



Co-ordinated by
ECMWF



CoCO2

Prototype system for a
Copernicus CO₂ service

CoCO2

Prototype system for a Copernicus CO₂ service

AGH contribution

CoCO2 - w kierunku nowego serwisu CAMS

Łukasz Chmura

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w
Krakowie



Cel badań - projekt CoCO2

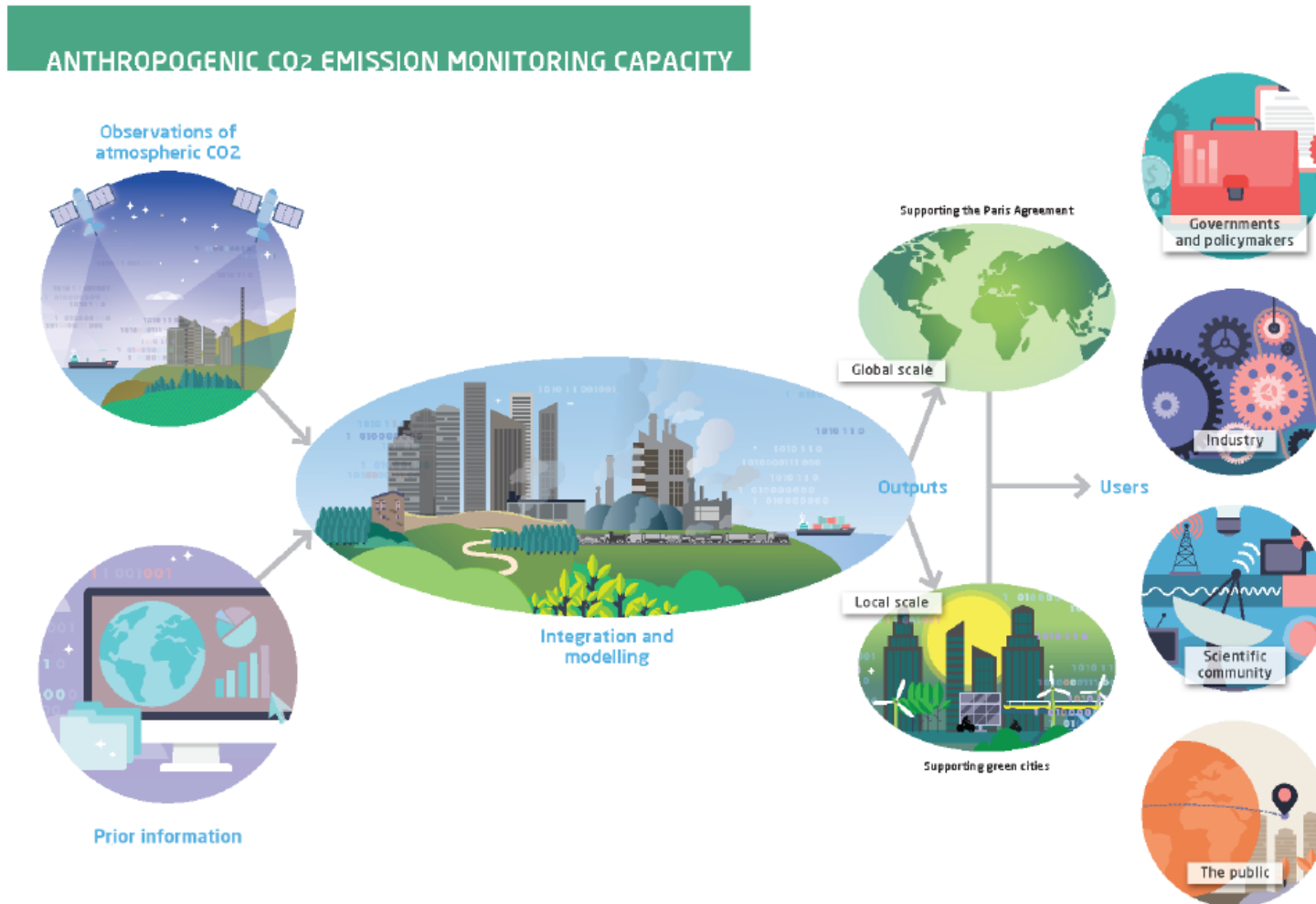


Figure 1: Illustration of the components of the planned anthropogenic CO₂ emissions Monitoring and Verification Support (MVS) capacity



Co-ordinated by
ECMWF



Dataset of atmospheric observations from Krakow, Poland

CoCO2, wyniki AGH z pakietu WP7

Mirosław Zimnoch¹, Piotr Sekula^{1,2}, Alicja Skiba¹, Mikita Maslouski¹, Alina Jasek-Kaminska^{1,2}, Zbigniew Gorczyca¹, Lukasz Chmura^{1,2}, Jakub Bartyzel¹, Michał Galkowski^{1,3}, Jarosław Necki¹, Paweł Jagoda¹

¹ AGH University of Science and Technology, Faculty of Physics and Applied Computer Science, Krakow, Poland

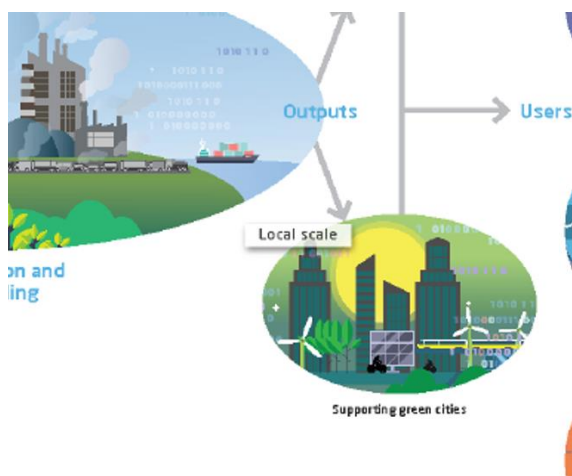
² Institute of Meteorology and Water Management – National Research Institute, Poland

³ Max Planck Institute for Biogeochemistry, Department of Biogeochemical Signals, Jena, Germany



WP7: Obserwacje

- Zebranie i udokumentowanie wymagań dotyczących obserwacji in situ i danych dodatkowych
- Identyfikacja i kontakt z dostawcami wymaganych strumieni danych
- Opracowanie nowych technik i instrumentów pomiarowych w celu wypełnienia istniejących luk



Na dane obserwacyjne z Krakowa składają się:

- Pionowe profile stężenia CO₂ w miejskiej warstwie granicznej (do ok. 300 m n.p.m.) zebrane podczas comiesięcznych dobowych kampanii pomiarowych;
- Oszacowanie udziału antropogenicznego CO₂ na podstawie analizy radiowęglowej próbek punktowych pobieranych co 4 godziny podczas kampanii lotniczych

Dane obserwacyjne z Krakowa zostaną wykorzystane do:

- Optymalizacji konfiguracji modeli transportu o wysokiej rozdzielczości
- Local scale system output benchmarks for Krakow



- Opis lokalizacji
- Dane:
 - Zmienność czasowa miejskiego strumienia CO₂
 - Profile pionowe stężenia CO₂ i CH₄ z obszaru Krakowa
 - Dobowa zmienność składu izotopowego atmosferycznego CO₂
- Plany na przyszłość

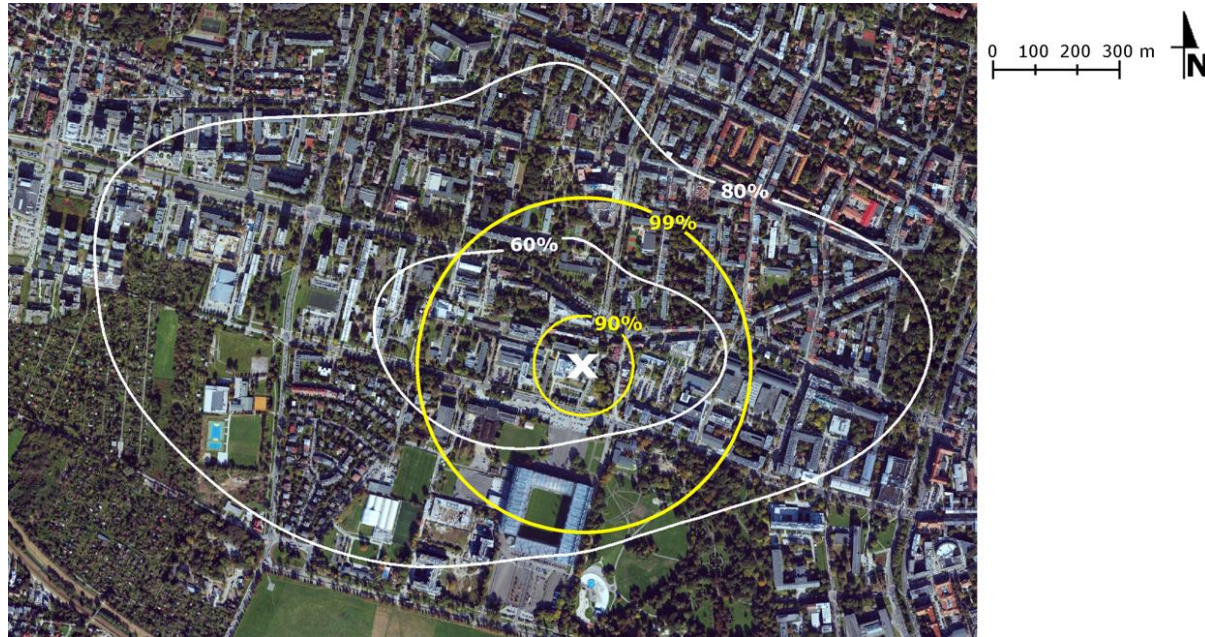


Punkty pomiarowe

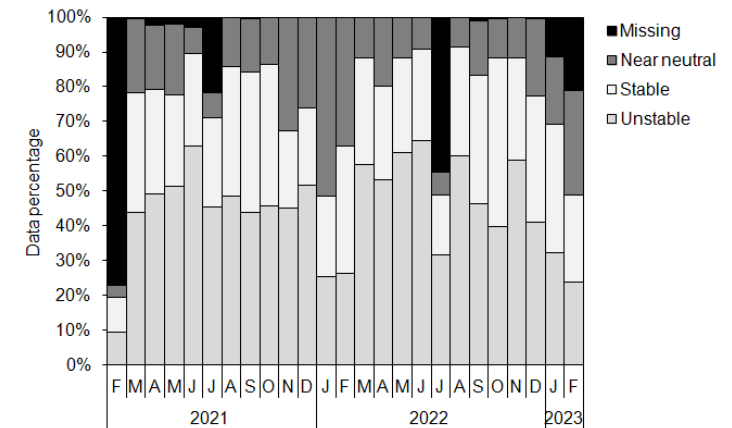
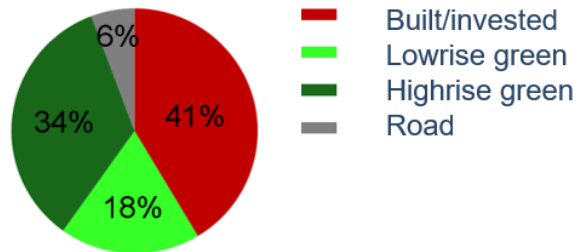




