

JANUSZ ZYŚK
ARTUR WYRWA
MACIEJ RACZYŃSKI
MARCIN PLUTA
SABINA MICHALSKA
EMILIA WYRWA
TADEUSZ OLKUSKI
WOJCIECH SUWAŁA

Energy and emission balance of the Małopolskie Voivodeship in 2020

The article presents the energy balance for the Małopolskie Voivodeship in 2020. It shows the production, import, input and output of transformation, own consumption of power plants, combined heat and power plants, network losses and consumption in the economic sectors (industry, waste), transport (road and rail), buildings (residential and tertiary), as well as in agriculture and forestry of the following energy carriers: hard coal, crude oil and petroleum products (including gasoline, diesel, LPG), non-renewable waste, derived heat and electricity. An estimate of greenhouse gas emissions in 1990 and 2020 in the Małopolskie Voivodeship is also presented.

Key words: *greenhouse gas emissions, energy scenarios, energy balance*

1. INTRODUCTION

During the 21st UN Climate Conference in Paris in 2015, it was agreed that all 195 countries would present long-term scenarios to reduce greenhouse gas emissions [1]. In 2021, the European Union announced the ambitious “Fit for 55” package, which assumes reducing greenhouse gas emissions by 55% by 2030 compared to 1990 and achieving climate neutrality by 2050 [2]. This package is much more ambitious than the previous target (adopted in 2014) of reducing greenhouse gases in the EU at a level of 40% by 2030 compared to the base year of 1990 [3].

The Małopolskie Voivodeship was the first in Poland to start developing long-term plans and actions to reduce greenhouse gases. Many steps have been taken to this end, including a detailed estimate of greenhouse gas (GHG) emissions into the atmosphere together with the AGH University of Krakow. The emission of GHG was estimated for 1990 and 2018. The year 2018 was the base year for the Regional

Action Plan for Climate and Energy created in 2020 [4]. This plan assumed the implementation of the EU climate goals from 2014 (40% reduction GHG by 2030 compared to 1990).

The Faculty of Energy and Fuels of the AGH University of Krakow has also developed detailed scenarios for reducing greenhouse gas emissions in the Małopolskie Voivodeship by 2050. Four scenarios were created, taking into account the goals included in the Regional Action Plan for Climate and Energy of the Małopolskie Voivodeship (the Małopolska scenario), the National Energy and Climate Plan (the National scenario) as well as new goals under the “Fit for 55” package (the Optimistic scenario) [2, 4, 5]. Additionally, one scenario (Stagnation) assumes no active actions would be taken to reduce greenhouse gas emissions in the voivodeship. The base year for the analyses is 2020. The presented energy and emission balance prepared for 2020 were used to validate the Times-Małopolska model developed and is a starting point for the scenario analyses. The Times-Małopolska

model was developed to support the energy planning process in the Małopolskie Voivodeship. The model was built using the TIMES generator (IEA), widely used to model fuel and energy systems at various territorial scales [6]. The model is used to analyse the development of the energy system of Małopolska province in the medium and long term, including the determination of the optimal technological structure and the energy investment program for the given conditions. The following sectors were analysed in the energy and emission balances and the model: energy, transport, agriculture and forestry, economy (industry), buildings, forests, and land use.

Energy and emission balances are prepared at the national level and have been presented, among others, by the National Centre for Emissions Management (KOBiZE) and Eurostat [7]. However, there are no analyses and results at the voivodeship level in the literature and databases. As part of Air Protection Programs established at the voivodeship level, as well as locally developed (municipal, urban) plans for the supply of heat, electricity and gas fuels or low-emission economy plans, pollutant emissions and consumption of energy carriers are estimated, but they contain differently aggregated data which are often incomplete or outdated.

2. METHODOLOGY

In order to determine the value of the reduction of direct greenhouse gas emissions for the voivodeship, emissions of CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs and SF₆ were estimated for 1990 and 2020. The year 1990 is the base year for goals at the EU, national, and regional levels [2–5]. In 1990, the Małopolskie Voivodeship did not exist, and the areas of the current voivodeship (created as a result of the local government reform of 1999) belonged to the following voivodeships existing in the years 1975–1998: Kraków, Nowy Sącz, Tarnów, Bielsko, Kielce, Katowice and Krosno.

Direct emissions of the following greenhouse gases from sources located in the voivodeship were estimated: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, and SF₆. The following greenhouse effect potential was assumed: for CH₄ 23, for N₂O 296, SF₆ 22200, HFCs 14800 and PFCs 7390.

The energy sector includes emissions and consumption of fuel carriers, as well as energy transformation and losses in the processes of heat, cooling, and electricity production in public power plants, heating plants and CHP, as well as distribution of heating and electricity. The energy and emission bal-

ance for this sector was prepared based on data of the National Centre for Emissions Management (KOBiZE), Energy Market Agency (ARE), Central Statistical Office (GUS), Polish Power Grids (PSE), Eurostat, and others [7–16].

The economic sector includes waste management, water and sewage management and industry (including both activities covered and not covered by the EU-ETS). Emissions in this sector come from the storage and biological processing of solid waste, sewage treatment and disposal, waste incineration, industrial production, and the consumption of energy carriers. Emissions were estimated based on data from KOBiZE, GUS, and integrated environmental permits [7, 9, 15–17].

The building sector includes buildings from the tertiary sector: public buildings, non-public (commercial) buildings and residential buildings (single-family and multi-family). Public buildings include publicly accessible cultural facilities, museums, libraries, schools, research institutions, hospitals, medical care facilities, physical culture buildings, and buildings intended for religious activities. Commercial buildings include hotels and other tourist accommodation buildings, office buildings and shops, restaurants, cinemas, etc. Residential buildings are divided into three types: single-family detached houses, single-family terraced or semi-detached houses and multi-family buildings (blocks of flats). Then, these three types of buildings were divided into six groups depending on the year of construction. In both tertiary and residential, energy carriers are used for the following purposes: space heating and cooling, refrigeration equipment for food storage, food preparation equipment, lighting, hot water preparation, other household appliances, and electronics. Emissions and consumption of carriers from this sector were calculated based on data of KOBiZE, GUS, Central Registration of Building Emissions (CEEB) and others [7–9, 17–24].

The transport sector includes public (trains, trams, buses) and private. The following transport categories were considered: buses, special cars (police, military, ambulance etc) and trucks – divided into heavy and light (less than 3.5 tons), motorcycles, passenger cars, trams, passenger, and freight trains as well as regional and long-distance trains. Vehicle categories were divided into the type of fuel used, e.g., passenger cars powered by petrol, diesel, LPG, electric, hybrid, and trains powered by electric and combustion engines (diesel). For each type of vehicle and fuel, the annual mileage, number of vehicles, average number of passengers and goods in the vehicle, average fuel

consumption, etc. were assumed. Energy consumption and emissions were calculated based on the data obtained from: KOBIZE, Eurostat, GUS, city offices of Krakow and Tarnów, Railway Transport Office, General Directorate for National Roads and Highways, expert analyses of the Motor Transport Institute [7, 9, 17, 25–38]. Additionally, the consumption of energy carriers in road transport and their resulting emissions were calculated with the use of COPERT V (EU standard vehicle emissions calculator) [35]. The study does not include aviation emissions.

