miasta jest również widoczny w sumarycznej emisji dla zakresu 1 (redukcja blisko 45%). W następstwie tego emisja z PGE EC i ZTPO odpowiada obecnie za ponad połowę emisji z terytorium miasta, a udział emisji z transportu wzrósł od 7,0% w 2018 r. do 12,6% w 2022 r. Emisje z sektora Odpady pozostają na poziomie poniżej 1%. W zakresie 2 i 3 sektor Energia stacjonarna odpowiadał za aż ok. 98% emisji w całym analizowanym okresie (rys. 9, tab. Z2- 3).



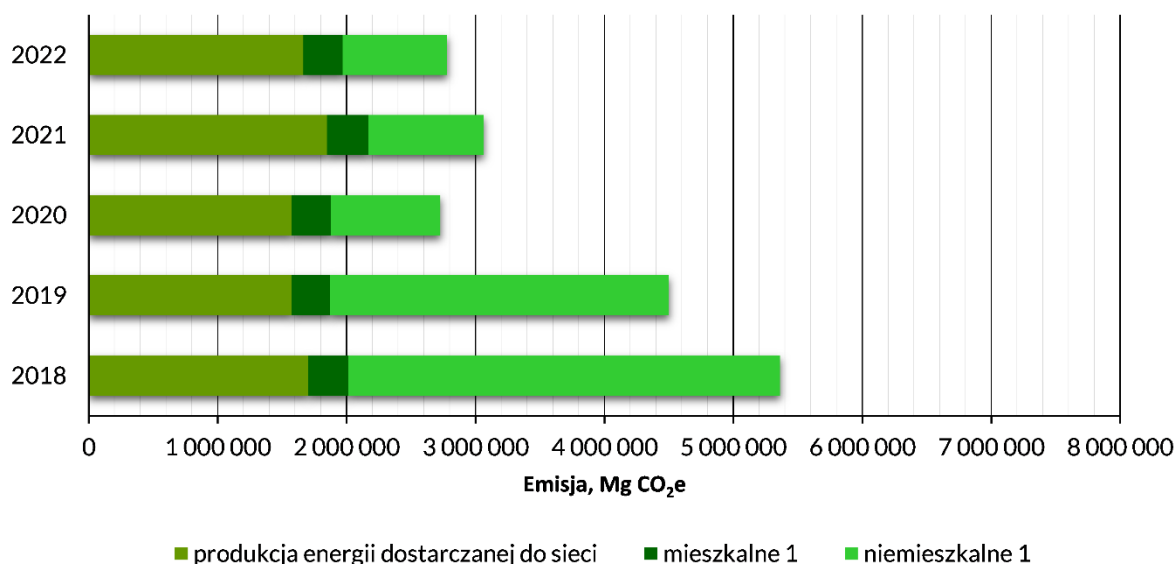
- Odpady – spoza granic miasta 1
- Odpady – z terenu miasta 1
- Transport 1
- Energia stacjonarna – produkcja energii dostarczanej do sieci 1
- Energia stacjonarna – zużycie energii 1
- Transport 2
- Energia stacjonarna – zużycie energii 2
- Odpady – z terenu miasta 3
- Transport 3
- Energia stacjonarna – zużycie energii 3

Rys. 9. Emisja gazów cieplarnianych w poszczególnych zakresach w latach 2018-2022 (1, 2, 3 w legendzie oznaczają numer zakresu)

3.2. Energia stacjonarna

W sektorze Energia stacjonarna głównym emitowanym gazem cieplarnianym jest CO₂. Emisje CH₄ i N₂O oszacowano tylko dla spalania odpadów na cele energetyczne oraz dla podsektora emisji ulotnych. Te ostatnie stanowią mniej niż 1% sumarycznej emisji dla sektora.

Znaczący udział (od 62,5% w 2018 r. do ponad 29% w 2022 r.) w emisji na terytorium miasta (zakres 1 wraz z emisją z produkcji energii dostarczanej do sieci, rys. 10, tab. Z2- 4) ma wykorzystanie paliw (węgla, gazu) w przemyśle, handlu i usługach. Jednocześnie w tym obszarze zanotowano największą redukcję emisji, związaną ze zmianami technologicznymi w kombinacie metalurgicznym ArcelorMittal Poland S.A.: wyłączeniem części surowcowej oraz przejściem z paliwa węglowego na gaz ziemny w elektrociepłowni należącej do TAMEH POLSKA Sp. z o.o. Emisja z produkcji energii dostarczanej do sieci, obejmująca emisję z elektrociepłowni PGE EC oraz z ZTPO, utrzymywała się na podobnym poziomie, a różnice w poszczególnych latach wynikają głównie z warunków pogodowych poszczególnych sezonów grzewczych (elektrociepłownia ma główny udział w tej części emisji).



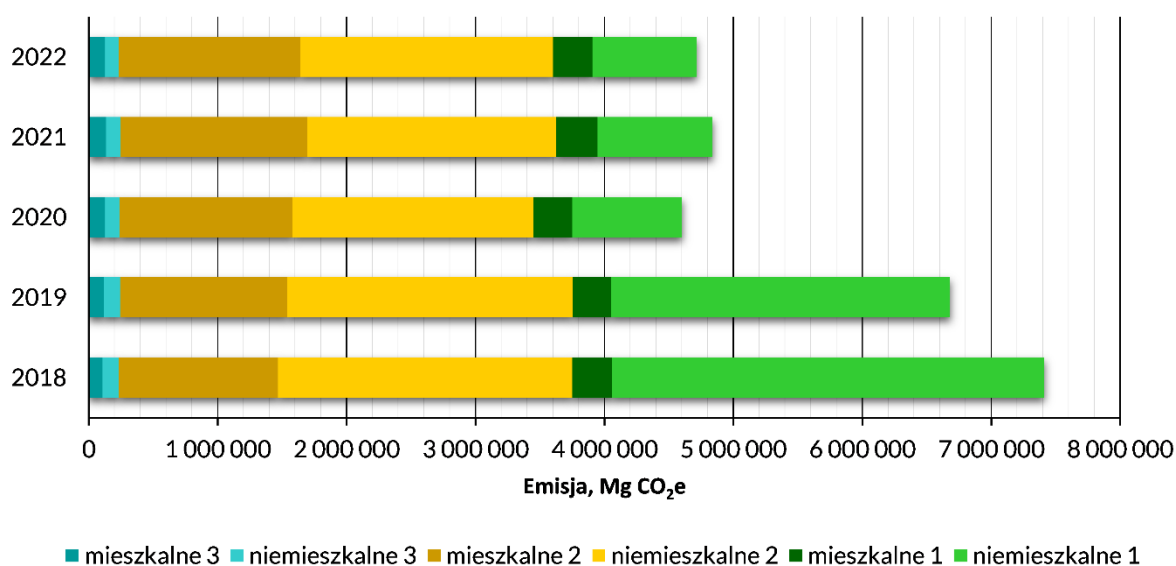
Rys. 10. Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Energia stacjonarna w latach 2018-2022 (1 w legendzie oznacza „zakres 1”)

Sumaryczna emisja z zakresu 2 utrzymuje się na podobnym poziomie (rys. 11, tab. Z2- 5). Wzrost zużycia energii związany z rozwojem gospodarczym kompensowany jest obniżaniem wskaźnika emisyjności dla energii elektrycznej. Na różnice pomiędzy latami miały wpływ m.in. warunki pogodowe (różna długość okresu grzewczego) oraz ograniczenie funkcjonowania zakładów z powodu pandemii COVID-19.

Na skutek spadku łącznej emisji (głównie z powodu zmniejszenia emisji z kombinatu metalurgicznego) udział emisji z zakresu 2 wzrósł z poziomu 47,5% do poziomu ponad 71% całkowitej emisji z działalności miasta.

Struktura i zmiany w czasie emisji z zakresu 3 były analogiczne jak dla emisji z zakresu 2. Udział zakresu 3 w całkowitej emisji z działalności miasta jest nieznaczny (3,2% w 2018 r., 5,0% w 2022 r.).

