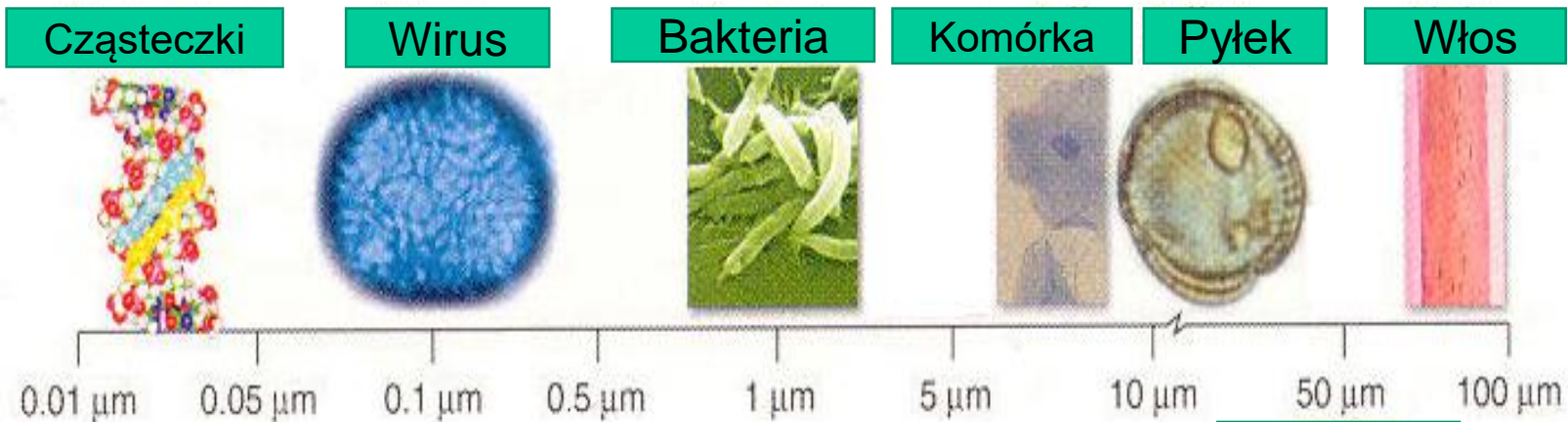


Źródła zanieczyszczeń pyłowych powietrza w Krakowie

Lucyna Samek



Cząsteczki

Wirus

Bakteria

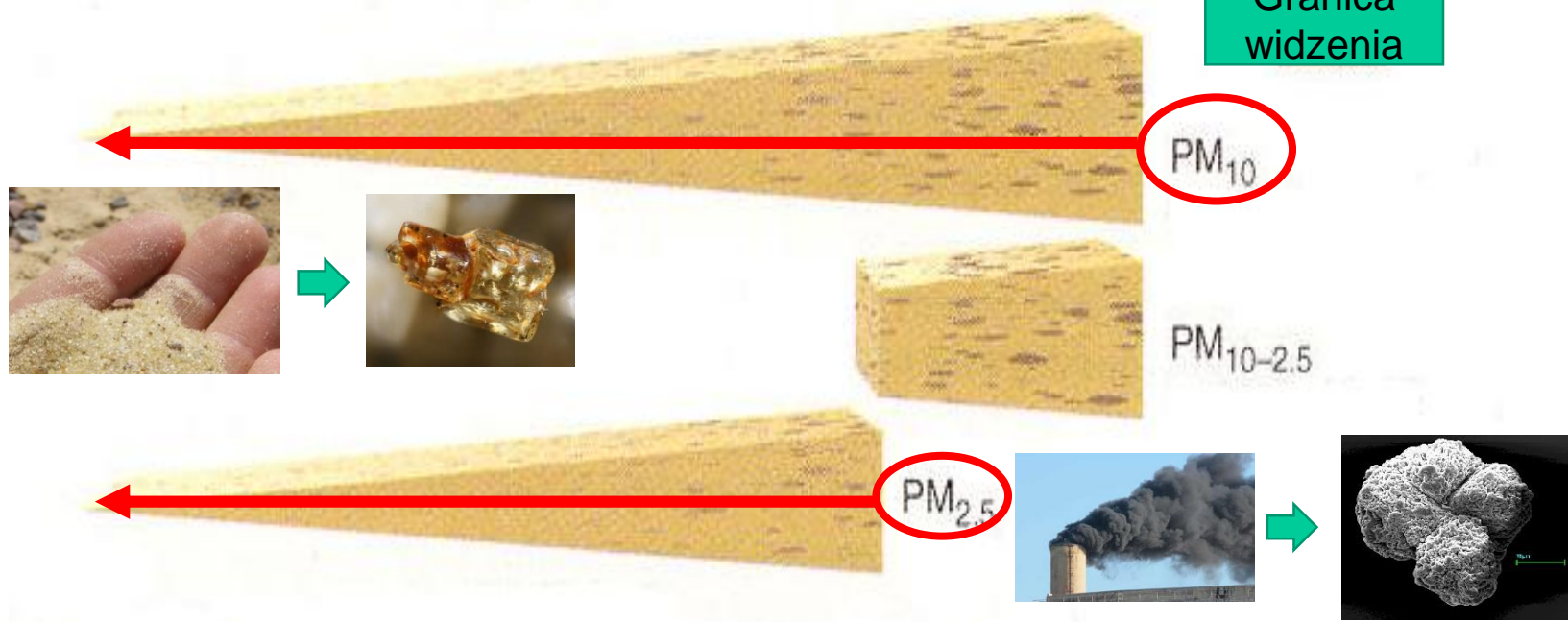
Komórka

Pylek

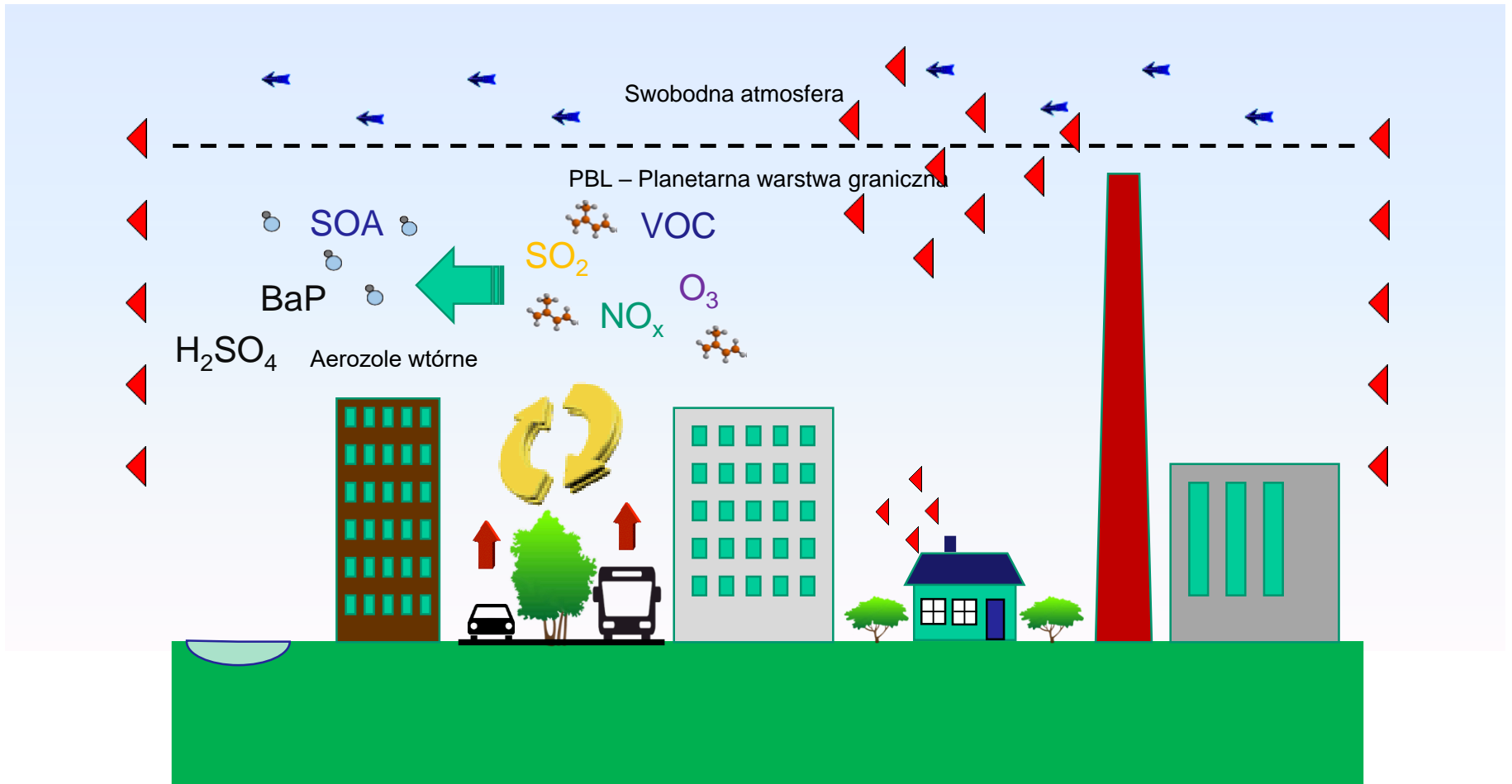
Włos

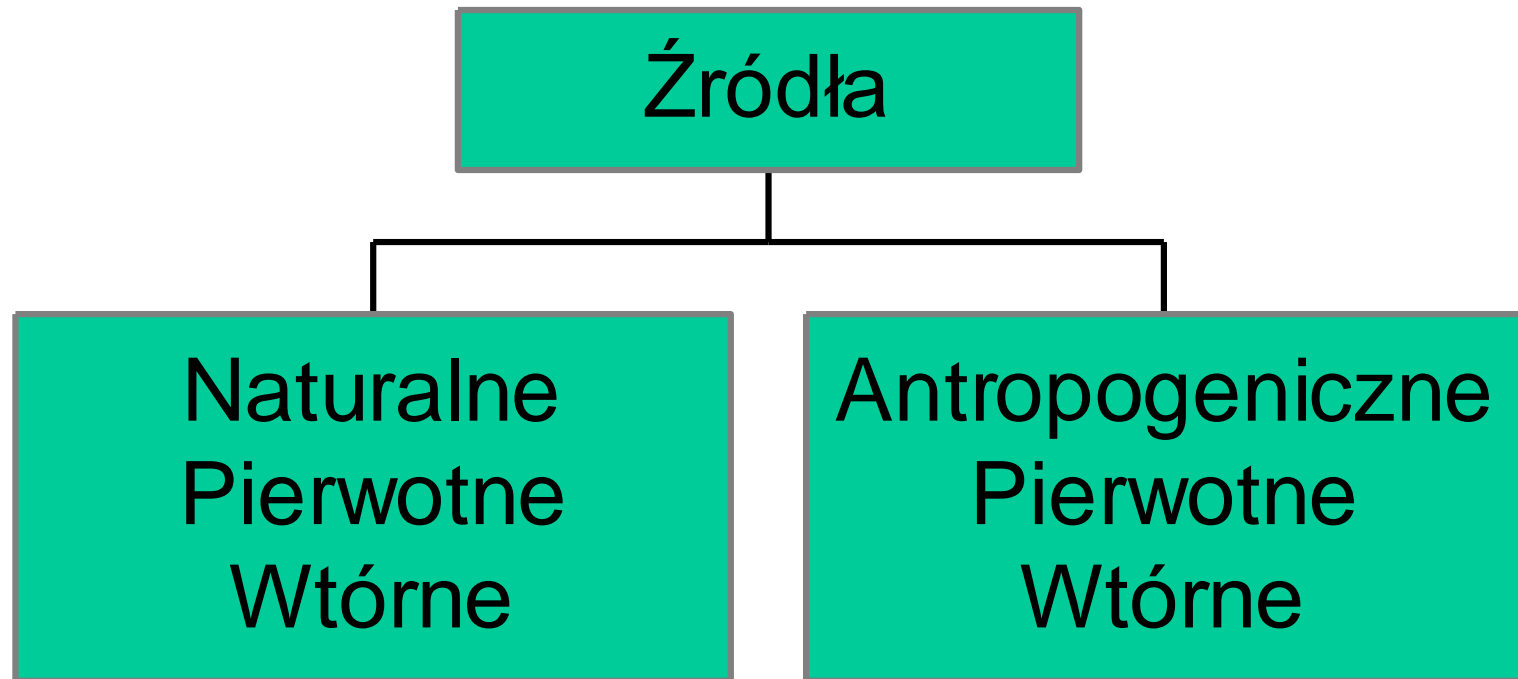


Granica widzenia



Powstawanie zanieczyszczeń atmosferycznych





Źródła naturalne

Pierwotne	
Pył glebowy (Mineralne aerozole)	Głównie frakcja gruba
Sól morską	Frakcja gruba
Pył wulkaniczny	Frakcja gruba
Szczałki biologiczne	Frakcja gruba
Wtórne	
Siarczany z gazów biogenicznych	Frakcja drobna
Siarczany z wulkanicznego SO ₂	Frakcja drobna
Materia organiczna z lotnych związków organicznych (VOC)	Frakcja drobna
Azotany z NO _x	Frakcje drobna i gruba

Źródła antropogeniczne

Pierwotne	
Pył przemysłowy, (za wyjątkiem sadzy)	Fracje gruba i drobna
Sadza	Głównie frakcja drobna
Wtórne	
Siarczany z SO_2	Fracja drobna
Spalanie biomasy	Fracja drobna
Azotany z NO_x	Głównie frakcja gruba
Związki organiczne z VOC	Fracja drobna

Siarczany występują jako sole amonowe

Skład chemiczny pyłu zawieszonego zależy między innymi od:

- Położenia geograficznego
 - Ukształtowania i pokrycia terenu
 - Warunków meteorologicznych
 - Pory roku
 - Dnia tygodnia
-
-

Główne składniki pyłu:

- Materiał mineralny
 - Sól morską
 - Pierwotny bioaerozol
 - Węgiel elementarny
 - Węgiel organiczny
 - Wtórne aerozole organiczne
 - Wtórne aerozole nieorganiczne
 - Pierwiastki śladowe
-
-

Regulacje prawne

	Dyrektywa EU	EPA USA	WHO zalecenia
PM ₁₀ średnia roczna	40 µg/m ³	50 µg/m ³	20 µg/m ³
PM ₁₀ średnia dobową	50 µg/m ³ (liczba przekroczeń w ciągu roku nie większa niż 35 dni)	150 µg/m ³	50 µg/m ³
PM _{2.5} średnia roczna	20 µg/m ³	15 µg/m ³	10 µg/m ³
PM _{2.5} średnia dobową		35 µg/m ³	25 µg/m ³



Źródła zanieczyszczeń pyłowych powietrza w Krakowie w latach 2018-2019

**Lucyna Samek, Kazimierz Różański, Katarzyna Styszko,
Zdzisław Stęgowski, Mirosław Zimnoch, Zbigniew Gorczyca,
Alicja Skiba, Anna Turek Fijak**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej

Lucyna.Samek@fis.agh.edu.pl

Projekt zrealizowany przez **Akademię Górniczo-Hutniczą** ze środków:



we współpracy z:



Cel badań:

Określenie rodzaju oraz udziału poszczególnych źródeł emisji zanieczyszczeń pyłowych powietrza obserwowanych na wybranych stacjach monitoringu jakości powietrza WIOŚ w Krakowie i GIOŚ, związanych z transportem drogowym oraz obszarem mieszkalnym

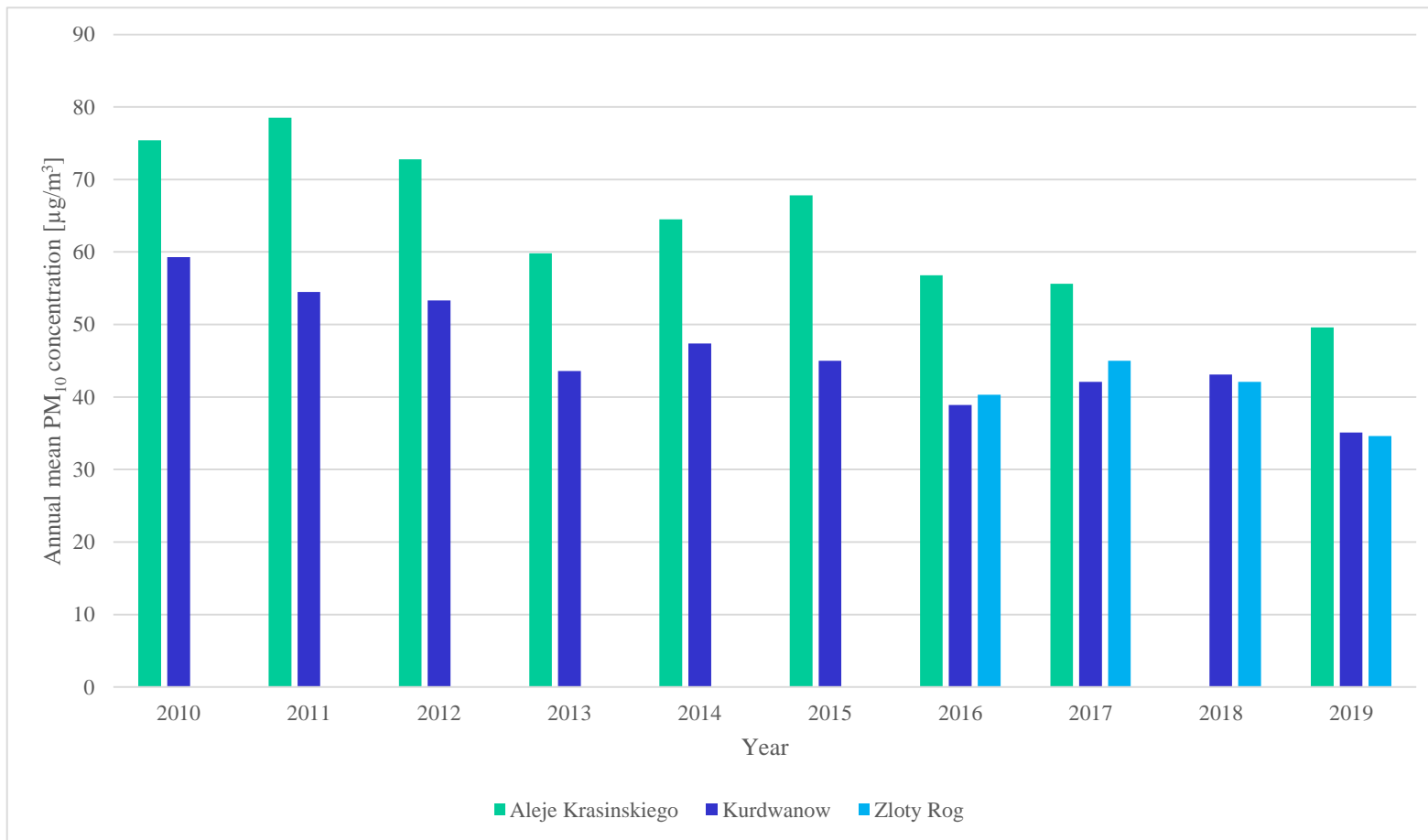
Lucyna Samek, Katarzyna Styszko, Zdzisław Stegowski, Mirosław Zimnoch, Alicja Skiba, Anna Turek-Fijak, Zbigniew Gorczyca, Przemysław Furman, Anne Kasper-Giebl and Kazimierz Rozanski;

Comparison of PM₁₀ Sources at Traffic and Urban Background Sites Based on Elemental, Chemical and Isotopic Composition: Case Study from Krakow, Southern Poland. *Atmosphere* 2021, 12, 1364.