Dane: zmienność czasowa strumienia CO₂ na terenie miasta

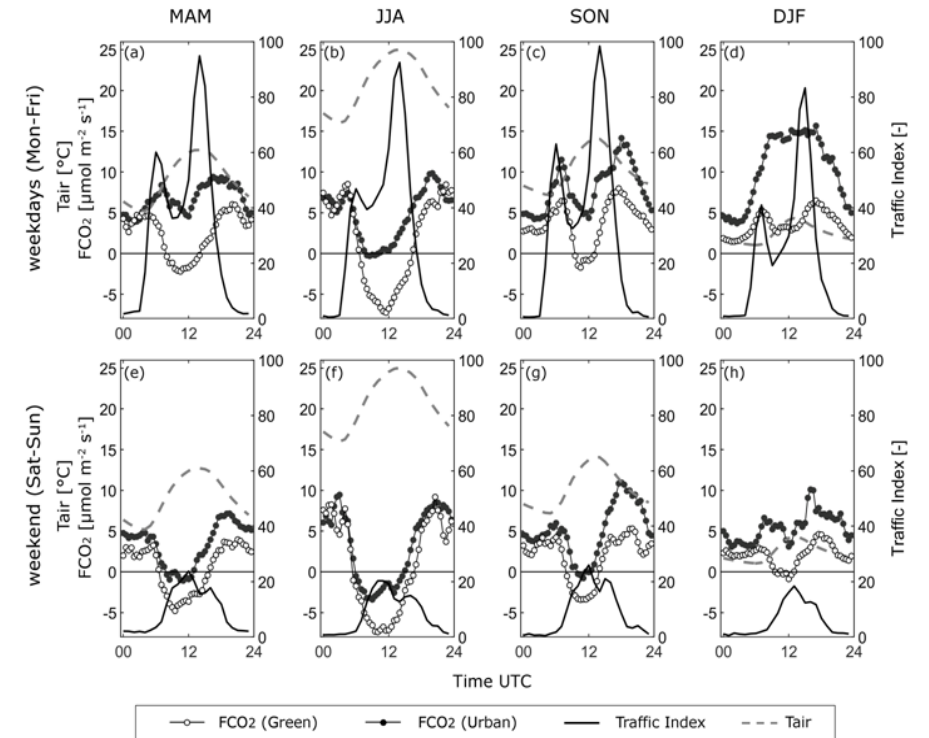
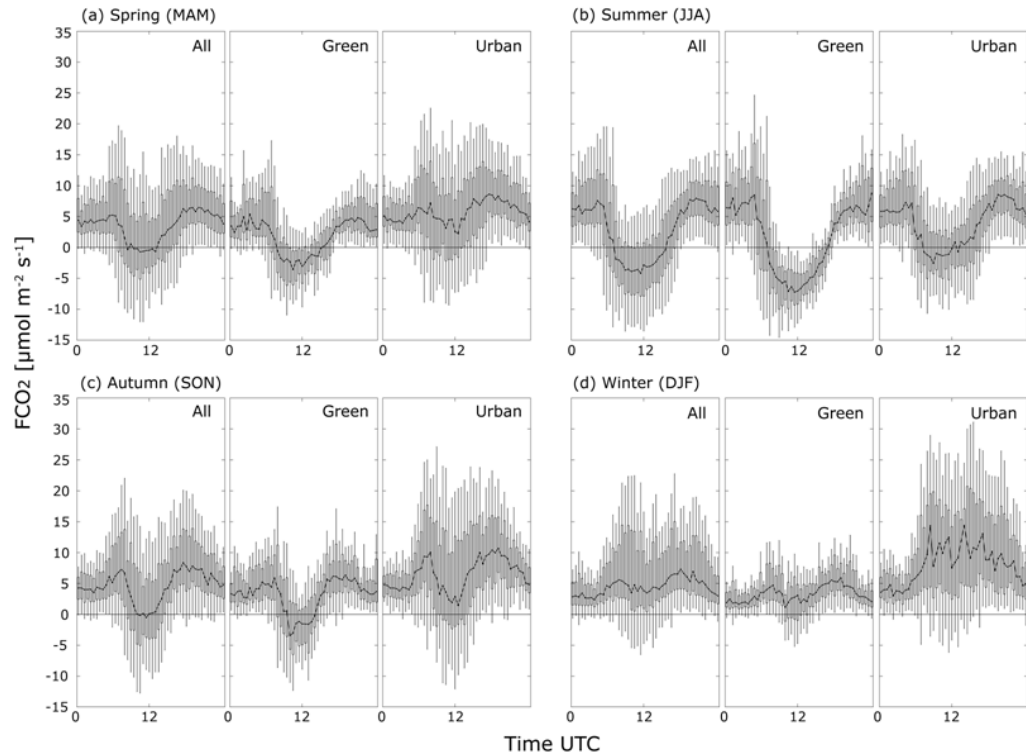
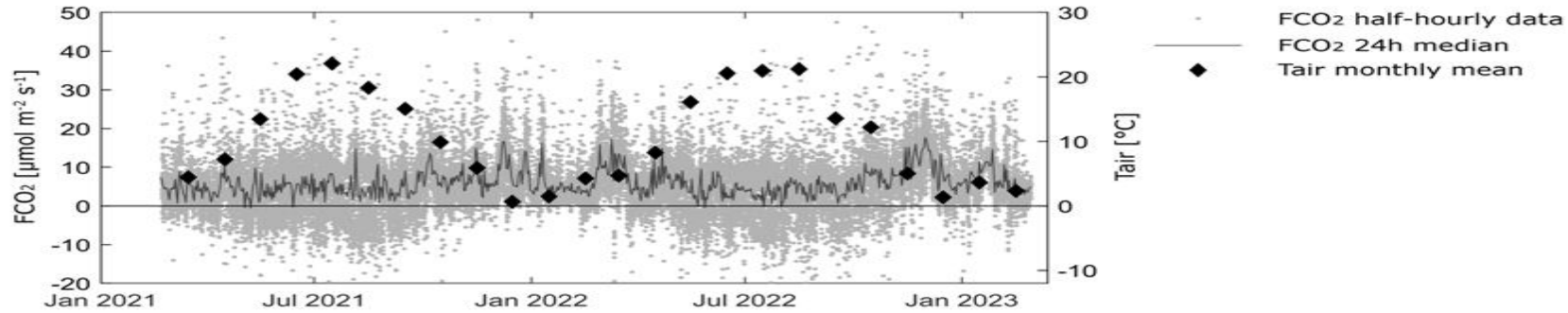