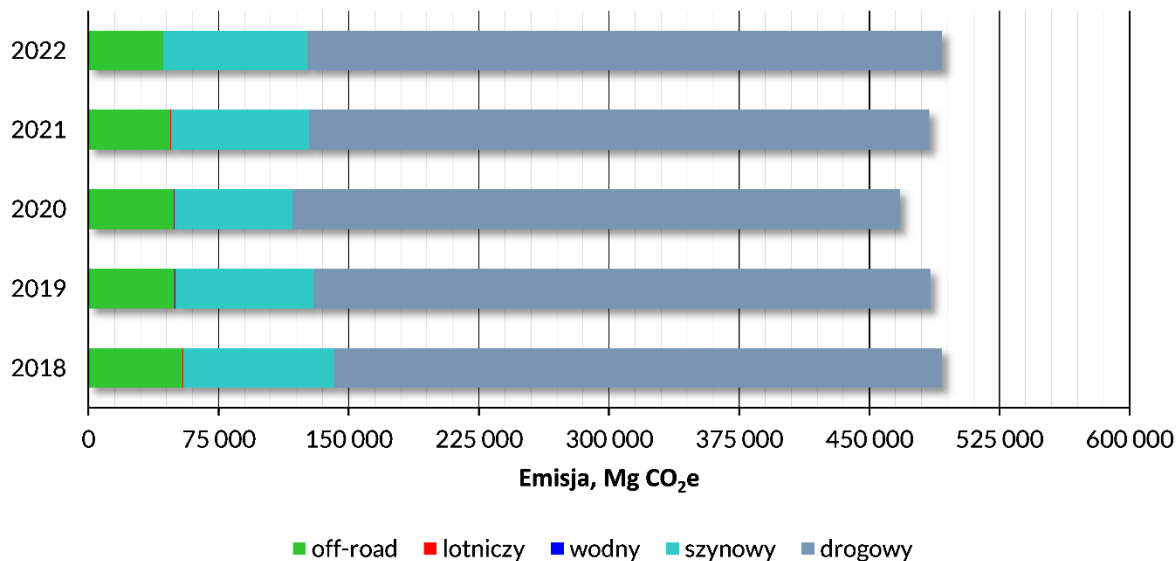
W przypadku gospodarstw domowych obserwujemy bezwzględny wzrost emisji z powodu wzrostu zużycia energii oraz zmian we wskaźnikach emisji. W konsekwencji ich udział w kolejnych latach, w odniesieniu do zakresu 2, wyniósł 35,1% w 2018 r. i 41,7% w 2022 r. W zakresie 3 zmienił się od blisko 46% do 54,5%, a względem całkowitej emisji z działalności miasta wzrósł od 22,3% do 39,0%.



Rys. 11. Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta z sektora Energia stacjonarna w latach 2018-2022 (1, 2, 3 w legendzie oznaczają numer zakresu)

3.3. Transport

W sektorze transportu emisję gazów cieplarnianych, ujętych w *Inwentaryzacji*, stanowi przede wszystkim emisja CO₂. Jej wartości w latach 2018-2022, po zsumowaniu zakresu 1, 2 i 3, są na porównywalnym poziomie (rys. 12, tab. Z2- 6), przy czym największy udział ma w nich transport drogowy (71,3% w 2018 r., 74,4% w 2022 r.). Wyniki obliczeń emisji dla roku 2020 (pandemicznego) nie wyróżniają się szczególnym spadkiem wartości, gdyż dla dominującego podsektora transportu drogowego indywidualnego emisja była obliczana na podstawie modelu ruchu, który nie uwzględnia takich sytuacji nadzwyczajnych. Większe różnice pomiędzy latami można zaobserwować analizując emisje w podziale na poszczególne podsystemy.



Rys. 12. Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta z sektora Transport w latach 2018-2022, z podziałem na podsystemy transportu

Transport drogowy

Zaobserwowany wzrost emisji w poszczególnych latach w przypadku samochodów osobowych, dostawczych i ciężarowych spowodowany jest wzrostem liczby ludności (scenariuszem rozwoju miasta pod względem liczby ludności, rozwoju zabudowy, lokalizacji generatorów ruchu, zaimplementowanym w Krakowskim Modelu Ruchu), przekładającym się na zwiększającą się ruchliwość.

Zaobserwowany spadek emisji w latach 2018-2020 w przypadku autobusów i busów niemiejskich (nie obsługiwanych przez miejski transport publiczny) uwarunkowany był spadkiem liczby przejechanych wozokilometrów, które wyliczane są na podstawie wydawanych zezwoleń na wykonywanie regularnych przewozów osób w krajowym transporcie drogowym. Spadek emisji prawdopodobnie wiązał się z kryzysem na rynku przewozów osobowych. Kryzys był spowodowany m.in. cięciami lub likwidacją lokalnych połączeń autobusowych, zadłużeniem firm oferujących przewozy, wycofaniem PKS-ów, oraz upadkiem firm prywatnych przewoźników podczas pandemii w 2020 roku – nie wszyscy przewoźnicy powrócili do roku 2022 na krakowskie drogi.

W przypadku komunikacji zbiorowej miejskiej różnice w pozyskanych danych dla poszczególnych lat uwarunkowane mogą być zmianami w organizacji ruchu, wynikającymi z rozwoju systemu transportu w Krakowie – remonty lub przebudowy ciągów komunikacyjnych, a także budowa nowych. Spadek emisji w kolejnych latach uwarunkowany jest unowocześnianiem floty pojazdów komunikacji zbiorowej, przełożonym na wyniki poprzez zastosowanie w kalkulatorze prognostycznej struktury floty pojazdów. W odniesieniu do otrzymanych danych w zakresie pracy przewozowej komunikacji zbiorowej miejskiej należy zaznaczyć, iż wozokilometry dotyczą wszystkich linii autobusowych, tzn. kursujących zarówno w granicach administracyjnych miasta, jak i poza nimi.

Transport szynowy

W przypadku tramwajów oraz pociągów towarowych i pasażerskich obserwuje się tendencję spadkową emisji do 2020 roku i tendencję wzrostową emisji od 2020 roku.

Transport wodny

W przypadku tramwaju wodnego i innych statków pływających w granicach miasta nie zauważa się wyraźniej tendencji zmiany wartości emisji.

Transport lotniczy

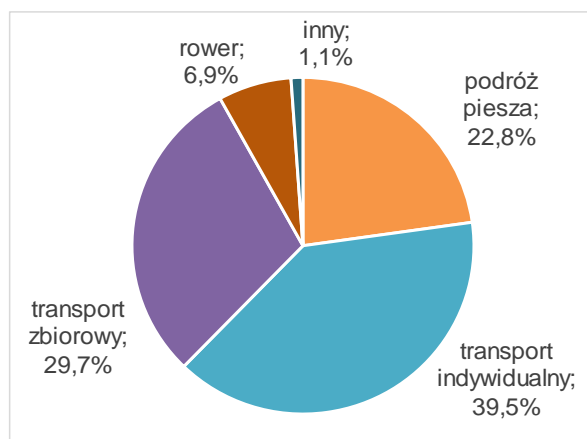
W przypadku lotnictwa krajowego w zakresie ratownictwa medycznego, pokazów sportowych lub lotów rekreacyjnych, nie zauważa się wyraźniej tendencji zmiany wartości emisji (dla transportu lotniczego w 2022 r. wartość emisji jest o wiele niższa, wynika to jednak z pozyskania ograniczonej ilości danych).

Transport off-road

W przypadku ciągników rolniczych oraz pojazdów wolnobieżnych można zaobserwować minimalny spadek emisji.

Podział zadań przewozowych

Struktura emisji z poszczególnych podsektorów (największa z transportu drogowego, najmniejsza z transportu wodnego) zależy od podziału zadań przewozowych dla Krakowa. W niniejszej *Inwentaryzacji* wykorzystano dane z weryfikacji Kompleksowych Badań Ruchu, przeprowadzonej w 2018 r. (rys. 13).