The agricultural sector includes emissions from field cultivation (including the use of artificial fertilizers), emissions from livestock, and emissions from the use of energy carriers. This sector includes emissions related to the consumption of tractors, harvester, heating of barns and greenhouses etc. Animal methane emissions from enteric fermentation, methane and dinitrogen oxide emissions manure management, greenhouse gas emissions from fertilization and liming of fields, and burning of agricultural residues were estimated. The calculations included domestic cattle, sheep, goats, pigs, poultry, horses, rabbits, and other fur-producing animals. Emissions from the use of energy carriers were also estimated. Data from KOBIZE, GUS, agricultural censuses, breeders' associations etc. were used [7, 9, 17, 39–43].

The forest and land use sector includes emissions related to fuel and energy consumption. Emissions were

calculated based on KOBIZE and GUS data [7, 9, 17]. In this sector, CO₂ is also intensively absorbed by forests – the results of absorption estimations are not included.

3. ENERGY BALANCE

The energy balance for the Małopolskie Voivodeship for 2020 was prepared for the following carriers: hard coal, natural gas, crude oil and petroleum products, derived heat, electricity, waste, and renewable energy sources (Fig. 1). The balance also includes the import and local use of fossil fuels, renewable energy sources, and waste [7, 10, 12, 44]. The main energy carriers in final energy consumption are petroleum products (diesel, gasoline), used mainly in the transport sector. However, hard coal is used most frequently in the voivodeship. Almost half of hard coal (51%) is an input for energy transformation, to produce electricity and heat. In the economic sector, the main energy carriers are hard coal and natural gas. The share of renewable sources in the final energy consumption in 2020 was 6%. Most renewable energy sources are used in building sector due to the significant use of PV and biomass boilers. In the Małopolskie Voivodeship, mainly hard coal is mined, which covers approximately two-thirds of the demand for this fuel. The extraction of other fuels is low.

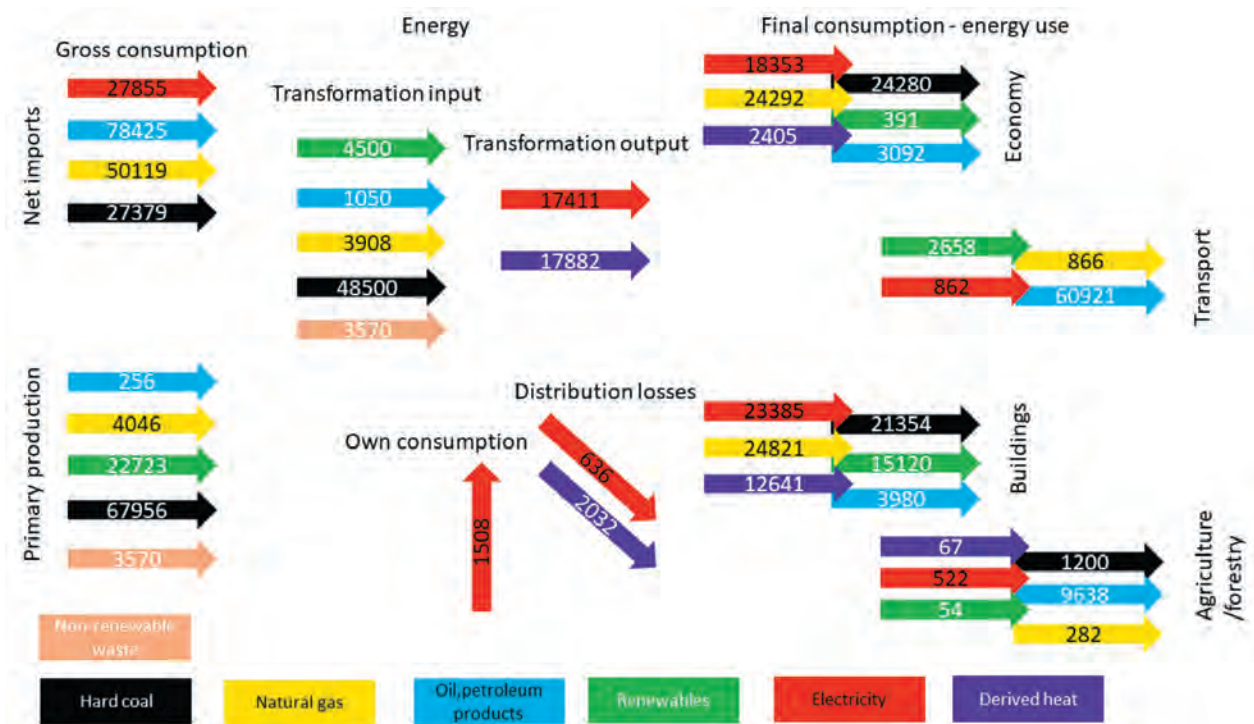


Fig. 1. Energy balance of the Małopolskie Voivodeship for 2020 [TJ].

The "Oil and petroleum products" category includes crude oil, gasoline, diesel oil and LPG

4. EMISSION BALANCE

In 1990, 27,155 kt CO₂e of greenhouse gases was emitted in Małopolskie Voivodeship, while in 2020 19,726 kt CO₂e which is a reduction of 27% (Fig. 2). The largest reduction in emissions during the considered period occurred in the energy sector, where greenhouse gas emissions decreased from more than 10 million tonnes to 4.6 million tonnes. A significant decrease in emissions, that is, by 3 million tonnes, was also observed in the economic sector. A large increase in greenhouse gas emissions is observed in the transportation sector. Between 1990 and 2020, emis-

sions in the transport sector increased significantly from 1,697 to 4,082 kt CO₂e. This is due to the increasing number of vehicles and trips with the use of private passenger cars. In the building sector, greenhouse gas emissions decreased by 13%. In this sector, quite intensive improvement in efficiency (thermo-modernisation) and the development of renewable energy sources can be observed. On the other hand, the number of apartments and houses is increasing, as well as the consumption of electricity related to the growth in quality of life. The share of carbon dioxide in total greenhouse gas emissions in the Małopolskie Voivodeship in 2020 was almost 90% (Fig. 3).