<https://doi.org/10.3390/atmos12101364>

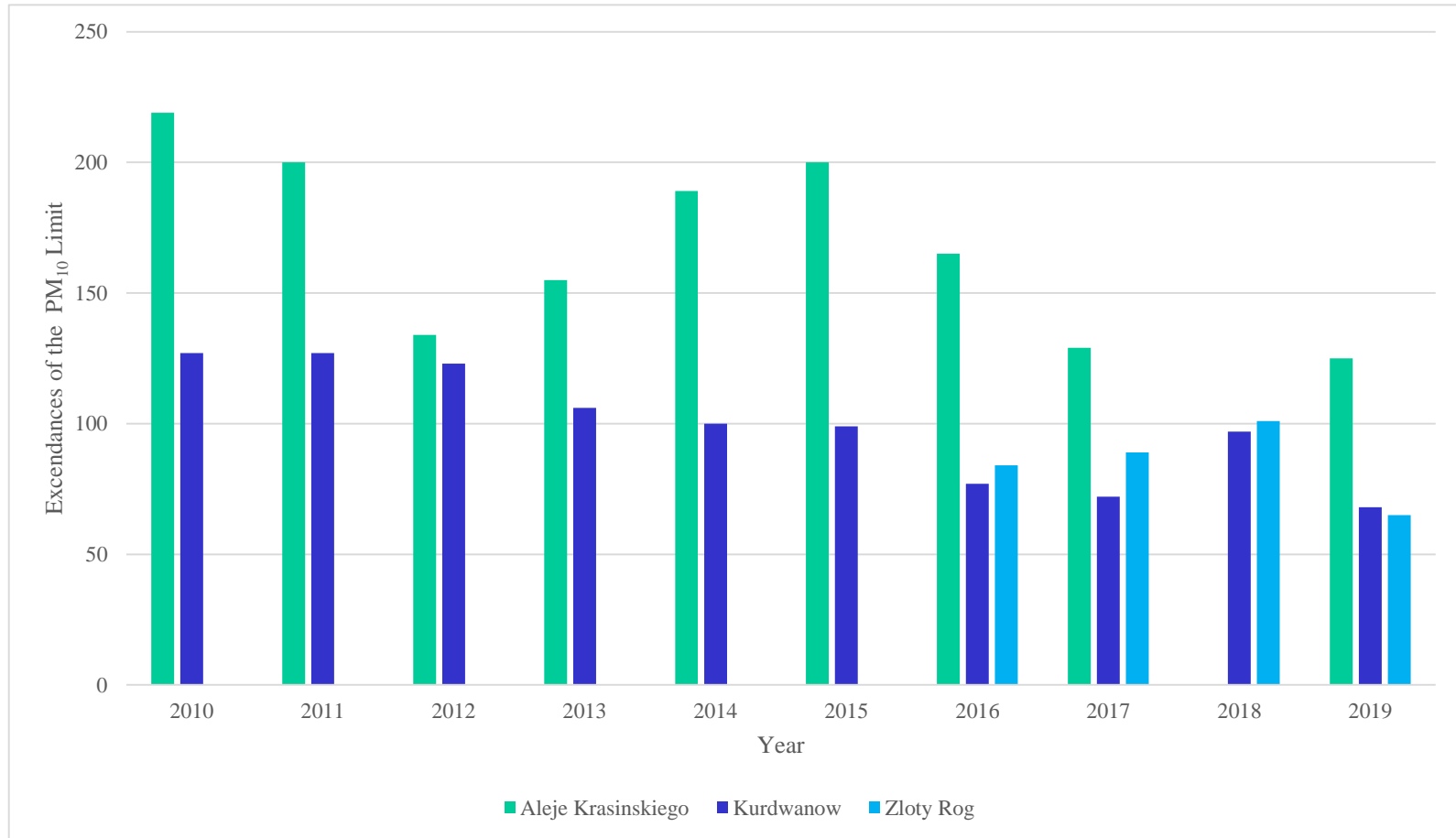
Średnie roczne stężenia PM₁₀

źródła: Raporty WIOS, (2010-2019); Raporty GIOS, (2010-2019).

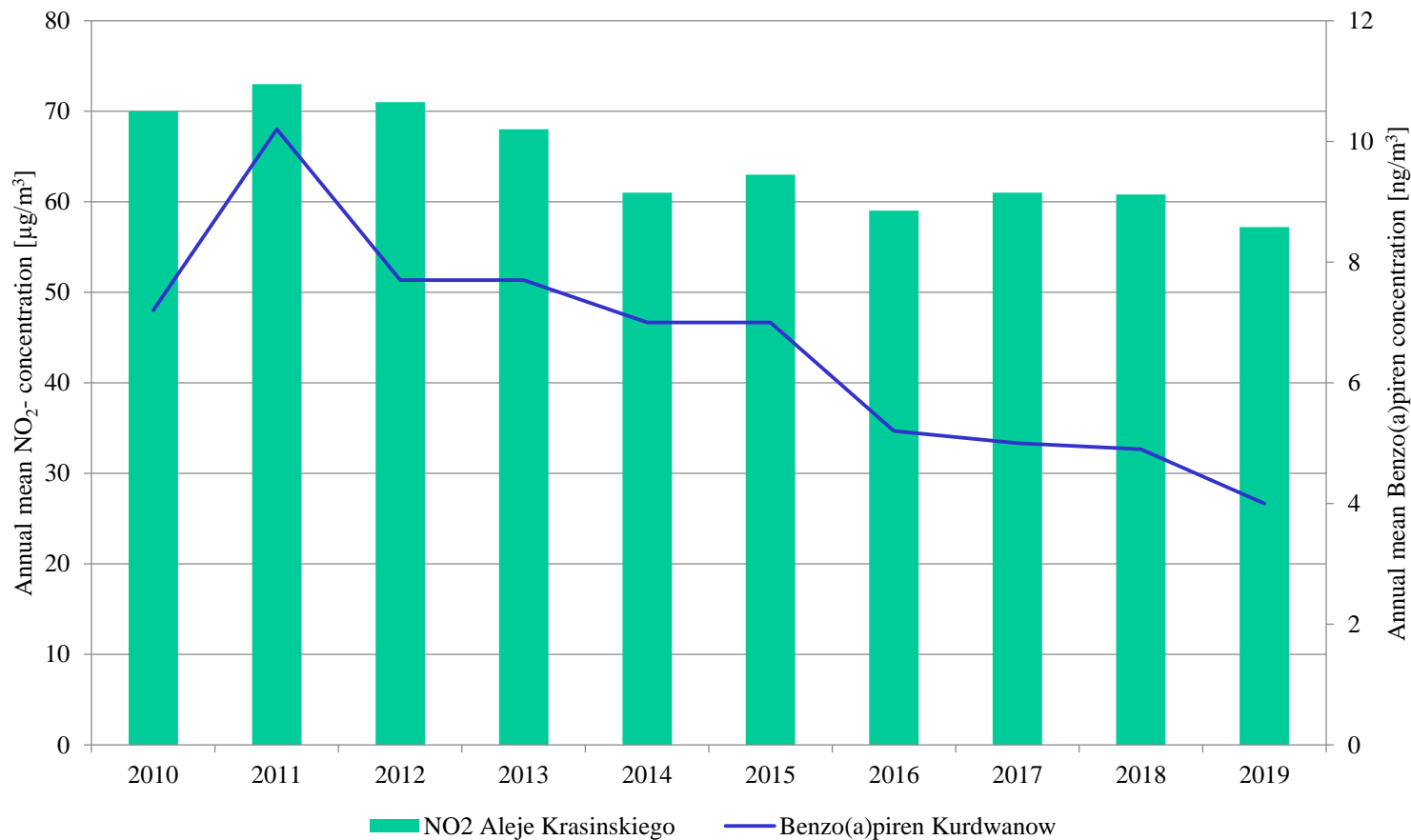


Liczba dni w ciągu roku z przekroczeniami wartości dopuszczalnych

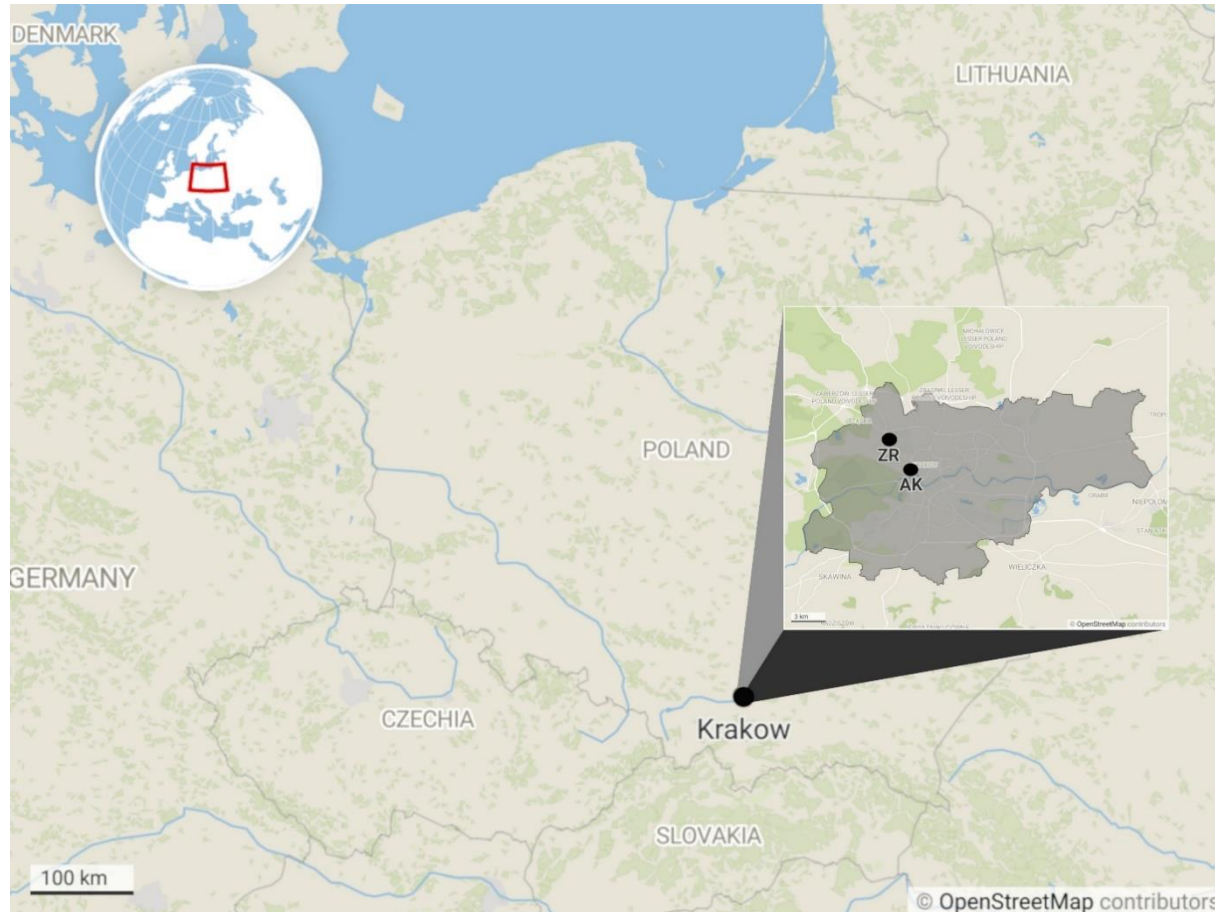
źródła: Raporty WIOS, (2010-2019); Raporty GIOS, (2010-2019).



Średnie roczne stężenia NO₂ (μg/m³) i Benzo(a)pirenu (ng/m³); źródła: Raporty WIOS, (2010-2019); Raporty GIOS, (2010-2019).



Lokalizacja stacji poboru próbek



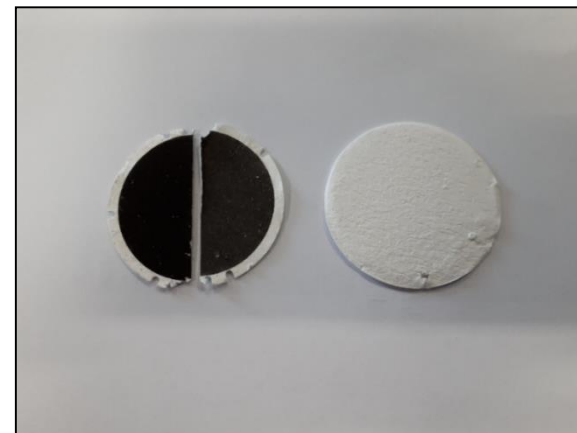
Pobieranie próbek frakcji PM_{10} pyłu zawieszonego (lato 2018; zima 2018/2019)



Stacja WIOŚ, GIOŚ
Al. Krasińskiego



Stacja WIOŚ, GIOŚ
ul. Złoty Róg



Próbki do badań
(filtry kwarcowe z osadzonym
pyłem PM_{10})

Analizy pierwiastkowe (XRF)
(spektrometr fluorescencji rentgenowskiej)



Analizy składu jonowego
(chromatograf jonowy)



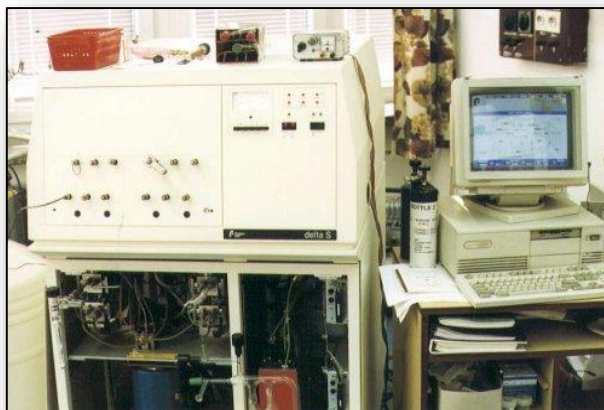
Analizy zawartości węgla
(analizator OC/EC)



Analizy chemiczne (GS-MS)
(chromatograf gazowy sprzężony ze spektrometrem masowym)