Rys. 13. Podział zadań przewozowych w podróżach ogółem, 2018 r. [18]

Kompleksowe Badania Ruchu (KBR) są przeprowadzane okresowo. Ostatnie badania na tzw. dużej próbie były przeprowadzone w latach 2013-2014. Wtedy KBR obejmował swoim zakresem badanie ankietowe ludności, pomiary ruchu pasażerskiego oraz drogowego, a także budowę Krakowskiego Modelu Ruchu. Ze względu na bardzo wysokie koszty przeprowadzania tego typu badań odbywają się one co około 10 lat. W celu ogólnej oceny zmian w zachowaniach

transportowych, w szczególności w kontekście zmian podziału zadań przewozowych, w latach 2016 oraz 2018 zostały przeprowadzone weryfikacje wyżej opisanych badań, oparte o próbę 1000 gospodarstw domowych na obszarze Krakowa. Pozyskana w ramach KBR wiedza w zakresie podróży jest niezbędna do właściwego zarządzania systemem transportowym Krakowa, stąd też Miasto zleciło w 2023 roku ponowne przeprowadzenie badań na dużej próbie. W trakcie przeprowadzania niniejszej *Inwentaryzacji* wyniki nie były jeszcze dostępne.

3.4. Odpady

Największą emisją gazów cieplarnianych powstałych podczas zagospodarowania odpadów komunalnych i ścieków na terenie Krakowa jest emisja CO₂, będąca efektem termicznego przekształcania odpadów komunalnych, która została ujęta w sektorze Energia stacjonarna. Emisja gazów cieplarnianych z pozostałych procesów przetwarzania odpadów jest znikoma.

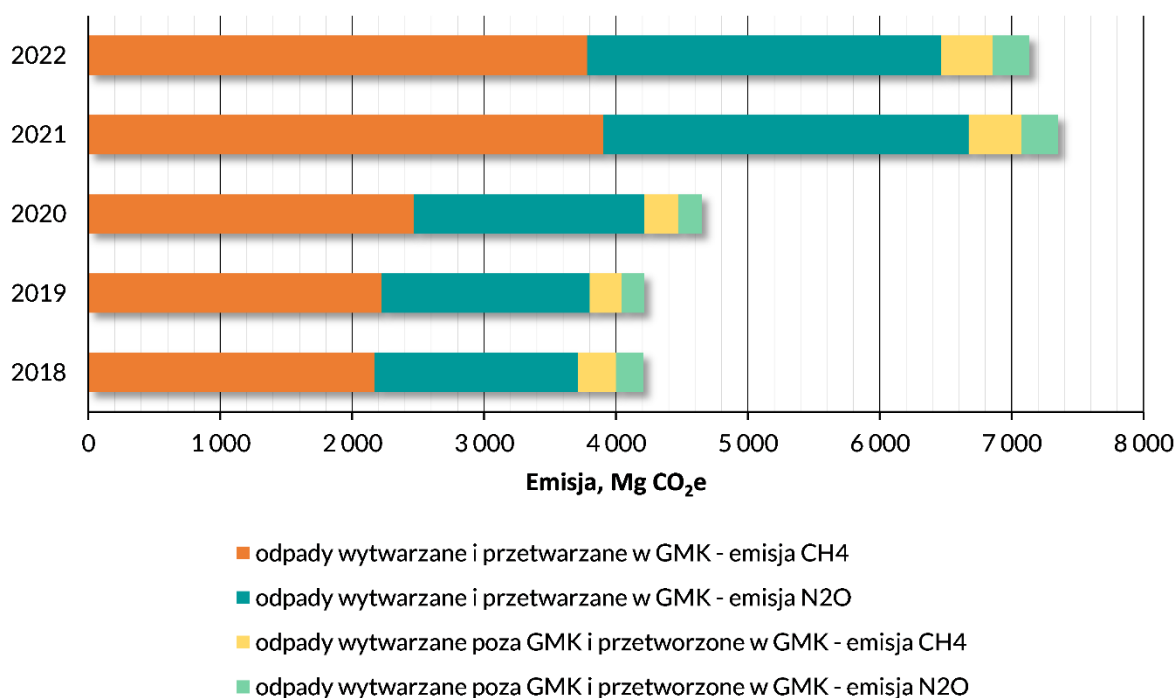
Odpady

W zakresie składowania odpadów na składowisku odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne Barycz przyjęto, że emisja metanu z tego procesu jest równa zero. Powody przyjęcia takiej wartości opisano w rozdziale 2.3.

Z roku na rok obserwuje się wzrost ilości wytwarzanych w Krakowie odpadów zielonych oraz kuchennych. Oprócz zwiększania się populacji miasta oraz podwyższania się poziomu zamożności, wzrost ten spowodowały przede wszystkim zmiany ustawowe (2019 r.), wprowadzające dla właścicieli nieruchomości obowiązkowy 5-pojemnikowy system segregacji odpadów komunalnych. Odpady kuchenne (bio) zostały wyodrębnione jako osobna frakcja.

Na wyniki emisji gazów cieplarnianych w poszczególnych zakresach *Inwentaryzacji* istotny wpływ ma sposób i miejsce zagospodarowania odpadów. Część odpadów biologicznych odebrana od właścicieli nieruchomości, z uwagi na ograniczone moce przerobowe instalacji własnej, jest czasowo magazynowana na terenie Centrum Ekologicznego Barycz, a następnie, w miarę zwalniania się mocy przerobowych, poddawana procesowi kompostowania (fermentacja tlenowa) w pierwszej kolejności. Zwiększenie przepustowości Kompostowni Barycz (do 32 440 Mg odpadów/rok), a tym samym wzrost ilości odpadów poddanych biologicznemu przetworzeniu, przełożyło się na wzrost emisji w 2021 r. (rys. 14, tab. Z2- 7). Z kolei, choć w 2022 r. również zaobserwowano wzrost ilości odebranych odpadów zielonych i kuchennych (wzrost o ok. 7,2%), to z uwagi na poddanie kompostowaniu mniejszej ilości odpadów (w porównaniu z 2021 r. spadek o ok. 3,3%) emisje CH₄ oraz N₂O z biologicznego przetwarzania odpadów nieznacznie zmalały. Podobnie wygląda sytuacja w przypadku przetwarzania odpadów o kodach 20 01 08 oraz 20 02 01, wytworzonych poza granicami Krakowa, a przetwarzanych na jego terenie. Emisja zmniejszyła się, gdyż przetworzono o ok. 1,3% odpadów mniej. Powyższe spadki nie zmieniają faktu, że w całym zakresie 1 największy udział w emisji w poszczególnych latach (średnio ok. 90%) ma emisja pochodząca z przetwarzania odpadów komunalnych wytworzonych i przetworzonych w granicach gminy.