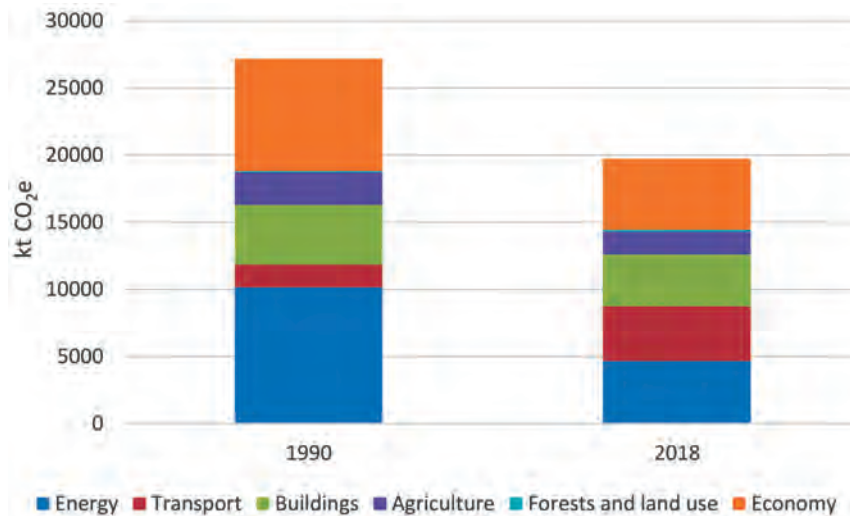


Fig. 2. Greenhouse gas emissions in the Małopolskie Voivodeship in 1990 and 2020 [kt CO₂e]

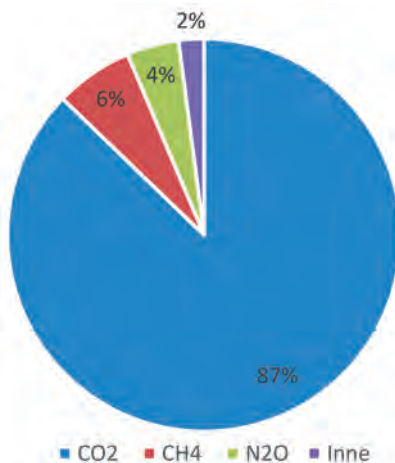


Fig. 3. Mass share (considering the greenhouse potential) of greenhouse gases emitted in 2020 in the Małopolskie Voivodeship

4. SUMMARY AND CONCLUSIONS

The article contains the results of the energy balance for 2020 and the emission balance for 1990 and

2020 for the Małopolskie Voivodeship. The total gross supply of energy carriers was 278,758 TJ. The share of renewable sources in the voivodeship is still low. The highest final energy consumption is observed in the sector including residential, public, and non-public buildings (intended for services). In the voivodeship, the average greenhouse gas emissions per capita in 2020 were 5.78 t CO₂e, lower than the national average for Poland by over 4 t CO₂e. This difference results from large imports of electricity from outside the voivodeship. Greenhouse gas emissions in the years 1990–2020 mainly decreased in the economy and energy sectors while transport emissions are increasing rapidly. The energy and emission balances are the basis for developing energy and climate goals and long-term strategies, and also allow one to observe the progress of the implementation of local policies and goals regarding the reduction of greenhouse gases. Therefore, starting from 2018, the greenhouse gas emission balance in the Małopolskie Voivodeship has been prepared annually (the last one being in 2021).

Acknowledgements

The work was carried out as part of the LIFE-IP EKOMAŁOPOLSKA project "Implementation of the Regional Action Plan for Climate and Energy for the Małopolska Voivodeship", LIFE-IP EKOMAŁOPOLSKA/LIFE19 IPC/PL/000005, co-financed by the LIFE financial instrument under the European Union funds and National Fund for Environmental Protection and Water Management.

References

- [1] United Nations Report of the Conference of the Parties on Its Twenty-First Session, Held in Paris from 30 November to 13 December 2015. Decisions Adopted by the Conference of the Parties, The United Nations Framework Convention on Climate Change, 2016. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10.pdf>, 2023 [9.06.2022].
- [2] European Council: *Fit for 55*. <https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> [3.06.2022].
- [3] European Council (23 and 24 October 2014). *Conclusions*. General Secretariat of the Council Delegations, Brussels 2014.
- [4] Regionalny plan działań dla klimatu i energii. Załącznik nr 1 do Uchwały nr 228/20 Zarządu Województwa Małopolskiego z dnia 18 lutego 2020 r. <https://powietrze.malopolska.pl/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=43558> [8.04.2022].
- [5] Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030. Założenia i cele oraz polityki i działania. Ministerstwo Aktywów Państwowych, Warszawa 2019.
- [6] Loulou R., Goldstein G., Kanudia A., Lettila A., Remme U.: *Documentation for the TIMES Model. Part I: Times Concepts and Theory*. 2016. https://iea-etsap.org/docs/Documentation_for_the_TIMES_Model-Part-I_July-2016.pdf [18.04.2023].
- [7] KOBIZE: *Pakiet tabel z danymi o emisjach gazów cieplarnianych w układzie Common Reporting Format (CRF). Zawiera szczegółowe dane o emisjach dla lat 1988–2021. Dane zostały zgłoszone do sekretariatu UNFCCC w dniu 28.03.2023*. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2023. <https://www.kobize.pl/enenenen/fileCategory/id/16/krajowa-inwentaryzacja-emisji> [18.04.2023].
- [8] Eurostat Energy Balances. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_balances/enbal.html?geo=EU27_2020&unit=KTOE&language=EN&year=2021&fuel=fuelMainFuel&siac=TOTAL&details=0&chartOptions=0&stacking=normal&chartBal=&chart=&full=0&chartBalText=&order=DESC&siacs=&dataset=nrg_bal_s&decimals=0&agregates=0&fuelList=fuelElectricity,fuelCombustible,fuelNonCombustible,fuelOtherPetroleum,fuelMainPetroleum,fuelOil,fuelOtherFossil,fuelFossil,fuelCoal,fuelMainFuel [18.04.2023].
- [9] GUS: *Zużycie paliw i nośników energii w 2020 roku*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021.
- [10] ARE S.A.: *Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2020*. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Agencja Rynku Energii S.A., Warszawa 2020.
- [11] PSE: *Dane Systemowe, Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.* <https://www.pse.pl/mapa-raportow> [13.05.2023].
- [12] Sowiżdżał A., Tomaszewska B., Pająk L., Kaczmarczyk M., Luboń W., Pelka G., Hałaj E., Hajto M., Brawiak K., Chmielowska A. et al.: *Ocena potencjału OZE w województwie małopolskim*. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, Kraków 2022.
- [13] KOBIZE: *Wartości opalowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2020 do raportowania w ramach systemu handlu uprawnieniami do emisji za rok 2023*. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2022.
- [14] Eggleston S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K.: *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan 2006.
- [15] Emitor: *Emisja zanieczyszczeń środowiska w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych*. Centrum Informatyki Energetyki. Zakład Energometrii, Warszawa 1993.
- [16] Emitor: *Emisja gazowych zanieczyszczeń atmosfery z elektrociepłowni i ciepłowni przemysłowych*. Centrum Informatyki Energetyki. Zakład Energometrii, Warszawa 1995.
- [17] GUS: *Bank Danych Lokalnych*. Główny Urząd Statystyczny. <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/temat> [11.05.2023].
- [18] GUS: *Szacunki danych o zużyciu energii w gospodarstwach domowych w 2020 r.* Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021.
- [19] GUS: *Gospodarka mieszkaniowa i infrastruktura komunalna w 2020 r.* Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021.
- [20] *Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/340 z dnia 17 grudnia 2020 r. zmieniające rozporządzenia delegowane (UE) 2019/2013, (UE) 2019/2014, 2019/2014, (UE) 2019/2015, (UE) 2019/2016, (UE) 2019/2017 i (UE) 2019/2018 w odniesieniu do wymogów w zakresie etykietowania energetycznego dotyczących wyświetlaczy elektronicznych, pralek dla gospodarstw domowych i pralko-suszarek dla gospodarstw domowych, źródeł światła, urządzeń chłodniczych, zmywarek do naczyń dla gospodarstw domowych oraz urządzeń chłodniczych z funkcją sprzedaży bezpośredniej*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0340> [11.05.2023].
- [21] GUS: *Sytuacja gospodarstw domowych w 2020 r. w świetle wyników badania budżetów gospodarstw domowych*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/warunki-zycia/dochody-wydatki-i-warunki-zycia-ludnosci/sytuacja-gospodarstw-domowych-w-2020-r-w-swietle-badania-budzetow-gospodarstw-domowych,3,20.html> [12.05.2023].
- [22] Główny Urząd Nadzoru Budowlanego: *Centralna Ewidencja Emisyjności Budynków*. <https://www.gunb.gov.pl/podmenu/1713> [8.06.2022].
- [23] GUS: *Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2019 i 2020*. Główny Urząd Statystyczny. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/gospodarka-paliwowo-energetyczna-w-latach-2019-i-2020,4,16.html> [12.05.2023].
- [24] *Rocznik Statystyczny Województwa Małopolskiego*. Zespół Redakcyjny Urzędu Statystycznego w Krakowie, Kraków 2021.
- [25] *Transport drogowy w Polsce w latach 2018 i 2019*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa–Szczecin 2021.
- [26] *National passenger road transport performance by type of vehicles registered in the reporting country*. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ROAD_PA_MOV/default/table?lang=en%20\(accessed%20Jun.%2005,%202022\).&category=road.road_pa](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ROAD_PA_MOV/default/table?lang=en%20(accessed%20Jun.%2005,%202022).&category=road.road_pa) [2.09.2022].
- [27] *Passengers transported (detailed reporting only) – (quarterly data)*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/rail_pa_quartal/default/table?lang=en [1.09.2022].
- [28] Gırteka: *Eurostat Goods Transported by Type of Transport*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/RAIL_GO_TYPE-PAS_custom_3599985/default/table?lang=en [5.06.2022].
- [29] *Eurostat Road freight transport by type of operation and type of transport – (t, tkm, vehicle-km) – quarterly data*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_go_tq_tot/default/table?lang=en [2.02.2022].
- [30] *Eurostat Road Traffic by Type of Vehicle (Million Vkm)*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_go_tq_tot/default/table?lang=en&category=road.road_tf [5.02.2022].
- [31] Waśkiewicz J., Pawlak P.: *Prognozy eksperckie zmian aktywności sektora transportu drogowego (w kontekście ustawy o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji)*. Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2017. <https://www.gov.pl/attachment/c75185bb-89c3-4fc5-a0a3-fc2ee7680bf9> [12.05.2022].