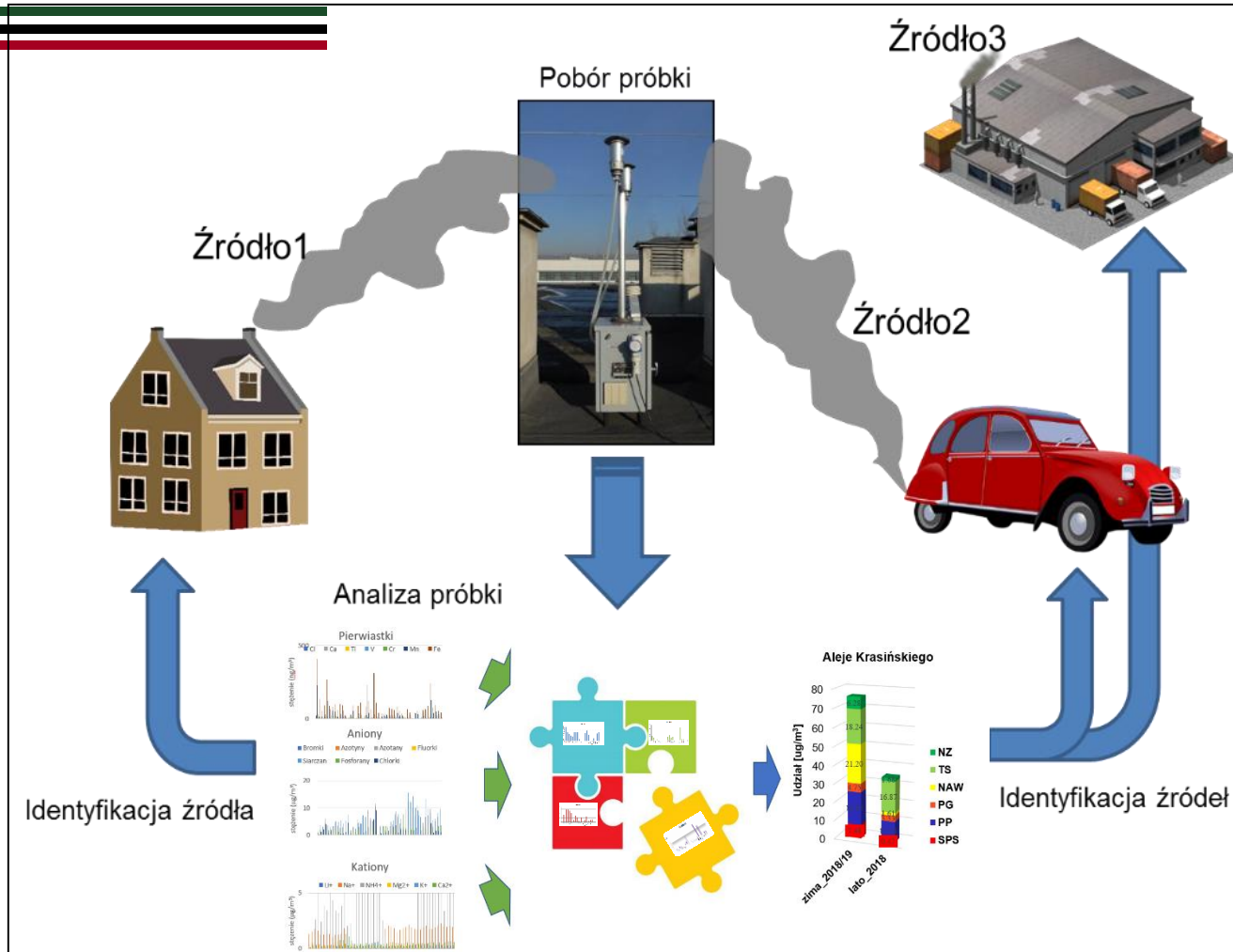
Analizy ^{13}C (IRMS)
(spektrometr masowy stosunków izotopowych)



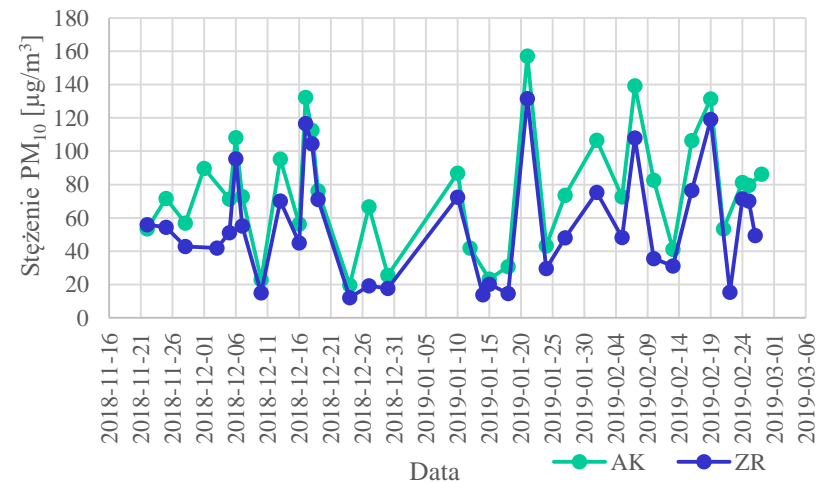
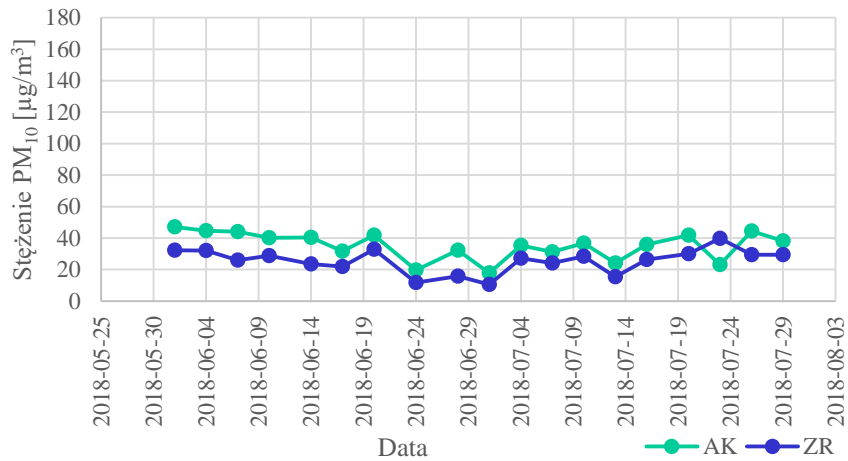
Analizy ^{14}C (ASM)
(akceleratorowy spektrometr masowy)

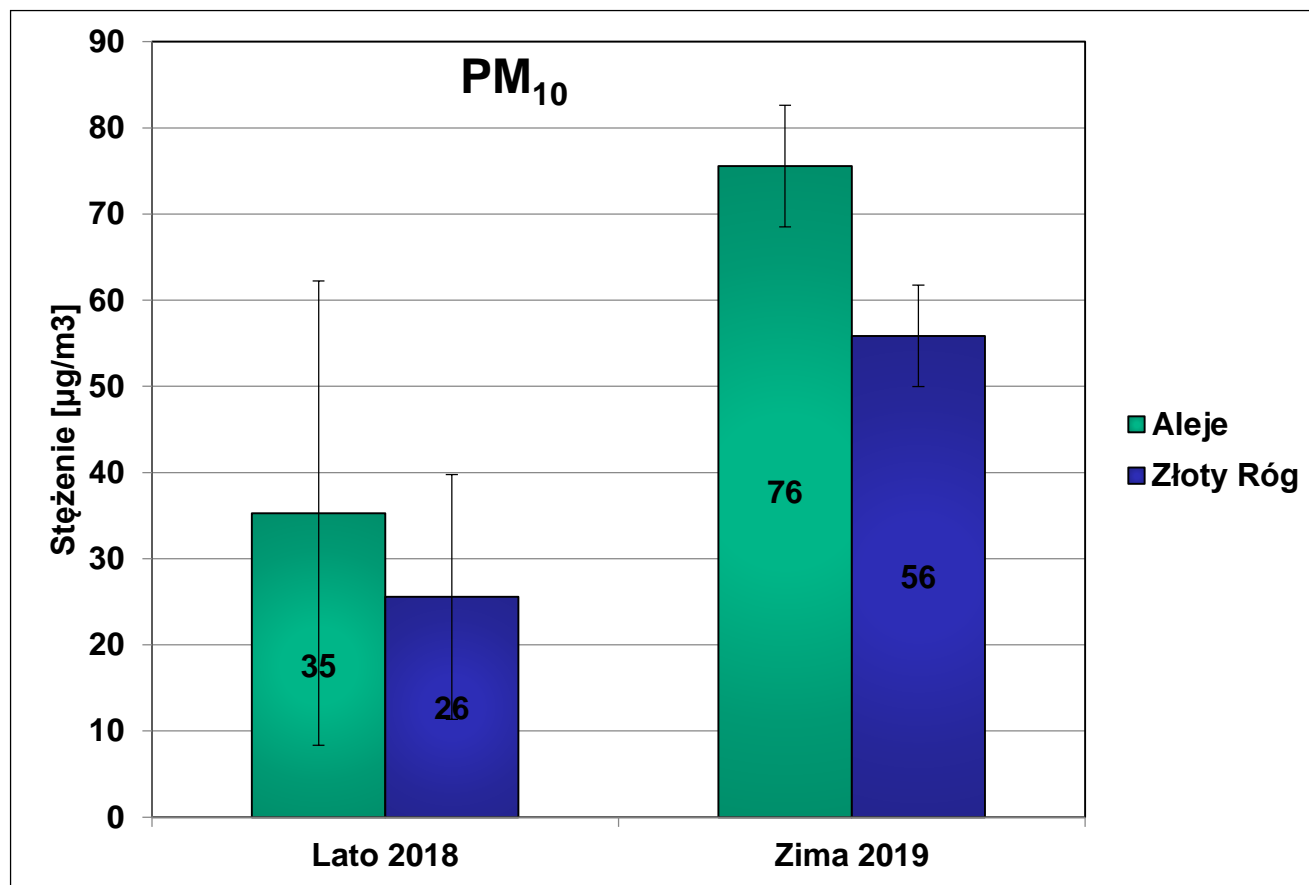


Modelowanie źródeł zanieczyszczeń (PMF- Positive Matrix Factorization)



Wyniki: stężenia frakcji PM₁₀ w atmosferze (WIOŚ, GIOŚ)





Stężenia pierwiastków przy stacji AK

Element	Summer 2018			Winter 2018/2019			Winter/ Summer Ratio
	Min	Max	Mean±St. Dev.	Min	Max	Mean±St. Dev.	
PM	17.9	47.1	35±7	19.7	157	76±28	2.14
P	61	79	67±8	62	165	97±25	1.45
S	139	774	400±150	251	3300	912±460	2.29
Cl	16	252	64±38	117	4125	1632±890	25.62
K	14	209	101±50	56	847	260±140	2.56
Ca	81	955	470±230	85	2781	757±520	1.63
Ti	9.4	75	43±15	14	180	63±26	1.48
V	2.52	2.52	2.52	2.1	11	5±3	2.00
Cr	0.9	18	7.3±3.4	1.8	41	18±10	2.48
Mn	2.5	30	14±6	4.3	56	23±11	1.61
Fe	300	1617	950±350	500	2925	1365±570	1.44
Co	1.1	8.9	4.6±1.8	1.1	16.5	6.4±3.0	1.40
Ni	1.4	7.09	4.9±1.5	0.46	9.38	4.4±1.8	0.90
Cu	10	46	28±10	13	79	39±18	1.37
Zn	11	227	62±30	24	235	104±47	1.67
As	<LLD	<LLD	<LLD	0.46	4.35	2.03±0.97	n.d.
Br	0.46	3.43	2.01±0.75	3.7	31	12±6	6.04
Rb	0.23	1.14	0.58±0.22	0.23	2.52	1.04±0.44	1.78
Sr	0.23	4.58	1.81±1.06	0.23	9.84	3.1±2.0	1.70
La	5	23	13.5±3.8	11	44	22±7	1.62
Pb	0.46	14	6.6±3.5	3.9	42	18±9	2.72

Stężenia pierwiastków przy stacji ZR

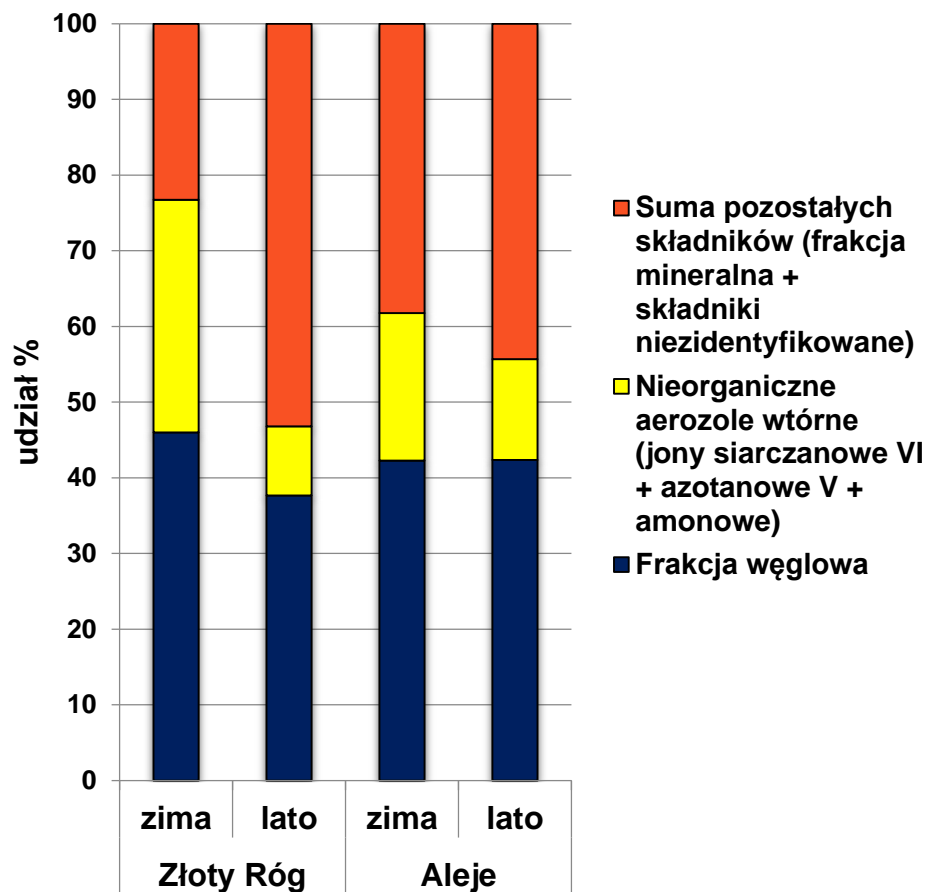
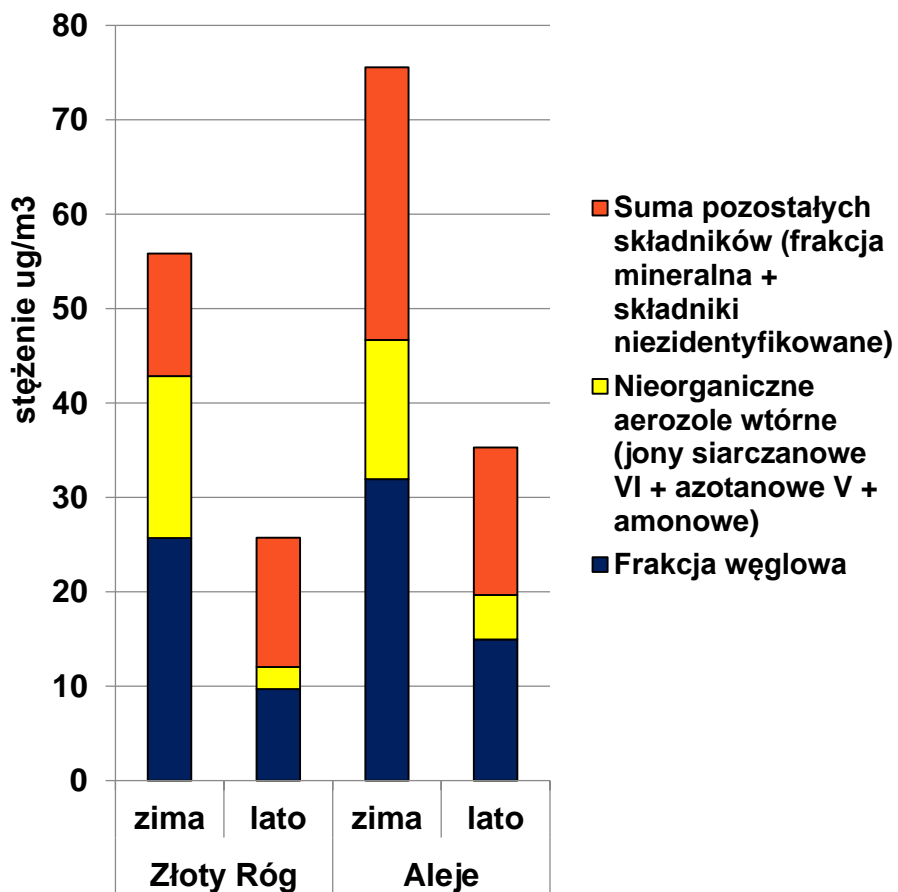
Element	Summer 2018			Winter 2018/2019			Winter/Summer Ratio
	Min	Max	Mean±St. Dev.	Min	Max	Mean±St. Dev.	
PM	10.5	39.7	25.6±5.7	12.1	117	51±25	2.00
P	70	180	130±30	<LLD	<LLD	<LLD	n.d.
S	117	700	343±130	134	1530	585±320	1.70
Cl	16	152	56±30	86	2616	845±610	15.21
K	11	161	95±43	15	437	157±100	1.65
Ca	72	764	375±200	19	1030	318±250	0.85
Ti	8.2	68	34±14	5	55	28±13	0.82
V	2.52	5.95	3.7±1.5	<LLD	<LLD	<LLD	n.d.
Cr	1.8	21	7.8±4.5	1.6	20	8.4±5.7	1.08
Mn	0.5	21	8.1±4.2	1.37	18.5	7.5±5.0	0.93
Fe	45	580	333±150	49	887	367±240	1.10
Co	1.4	2.7	2.0±0.4	1.14	3.43	2.1±0.8	1.04
Ni	1.14	9.38	4.4±2.0	1.6	7.1	3.6±1.3	0.82
Cu	2.3	20.4	7±4	1.14	30	10±8	1.42
Zn	9.4	146	48±26	7	215	69±45	1.44
As	<LLD	<LLD	<LLD	1.37	3.66	2.4±0.9	n.d.
Br	0.92	4.12	2.05±0.70	2.5	25	11±6	5.14
Rb	0.23	1.83	0.62±0.32	0.23	1.83	0.72±0.41	1.16
Sr	0.23	2.97	1.5±1.1	0.23	2.5	1.2±0.7	0.83
La	4.8	44	19±10	3.9	21	11±4	0.60
Pb	0.46	15	7.3±4.4	1.6	33	14±9	1.92