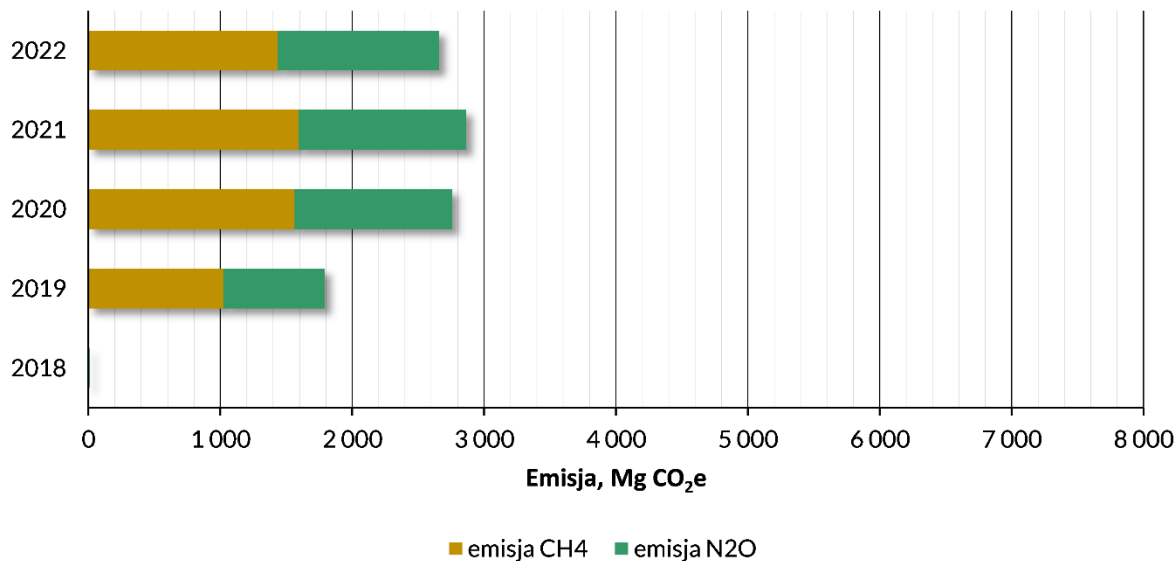
W obliczeniach nie uwzględniono instalacji MIKI Recykling Sp. z o. o., w której przetwarzano odpady kuchenne. Odpady te zostały poddane przetworzeniu w procesie odzysku w instalacji do suszenia biologicznego odpadów ulegających biodegradacji. Z odpadów powstaje paliwo alternatywne (kod 19 12 12). W związku z powyższym przyjęto, że emisja substancji do powietrza jest znikoma.



Rys. 14. Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Odpady w latach 2018-2022 (z biologicznego przetwarzania odpadów, z wyłączeniem ścieków)

Wpływ wprowadzenia 5-pojemnikowego systemu segregacji jest najwyraźniej widoczny w emisji z zakresu 3. Wyodrębniony strumień odpadów kuchennych został skierowany do przetworzenia w instalacjach znajdujących się głównie poza granicami miasta, stąd tak znaczący wzrost w 2019 r. (rys. 15, tab. Z2- 8). Obecne moce przerobowe na terenie Krakowa są niewystarczające. Wybór konkretnej instalacji poza granicami miasta dokonywany jest przez przedsiębiorcę obsługującego wybrany obszar w zakresie odbioru odpadów. W 2022 r. emisja z biologicznego przetwarzania odpadów o kodach 20 01 08 oraz 20 02 01 wytworzonych w Krakowie, ale przetworzonych poza granicami Krakowa, zmniejszyła się w stosunku do 2021 r. Jest to spowodowane przetworzeniem mniejszej ilości odpadów pochodzących z Krakowa.

Na sumaryczną emisję z działalności miasta z sektora Odpady (z wyłączeniem ścieków) składa się emisja z biologicznego przetwarzania odpadów powstałych na terenie Krakowa i zagospodarowywanych na jego terenie (część zakresu 1) oraz zagospodarowywanych poza jego granicami (zakres 3). W 2022 r. udział emisji uwzględnionej w zakresie 1 w stosunku do całkowitej emisji z działalności miasta wyniósł 71%.

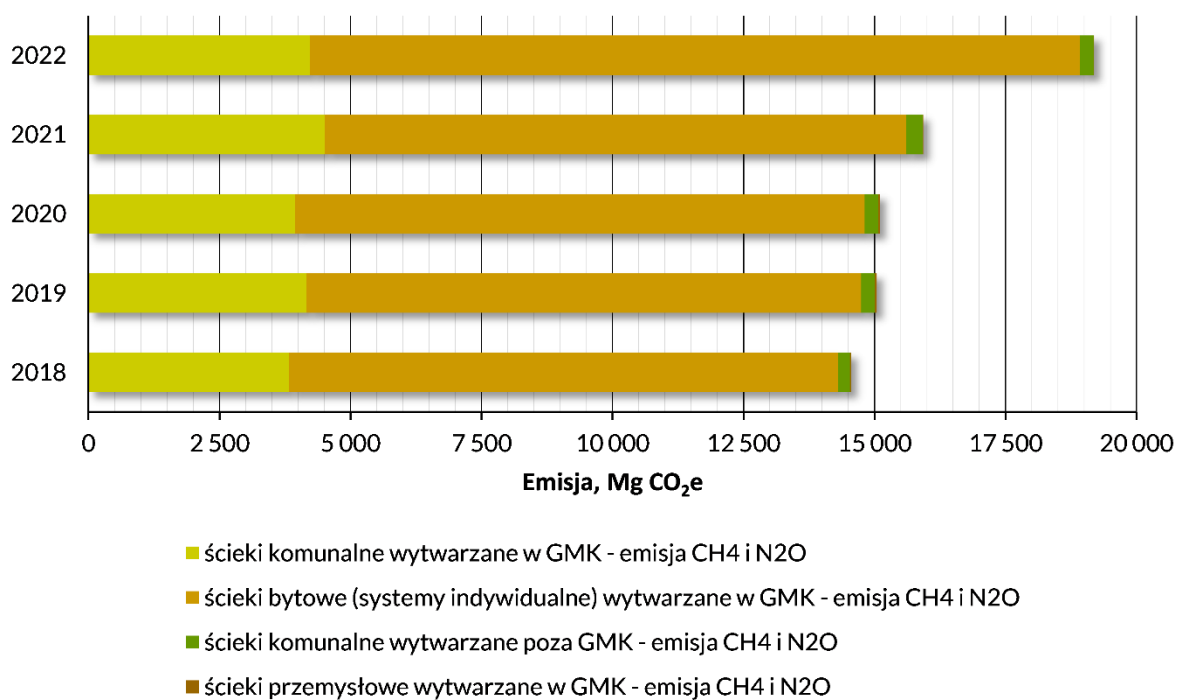


Rys. 15. Emisja gazów cieplarnianych poza terytorium miasta (zakres 3) z sektora Odpady w latach 2018-2022 (z biologicznego przetwarzania odpadów, z wyłączeniem ścieków)

Ścieki

Największy udział emisji CH₄ i N₂O ze ścieków w ekwiwalencji CO₂, tj. 76,6% w 2022 r., pochodził ze ścieków bytowych gromadzonych w zbiornikach na nieczystości ciekłe lub oczyszczanych w przydomowych oczyszczalniach ścieków (systemy indywidualne). Z kolei emisja ze ścieków komunalnych wytwarzanych w mieście stanowiła w 2022 r. 22,0% całkowitej emisji CO₂e. Wzrost emisji ze ścieków bytowych oraz komunalnych pomiędzy latami 2020 i 2021 (rys. 16, tab. Z2- 9) wynikał głównie ze wzrostu liczby mieszkańców Krakowa, co wpłynęło na wzrost liczby osób korzystających z miejskich oczyszczalni ścieków. W analizowanym okresie (2018-2022) liczba ludności Krakowa wzrosła, co miało wpływ na wzrost wielkości emisji gazów cieplarnianych ze ścieków komunalnych i bytowych. Jednocześnie, zgodnie z danymi statystycznymi GUS, w 2022 r. znacznie spadła raportowana liczba ludności korzystającej z miejskich oczyszczalni ścieków, a przez to wzrosła liczba niekorzystających, co wpłynęło na wzrost emisji ze ścieków bytowych. Czynnikiem wpływającym na zmiany wielkość emisji gazów cieplarnianych ze ścieków komunalnych, w szczególności pomiędzy latami 2018 i 2021, była również efektywność usuwania ładunku zanieczyszczeń organicznych oraz azotu w miejskich oczyszczalniach ścieków. W 2018 r. redukcja zanieczyszczeń organicznych w oczyszczalniach wynosiła średnio 99,0%, a w 2021 r. spadła do 98,5%. Z kolei efektywność usuwania azotu ze ścieków z 87,2% w 2018 r. spadła do 84,3% w 2021 r., zaś w 2022 r. była na poziomie 88,2%.