Land use distribution within 500 m





Dane: zmienność czasowa strumienia CO₂ na terenie miasta





Dane: Profile pionowe stężenia CO₂ i CH₄ na terenie miasta

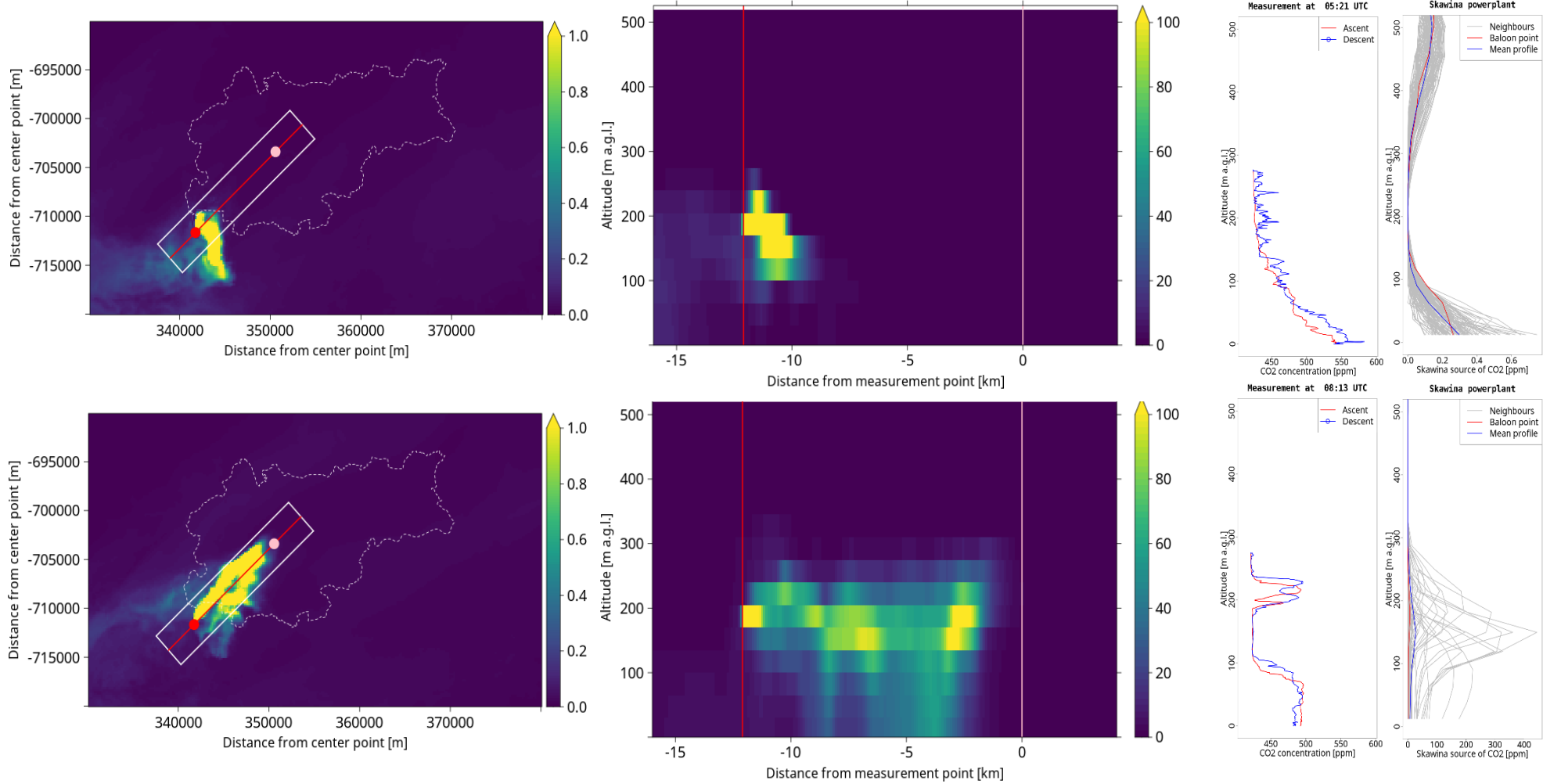


N o.	Date	Sunse t [UTC]	Sunris e [UTC]	First flight [UTC]	Last flight [UTC]	Numbe r of flights	Location of flight [°N]	Location of flight [°E]	PLATFORM
1	09-10.02.2021	15:45	06:00	12:30	11:10	26	50.067941	19.899127	DRONE
2	10-11.03.2021	16:30	05:00	21:20	08:00	12	50.045982	19.935972	BALLOON
3	28-29.04.2021	18:50	04:20	19:00	08:00	15	50.045982	19.935972	BALLOON
4	01-02.06.2021	19:40	03:30	08:20	05:00	48	50.045982	19.935972	BALLOON
5	13-14.07.2021	19:50	03:40	17:30	06:20	29	50.045982	19.935972	BALLOON
6	07-08.09.2021	18:00	05:00	16:50	08:00	32	50.045982	19.935972	BALLOON
7	11-12.10.2021	17:00	06:00	17:00	08:00	13	50.067119	19.913281	DRONE
8	25-26.10.2021	16:30	06:20	15:50	10:00	29	50.045938	19.936062	BALLOON
9	24-25.11.2021	15:00	06:00	13:20	12:00	34	50.045938	19.936062	BALLOON
10	22-23.12.2021	14:40	06:30	14:00	12:20	21	50.045938	19.936062	BALLOON
11	11-12.01.2022	15:00	06:30	14:00	05:00	16	50.067123	19.912997	DRONE
12	31.01-1.02.2022	15:30	0:20	14:00	10:00	20	50.067239	19.913218	DRONE





Dane: Profile pionowe stężenia CO₂ i CH₄ na terenie miasta



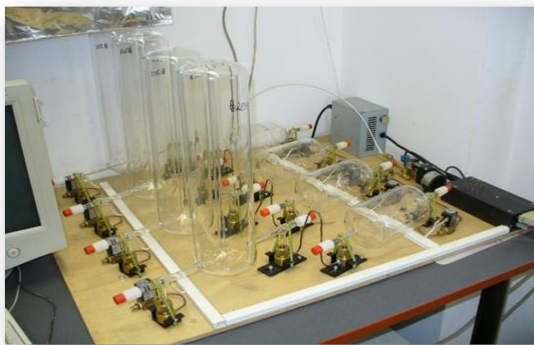


Dane: Dobowa zmienność składu izotopowego atmosferycznego CO₂

Każda z kampanii pomiarowych profilowania pionowego została uzupełniona o pobranie punktowych próbek powietrza do analizy składu izotopowego węgla (¹³C/¹²C i ¹⁴C/¹²C).