Stężenia jonów i węgla przy stacji AK

Chemical species	Summer2018			Winter 2018/2019			Winter/Summer Ratio
	Min	Max	Mean±St. Dev.	Min	Max	Mean±St. Dev.	
Cl ⁻	0.33	1.85	0.79±0.44	0.88	8.28	3.7±2.0	4.69
NO ₃ ⁻	0.54	2.38	1.25±0.45	1.85	13.17	5.9±2.92	4.72
PO ₄ ³⁻	0.59	3.50	1.85±0.73	1.74	6.78	3.1±1.4	1.69
SO ₄ ²⁻	1.24	6.82	3.3±1.3	1.98	19.03	5.6±3.5	1.69
Na ⁺	0.26	5.70	1.4±1.0	0.73	6.25	2.5±1.5	1.81
NH ₄ ⁺	0.77	2.30	1.27±0.40	0.84	13.56	4.3±3.8	3.35
Mg ²⁺	0.48	0.64	0.53±0.04	0.45	0.75	0.57±0.09	1.08
K ⁺	0.12	0.77	0.24±0.17	0.11	0.99	0.27±0.17	1.12
Ca ²⁺	0.01	1.57	0.29±0.40	0.00	0.80	0.26±0.18	0.87
OC	5.79	13.01	9.4±1.9	7.90	63.54	24±14	2.54
EC	3.38	8.38	6.1±1.5	2.83	14.30	7.3±3.0	1.21
TC	9.36	19.00	15.4±2.9	10.73	72.43	31±16	2.02

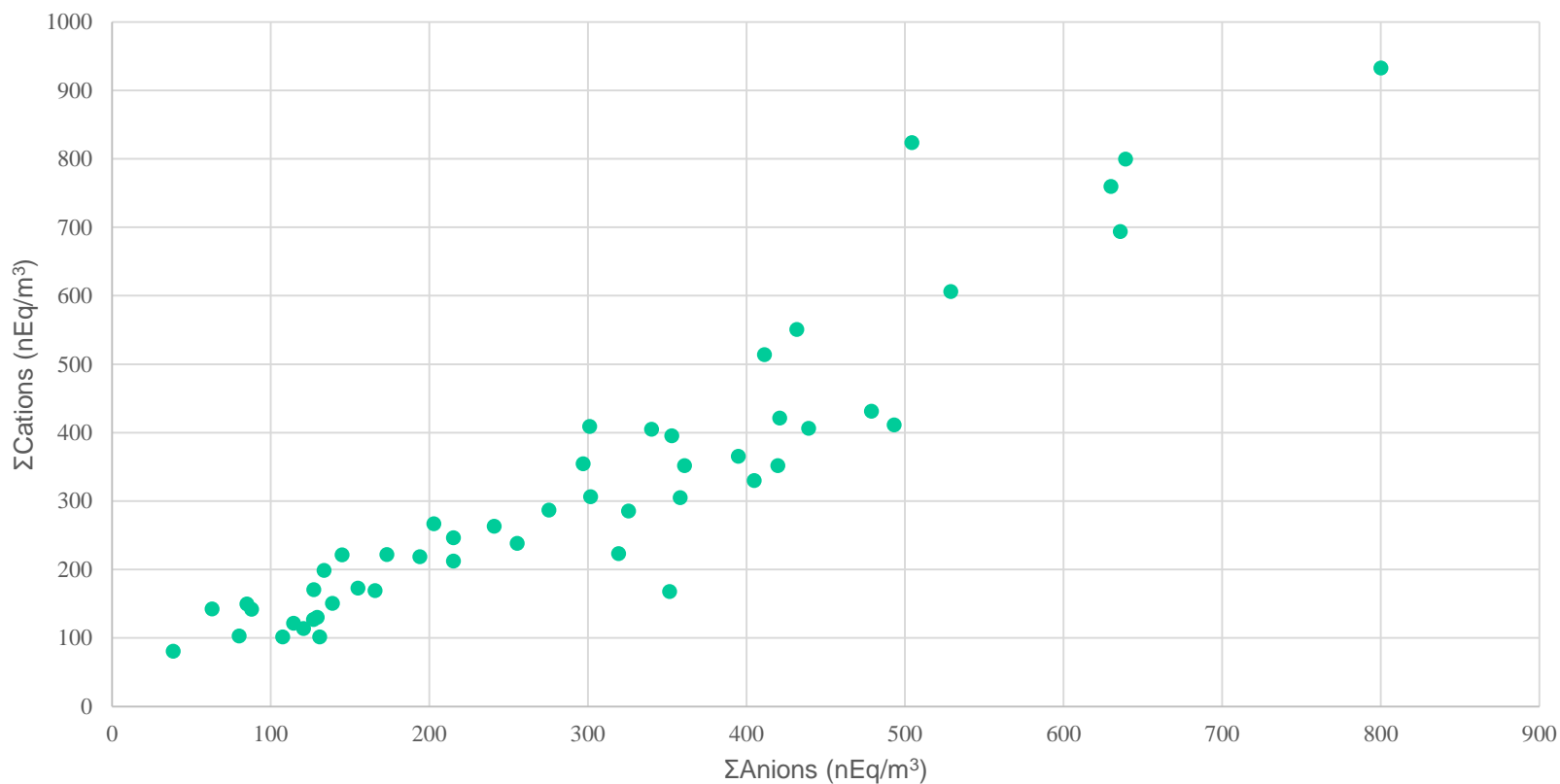
Stężenia jonów i węgla przy stacji ZR

Chemical species	Summer2018			Winter 2018/2019			Winter/Summer Ratio
	Min	Max	Mean±St Dev.	Min	Max	Mean±St Dev.	
Cl ⁻	0.33	1.17	0.44±0.22	0.38	7.41	2.7±2.0	6.00
NO ₃ ⁻	0.37	1.80	1.02±0.32	1.29	11.66	6.2±3.0	6.01
PO ₄ ³⁻	0.46	3.53	2.02±0.64	0.45	7.14	3.6±2.4	1.79
SO ₄ ²⁻	1.63	6.89	3.4±1.4	1.52	19.18	5.7±3.9	1.69
Na ⁺	0.12	1.43	1.00±0.46	0.11	4.48	1.9±1.3	1.95
NH ₄ ⁺	0.77	4.43	1.6±1.1	0.82	13.24	5.2±3.6	3.21
Mg ²⁺	0.44	0.56	0.50±0.03	0.44	0.79	0.54±0.08	1.08
K ⁺	0.12	0.78	0.27±0.19	0.14	0.95	0.31±0.19	1.15
Ca ²⁺	0.05	0.34	0.13±0.10	0.06	1.19	0.32±0.31	2.47
OC	4.99	12.28	8.3±1.8	6.65	57.15	21±14	2.59
EC	0.59	2.47	1.51±0.44	1.16	11.35	3.7±2.3	2.42
TC	5.58	13.57	9.8±2.0	7.95	61.33	25±15	2.56