Jeżeli chodzi o emisje CH₄ i N₂O ze ścieków komunalnych wytwarzanych poza miastem, to nastąpił nieznaczny jej wzrost (z 229 Mg CO₂e w 2018 r. do 252 Mg CO₂e w 2022 r.) z uwagi na rozbudowę kanalizacji sanitarnej w gminach ościennych i zwiększenie ilości ścieków kierowanych do krakowskich systemów kanalizacyjnych. Z kolei w odniesieniu ścieków przemysłowych generowanych w mieście wielkość emisji była nieznaczna i stanowiła od 0,14% (w 2018 r.) do 0,07% (w 2022 r.) całkowitej emisji gazów cieplarnianych ze ścieków.



Rys. 16. Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Odpady (ścieki) w latach 2018-2022

4. STRESZCZENIE

Inwentaryzację emisji gazów cieplarnianych dla Gminy Miejskiej Kraków przeprowadzono dla lat 2018-2022, zgodnie z metodyką *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories* (GPC), na podstawowym poziomie raportowania (BASIC), który obejmuje sektory: Energia stacjonarna, Transport i Odpady. Podczas prezentacji wyników wymagane jest zastosowanie dwóch podejść/ram: według działalności miasta („City-induced framework”) oraz według zakresów („Scopes framework”). W opracowaniu, podczas szacowania, wykorzystano dane pochodzące bezpośrednio od różnych podmiotów prowadzących działalność na terenie Krakowa oraz inne dane, np. krajowe wskaźniki emisji.

W Krakowie największy udział w sumarycznej emisji dla podejścia według działalności miasta ma sektor Energia stacjonarna (w 2018 r. było to ponad 93%). Jednocześnie w tym sektorze zanotowano największy spadek – w latach 2018-2022 emisja zmalała o ponad 36%. Udział sektora Transport w sumarycznej emisji wzrósł od 6,2% do 9,4%. Z kolei emisje z sektora Odpady w każdym roku nie przekroczyły 1%, ale należy wziąć pod uwagę fakt, że emisje ze spalania odpadów komunalnych są uwzględniane w sektorze Energia stacjonarna.

W przypadku podejścia według zakresów suma emisji z zakresu 1 jest obecnie na porównywalnym poziomie do sumy emisji z zakresu 2. Emisja z zakresu 1 (terytorialnego) jest efektem przede wszystkim spalania paliw kopalnych. Za ponad połowę odpowiada produkcja energii cieplnej i elektrycznej, dostarczanych do systemów sieciowych. W zakresie 2 i 3 sektor Energia stacjonarna generuje aż ok. 98% emisji w całym analizowanym okresie.

Ze względu na przekrojowy charakter sektorów objętych Inwentaryzacją, może być ona wykorzystana w innych opracowaniach tworzonych dla Miasta Krakowa. Dla dokumentów typu Kontrakt Klimatyczny czy też SECAP jest ona wręcz niezbędna. Uzyskane wyniki stanowią ponadto podstawę do planowania działań inwestycyjnych i nieinwestycyjnych, mających na celu redukcję emisji.

LITERATURA

- [1] CDP Disclosure Insight Action
<https://www.cdp.net/en> [dostęp 21.12.2023 r.]
- [2] *Rocznik Statystyczny Krakowa 2021*, Urząd Statystyczny w Krakowie, Kraków 2021
<https://krakow.stat.gov.pl/publikacje-i-foldery/roczniki-statystyczne/rocznik-statystyczny-krakowa-2021,6,9.html> [dostęp 21.12.2023 r.]
- [3] *Biuletyn statystyczny Krakowa 2 kwartał 2022 (edukacja), 4 kwartał 2020, 4 kwartał 2021, 4 kwartał 2022 (pozostałe)*, Urząd Statystyczny w Krakowie, Kraków 2020-2022
https://www.bip.krakow.pl/?sub_dok_id=708 [dostęp 21.12.2023 r.]
- [4] *Bank Danych Lokalnych*, Główny Urząd Statystyczny
<https://bdl.stat.gov.pl/bdl/start> [dostęp 21.12.2023 r.]
- [5] *Małopolska Infrastruktura Informacji Przestrzennej*, Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego
<https://miip.geomalopolska.pl/imap/> [dostęp 21.12.2023 r.]
- [6] *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”, tekst Planu str. 25-26 oraz Załącznik nr 3 – Mapa 3. Obszary wrażliwości miasta*
https://bip.krakow.pl/?dok_id=167&sub_dok_id=167&sub=uchwala&query=id%3D24828%26typ%3Du [dostęp 21.12.2023 r.]
- [7] *Portal MSIP Obserwatorium*, Gmina Miejska Kraków, mapa „Przestrzeń miejska i planowanie”, warstwa „Pokrycie terenu 2021”
https://msip.um.krakow.pl/kompozycje/?config=config_plan.json [dostęp 21.12.2023 r.]
- [8] *Greenhouse Gas Protocol, Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories*, World Resources Institute 2014, aktualizacja 2021
<https://ghgprotocol.org/ghg-protocol-cities> [dostęp 21.12.2023 r.]
- [9] *Tabele WO i WE*, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami
<https://www.kobize.pl/pl/article/monitorowanie-raportowanie-weryfikacja-emisji/id/318/tabele-wo-i-we> [dostęp 21.12.2023 r.]
- [10] *EFDB Emission Factor Database*, Intergovernmental Panel on Climate Change
https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef.php?ipcc_code=1.B.1.a.i.2&ipcc_level=5
[dostęp 21.12.2023 r.]
https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef.php?ipcc_code=1.B.2.b.iii.5&ipcc_level=5
[dostęp 21.12.2023 r.]
- [11] *Wskaźniki emisyjności. Wskaźniki produktowe dla energii elektrycznej*, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami
<https://www.kobize.pl/pl/fileCategory/id/28/wskazniki-emisyjnosci>
[dostęp 21.12.2023 r.]
- [12] *Wskaźniki efektywności sieci ciepłowniczej, struktura paliw pierwotnych*, Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej S.A. w Krakowie
<https://www.mpec.krakow.pl/strefa-projektanta> [dostęp 21.12.2023 r.]
- [13] *Raport zintegrowany*, TAURON
<http://raport2018.tauron.pl/wp-content/uploads/2019/08/Tauron.pdf>
[dostęp 21.12.2023 r.]

- [14] *Sprawozdania na temat informacji niefinansowych*, Grupa Kapitałowa TAURON
[https://www.tauron.pl/tauron/o-tauronie/-/media/tauron/o-tauronie/esg/sprawozdanie nt informacji niefinansowych 2020 ESG.ashx](https://www.tauron.pl/tauron/o-tauronie/-/media/tauron/o-tauronie/esg/sprawozdanie_nt_informacji_niefinansowych_2020_ESG.ashx)
[dostęp 21.12.2023 r.]
<https://www.tauron.pl/-/media/tauron/o-tauronie/esg/tauron-sprniefin-2021-12-31-pl.ashx> [dostęp 21.12.2023 r.]
https://www.tauron.pl/-/media/tauron/o-tauronie/esg/2022/tauron-sprniefin-2022-12-31-pl_fiall.ashx [dostęp 21.12.2023 r.]
- [15] *Sprawozdania z działalności Spółki*, Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej S.A. w Krakowie
- [16] *Metodyka oceny poziomu emisji gazów cieplarnianych w wybranych powiatach dla lat 2005, 2010 i 2013 z podziałem na sektory*, Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2015 r.
<http://old.chronmyklimat.pl/download.php?id=250> [dostęp 21.12.2023 r.]
- [17] *Badania monitoringowe gazu składowiskowego wykonywane zgodnie z instrukcją zatwierdzoną decyzją Marszałka Województwa Małopolskiego. Badania, analiza i interpretacja wyników*, Instytut Nafty i Gazu – PIB, Kraków 2019
- [18] *Weryfikacja badań zachowań komunikacyjnych przeprowadzanych w ramach KBR z 2013 roku (próba 1000). Raport z badania*, Wołkiewicz Realizacja Badań Marketingowych i Społecznych, Gdynia 2018
https://www.bip.krakow.pl/?sub_dok_id=96966 [dostęp 21.12.2023 r.]