- [32] UMK: *Raport o stanie Miasta 2020*. Urząd Miasta Krakowa Wydział Strategii, Planowania i Monitorowania Inwestycji Oddział Planowania Strategicznego i Analiz, Kraków 2021.
- [33] *Raport o stanie Miasta 2020*. Urząd Miasta Tarnowa, Tarnów 2021.
- [34] *Raport o stanie Miasta 2020. Załączniki*. Urząd Miasta Tarnowa, Tarnów 2021.
- [35] Zieliński J., Tutka, P., Kunikowski P., Szyszło A.: *Synteza wyników GPR 2020/21 na zamiejskiej sieci dróg krajowych*. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Heller Consult sp. z o.o., Warszawa 2021.
- [36] UTK: *Kolej w województwach – wykorzystanie i polityka transportowa*. Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa 2019.
- [37] UTK: *Koleje pasażerskie w województwach – dynamika zmian w latach 2010–2020*. Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa 2021.
- [38] UTK: *Podsumowanie 2021. Przewozy pasażerskie i towarowe*. Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa 2021.
- [39] Dong H., Mangino J., McAllister T.A., Hatfield J.L., Johnson D.E., Lassey K.R., Aparecida de Lima M., Romanovskaya A.: *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management*. IPCC, 2006.
- [40] GUS: *Zwierzęta gospodarskie w 2020 r.* Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021.
- [41] GUS: *Powszechny spis rolny 2020*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2023.
- [42] Związek Przedsiębiorców i Pracodawców: *Fakty o hodowli zwierząt futerkowych w Polsce*. Warszawa 2020. <https://zpp.net.pl/wp-content/uploads/2020/09/Fakty-o-hodowli-zwierz%C4%85t-futerkowych-w-Polsce-final-38.pdf> [12.05.2022].
- [43] *Sprawozdanie z działalności Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa w 2022 roku*. Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa, Warszawa 2023.
- [44] PSG: *Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2020 r.* Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2021.

JANUSZ ZYŚK, Ph.D., Eng.

jazysek@agh.edu.pl

ARTUR WYRWA, prof.

awyrwa@agh.edu.pl

MACIEJ RACZYŃSKI, M.Sc., Eng.

makracz@agh.edu.pl

MARCIN PLUTA, Ph.D., Eng.

mpluta@agh.edu.pl

SABINA MICHALSKA, M.Sc., Eng.

michalska@agh.edu.pl

EMILIA WYRWA

emiwyrwa@agh.edu.pl

TADEUSZ OLKUSKI, prof.

olkuski@agh.edu.pl

WOJCIECH SUWAŁA, prof.

suwalaw@agh.edu.pl

Faculty of Energy and Fuels

AGH University of Krakow

al. A. Mickiewicza 30,

30-059 Krakow, Poland

JANUSZ ZYŚK
ARTUR WYRWA
MACIEJ RACZYŃSKI
MARCIN PLUTA
SABINA MICHALSKA
EMILIA WYRWA
TADEUSZ OLKUSKI
WOJCIECH SUWAŁA

Bilans energetyczny i emisyjny województwa małopolskiego w 2020 roku

W artykule przedstawiono bilans energetyczny dla województwa małopolskiego w 2020 roku. Wskazano produkcję, import, wsad i uzysk przemian, zużycie własne elektrowni i elektrociepłowni, straty w sieci oraz zużycie w sektorze gospodarki (przemysł, odpady), transporcie (drogowym i szynowym), budynkach (mieszkalnych i usługowych), a także w rolnictwie i leśnictwie następujących nośników energii: węgla kamiennego, ropy naftowej oraz pochodnych (w tym benzyny, oleje, LPG), opadów nieodnawialnych, ciepła systemowego i energii elektrycznej. Przedstawiono również oszacowanie emisji gazów cieplarnianych w 1990 i 2020 roku w województwie małopolskim.

Słowa kluczowe: emisje gazów cieplarnianych, scenariusze energetyczne, bilans energii

1. WSTĘP

Podczas 21. konferencji ONZ w sprawie klimatu odbywającej się w 2015 roku w Paryżu uzgodniono, że wszystkie kraje (195) przedstawią długoterminowe scenariusze redukcji emisji gazów cieplarnianych [1]. Unia Europejska w 2021 roku ogłosiła ambitny pakiet „Fit for 55” zakładający redukcję emisji gazów cieplarnianych do roku 2030 o 55% względem roku 1990 oraz osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 roku [2]. Pakiet ten jest o wiele ambitniejszy od wcześniejszego (przyjętego w 2014 r.), zakładającego redukcję gazów cieplarnianych w UE na poziomie 40% w stosunku do roku 1990 [3].