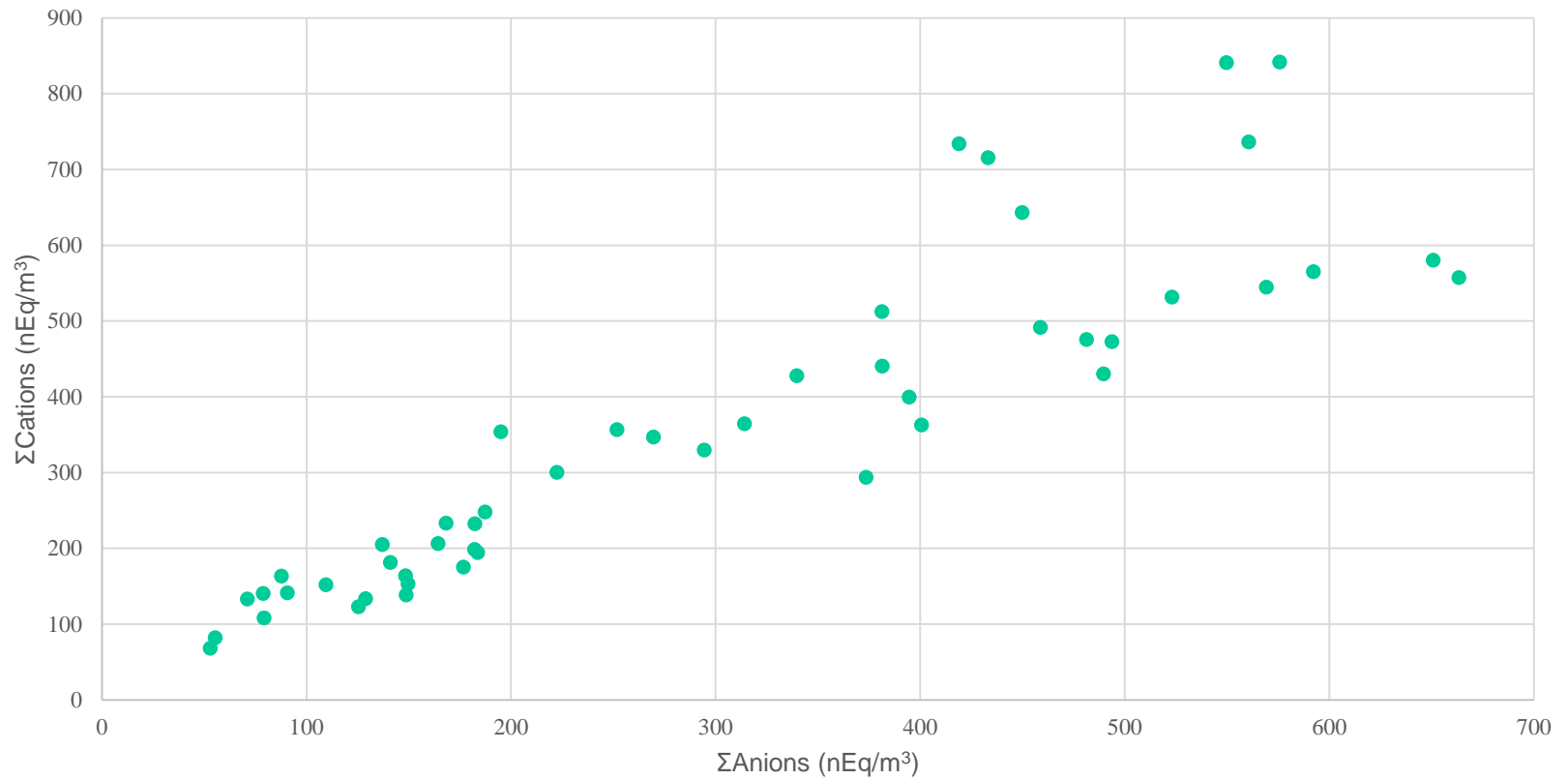
Bilans kationów i anionów

AK Station

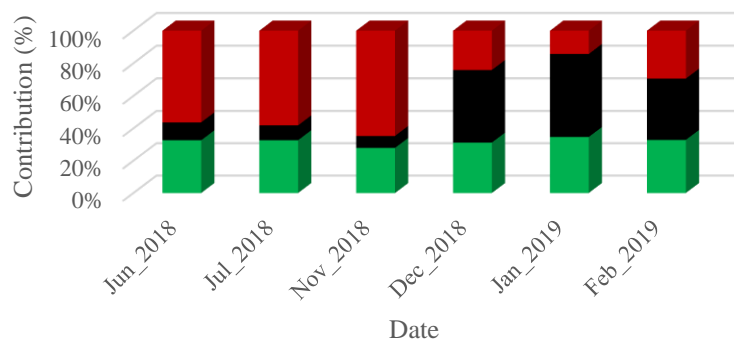


Bilans kationów i anionów

ZR Station

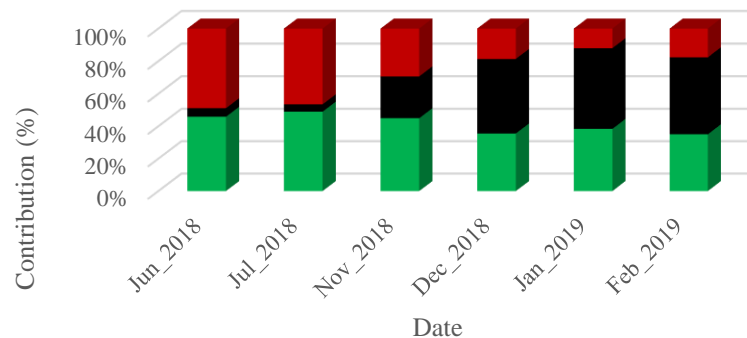


AK Station



■ Biogenic ■ Hard coal ■ Traffic

ZR Station

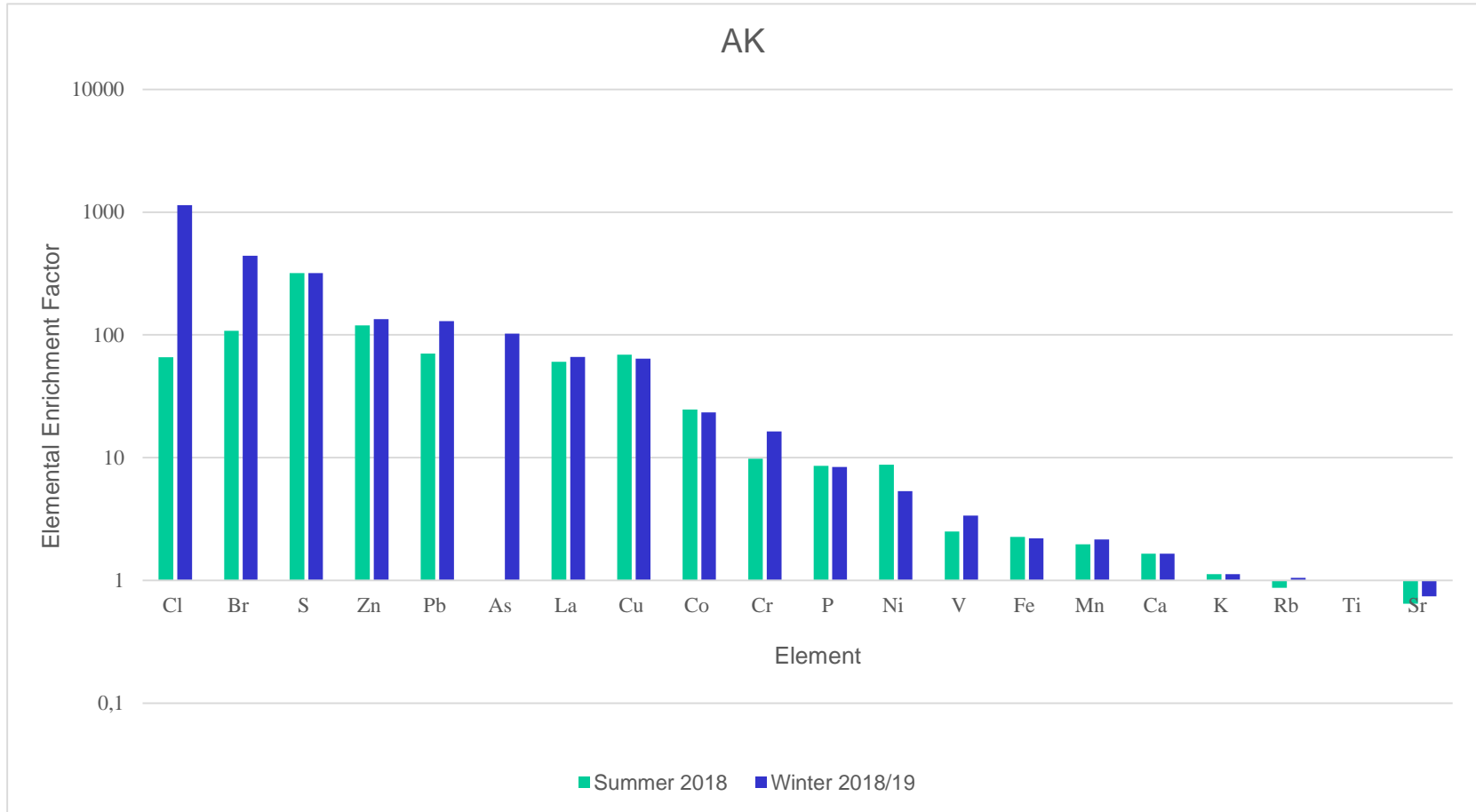


■ Biogenic ■ Hard coal ■ Traffic

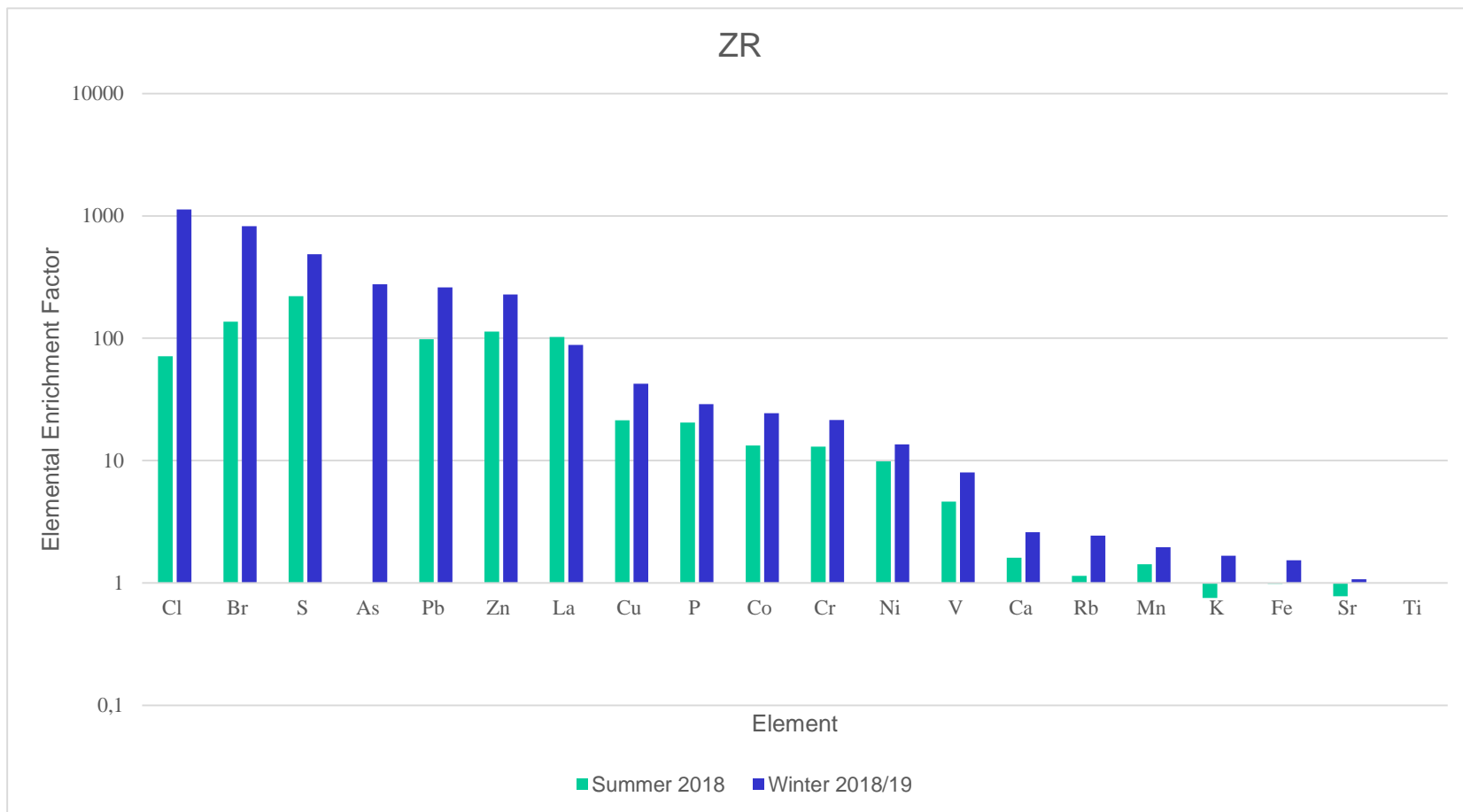
Źródła pochodzenia frakcji węglowej PM₁₀ w µg/m³ (%)

Source	Summer 2018		Winter 2018/2019	
	AK	ZR	AK	ZR
Biogenic and biomass burning	4.9±1.7 (33%)	3.9±0.8 (47%)	9.5±5.1 (32%)	9.6±5.3 (39%)
Hard Coal	1.5±1.1 (10%)	0.5±0.6 (5%)	11±5.6 (35%)	10±6.2 (42%)
Traffic	8.5±2.3 (57%)	4.7±0.9 (48%)	11±6 (33%)	4.7±3.6 (19%)

Współczynnik wzbogacenia stacja AK



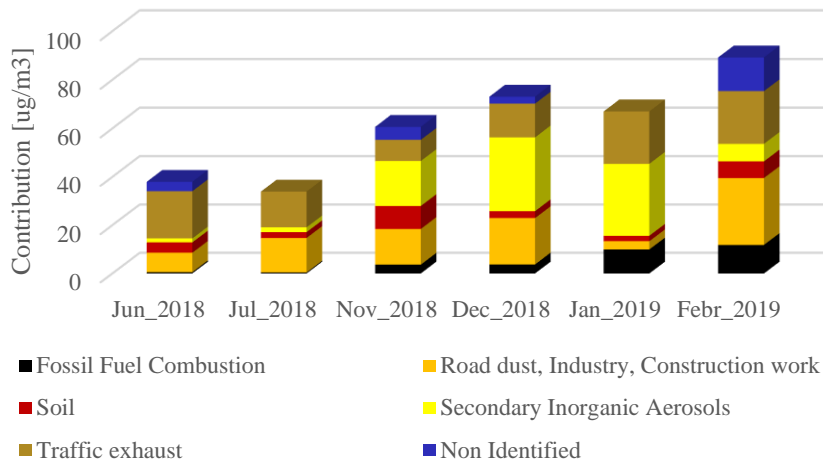
Współczynnik wzbogacenia stacja ZR



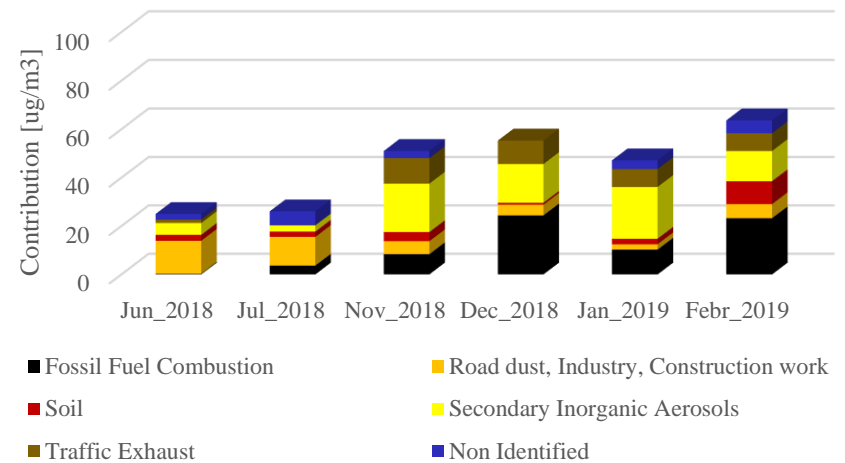
Źródła frakcji PM₁₀ pyłu zawieszonego zidentyfikowane w wyniku modelowania PMF

Akronim źródła	Rodzaj źródła	Podstawowe składniki wskazujące na rodzaj źródła
SPS	Spalanie paliw stałych	Cl, NO ₃ ⁻ , Na ⁺ , OC, EC
NAW	Nieorganiczne aerozole wtórne	NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺
TS	Emisja ze spalania w silnikach samochodowych	EC, SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , OC, Ti, Cu, Fe, Co
PG	Pył z gleby	PO ₄ ³⁻ , Ni, Na ⁺
PP	Pozostałe źródła pyłu (Pył unoszący się przy ulicy, pył z przemysłu i z prac budowlanych)	Ca, Ti, Co, Cr, Fe, Mn, Zn, Cu, EC
NZ	Niezidentyfikowana część PM ₁₀	

AK Station



ZR Station





AGH

Wyniki modelowania PMF

Źródło	Lato 2018 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ (%))		Zima 2018/19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ (%))	
	AK	ZR	AK	ZR
Spalanie paliw stałych	nd	2 (8%)	7 (10%)	20 (36%)
Pozostałe źródła pyłu (Pył unoszący się przy ulicy, pył z przemysłu i z prac budowlanych)	11 (32%)	13 (48%)	18 (24%)	5 (8%)
Pył z gleby	3 (9%)	2 (8%)	5 (7%)	4 (7%)
Nieorganiczne aerozole wtórne	2 (5%)	4 (16%)	21 (28%)	16 (29%)
Emisja ze spalania w silnikach samochodowych	17 (48%)	1 (4%)	18 (24%)	9 (16%)
Niezidentyfikowana część PM_{10}	2 (6%)	5 (19%)	6 (8%)	2 (4%)

 wartości maksymalne

Wyniki modelowania PMF:

Spalanie paliw stałych	8 – 36 %
Nieorganiczne Aerozole Wtórne	5 – 29 %
Emisja ze spalania w silnikach samochodowych	4 – 48 %
Pył z gleby	6 – 10 %
Pył unoszący się przy ulicy, pył z przemysłu, prac budowlanych	8 – 48 %
Niezidentyfikowane	3 – 19 %

Główne źródła emisji:

niska emisja, spalanie biomasy, komunikacja, napływ spoza Krakowa

Główne składniki pyłu zawieszonego PM₁₀ :

(a) **frakcja węglowa: ok. 40%**, w tym:

- spalanie węgla **5-42 %**,
- komunikacja **19-57 %**,
- emisje biogeniczne **32-47 % frakcji węglowej**

(b) **frakcja mineralna i inne niezidentyfikowane składniki: 20-50 %**

(c) **aerozole wtórne: 10-30 %**

Kolejne cele badawcze:

1. kontynuacja badań dla kolejnych lat pozwoli oszacować: **wpływ zakazu spalania paliw stałych na terenie miasta na obserwowany poziom zanieczyszczeń pyłowych** i zarazem **wielkość napływu zanieczyszczeń z okolicznych gmin**
 2. lockdown, wprowadzony w wyniku pandemii COVID-19, **drastycznie ograniczający na pewien czas natężenie ruchu w mieście** pozwoli **oszacować wpływ emisji komunikacyjnych** na stan jakości powietrza w mieście
-
-



Źródła zanieczyszczeń pyłowych powietrza w Krakowie w latach 2009-2021

Lucyna Samek, Katarzyna Styszko, Zdzisław Stęgowski, Leszek Furman,
Alicja Skiba, Anna Turek Fijak, Przemysław Furman

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Lucyna.Samek@fis.agh.edu.pl

Wyniki otrzymane w ramach realizacji projektów

Projekt badawczy, regionalny Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej w Wiedniu, RER/1/013, “Supporting Air Quality Management, Phase II”; reprezentowany przez różne jednostki z 17 krajów europejskich, 2014÷2015; koordynator projektu.

Projekt badawczy, regionalny Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej w Wiedniu, RER/1/015, “ Apportioning air pollution sources on a regional scale”; reprezentowany przez różne jednostki z 20 krajów europejskich i azjatyckich, 2016÷2017; koordynator projektu.

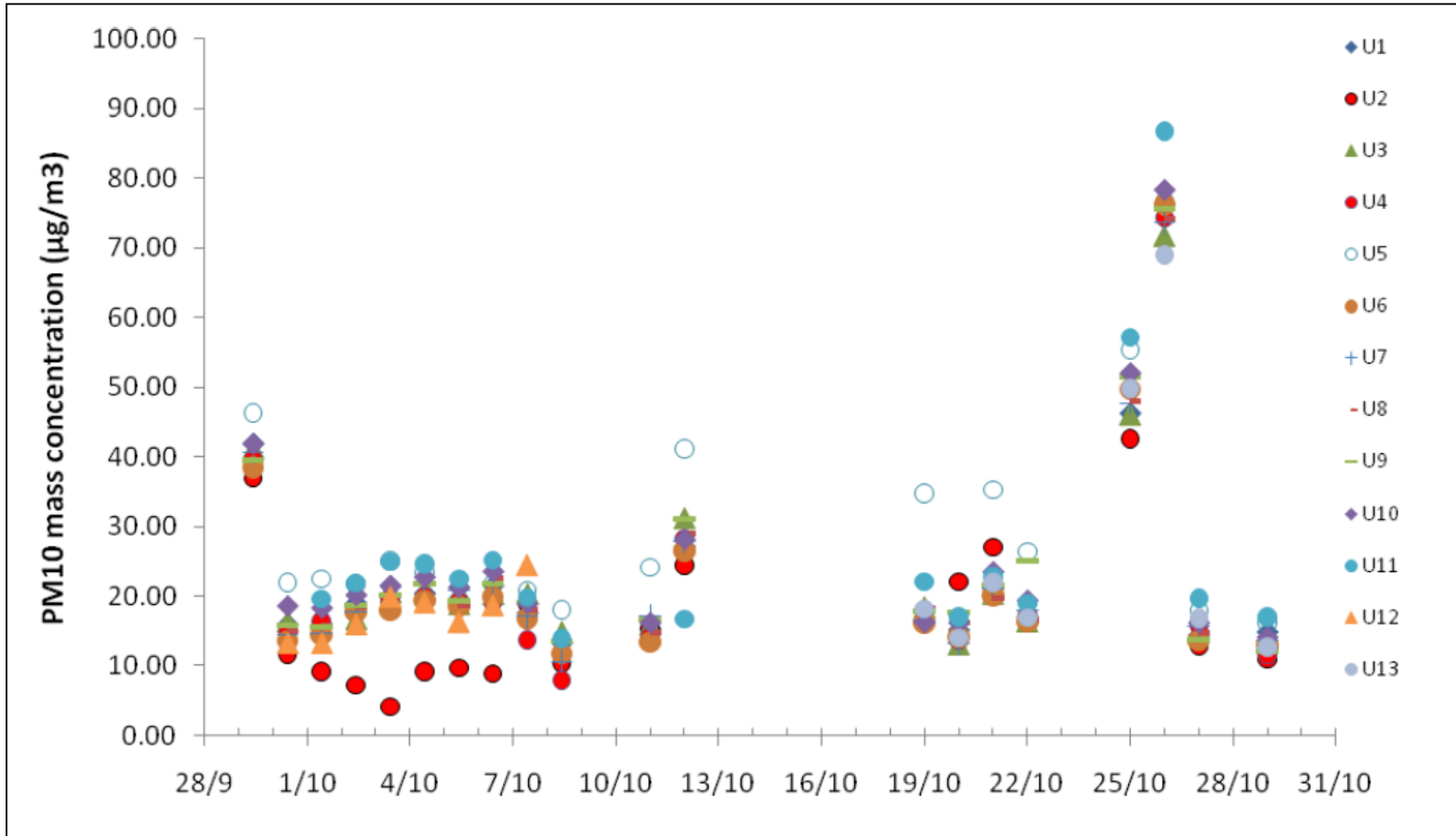
Projekt badawczy, regionalny Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej w Wiedniu, RER/7011, “Enhancing the inventory of aerosol source profiles characterized by NAT’s on regional scale in support of air quality management”; reprezentowany przez różne jednostki z 20 krajów europejskich, 2018÷2019; koordynator projektu.

Projekt badawczy, regionalny Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej w Wiedniu, RER/7012, “Long term time trends of air pollution source tracers determined by nuclear techniques”, reprezentowany przez różne jednostki z 20 krajów europejskich, 2020÷2021; koordynator projektu.

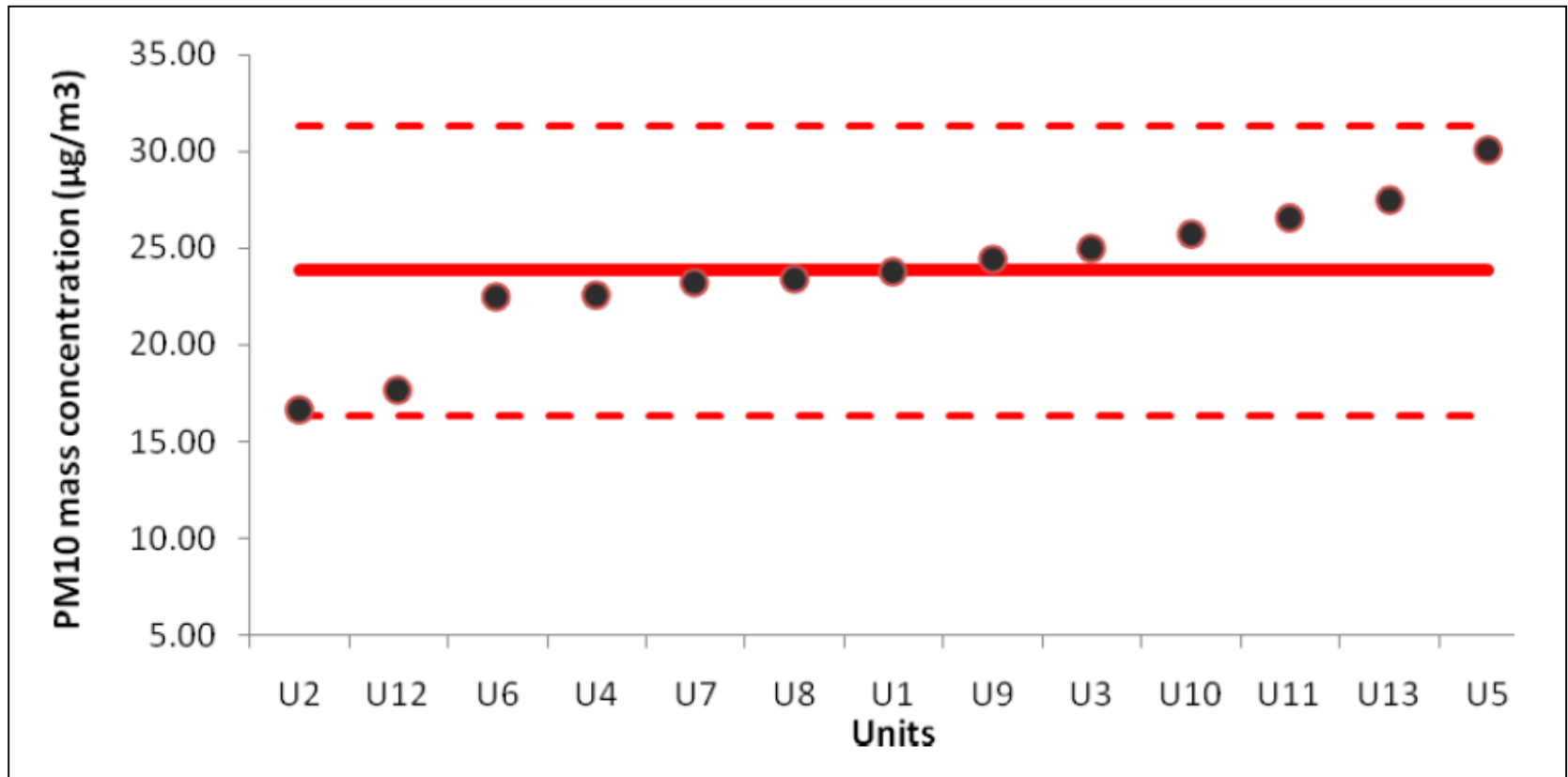
Intercomparison exercise for sampling at NCSR „Demokritos” in Greece in 25th September- 29th October 2010