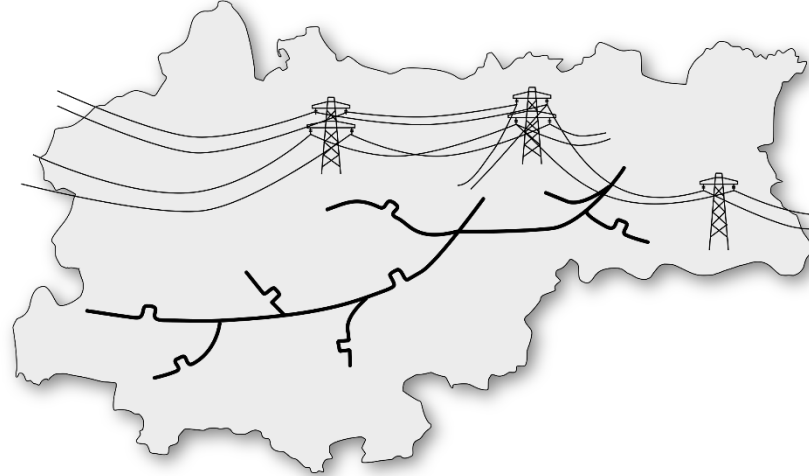


SPIS TABEL I RYSUNKÓW

Rys. 1.	Kraków na tle województwa małopolskiego (opracowano na podstawie [5])	5
Rys. 2.	Ludność w wieku przedprodukcyjnym (17 lat i mniej), produkcyjnym i poprodukcyjnym [4] oraz przeciętny produkt krajowy brutto (PKB) w przeliczeniu na 1 mieszkańca [3] – dane dla Krakowa z lat 2018-2022 (dla PKB dane za 2021-2022 jeszcze niedostępne, dla ludności dane od 2020 r. po korekcie GUS w związku z NSP 2021).....	5
Rys. 3.	Zagospodarowanie terenu na obszarze Miasta Krakowa w 2021 r. [7]	6
Rys. 4.	Sposób sumowania emisji według działalności miasta	7
Rys. 5.	Sposób sumowania emisji według zakresów	8
Rys. 6.	Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta w 2018 r. (1, 2, 3 w legendzie oznaczają numer zakresu).....	14
Rys. 7.	Emisja gazów cieplarnianych w poszczególnych zakresach w 2018 r. (1, 2, 3 w legendzie oznaczają numer zakresu).....	15
Rys. 8.	Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta w latach 2018-2022 (1, 2, 3 w legendzie oznaczają numer zakresu)	16
Rys. 9.	Emisja gazów cieplarnianych w poszczególnych zakresach w latach 2018-2022 (1, 2, 3 w legendzie oznaczają numer zakresu)	17
Rys. 10.	Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Energia stacjonarna w latach 2018-2022 (1 w legendzie oznacza „zakres 1”)	18
Rys. 11.	Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta z sektora Energia stacjonarna w latach 2018-2022 (1, 2, 3 w legendzie oznaczają numer zakresu)	19
Rys. 12.	Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta z sektora Transport w latach 2018-2022, z podziałem na podsystemy transportu.....	20
Rys. 13.	Podział zadań przewozowych w podróżach ogółem, 2018 r. [18].....	21
Rys. 14.	Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Odpady w latach 2018-2022 (z biologicznego przetwarzania odpadów, z wyłączeniem ścieków)	23
Rys. 15.	Emisja gazów cieplarnianych poza terytorium miasta (zakres 3) z sektora Odpady w latach 2018-2022 (z biologicznego przetwarzania odpadów, z wyłączeniem ścieków)	24
Rys. 16.	Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Odpady (ścieki) w latach 2018-2022	25
Tab. Z1- 1.	Podział źródeł emisji ze względu na sektory i zakresy.....	31
Tab. Z1- 2.	Kwalifikowanie źródeł emisji do sumowania emisji według zakresów	34
Tab. Z1- 3.	Kwalifikowanie źródeł emisji do sumowania emisji według działalności miasta.....	35
Tab. Z2- 1.	Ludność w wieku przedprodukcyjnym (17 lat i mniej), produkcyjnym i poprodukcyjnym [4] oraz przeciętny produkt krajowy brutto (PKB) w przeliczeniu na 1 mieszkańca [3] – dane dla Krakowa z lat 2018-2022.....	36

Tab. Z2- 2. Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta w latach 2018-2022, w Mg CO ₂ e (1, 2, 3 w opisie oznaczają numer zakresu).....	36
Tab. Z2- 3. Emisja gazów cieplarnianych w poszczególnych zakresach w latach 2018-2022, w Mg CO ₂ e (1, 2, 3 w opisie oznaczają numer zakresu)	36
Tab. Z2- 4. Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Energia stacjonarna w latach 2018-2022, w Mg CO ₂ e (1 w opisie oznacza „zakres 1”)	37
Tab. Z2- 5. Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta z sektora Energia stacjonarna w latach 2018-2022, w Mg CO ₂ e (1, 2, 3 w opisie oznaczają numer zakresu)	37
Tab. Z2- 6. Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta z sektora Transport w latach 2018-2022, w Mg CO ₂ e, z podziałem na podsystemy transportu.....	37
Tab. Z2- 7. Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Odpady w latach 2018-2022, w Mg CO ₂ e (z biologicznego przetwarzania odpadów, z wyłączeniem ścieków)	38
Tab. Z2- 8. Emisja gazów cieplarnianych poza terytorium miasta (zakres 3) z sektora Odpady w latach 2018-2022, w Mg CO ₂ e (z biologicznego przetwarzania odpadów, z wyłączeniem ścieków).....	38
Tab. Z2- 9. Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Odpady (ścieki) w latach 2018-2022, w Mg CO ₂ e	38

ZAŁĄCZNIK NR 1 SUMARYCZNA EMISJA W ROZBICIU NA SEKTORY I ZAKRESY

Tab. Z1- 1. Podział źródeł emisji ze względu na sektory i zakresy

Sektor i zakres / Źródła emisji	
<p>Energia stacjonarna – zużycie energii – zakres 1 emisje bezpośrednie (spalanie paliw)</p> 	<p>Energia stacjonarna – zużycie energii – zakres 2 emisje pośrednie (wykorzystanie energii cieplnej i elektrycznej)</p> 
<p>Energia stacjonarna – zużycie energii – zakres 3 emisje pośrednie (wykorzystanie energii cieplnej i elektrycznej – straty)</p> 	<p>Energia stacjonarna – wytwarzanie energii dostarczonej do sieci – zakres 1 emisje bezpośrednie (spalanie paliw)</p> 

Sektor i zakres / Źródła emisji

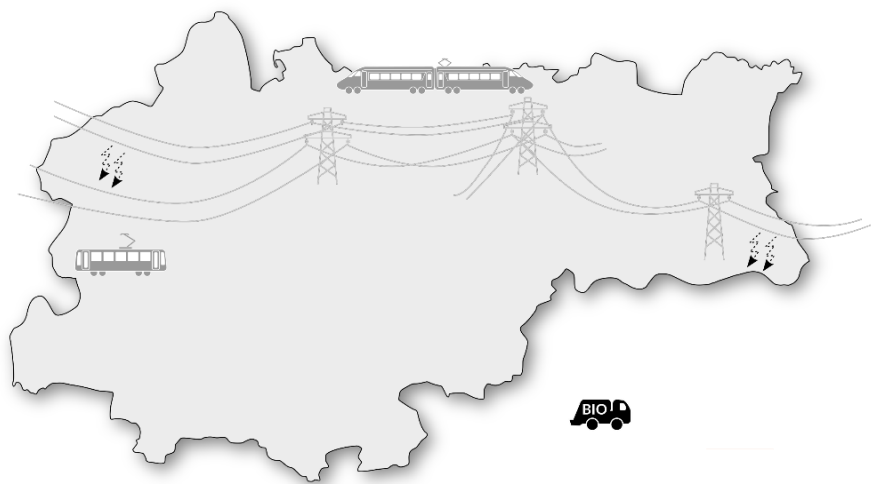
Transport – zakres 1
emisje bezpośrednie (spalanie paliw)