Województwo małopolskie jako pierwsze w Polsce rozpoczęło opracowanie długoterminowych planów na rzecz redukcji gazów cieplarnianych. W tym celu podjęto wiele działań, między innymi wraz z Akademią Górniczo-Hutniczą oszacowano ilości emisji gazów cieplarnianych do atmosfery w 1990 i 2018 roku. Rok 2018 był rokiem bazowym dla powstałego w 2020 roku *Regionalnego Planu Działań dla Klimatu i Energii* [4]. Plan ten zakładał realizację ówczesnych celów

klimatycznych UE (redukcja 40% w roku 2030 w stosunku do 1990 r.).

Wydział Energetyki i Paliw Akademii Górniczo-Hutniczej opracował również szczegółowe scenariusze redukcji emisji gazów cieplarnianych w województwie małopolskim do roku 2050. Powstałe cztery scenariusze uwzględniające zarówno cele zawarte w *Regionalnym Planie Działań dla Klimatu i Energii* województwa małopolskiego (scenariusz Małopolski), *Krajowym planie na rzecz energii i klimatu* (scenariusz krajowy), jak również nowe cele w ramach pakietu „Fit for 55” (scenariusz optymistyczny) [2, 4, 5]. Dodatkowo jeden scenariusz (stagnacji) zakłada brak aktywnych działań redukujących emisję gazów cieplarnianych w województwie. Rokiem bazowym dla analiz jest rok 2020. Dla tego roku wykonano zaprezentowany bilans energetyczny i emisyjny, który służy do walidacji opracowanego modelu Times-Małopolska oraz jest punktem wyjścia do analiz scenariuszowych. Model Times-Małopolska został opracowany w celu wsparcia procesu planowania energetycznego w województwie małopolskim. Zbudowano go przy użyciu generatora TIMES (IEA) powszechnie wykorzystywanego

do modelowania systemów paliwo-energetycznych różnej skali terytorialnej [6]. Model przeznaczony jest do analiz rozwojowych systemu energetycznego województwa małopolskiego w średnim i długim okresie, w tym do wyznaczania optymalnej struktury technologicznej i optymalnego programu inwestycji energetycznych dla zadanych warunków rozwoju. W bilansie energetycznym, emisyjnym oraz modelu poddano analizie następujące sektory: energii, transportu, rolnictwa i leśnictwa, gospodarki (przemysłu), budynków, lasów i użytkowania terenu.

Bilanse energetyczne i emisyjne są opracowywane na poziomie krajowym i prezentowane między innymi przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) i Eurostat [7, 8]. W literaturze oraz bazach danych brak jest jednak analiz i wyników na poziomie województw. W ramach programów ochrony powietrza powstających na poziomie województw, a także opracowywanych lokalnie (gminnych, miejskich) planów zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe lub planów gospodarki niskoemisyjnej, są wyliczone emisje zanieczyszczeń i zużycie nośników, jednak zawierają one dane różnie zagregowane, często niepełne lub odległe czasowo.

2. METODOLOGIA

W celu wyznaczenia wartości redukcji emisji bezpośredniej gazów cieplarnianych dla województwa opracowano dane emisyjne CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs i SF₆ dla lat 1990 i 2020. Rok 1990 jest rokiem bazowym dla celów na poziomie unijnym, krajowym i regionalnym [2–5]. W 1990 roku nie istniało województwo małopolskie, a tereny dzisiejszego województwa (powstałego w wyniku reformy samorządowej z 1999 roku) należały do następujących województw istniejących w latach 1975–1998: krakowskiego, nowosądeckiego, tarnowskiego, bielskiego, kieleckiego, katowickiego oraz krośnieńskiego.

Oszacowano emisję bezpośrednio występujących na terenie województwa następujących gazów cieplarnianych: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs i SF₆. Założono następujący potencjał tworzenia efektu cieplarnianego: dla CH₄ 23, dla N₂O 296, SF₆ 22200, HFCs 14800 oraz PFCs 7390.

Sektor energii obejmuje emisje oraz zużycie nośników paliw, a także transformację i straty energii w procesach produkcji ciepła, chłodu i energii elektrycznej w elektrowniach, ciepłowniach i elektrociepłowniach zawodowych oraz dystrybucji w sieciach ciepłowniczych i elektroenergetycznych. Bilans energetyczny oraz emisyjny dla tego sektora przygotowa-

no na podstawie danych Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE), Agencji Rynku Energii (ARE), Głównego Urzędu Statystycznego (GUS), Polskich Sieci Elektroenergetycznych (PSE), Eurostat i innych [7–16].

Do sektora gospodarki zalicza się gospodarkę odpadami, gospodarkę wodno-ściekową oraz przemysł (w tym zarówno działalności objęte, jak i nieobjęte EU-ETS). Emisje w tym sektorze pochodzą ze składowania oraz biologicznego przetwarzania odpadów stałych, oczyszczania i odprowadzania ścieków, spalania odpadów, produkcji przemysłowej oraz zużycia nośników energii. Emisje oszacowano na podstawie danych KOBIZE, GUS oraz pozwoleń zintegrowanych [7, 9, 15–17].

Sektor budownictwa obejmuje budynki mieszkalne (jednorodzinne i wielorodzinne) oraz usługowe: użyteczności publicznej i niepublicznej (komercyjne). W skład budynków użyteczności publicznej wchodzi: ogólnodostępne obiekty kulturalne, muzea, biblioteki, szkoły, instytucje badawcze, szpitale, zakłady opieki medycznej, budynki kultury fizycznej, budynki przeznaczone do sprawowania kultu religijnego i czynności religijnych. Budynki komercyjne to: hotele i inne budynki zakwaterowania turystycznego, budynki biurowe i handlowo-usługowe. Budynki mieszkalne zostały podzielone na trzy rodzaje: domy jednorodzinne wolnostojące, domy jednorodzinne w zabudowie szeregowej lub bliźniaczej oraz budynki wielorodzinne (bloki). Następnie te trzy rodzaje budynków zostały podzielone na sześć grup w zależności od roku budowy. Zarówno w usługach, jak i w mieszkalnictwie nośniki energii wykorzystywane są w następujących kierunkach: ogrzewanie i chłodzenie pomieszczeń, urządzenia chłodnicze do przechowywania żywności, sprzęty do przygotowania żywności, oświetlenie, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, inne urządzenia RTV i AGD. Emisje oraz zużycie nośników z tego sektora obliczono na podstawie danych KOBIZE, GUS, Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków (CEEB) i innych [7–9, 17–24].