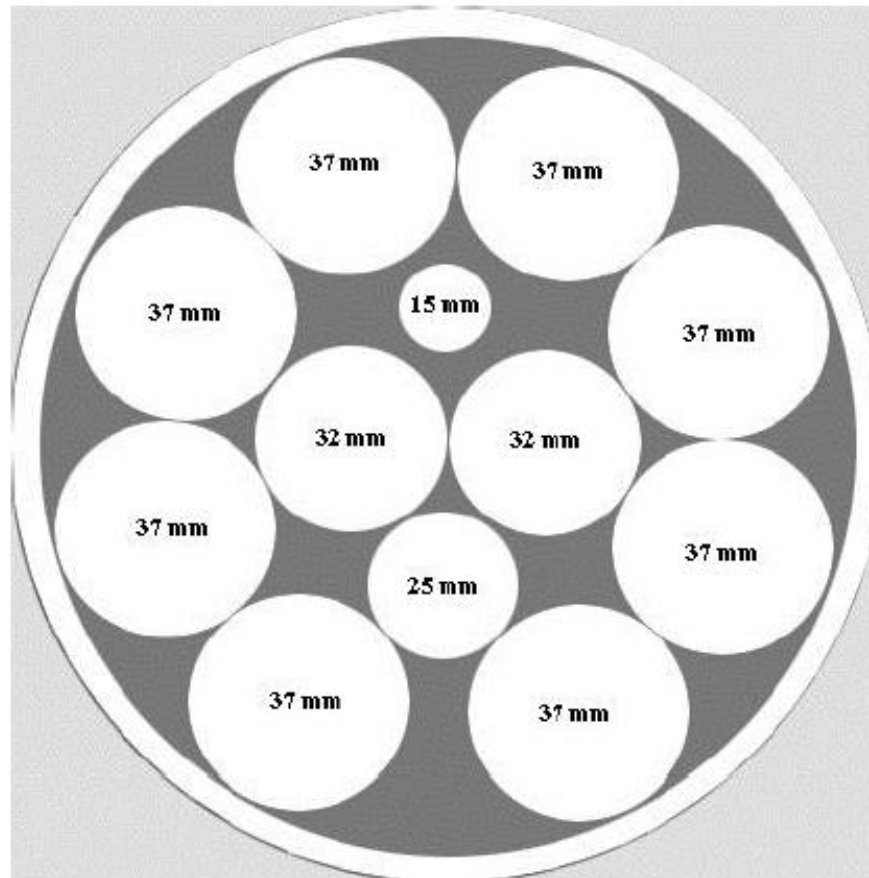
PM10 mass concentration measured by each one measuring system



The mean PM_{10} concentration of each laboratory (dots) and the reference mass PM_{10} concentration (red line) and relative expanded uncertainty (red dashed lines)



Proficiency test, Croatia, 2013



Participants, methods

Participant Code	Analytical Method	Aliquot		Sample code											
		Diameter [mm]	Area [cm ²]	295		296		297		300		304		313	
				New	Used	New	Used	New	Used	New	Used	New	Used	New	Used
A	ED-XRF	37	10.75	X		X		X		X		X		X	
B	GF-AAS	37	10.75		D		D	X		X			D	X	
C	AAS	37	10.75		J		J	X		X			J	X	
D	ED-XRF	37	10.75	X		X			J		J	X			J
E	ED-XRF	37	10.75	X		X		X		X		X		X	
F	ICP-MS	37	10.75	X		X		X		X		X		X	
G	PIXE	25	4.91		M		M	X		X			M	X	
H	GF-AAS	32	8.04					X		X				X	
I	GF-AAS	37	10.75	X		X			E		E	X			E
J	ED-XRF	37	10.75	X		X		X		X		X		X	
K	GF-AAS	37	10.75	X		X						X			
L	GF-AAS	37	10.75		A		A	X		X			A	X	
M	ED-XRF	25	4.91	X		X			G		G	X			G
N	GF-AAS	32	8.04		E		E	X		X			E	X	
O	ICP-MS	32	8.04	X		X						X			
P	WD-XRF	32	8.04	X		X						X			
R	ED-XRF	37	10.75	X		X			E		E	X			E
S	NAA	15	1.77	X		X		X		X		X		X	

ED-XRF - Energy dispersive X-ray fluorescence WD-XRF - Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence PIXE - Proton Induced X-ray Emission

NAA - neutron activation *analysis* ICP-MS - Inductively coupled plasma mass spectrometry AAS - Atomic absorption spectroscopy

GF-AAS - Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry

New – unused aliquot Used – aliquot previously analysed by „non-destructive“ method

Proficiency test, Results

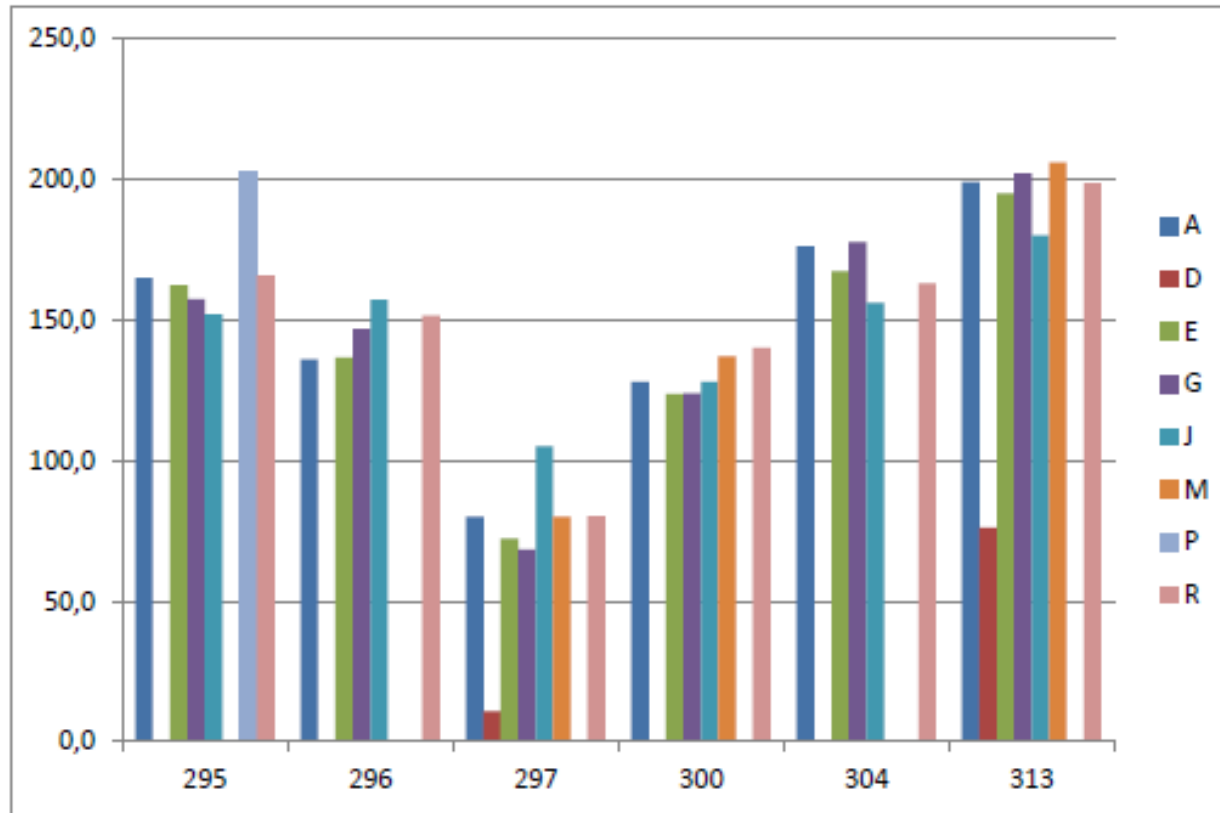


Figure 20. Cu concentrations – nuclear methods [ng cm^{-2}]

Proficiency test, Results

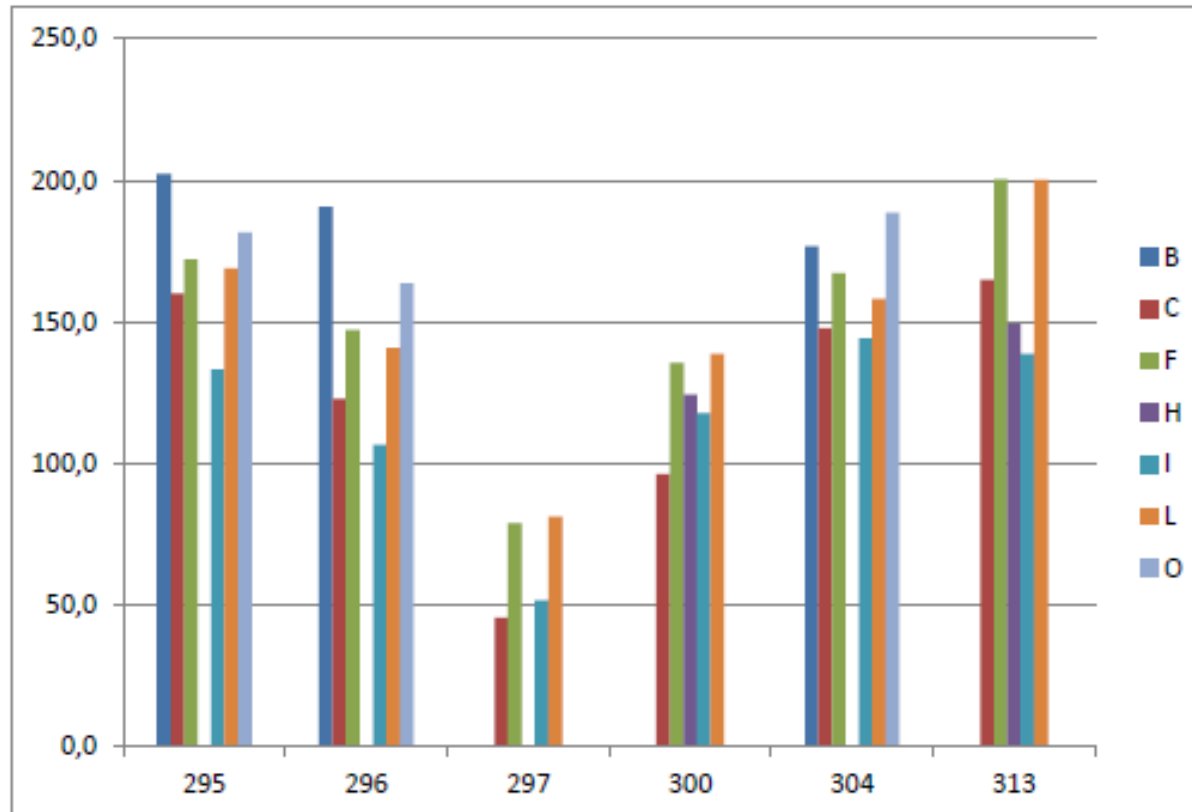
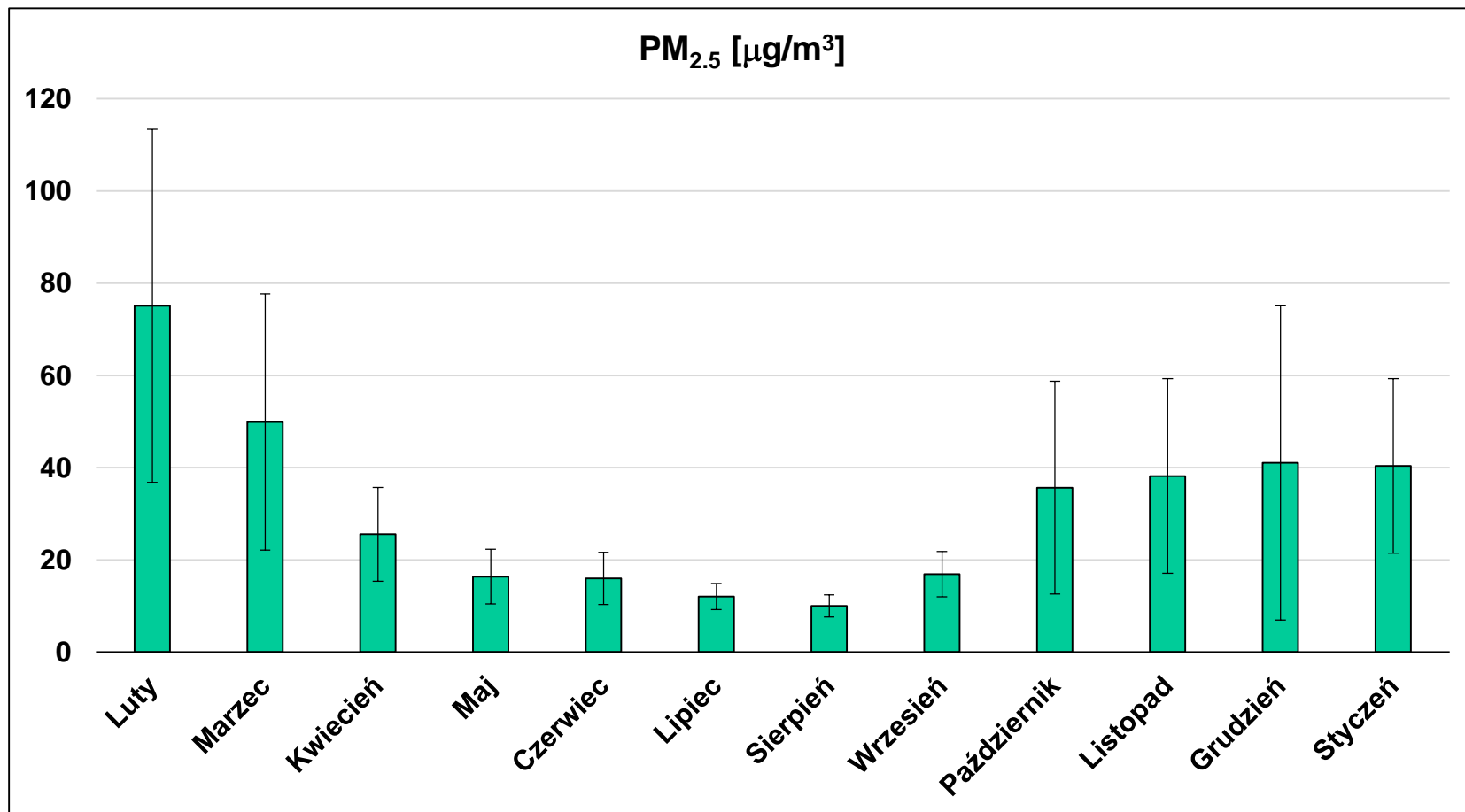


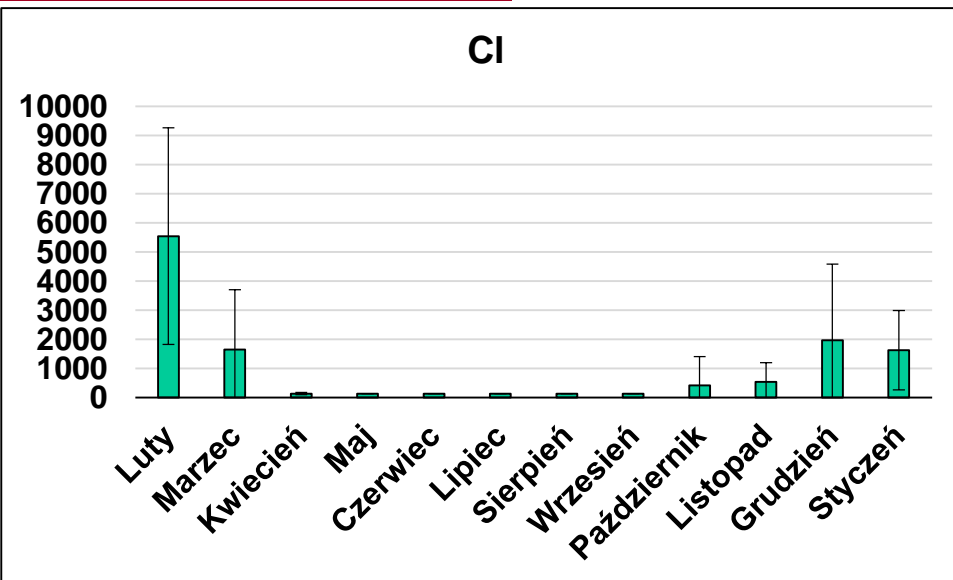
Figure 21. Cu concentrations – chemical methods [ng cm^{-2}]