Transport – zakres 2
emisje pośrednie (wykorzystanie energii elektrycznej)



Transport – zakres 3
emisje pośrednie (wykorzystanie energii elektrycznej – straty)
emisje bezpośrednie (spalanie paliw)



Sektor i zakres / Źródła emisji

Odpady – z terenu miasta – zakres 1
emisje bezpośrednie (przetwarzanie odpadów)




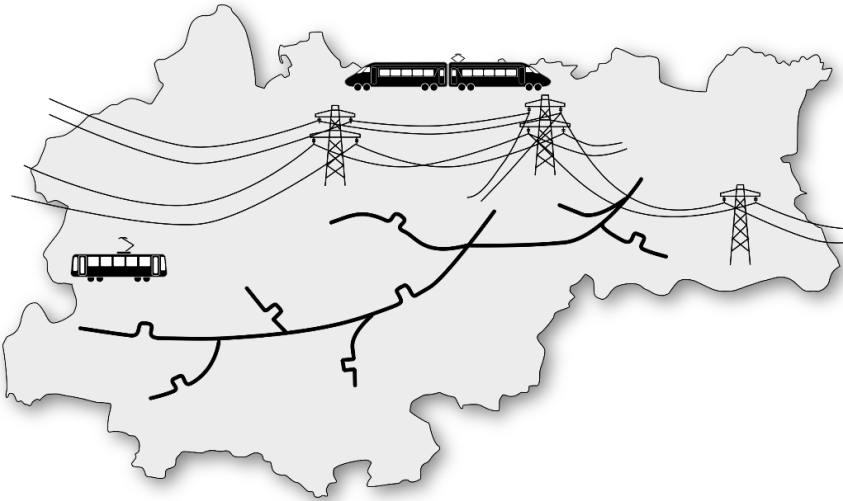
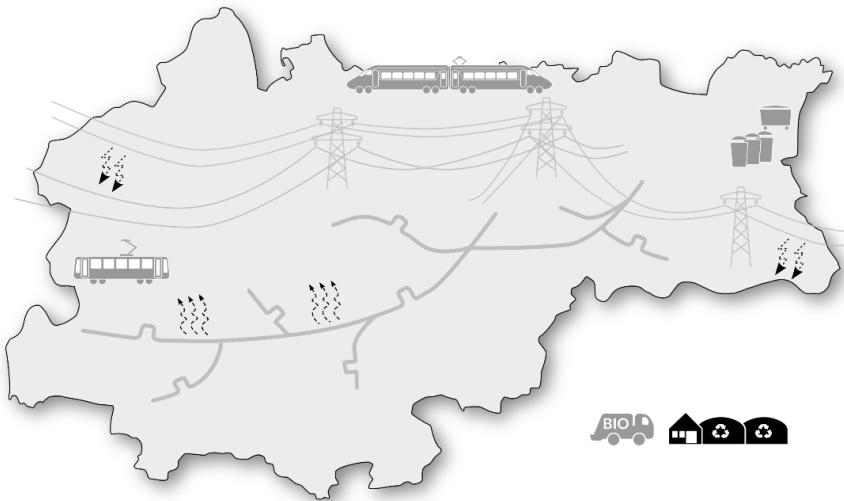
Odpady – z terenu miasta – zakres 3
emisje bezpośrednie (przetwarzanie odpadów)



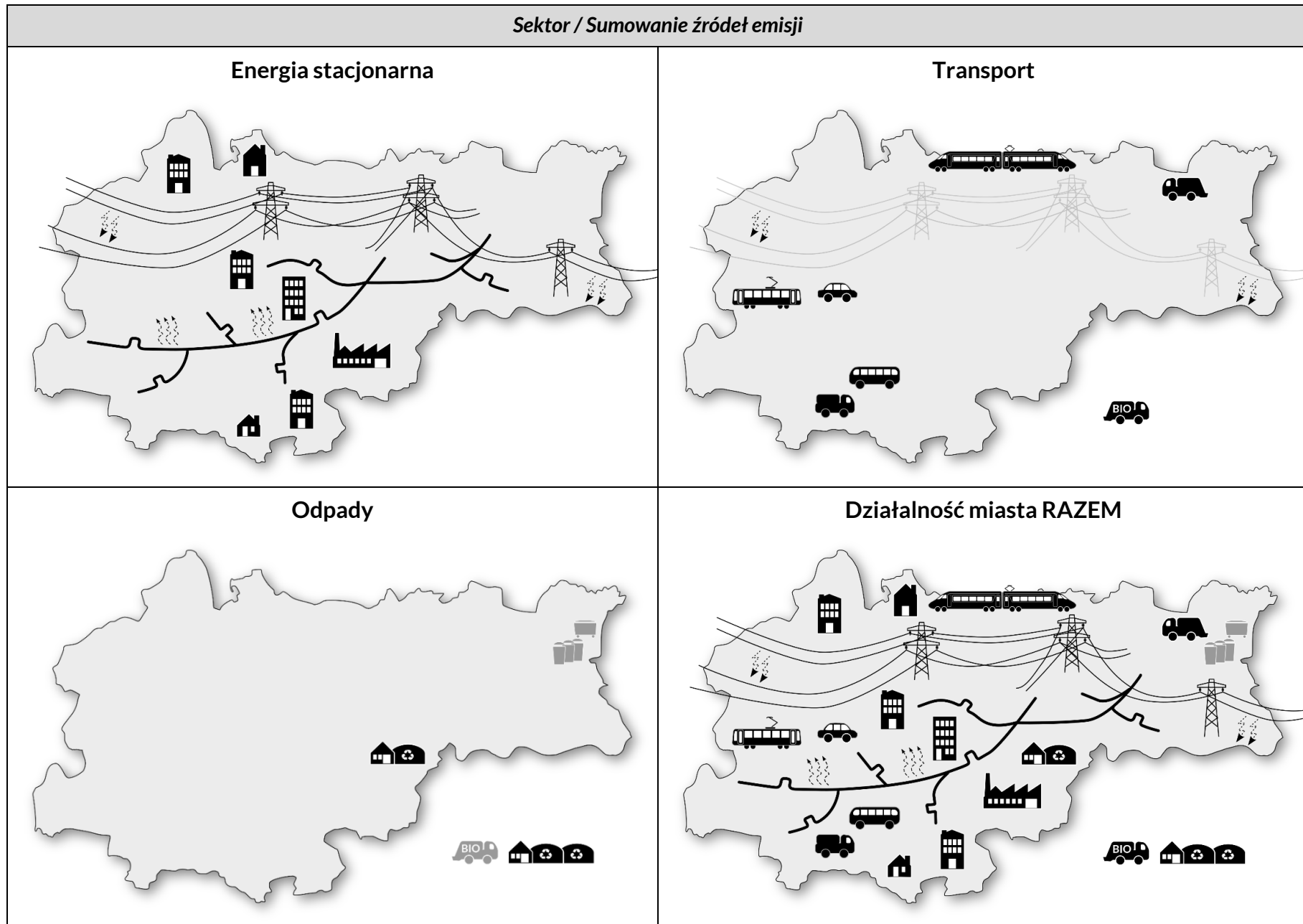
Odpady – spoza granic miasta – zakres 1
emisje bezpośrednie (przetwarzanie odpadów)



Tab. Z1- 2. Kwalifikowanie źródeł emisji do sumowania emisji według zakresów

Zakres / Sumowanie źródeł emisji	
<p>1</p> 	<p>2</p> 
<p>3</p> 	<p>Zakresów 1, 2 i 3 nie sumujemy ze sobą</p>