Sektor transportu obejmuje transport publiczny/zbiorowy (w tym kolej i komunikację miejską) oraz transport prywatny. Uwzględniono następujące technologie transportowe: autobusy, samochody specjalne oraz ciężarówki – z podziałem na cięższe i lżejsze (poniżej 3,5 Mg), motocykle, samochody osobowe, tramwaje, pociągi osobowe i towarowe oraz regionalne i dalekobieżne. Poszczególne kategorie pojazdów zostały dalej podzielone na rodzaj używanego paliwa, np. samochody osobowe na benzynowe, diesel, LPG, elektryczne, hybrydowe, natomiast pociągi na elektryczne i spalinowe (diesel). Dla każdego rodzaju po-

jazdu i paliwa założono roczny przebieg, liczbę pojazdów, średnią liczbę pasażerów i towarów w pojeździe, średnie spalanie itp. Zużycie nośników energii oraz emisje obliczono na podstawie danych: KOBIZE, Eurostat, GUS, urzędów miejskich Krakowa i Tarnowa, Urzędu Transportu Kolejowego, Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, opracowań eksperckich Instytutu Transportu Samochodowego [7, 9, 17, 25–38]. Przeprowadzono również obliczenia modelem COPERT V [35]. W opracowaniu nie uwzględniono emisji lotniczych.

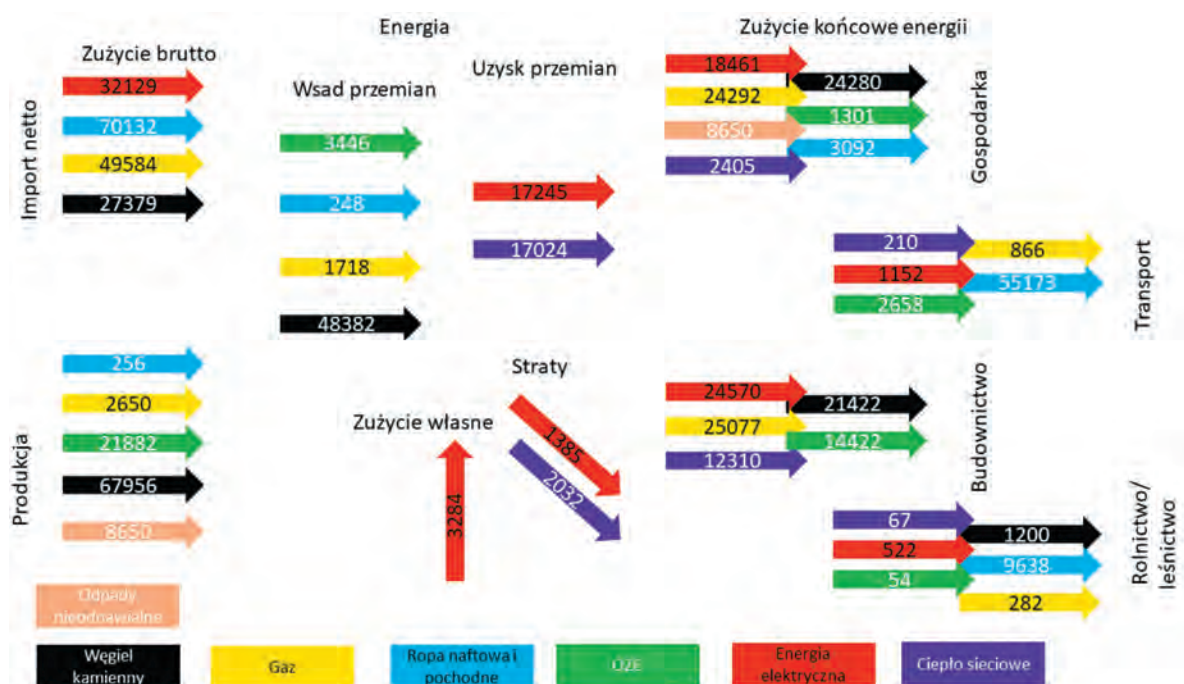
W sektorze rolnictwa ujęto emisje: z upraw pól (w tym wykorzystanie nawozów sztucznych), z hodowli zwierząt oraz emisje z wykorzystania nośników energii. W sektorze tym ujęte są emisje związane z użytkowaniem ciągników, kombajnów, ogrzewaniem obór, szklarni itp. Oszacowano: emisje metanu przez zwierzęta w wyniku fermentacji jelitowej, emisje metanu i tlenu diazotu przez procesy związane z obornikiem, emisje gazów cieplarnianych z nawożenia i wapnowania pól oraz spalania pozostałości rolniczych. W obliczeniach uwzględniono bydło domowe, owce, kozy, trzodę chlewną, drób, konie, króliki i inne zwierzęta futerkowe. Oszacowano również emisję z wykorzystania nośników energii. Skorzystano z danych KOBIZE, GUS, spisów rolnych, stowarzyszeń hodowców zwierząt itp. [7, 9, 17, 39–43].

Sektor lasy i użytkowanie terenu obejmuje emisje związane ze zużyciem paliw i energii. Emisje policzono na podstawie danych KOBIZE i GUS [7, 9, 17]. W tym sektorze również następuje intensywne pochła-

nianie CO₂ przez lasy – wyniki oszacowań pochłaniania nie zostały zaprezentowane.

3. BILANS ENERGETYCZNY

Bilans energetyczny w przypadku województwa małopolskiego za 2020 rok został opracowany dla następujących nośników: węgla kamiennego, gazu ziemnego, ropy naftowej wraz z pochodnymi, ciepła sieciowego, energii elektrycznej, odpadów oraz odnawialnych źródeł energii (rys. 1). W bilansie oprócz wykorzystania nośników energii w poszczególnych sektorach uwzględniono również lokalne wydobycie zasobów kopalnianych, OZE oraz odpadów [7, 10, 12, 44]. Głównym nośnikiem energii w końcowym zużyciu są pochodne ropy naftowej (olej napędowy, benzyna), stosowane głównie w transporcie. Natomiast najczęściej w województwie używa się węgla kamiennego – prawie połowa (51%) jest wsadem do przemian energetycznych, których produktem jest energia elektryczna i ciepło sieciowe. W gospodarce głównymi nośnikami energii są węgiel kamienny i gaz ziemny. Udział odnawialnych źródeł w końcowym zużyciu energii w 2020 roku był na poziomie 6%. Najwięcej OZE jest wykorzystywanych w budownictwie ze względu na popularność paneli fotowoltaicznych i kotłów na biomasę. W województwie małopolskim wydobywa się głównie węgiel kamienny, który pokrywa około dwóch trzecich zapotrzebowania na ten nośnik. Wydobycie innych paliw jest niewielkie.



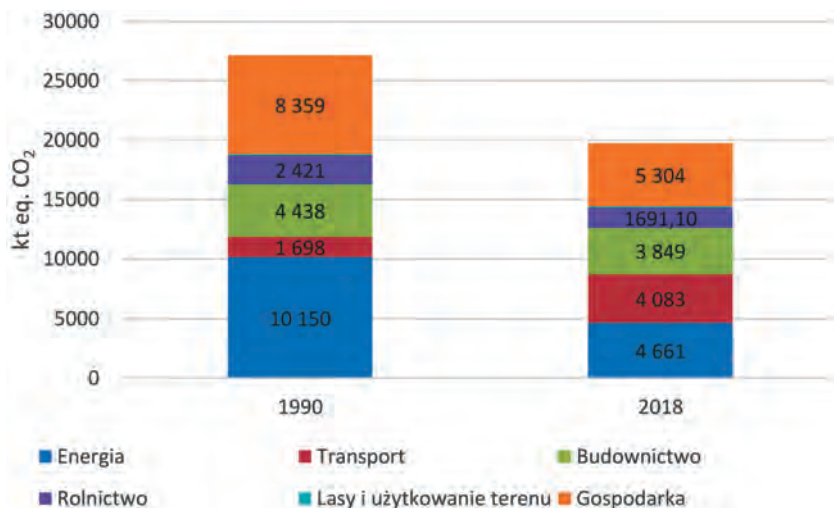
Rys. 1. Bilans energetyczny województwa małopolskiego (stan na 2020 r.) [TJ].