Stężenia PM_{2.5}, stacja Kurdwanów 2014/2015 (μg/m³)

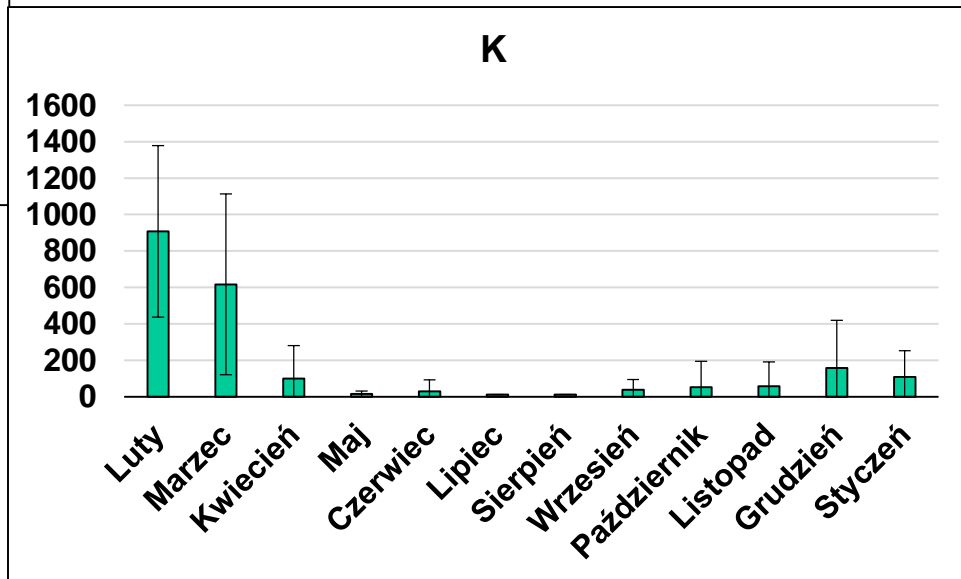


Stężenia pierwiastków, stacja Kurdwanów 2014/2015 (ng/m³)

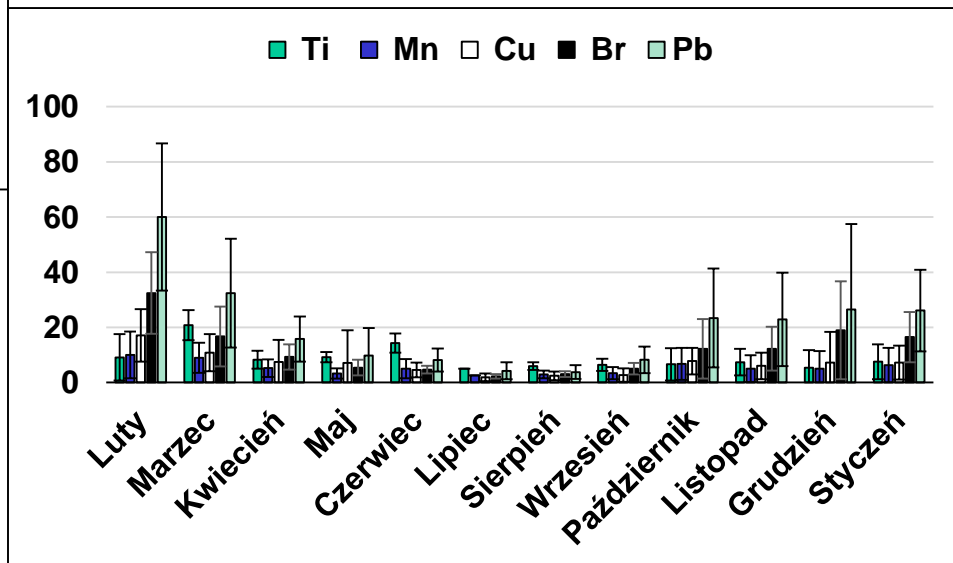
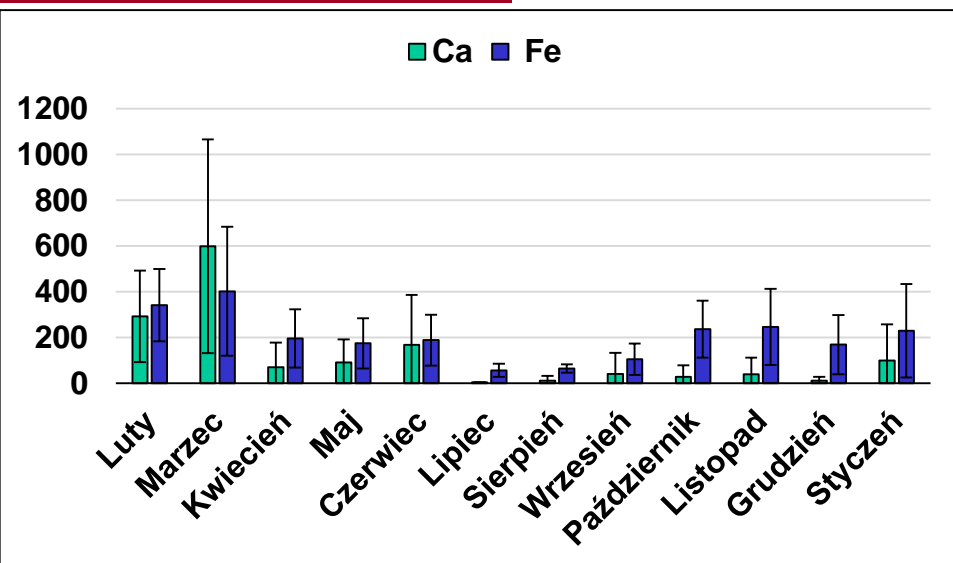
Cl



K

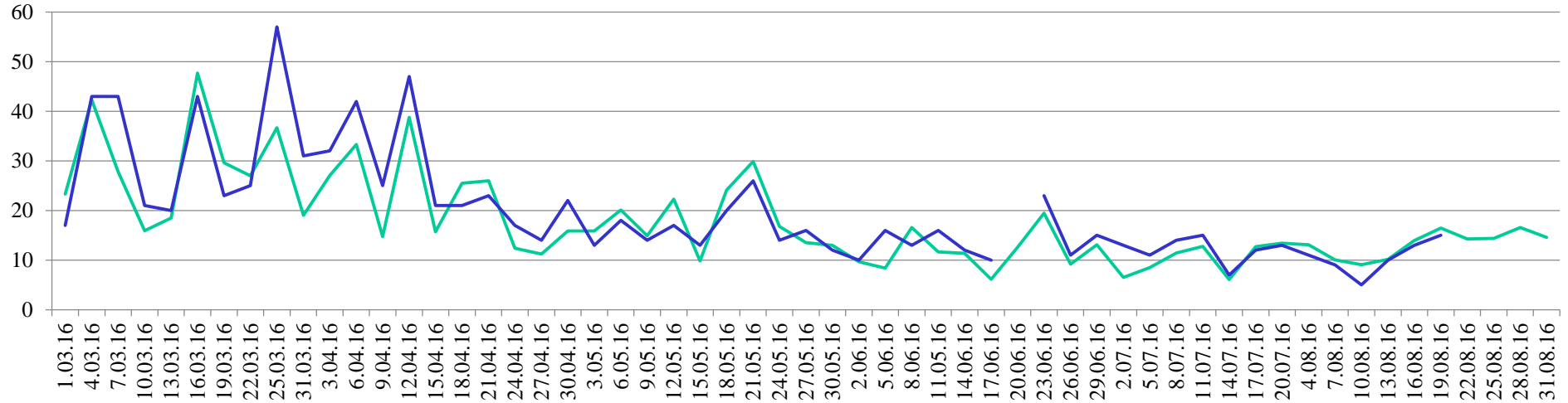


Stężenia pierwiastków, stacja Kurdwanów 2014/2015 (ng/m³)

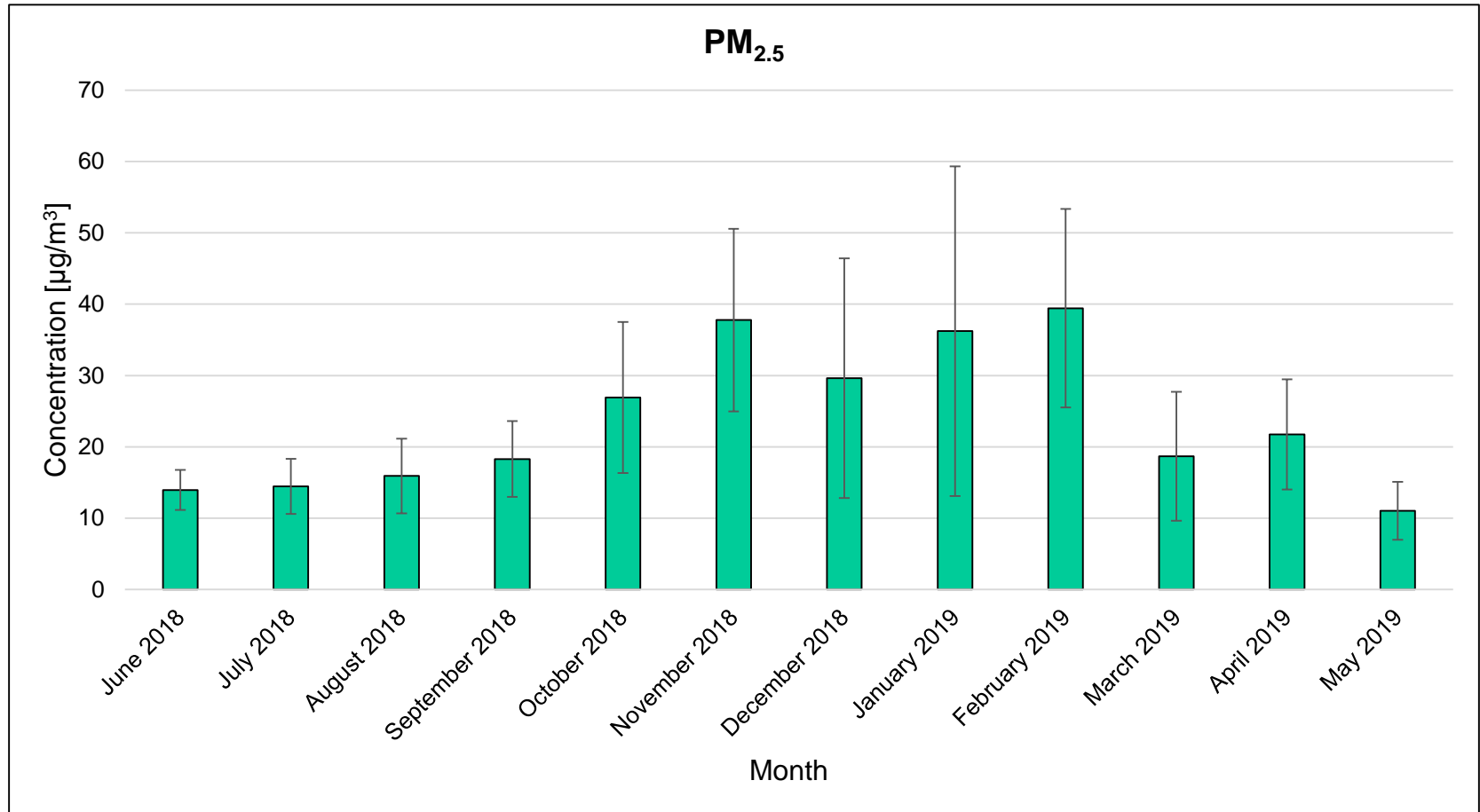


Stężenie PM_{2.5} WFiS AGH (µg/m³) 2016/2017

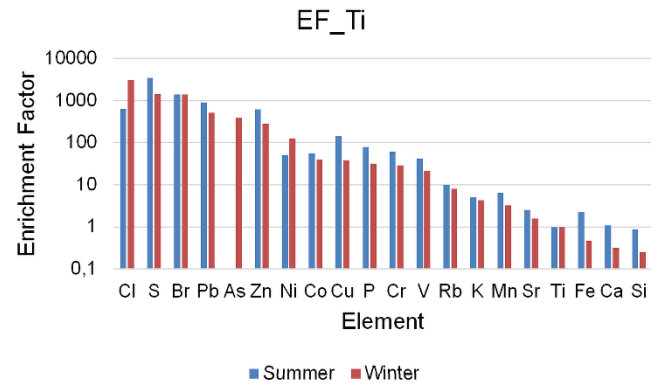
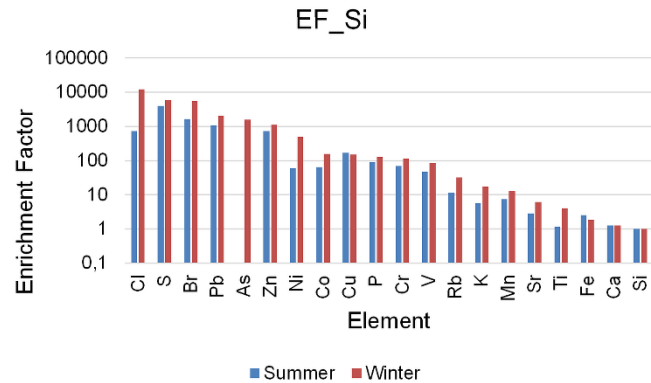
PM2.5 Conc WIOS_PM2.5



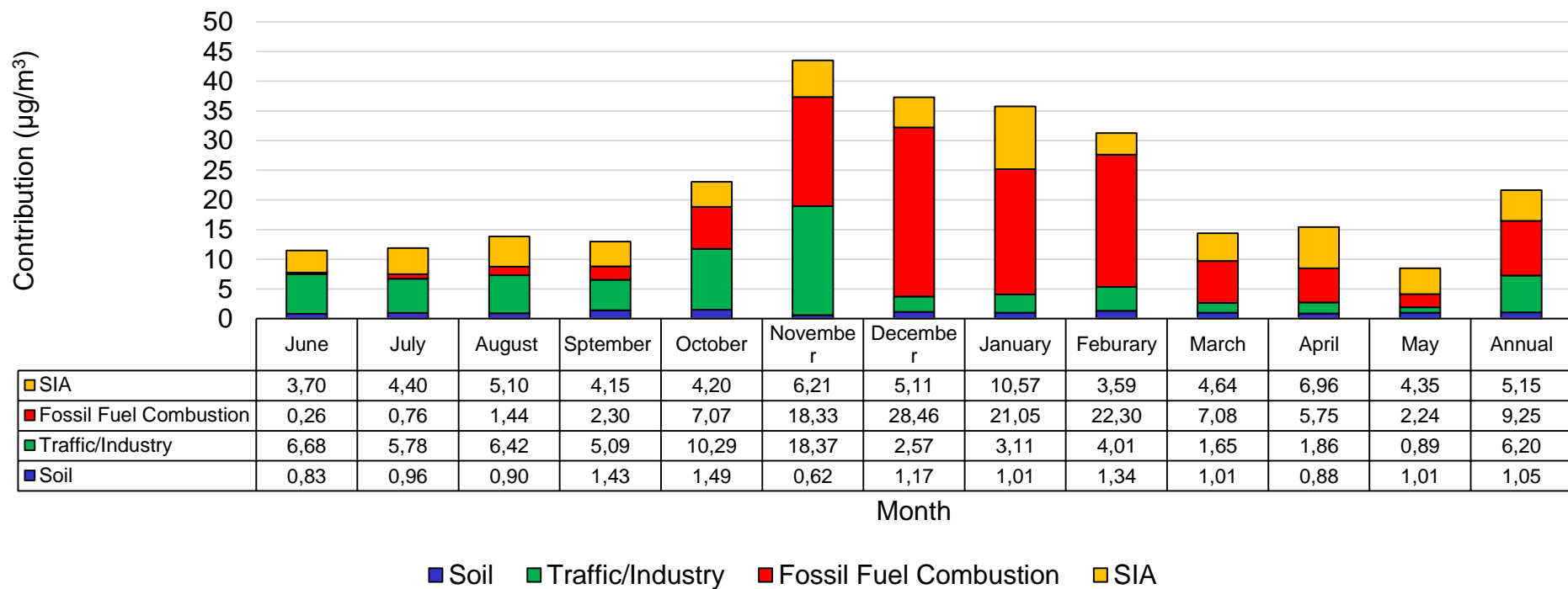
Stężenie PM_{2.5} WFiS AGH ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2018/2019