Tab. Z1- 3. Kwalifikowanie źródeł emisji do sumowania emisji według działalności miasta



ZAŁĄCZNIK NR 2 DANE W UKŁADZIE TABELARYCZNYM

Tab. Z2- 1. Ludność w wieku przedprodukcyjnym (17 lat i mniej), produkcyjnym i poprodukcyjnym [4] oraz przeciętny produkt krajowy brutto (PKB) w przeliczeniu na 1 mieszkańca [3] - dane dla Krakowa z lat 2018-2022

Parametr	2018	2019	2020	2021	2022
Ludność – ogółem	771 069	779 115	800 531	802 583	803 282
- w wieku przedprodukcyjnym (17 lat i mniej)	130 366	134 390	126 685	129 469	131 498
- w wieku produkcyjnym	459 543	460 552	495 260	494 135	492 162
- w wieku poprodukcyjnym	181 160	184 173	178 586	178 979	179 622
Produkt krajowy brutto (PKB) w przeliczeniu na 1 mieszkańca	93 753 zł	101 491 zł	99 946 zł	ND	ND

ND – dane jeszcze niedostępne

Tab. Z2- 2. Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta w latach 2018-2022, w Mg CO_{2e} (1, 2, 3 w opisie oznaczają numer zakresu)

Sektor i zakres	2018	2019	2020	2021	2022
Energia stacjonarna – zużycie energii 1	3 659 939	2 928 120	1 154 003	1 215 269	1 114 186
Energia stacjonarna – zużycie energii 2	3 516 736	3 509 682	3 205 446	3 375 766	3 366 066
Energia stacjonarna – zużycie energii 3	234 467	242 565	241 589	247 632	234 300
Transport 1	405 254	404 248	398 293	401 041	403 512
Transport 2	82 975	77 428	66 133	79 864	85 287
Transport 3	3 620	3 391	3 100	3 741	3 134
Odpady – z terenu miasta 1	18 035	18 586	19 052	22 284	25 403
Odpady – z terenu miasta 3	10	1 794	2 759	2 865	2 660
Razem	7 921 034	7 185 814	5 090 375	5 348 463	5 234 548

Tab. Z2- 3. Emisja gazów cieplarnianych w poszczególnych zakresach w latach 2018-2022, w Mg CO_{2e} (1, 2, 3 w opisie oznaczają numer zakresu)

Sektor i zakres	2018	2019	2020	2021	2022
Zakres 1					
Energia stacjonarna – zużycie energii 1	3 659 939	2 928 120	1 154 003	1 215 269	1 114 186
Energia stacjonarna – produkcja energii dostarczanej do sieci 1	1 702 556	1 572 877	1 573 133	1 846 756	1 663 837
Transport 1	405 254	404 248	398 293	401 041	403 512
Odpady – z terenu miasta 1	18 035	18 586	19 052	22 284	25 403
Odpady – spoza granic miasta 1	724	674	695	998	922
Razem	5 786 507	4 924 505	3 145 176	3 486 347	3 207 860

Zakres 2					
Energia stacjonarna – zużycie energii 2	3 516 736	3 509 682	3 205 446	3 375 766	3 366 066
Transport 2	82 975	77 428	66 133	79 864	85 287
Razem	3 599 711	3 587 111	3 271 579	3 455 631	3 451 353
Zakres 3					
Energia stacjonarna – zużycie energii 3	234 467	242 565	241 589	247 632	234 300
Transport 3	3 620	3 391	3 100	3 741	3 134
Odpady – z terenu miasta 3	10	1 794	2 759	2 865	2 660
Razem	238 096	247 749	247 448	254 238	240 094

Tab. Z2- 4. Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Energia stacjonarna w latach 2018-2022, w Mg CO_{2e} (1 w opisie oznacza „zakres 1”)

Podsektor i zakres	2018	2019	2020	2021	2022
produkcja energii dostarczanej do sieci 1	1 702 556	1 572 877	1 573 133	1 846 756	1 663 837
mieszkalne 1	309 091	301 069	303 544	323 520	305 946
niemieszkalne 1	3 350 848	2 627 051	850 459	891 749	808 240
Razem	5 362 494	4 500 997	2 727 136	3 062 024	2 778 022

Tab. Z2- 5. Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta z sektora Energia stacjonarna w latach 2018-2022, w Mg CO_{2e} (1, 2, 3 w opisie oznaczają numer zakresu)

Podsektor i zakres	2018	2019	2020	2021	2022
mieszkalne 1	309 091	301 069	303 544	323 520	305 946
niemieszkalne 1	3 350 848	2 627 051	850 459	891 749	808 240
mieszkalne 2	1 232 807	1 296 844	1 341 859	1 446 162	1 404 420
niemieszkalne 2	2 283 929	2 212 838	1 863 588	1 929 605	1 961 645
mieszkalne 3	107 453	116 783	126 235	134 653	127 808
niemieszkalne 3	127 014	125 782	115 354	112 979	106 492
Razem	7 411 142	6 680 367	4 601 038	4 838 667	4 714 551

Tab. Z2- 6. Emisja gazów cieplarnianych z działalności miasta z sektora Transport w latach 2018-2022, w Mg CO_{2e}, z podziałem na podsystemy transportu

Podsektor	2018	2019	2020	2021	2022
drogowy	350 487	355 451	350 141	357 448	365 767
szynowy	86 696	79 708	67 886	79 659	82 993
wodny	90	97	34	42	92
lotniczy	393	449	415	413	4
off-road	54 182	49 362	49 049	47 084	43 078
Razem	491 848	485 067	467 525	484 646	491 934

Tab. Z2- 7. Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Odpady w latach 2018-2022, w Mg CO_{2e} (z biologicznego przetwarzania odpadów, z wyłączeniem ścieków)

Miejsce wytwarzania odpadów i gaz cieplarniany	2018	2019	2020	2021	2022
odpady wytwarzane i przetwarzane w GMK – emisja CH ₄	2 170	2 222	2 465	3 904	3 781
odpady wytwarzane i przetwarzane w GMK – emisja N ₂ O	1 540	1 577	1 750	2 771	2 684
odpady wytwarzane poza GMK i przetworzone w GMK – emisja CH ₄	290	242	254	397	392
odpady wytwarzane poza GMK i przetworzone w GMK – emisja N ₂ O	206	172	180	282	278
Razem	4 205	4 213	4 650	7 354	7 135

Tab. Z2- 8. Emisja gazów cieplarnianych poza terytorium miasta (zakres 3) z sektora Odpady w latach 2018-2022, w Mg CO_{2e} (z biologicznego przetwarzania odpadów, z wyłączeniem ścieków)

Gaz cieplarniany	2018	2019	2020	2021	2022
emisja CH ₄	6	1 021	1 561	1 594	1 434
emisja N ₂ O	4	773	1 198	1 271	1 227
Razem	10	1 794	2 759	2 865	2 660

Tab. Z2- 9. Emisja gazów cieplarnianych na terytorium miasta z sektora Odpady (ścieki) w latach 2018-2022, w Mg CO_{2e}

Rodzaj i miejsce wytwarzania ścieków	2018	2019	2020	2021	2022
ścieki komunalne wytwarzane w GMK – emisja CH ₄ i N ₂ O	3 828	4 160	3 937	4 505	4 224
ścieki bytowe (systemy indywidualne) wytwarzane w GMK – emisja CH ₄ i N ₂ O	10 477	10 586	10 877	11 092	14 700
ścieki komunalne wytwarzane poza GMK – emisja CH ₄ i N ₂ O	229	260	260	319	252
ścieki przemysłowe wytwarzane w GMK – emisja CH ₄ i N ₂ O	20	41	24	12	14
Razem	14 553	15 046	15 098	15 928	19 190

ZAŁĄCZNIK NR 3 SZCZEGÓŁOWE DANE LICZBOWE DLA SEKTORÓW I ZAKRESÓW

Plik GHGEmissionsReport_Summary.xlsx, arkusze: 2018, 2019, 2020, 2021, 2022