W kategorii „Ropa naftowa i pochodne” znajduje się ropa naftowa, benzyna oraz olej napędowy, LPG

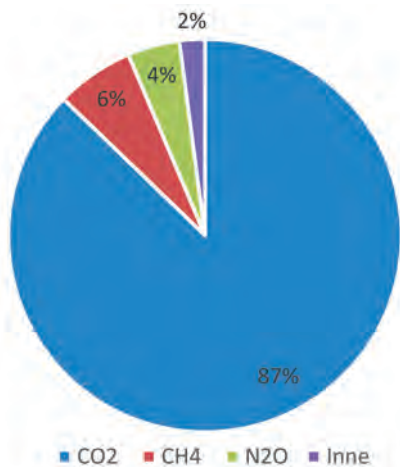
4. BILANS EMISYJNY

W 1990 roku w województwie małopolskim wyemitowano 27 155 kt ekw. CO₂ gazów cieplarnianych, natomiast w 2020 roku 19 726 kt ekw. CO₂, co stanowi redukcję o 27% (rys. 2). Największa redukcja emisji w rozpatrywanym czasie nastąpiła w sektorze energii, gdzie emisje gazów cieplarnianych zmalały z ponad 10 milionów ton do 4,6 miliona ton. Znaczący spadek emisji, tj. 3 miliony ton nastąpił również w sektorze gospodarki. Duży wzrost emisji gazów cieplarnianych obserwowany jest dla sektora transportu. W rozpatry-

wanych latach w sektorze tym emisja wzrosła z 1697 do aż 4082 kt ekw. CO₂. Jest to spowodowane zwiększającą się liczbą samochodów i podróży autami prywatnymi. W sektorze budownictwa emisja gazów cieplarnianych zmalała o 13%. W sektorze tym z jednej strony następuje dość intensywna poprawa efektywności (termomodernizacja) oraz rozwój OZE, z drugiej strony zwiększa się liczba mieszkań i domów, a także zużycie energii elektrycznej związane z podwyższeniem standardu życia. Prawie 90% emisji gazów cieplarnianych w województwie małopolskim w 2020 roku stanowił dwutlenek węgla (rys. 3).



Rys. 2. Emisja gazów cieplarnianych w województwie małopolskim w 1990 i 2020 roku z poszczególnych sektorów [kt ekw. CO₂]



Rys. 3. Udział masowy (z uwzględnieniem potencjału cieplarnianego) poszczególnych gazów cieplarnianych emitowanych w 2020 roku w województwie małopolskim

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Praca zawiera wyniki bilansu energetycznego za rok 2020 i emisyjnego województwa małopolskiego

za lata 1990 i 2020. Całkowita podaż brutto nośników energii wyniosła 285 155 TJ. Wciąż w województwie zużywa się mało energii pochodzącej z odnawialnych źródeł. Największe zużycie końcowe energii obserwowane jest w sektorze obejmującym budynki zarówno mieszkalne, użyteczności publicznej, jak i niepublicznej (przeznaczone na usługi). W województwie średnia emisja gazów cieplarnianych na mieszkańca w 2020 roku wyniosła 5,78 t ekw. CO₂ i była niższa od średniej dla Polski o ponad 4 t ekw. CO₂. Różnica ta wynika z dużego importu energii elektrycznej spoza województwa. Emisja gazów cieplarnianych w latach 1990–2020 zmniejszyła się głównie w sektorze gospodarki i energii. Intensywnie wzrasta emisja z transportu. Bilans energetyczny i emisyjny jest podstawą do wyznaczania działań i celów energetyczno-klimatycznych oraz opracowania długoterminowych strategii, a także pozwala na śledzenie realizacji lokalnych polityk i celów odnośnie do redukcji gazów cieplarnianych. Dlatego też począwszy od roku 2018 w województwie małopolskim bilans emisyjny gazów cieplarnianych jest wyznaczany corocznie (ostatni dla roku 2022).

Podziękowania

Prace zostały wykonane w ramach realizacji projektu LIFE-IP EKOMAŁOPOLSKA „Wdrażanie Regionalnego Planu Działań dla Klimatu i Energii dla województwa małopolskiego”, LIFE-IP EKOMALOPOLSKA/LIFE19 IPC/PL/000005, współfinansowanego ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej i NFOŚiGW.