Krok 1: Automatyczne pobieranie próbek powietrza



Krok 2: Pomiar stężenia CO₂



Krok 3: Pomiar IRMS składu izotopowego δ¹³C

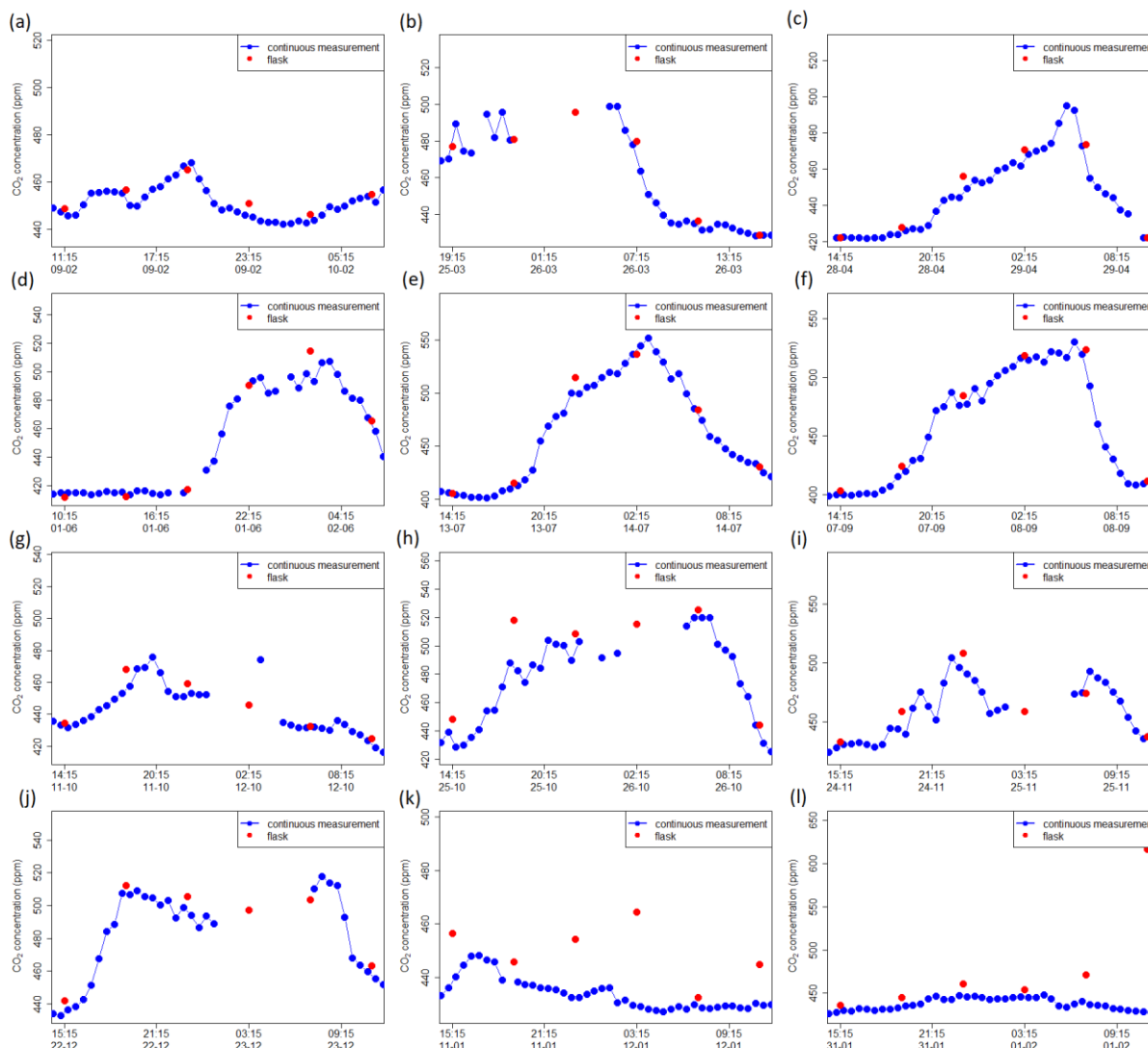


Krok 4: Pomiar AMS składu izotopowego of Δ¹⁴C





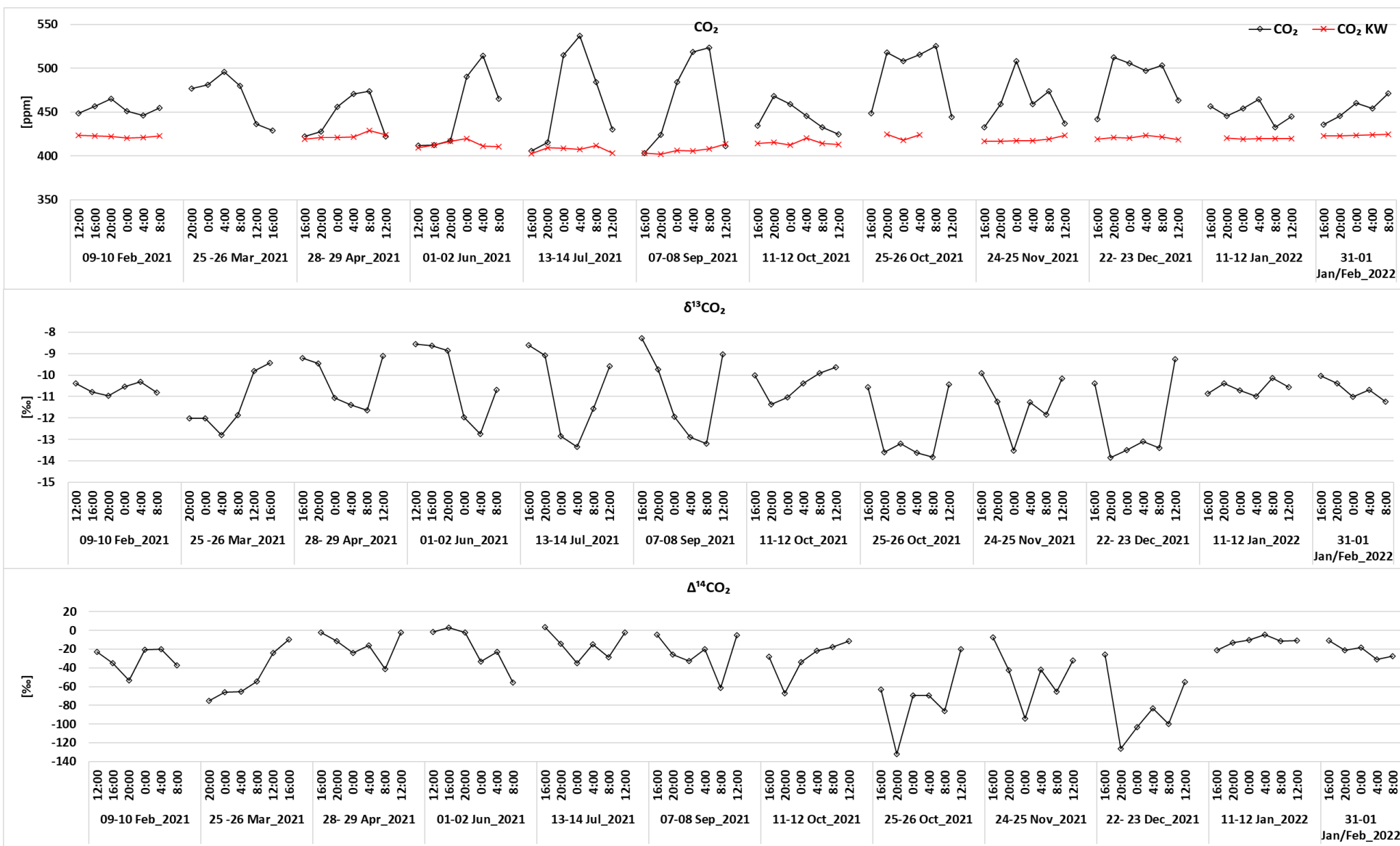
Dane: Dobowa zmienność składu izotopowego atmosferycznego CO₂



Variable name	description	unit
Timestamp UTC	date time UTC	DD.MM.YYYY hh:mm
delta_13_C	carbon-13 isotopic composition in the flask sample expressed in V-PDB scale	[‰]
delta_18_O	oxygen-18 isotopic composition in the flask sample expressed in V-PDB scale	[‰]
Delta_14_C	radiocarbon capital delta value in the flask sample (relative deviation from the concentration in the standard of modern biosphere)	[‰]
CH4	Methane mixing ratio in the flask sample	[ppm]
CO2	Carbon dioxide mixing ratio in the flask sample	[ppm]
Delta_14_C_bg	radiocarbon capital delta value in the nighttime monthly -averaged sample collected at the Kasprowy Wierch background station (relative deviation from the concentration in the standard of modern biosphere)	[‰]
delta_13_C_bg	carbon-13 isotopic composition in the nighttime monthly -averaged sample collected at the Kasprowy Wierch background station expressed in V-PDB scale	[‰]
CH4_bg	Nighttime monthly -averaged methane mixing ratio measured at the Kasprowy Wierch background station	[ppm]
CO2_bg	Nighttime monthly -averaged carbon dioxide mixing ratio measured at the Kasprowy Wierch background station	[ppm]

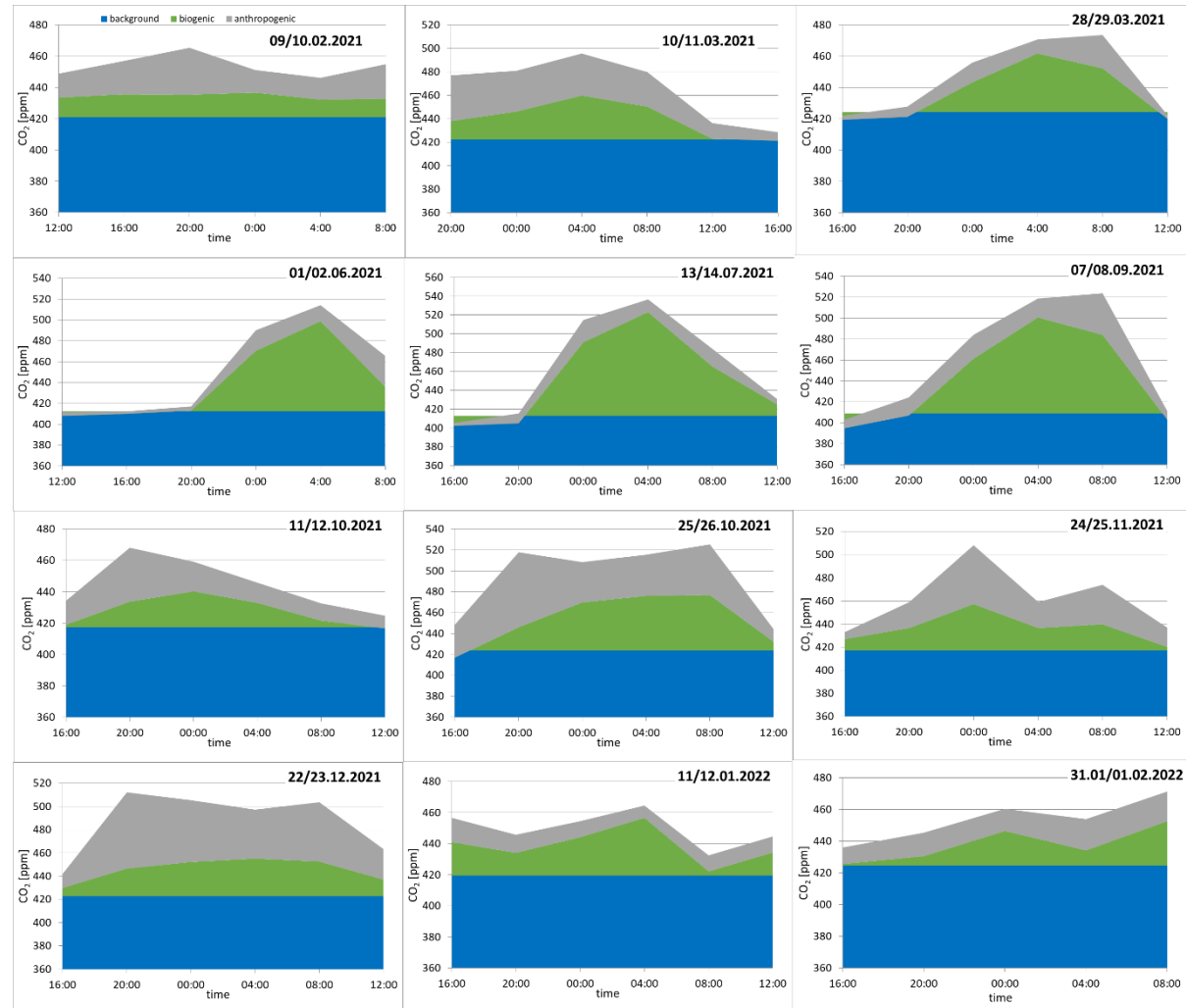


Dane: Dobowa zmienność składu izotopowego atmosferycznego CO₂





Dane: Dobowa zmienność składu izotopowego atmosferycznego CO₂





Dane dostępne pod adresem: <https://doi.org/10.18160/8DSK-R4JS>

Plany publikacyjne:

- Spatial and temporal variations of carbon dioxide flux to the atmosphere in an urban area of Krakow, Poland
- prawie gotowy, do wysłania do Atmosphere
- Measurement report: Temporal variability of vertical profiles of GHGs over an urban environment
- na ukończeniu, wysyłka do ACP
- Partitioning of atmospheric carbon dioxide based on combined measurements of CO₂ mixing ratios and carbon isotope composition: a case study from Krakow (Poland)
- prawie gotowy, wysyłka do Radiocarbon
- Inne plany publikacyjne, ale na wstępnym etapie.



Plany na przyszłość



Observational datasets of urban CO₂ fluxes, atmospheric vertical profiles of CO₂ and CH₄ and 14CO₂, and isotopic composition of atmospheric CO₂ at Krakow, Poland; period 2021-2023; part of the CoCO₂ project

Collection

DOI	10.18160/8DSK-R4JS (target , metadata)
Description (Abstract)	<p>This dataset contains three types of observations carried out within the CoCO₂ project:</p> <p>A: Urban ecosystem flux time series The urban ecosystem flux tower is installed on the roof of the Faculty of Physics and Applied Computer Science building. The elevation of instruments installed on the top of the tower is approximately 40 m.a.g.l. The measurement system consists of a Gill Windmaster sonic anemometer, LICOR LI7500DS open path CO₂/H₂O analyser, a Huxeflux NR01 net radiometer, and a SmartFlux 3 datalogger. It is supplemented by a VAISALA WXT520 combined weather station delivering Biomet data for the system.</p> <p>B: Vertical profiles of the CO₂ and CH₄ mixing ratios from the Krakow urban area Vertical profiles of CO₂ and CH₄ within the urban boundary layer of Krakow city were performed using two different platforms. The first platform was a tethered touristic balloon operated by the Balon Widokowy Sp. z o.o. company in the city centre.</p> <p>C: Diurnal variability of the isotopic composition of atmospheric CO₂ The last part of the data set contains the isotopic analysis of flask samples collected every 4 hours during flight campaigns. Each sample was collected using an automatic flask sampler (shown in Fig. 9) in pair of glass flasks (1 l and 3 l capacity) by flushing with dry air. The air inlet was installed on the roof of Faculty building ca. 25 m a.g.l</p>
Creators	Mirosław Zimnoch , Piotr Sekuła , Alina Jasek-Kamińska , Allija Skiba , Michał Gałkowski , Łukasz Chmura , Jakub Bartyzel , Paweł Jagoda , Michał Kud , Jarosław Nęcki
Publication year	2023
Publisher	AGH University of Krakow
Subjects	dry air CO ₂ mole fraction, dry air CH ₄ mole fraction, eddy covariance, vertical profile, balloon sonde, 14CO ₂ , radiocarbon CO ₂ , 13CO ₂ , C18O ₂
Licence	CC BY 4.0
Collection creator	Carbon Portal
Citation	<p>Zimnoch, M., Sekuła, P., Jasek-Kamińska, A., Skiba, A., Gałkowski, M., Chmura, Ł., Bartyzel, J., Jagoda, P., Kud, M., Nęcki, J., 2023. Observational datasets of urban CO₂ fluxes, atmospheric vertical profiles of CO₂ and CH₄ and 14CO₂, and isotopic composition of atmospheric CO₂ at Krakow, Poland; period 2021-2023; part of the CoCO₂ project . https://doi.org/10.18160/8DSK-R4JS</p> <p>BibTex RIS</p>
Content	
Number of items	3
Items	CoCO₂_fluxes_PL-KrK.zip PL-KrK_Isotopic_dataset.zip PL_KrK_Vertical_Profiles.zip
Statistics	
Downloads	0



Co-ordinated by
ECMWF



CoCO2

Prototype system for a
Copernicus CO₂ service

SYSTEM INWERSYJNY DO OSZACOWANIA STRUMIENI CO₂ W POLSCE

CoCO2, wyniki AGH z pakietu WP4

Michał Gałkowski^{1,3}, Piotr Sekuła^{1,2}, Mirosław Zimnoch¹

¹ AGH University of Science and Technology, Faculty of Physics and Applied Computer Science, Krakow, Poland

² Institute of Meteorology and Water Management – National Research Institute, Poland

³ Max Planck Institute for Biogeochemistry, Department of Biogeochemical Signals, Jena, Germany



Wstęp

- Modelowanie prognostyczne gazów cieplarnianych za pomocą modeli pogodowych (np. WRF):

EMISJE (*a-priori*) → ATMOSFERA → STĘŻENIA (*modelowe, prognostyczne*)

- Modelowanie inwersyjne -- odwrócenie wnioskowania

EMISJE (*a-posteriori*) ← ATMOSFERA ← STĘŻENIA (*pomiary*)

- Formalnie: model stanowi łącznik między strumieniami a obserwacjami

$$H: \lambda \rightarrow y = H\lambda$$

- Modelowanie inwersyjne (bayesowskie) polega na takiej optymalizacji strumieni a-priori, aby zminimalizować funkcję kosztu wiążącą emisje (strumienie) CO₂ przy użyciu obserwacji
- Optymalizacja: inwersja analityczna (Rodgers et al. 2000); funkcja kosztu:

$$J(\lambda) = (y - K\lambda)^T S_{\epsilon}^{-1} (y - K\lambda) + (\lambda - \lambda_{prior})^T S_{prior}^{-1} (\lambda - \lambda_{prior})$$

- Współczynniki a-posteriori można obliczyć z:

$$\hat{\lambda} = \lambda_{prior} + (K^T S_{\epsilon}^{-1} K + S_{prior}^{-1})^{-1} K^T S_{\epsilon}^{-1} (y - K \lambda_{prior})$$



Model prognostyczny

Cel główny w zadaniu 4.4:

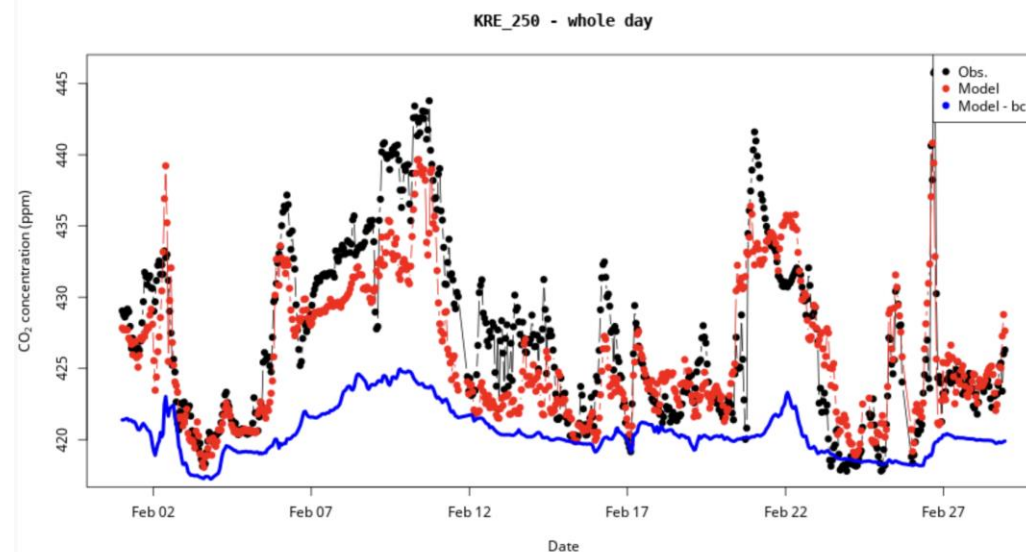
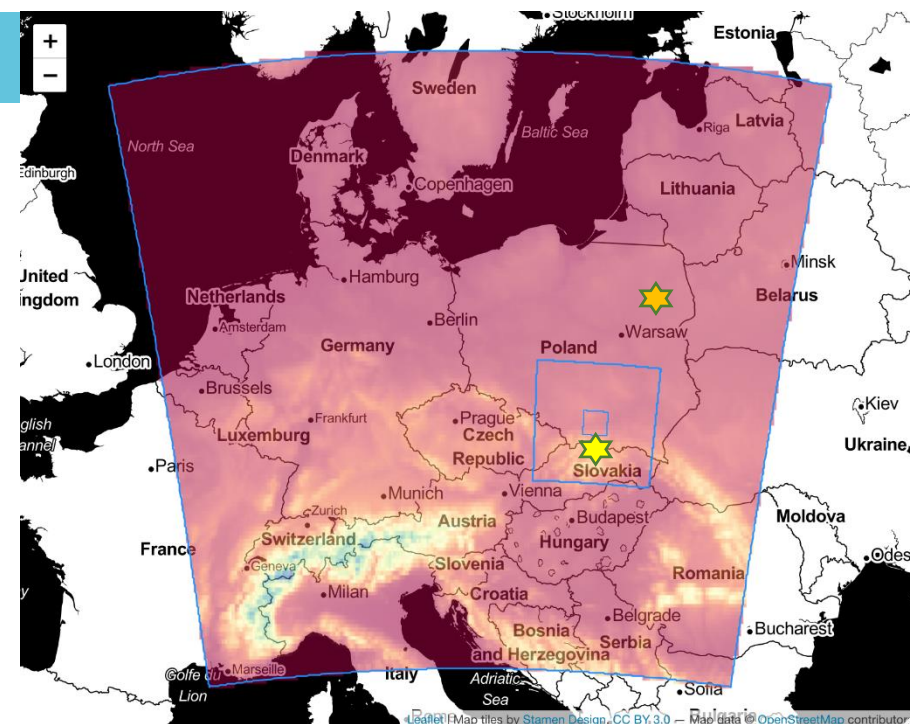
Oszacowanie emisji CO₂ z Polski i Niemiec na podstawie obserwacji dla wybranych okresów w 2018 i 2021.

Model:

- WRF-Chem v4.4.1.
- Rozdzielczość siatki 5000 m
- 80 lvl w pionie do ~21 km, ~30 poziomów poniżej 3000m wys. wzgl.

Symulowane okresy:

- zima 2018 (luty), lato 2018 (lipiec), zima 2021 (luty), lato 2021 (lipiec)





Inwersje – przykład: zima 2018

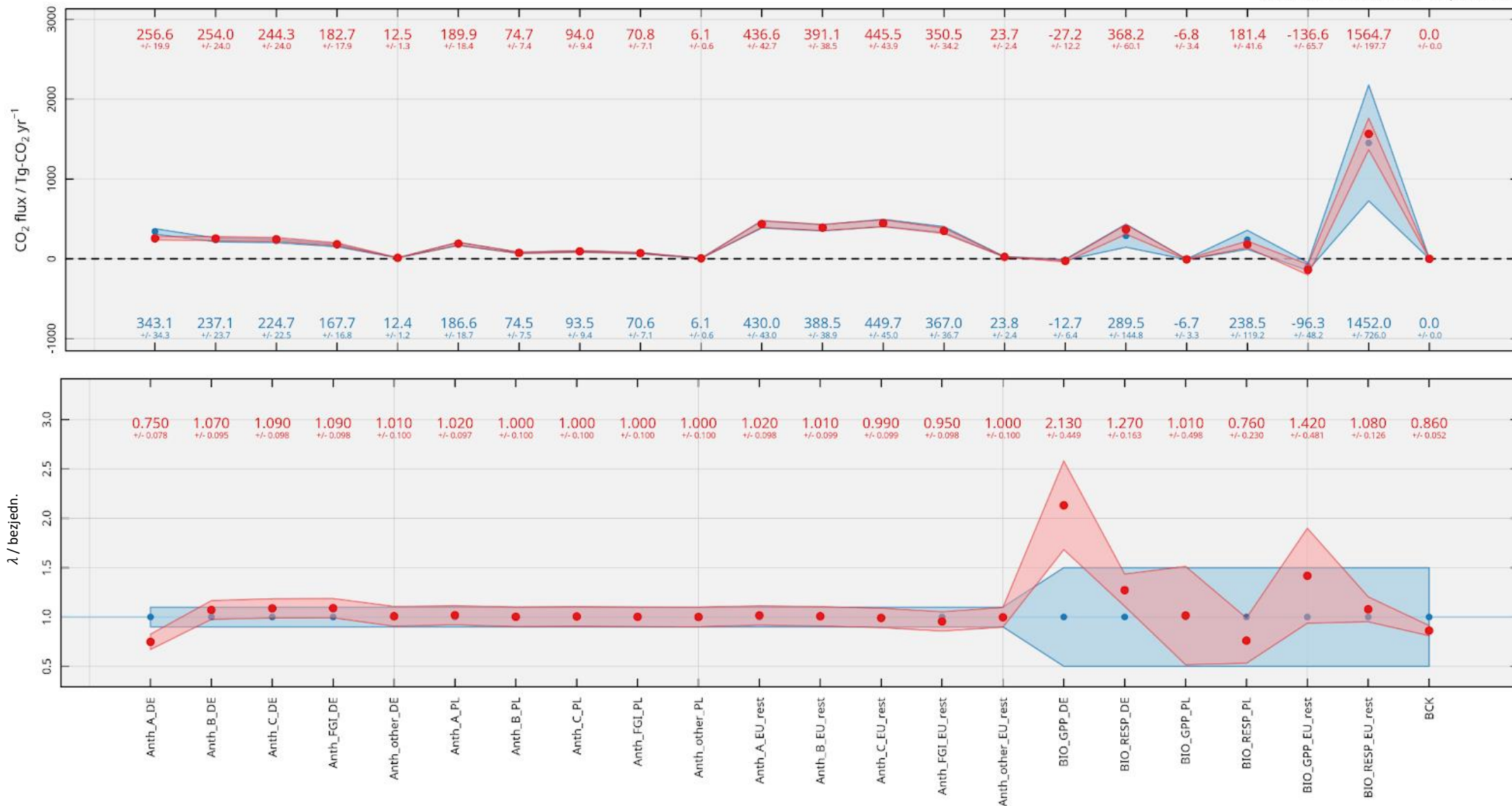
Period of analysis: 2018-02-01 - 2018-02-28

Simulation code: _epsilon-4_2

Prior ant. error = 0.1 Prior bio. error = 0.5

Prior: RMSE = 3.68 BIAS = -0.34 R-squared = 0.71

Post.: RMSE = 3.71 BIAS = -0.9 R-squared = 0.72





Inwersje – pełne rezultaty [Tg-CO₂ / yr]

Period	Region	Prior anthr	Post anth	Prior bio	Post bio	
February 2018						
	PL	432 ± 96	435 ± 97	232 ± 164	174 ± 96	-25%
	DE	985 ± 220	950 ± 199	277 ± 195	341 ± 163	+23%
	rest	1659 ± 371	1647 ± 363	1356 ± 959	1428 ± 710	+5%
July 2018						
	PL	287 ± 64	289 ± 65	-578 ± 409	-527 ± 172	+
	DE	662 ± 148	634 ± 140	-751 ± 531	-216 ± 40	+
	rest	1104 ± 247	1090 ± 242	-4995 ± 3532	-4379 ± 711	+
February 2021						
	PL	441 ± 99	451 ± 100	243 ± 171	268 ± 144	+
	DE	924 ± 207	787 ± 149	313 ± 221	329 ± 81	0
	rest	1629 ± 364	1469 ± 317	1448 ± 1024	940 ± 221	--
July 2021						
	PL	292 ± 65	291 ± 65	-822 ± 581	-707 ± 267	+
	DE	591 ± 132	446 ± 89	-1148 ± 811	-593 ± 89	+
	rest	1062 ± 237	1057 ± 232	-5378 ± -3803	-4379 ± 711	+



Inwersje – wnioski

- System nadal w fazie wdrożeniowej.
- Na podstawie pomiarów jesteśmy w stanie dokonywać korekt dla strumieni biogenicznych w skali krajowej (Polska, Niemcy)
- Ze względu na braki w sieci obserwacyjnej, nie byliśmy w stanie dokonywać znaczących korekt dla strumieni antropogenicznych w Polsce
- Sieć ICOS potrzebna “na wczoraj”
 - Jeżeli ma dawać informacje o strumieniach antrop., musi być wzbogacona o komponent miejski (-> projekt *ICOS-Cities*, ZFŚ AGH)
- W przyszłości planujemy implementację bardziej zaawansowanych systemów inwersyjnych do celów badawczych, chcielibyśmy również wykorzystać krajowe bazy danych emisji jako strumienie *a-priori*

THANK YOU



This presentation reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



coco2-project.eu



[@CoCO2_project](https://twitter.com/CoCO2_project)