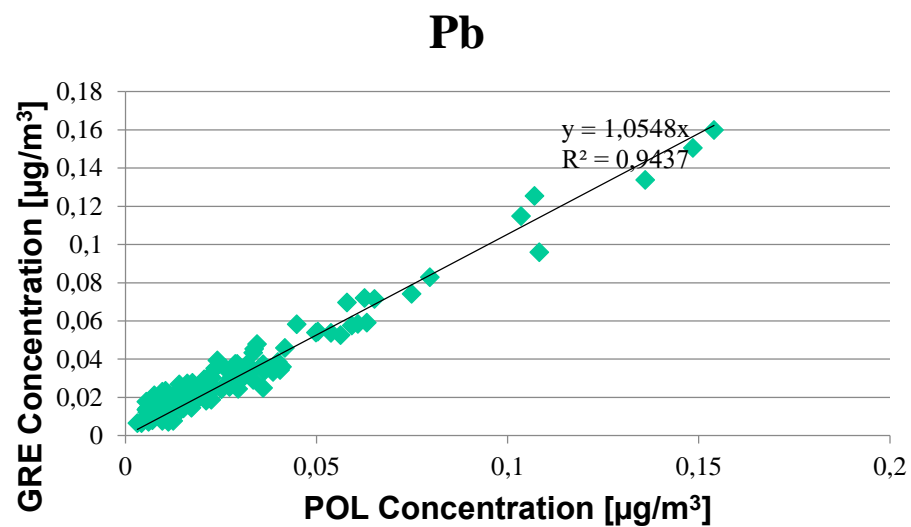
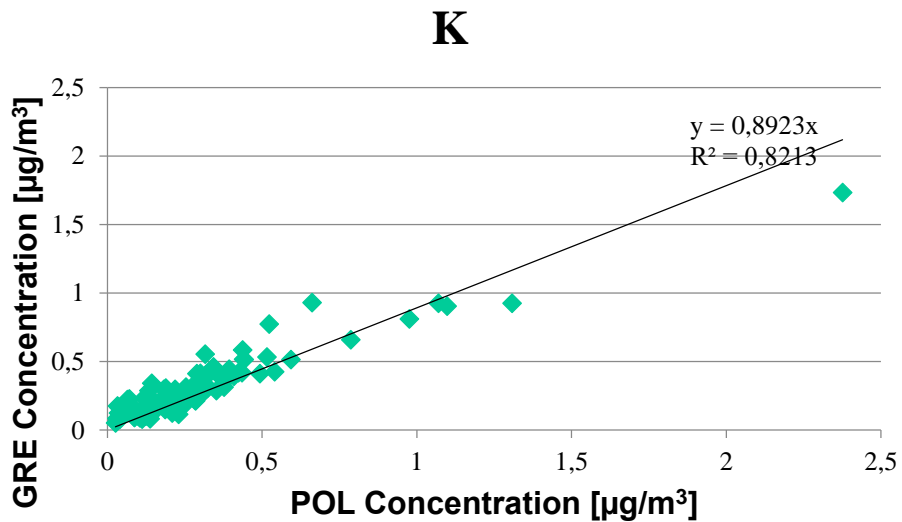
Współczynnik wzbogacenia WFiS AGH 2018/2019



Wyniki analizy PMF WFiIS AGH 2018/2019



Porównanie analiz „Demokritos” Grecja, WFiS AGH

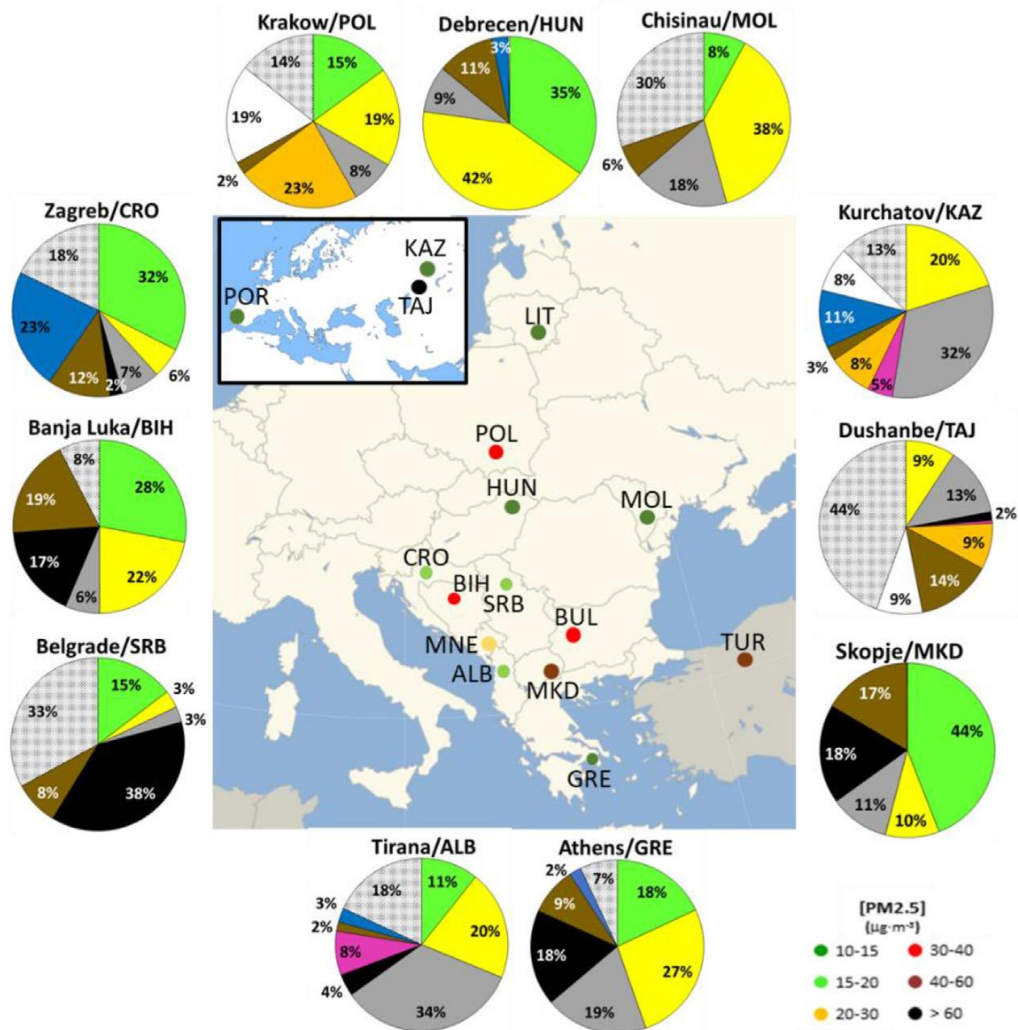
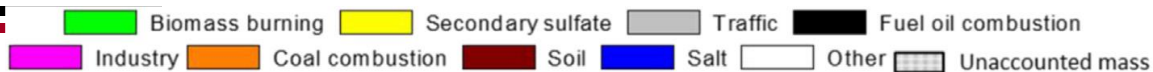


Wyniki analiz PMF PM_{2.5} Kraków

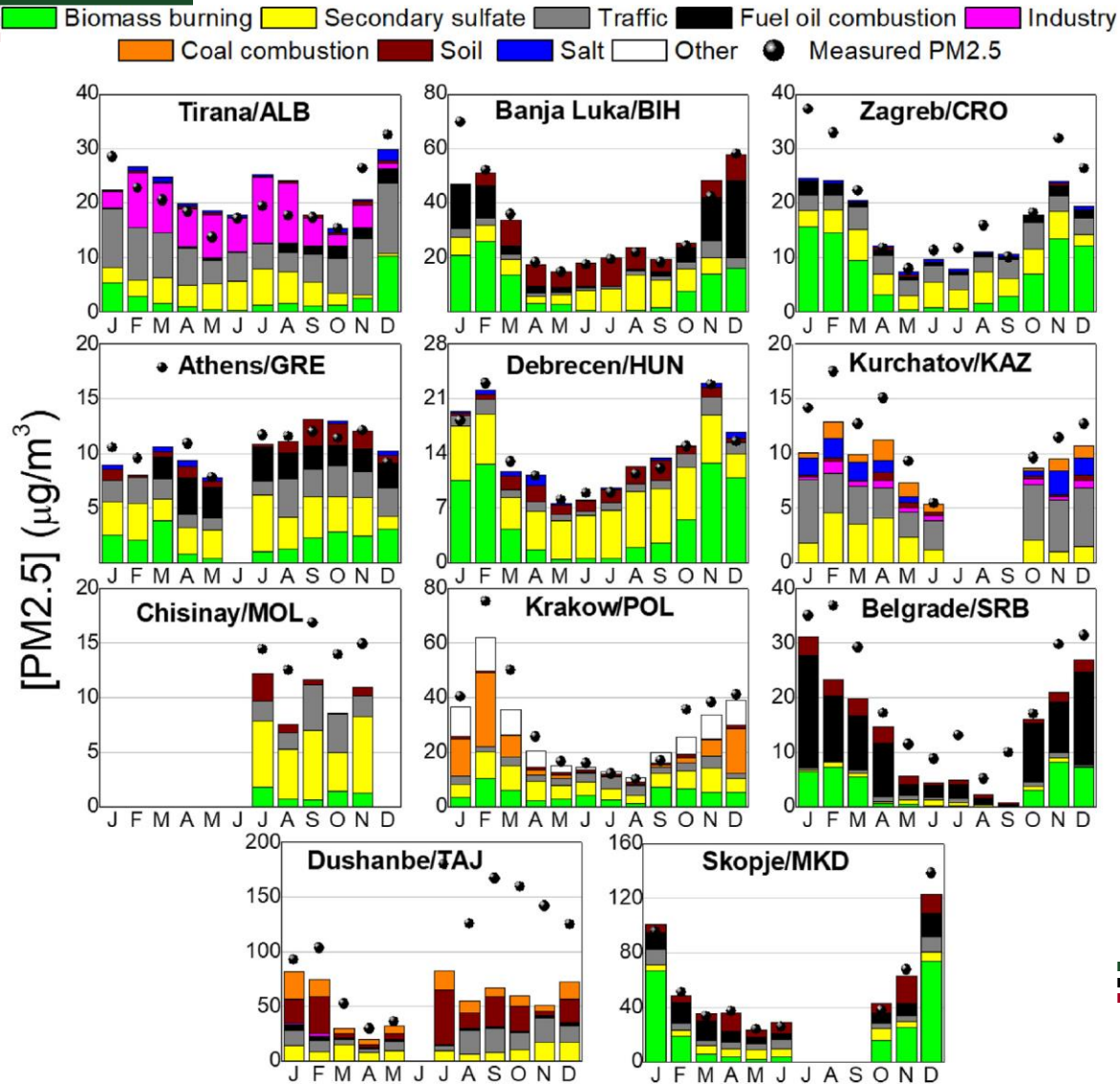
Source	2014/2015 Krakow [2]		2016/2017 Krakow [1]		2018/2019 Krakow[3]	
	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³
PM _{2.5}		34.4		33.5		24
Coal Combustion	22.9	7.88	30.5	10.21	43	9.3
Biomass Burning	15.6	5.37				
Secondary Sulphate	17.1	5.88	38.6	12.93	24	5.2
Secondary Nitrate	19.3	6.63				
Industry/Soil	2.5	0.86	25.8	8.64	28	7.2

- [1] Samek L., Stegowski Z., Styszko K., Furman L and Fiedor J., “Seasonal contribution of assessed sources to submicron and fine particulate matter in a Central European urban area,” *Environmental Pollution*, **2018**, 241, 406–411.
- [2] Samek, L., Stegowski Z., Furman L., Styszko K., Szramowiat K., and Fiedor J., “Quantitative Assessment of PM_{2.5} Sources and Their Seasonal Variation in Krakow,” *Water, Air, & Soil Pollution*, **2017**, 228, 290.
- [3] Samek L., Turek-Fijak A., Skiba A., Furman P., Styszko K., Furman L., Stegowski Z. **2020**. Complex Characterization of Fine Fraction and Source Contribution to PM_{2.5} Mass at an Urban Area in Central Europe. *Atmosphere*. 11, 1085.

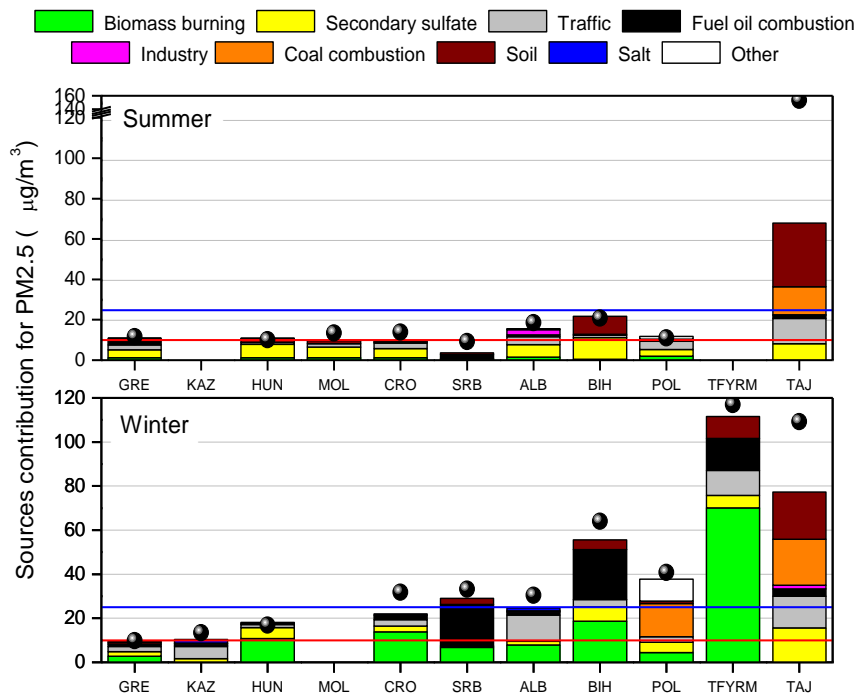
Wyniki analiz PMF, PM_{2.5}, Europa i Azja 2014/2015



Wyniki analiz PMF, PM_{2.5}, Europa i Azja 2014/2015

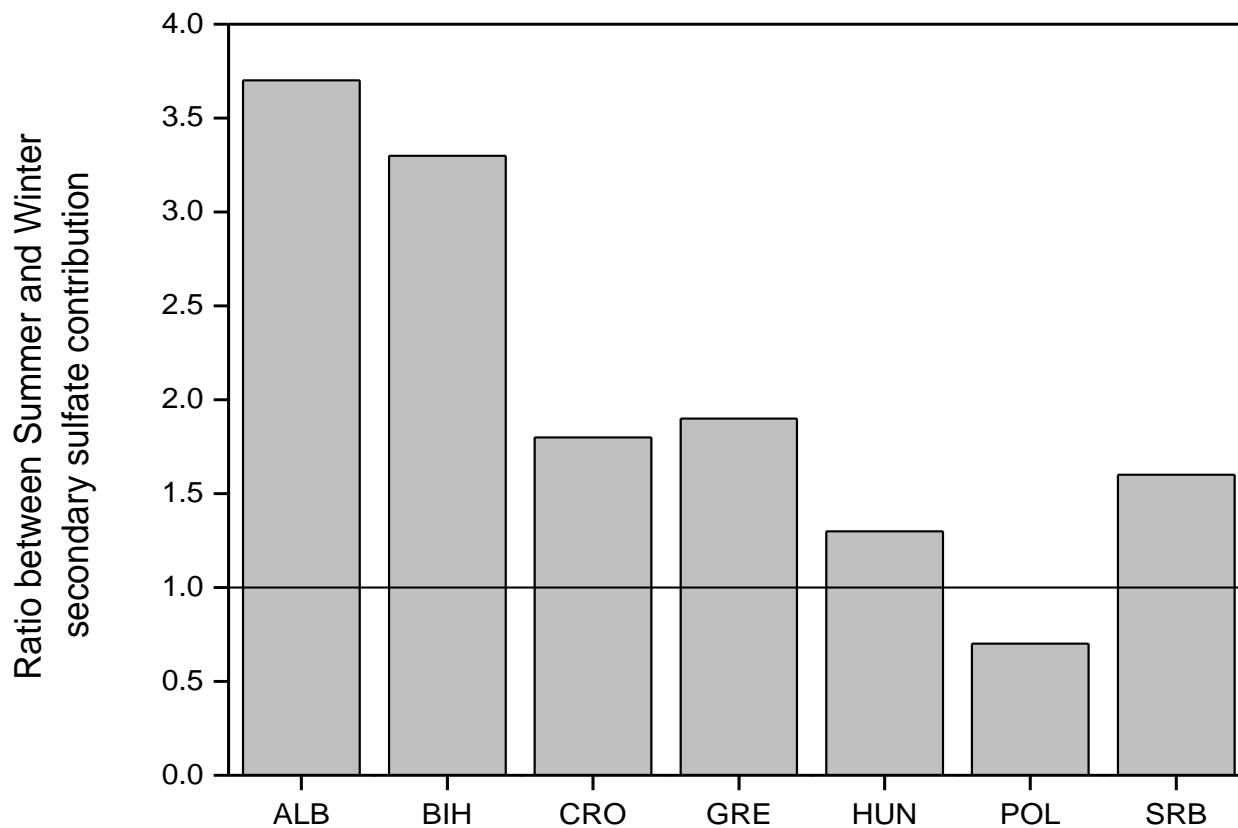


Wyniki analiz PMF, PM_{2.5}, Europa i Azja 2014/2015



Ambient particulate matter source apportionment using receptor modelling in European and Central Asia urban areas / S.M. Almeida, [et al.], L. SAMEK, [et al.], L. FURMAN, Z. STĘGOWSKI, [et al.] // *Environmental Pollution* ; ISSN 0269-7491. — 2020 vol. 266 pt. 3 art. no. 115199, s. 1–11.

Wyniki analiz PMF, PM_{2.5}, Europa i Azja 2014/2015



Zanieczyszczenie powietrza w Krakowie – stan obecny i perspektywy na przyszłość

- Zanieczyszczenia przekraczają dopuszczalne normy
 - Zakaz palenia węglem i drewnem daje zauważalną poprawę
 - Bez względu na porę roku ruch samochodowy emituje znaczącą ilość zanieczyszczeń
 - Budowa północnej obwodnicy daje nadzieję na poprawę sytuacji w rejonie Alei Trzech Wieszców
 - Kolejny skok w kierunku lepszej jakości powietrza będzie możliwy po wprowadzeniu i egzekwowaniu zakazów palenia węglem i wyeliminowaniu spalania śmieci w gminach ościennych
-
-

Dziękuję za uwagę