Literatura

- [1] *United Nations Report of the Conference of the Parties on Its Twenty-First Session, Held in Paris from 30 November to 13 December 2015*. Decisions Adopted by the Conference of the Parties, The United Nations Framework Convention on Climate Change, 2016. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10.pdf>, 2023 [9.06.2022].
- [2] European Council: *Fit for 55*. <https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> [3.06.2022].
- [3] *European Council (23 and 24 October 2014). Conclusions*. General Secretariat of the Council Delegations, Brussels 2014.
- [4] *Regionalny plan działań dla klimatu i energii. Załącznik nr 1 do Uchwały nr 228/20 Zarządu Województwa Małopolskiego z dnia 18 lutego 2020 r.* <https://powietrze.małopolska.pl/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=43558> [8.04.2022].
- [5] *Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030. Założenia i cele oraz polityki i działania*. Ministerstwo Aktywów Państwowych, Warszawa 2019.
- [6] Loulou R., Goldstein G., Kanudia A., Lettila A., Remme U.: *Documentation for the TIMES Model. Part I: Times Concepts and Theory*. 2016. https://iea-etsap.org/docs/Documentation_for_the_TIMES_Model-Part-I_July-2016.pdf [18.04.2023].
- [7] KOBIZE: *Pakiet tabel z danymi o emisjach gazów cieplarnianych w układzie Common Reporting Format (CRF). Zawiera szczegółowe dane o emisjach dla lat 1988–2021. Dane zostały zgłoszone do sekretariatu UNFCCC w dniu 28.03.2023*. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2023. <https://www.kobize.pl/enenenen/fileCategory/id/16/krajowa-inwentaryzacja-emisji> [18.04.2023].
- [8] Eurostat Energy Balances. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_balances/enbal.html?geo=EU27_2020&unit=KTOE&language=EN&year=2021&fuel=fuelMainFuel&siacs=TOTAL&details=0&chartOptions=0&stacking=normal&chartBal=&chart=&full=0&chartBalText=&order=DESC&siacs=&dataset=nrg_bal_s&decimals=0&agregates=0&fuelList=fuelElectricity,fuelCombustible,fuelNonCombustible,fuelOtherPetroleum,fuelMainPetroleum,fuelOil,fuelOtherFossil,fuelFossil,fuelCoal,fuelMainFuel [18.04.2023].
- [9] GUS: *Zużycie paliw i nośników energii w 2020 roku*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021.
- [10] ARE S.A.: *Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2020*. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Agencja Rynku Energii S.A., Warszawa 2020.
- [11] PSE: *Dane Systemowe, Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.* <https://www.pse.pl/mapa-raportow> [13.05.2023].
- [12] Sowizdał A., Tomaszewska B., Pająk L., Kaczmarczyk M., Luboń W., Pełka G., Hałaj E., Hajto M., Brawiak K., Chmielowska A. et al.: *Ocena potencjału OZE w województwie małopolskim*. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych: Kraków 2022.
- [13] KOBIZE: *Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2020 do raportowania w ramach systemu handlu uprawnieniami do emisji za rok 2023*. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2022.
- [14] Eggleston S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K.: *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan 2006.
- [15] Emitor: *Emisja zanieczyszczeń środowiska w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych*. Centrum Informatyki Energetyki. Zakład Energometrii, Warszawa 1993.
- [16] Emitor: *Emisja gazowych zanieczyszczeń atmosfery z elektrociepłowni i ciepłowni przemysłowych*. Centrum Informatyki Energetyki. Zakład Energometrii, Warszawa 1995.
- [17] GUS: *Bank Danych Lokalnych*. Główny Urząd Statystyczny. <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/temat> [11.05.2023].
- [18] GUS: *Szacunki danych o zużyciu energii w gospodarstwach domowych w 2020 r.* Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021.
- [19] GUS: *Gospodarka mieszkaniowa i infrastruktura komunalna w 2020 r.* Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021.
- [20] *Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/340 z dnia 17 grudnia 2020 r. zmieniające rozporządzenia delegowane (UE) 2019/2013, (UE) 2019/2014, 2019/2014, (UE) 2019/2015, (UE) 2019/2016, (UE) 2019/2017 i (UE) 2019/2018 w odniesieniu do wymogów w zakresie etykietowania energetycznego dotyczących wyświetlaczy elektronicznych, pralek dla gospodarstw domowych i pralko-suszarek dla gospodarstw domowych, źródeł światła, urządzeń chłodniczych, zmywarek do naczyń dla gospodarstw domowych oraz urządzeń chłodniczych z funkcją sprzedaży bezpośredniej*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0340> [11.05.2023].
- [21] GUS: *Sytuacja gospodarstw domowych w 2020 r. w świetle wyników badania budżetów gospodarstw domowych*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/warunki-zycia/dochody-wydatki-i-warunki-zycia-ludnosci/sytuacja-gospodarstw-domowych-w-2020-r-w-swietle-badania-budzetow-gospodarstw-domowych,3,20.html> [12.05.2023].
- [22] Główny Urząd Nadzoru Budowlanego: *Centralna Ewidencja Emisyjności Budynków*. <https://www.gunb.gov.pl/podmenu/1713> [8.06.2022].
- [23] GUS: *Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2019 i 2020*. Główny Urząd Statystyczny. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/gospodarka-paliwowo-energetyczna-w-latach-2019-i-2020,4,16.html> [12.05.2023].
- [24] *Rocznik Statystyczny Województwa Małopolskiego*. Zespół Redakcyjny Urzędu Statystycznego w Krakowie, Kraków 2021.
- [25] *Transport drogowy w Polsce w latach 2018 i 2019*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa–Szczecin 2021.
- [26] *National passenger road transport performance by type of vehicles registered in the reporting country*. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ROAD_PA_MOV/default/table?lang=en%20\(accessed%20Jun.%2005,%202022\).&category=road.road_pa](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ROAD_PA_MOV/default/table?lang=en%20(accessed%20Jun.%2005,%202022).&category=road.road_pa) [2.09.2022].
- [27] *Passengers transported (detailed reporting only) – (quarterly data)*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/rail_pa_quartal/default/table?lang=en [1.09.2022].
- [28] Gırteka: *Eurostat Goods Transported by Type of Transport*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/RAIL_GO_TYPE-PAS_custom_3599985/default/table?lang=en [5.06.2022].
- [29] *Eurostat Road freight transport by type of operation and type of transport – (t, tkm, vehicle-km) – quarterly data*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_go_tq_tott/default/table?lang=en [2.02.2022].
- [30] *Eurostat Road Traffic by Type of Vehicle (Million Vkm)*. http://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_go_tq_tott/default/table?lang=en&category=road.road_tf [5.02.2022].
- [31] Waśkiewicz J., Pawlak P.: *Prognozy eksperckie zmian aktywności sektora transportu drogowego (w kontekście ustawy o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji)*. Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2017. <https://www.gov.pl/attachment/c75185bb-89c3-4fc5-a0a3-fc2ee7680bf9> [12.05.2022].

- [32] UMK: *Raport o stanie Miasta 2020*. Urząd Miasta Krakowa Wydział Strategii, Planowania i Monitorowania Inwestycji Oddział Planowania Strategicznego i Analiz, Kraków 2021.
- [33] *Raport o stanie Miasta 2020*. Urząd Miasta Tarnowa, Tarnów 2021.
- [34] *Raport o stanie Miasta 2020. Załączniki*. Urząd Miasta Tarnowa, Tarnów 2021.
- [35] Zieliński J., Tutka, P., Kunikowski P., Szyszło A.: *Synteza wyników GPR 2020/21 na zamiejsczej sieci dróg krajowych*. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Heller Consult sp. z o.o., Warszawa 2021.
- [36] UTK: *Kolej w województwach – wykorzystanie i polityka transportowa*. Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa 2019.
- [37] UTK: *Koleje pasażerskie w województwach – dynamika zmian w latach 2010–2020*. Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa 2021.
- [38] UTK: *Podsumowanie 2021. Przewozy pasażerskie i towarowe*. Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa 2021.
- [39] Dong H., Mangino J., McAllister T.A., Hatfield J.L., Johnson D.E., Lassek K.R., Aparecida de Lima M., Romanovskaya A.: *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management*. IPCC, 2006.
- [40] GUS: *Zwierzęta gospodarskie w 2020 r.* Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021.
- [41] GUS: *Powszechny spis rolny 2020*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2023.
- [42] Związek Przedsiębiorców i Pracodawców: *Fakty o hodowli zwierząt futerkowych w Polsce*. Warszawa 2020. <https://zpp.net.pl/wp-content/uploads/2020/09/Fakty-o-hodowli-zwierz%C4%85t-futerkowych-w-Polsce-final-38.pdf> [12.05.2022].
- [43] *Sprawozdanie z działalności Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa w 2022 roku*. Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa, Warszawa 2023.
- [44] PSG: *Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2020 r.* Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2021.

dr inż. JANUSZ ZYŚK

jazysek@agh.edu.pl

dr hab. inż. ARTUR WYRWA, prof. AGH

awyrwa@agh.edu.pl

mgr inż. MACIEJ RACZYŃSKI

makracz@agh.edu.pl

dr inż. MARCIN PLUTA

mpluta@agh.edu.pl

mgr inż. SABINA MICHALSKA

michalska@agh.edu.pl

EMILIA WYRWA

emiwyrwa@agh.edu.pl

dr hab. inż. TADEUSZ OLKUSKI, prof. AGH

olkuski@agh.edu.pl

prof. dr hab. inż. WOJCIECH SUWAŁA

suwalaw@agh.edu.pl

Wydział Energetyki i Paliw

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków