

*Tukey HSD (nierówne N); zmienna SO<sub>2</sub>\_03 (SO<sub>2</sub>\_2003\_v55)*  
*Grupy jednorodne, alfa = .05000*  
*Błąd: MS międzygrupowe = 74.473, df = 46910.*

	STACJA	SO <sub>2</sub> _0 <sub>3</sub>	1	2	3	4	5
1	<b>AM5</b>	9.20	****				
2	<b>AM1</b>	9.48	****	****			
3	<b>AM8</b>	9.67		****			
4	AM4	10.41			****		
5	AM2	13.61				****	
6	AM3	14.08					****

Tablica 6: Rok 2003 [Opracowanie własne]

Przeprowadzona analiza wariancji potwierdziła wcześniejsze wyniki podobieństw stężeń dwutlenku siarki, uzyskane analizą skupień. Wskazać można na stacje AM5 i AM8, na których stężenia dwutlenku siarki są najbardziej zbliżone do stężeń na stacji AM1.

#### 4. Implementacja numeryczna i wstępne wnioski

W chwili obecnej zakończono pierwszy etap prac, obejmujący:

- systematykę metod interpolacji braków danych,
- numeryczną implementację części symulacyjnej,
- numeryczną implementację wybranych metod interpolacji (Tablica 11 oraz Tablica 2 grupa Podstawowa I).

W pierwszej kolejności wykonano symulacje dla stacji AM1, AM5 i AM8 (Tablica 7) przed pełną implementacją numeryczną. Próba ta była wstępną oceną przydatności metod i zrealizowana została w środowisku pakietu STATISTICA. Wyniki potwierdziły poprawność założeń w zakresie uzależnienia wyboru metody interpolacji od okresu wystąpień braków i długości ciągu braków danych.

Uzyskane wyniki wskazują, że w sezonie zimnym dwie metody dają stosunkowo dobre wyniki: średnia z sąsiednich punktów (mA\_2nst) oraz regresja MNK z sąsiednich punktów (mA\_20st).

Sezon letni charakteryzuje się wyższym zróżnicowaniem zarówno przestrzennym (pomiędzy stacjami) jak i względem długości ciągów braków.

Kolejny etap stanowiło zaimplementowanie wszystkich podstawowych (grupa I) metod interpolacji do własnego programu, co pozwala na dalszy rozwój i poszerzenie zastosowanych metod.

Na podstawie wyników cząstkowych (Tablica 8 oraz Tablica 9, odpowiednio dla okresu zimnego i ciepłego) zbudowano plan interpolacyjny (Plan ARMAAG w tablicach), który jest syntezą wyników cząstkowych z metod uprzednio uwzględnionych.

Zastosowanie planów pozwala na stosowanie metod interpolacji dających najniższy poziom błędów spośród wszystkich uprzednio zbadanych, innymi słowy skuteczność planu jest uzależniona od warsztatu.

W dalszej perspektywie plany interpolacyjne pozwolą na włączenie nowych metod i dostosowanie się systemu do warunków przestrzennie - czasowych interpolacji.

Dodatkowo zbadano przydatność metody odtwarzającej wyniki pomiarów na stacji AM1, na podstawie wyników stężeń ze stacji w bezpośrednim sąsiedztwie, dla długich serii braków danych (Tablica 10 - metoda: PCA\_Ladunki\_GL\_02\_AM1).

W sezonie zimnym uzyskano zadowalające wyniki dla metody oparte na złożeniach liniowych. W sezonie letnim wynik odbiegł od oczekiwanego (najwyższy poziom błędów, spośród wszystkich metod  $RMSE = 2.983 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Wskazuje to na potrzebę dalszych prac w tym zakresie.

## 5. Wyniki metod grupy Podstawowej I

### Rok 2002/zima

AM1 02 RMSE	Zestaw					RMSE średnie (w)
Metoda/Kat.Bdi	Z1A	Z1B	Z1C	Z1D		
M_A1ST BDi	6.75	6.49	6.18	5.92		6.33
M_A2ST BDi	1.69	6.56	4.81	5.86		4.73
M_A2nST BDi	2.44	6.61	4.37	5.90		4.83
M_A20ST BDi	1.40	5.45	5.07	5.61		4.38
M_A21ST BDi	6.50	6.26	6.06	5.95		6.19
M_A100ST BDi	2.08	5.91	4.46	5.86		4.58
M_A101ST BDi	3.03	5.45	4.96	5.89		4.83
RMSE średnie (k)	3.41	6.10	5.13	5.86		5.13

AM1

### Rok 2002/lato

AM1 02 RMSE	Zestaw				RMSE średnie (w)
Metoda/Kat.Bdi	Z2A	Z2B	Z2C	Z2D	
M_A1ST BDi	1.91	1.35	2.15	3.34	2.19
M_A2ST BDi	2.15	1.18	2.08	3.91	2.33
M_A2nST BDi	1.65	1.22	2.09	3.76	2.18
M_A20ST BDi	2.13	1.18	1.94	4.03	2.32
M_A21ST BDi	1.83	1.38	2.12	3.35	2.17
M_A100ST BDi	1.66	1.16	2.11	3.88	2.20
M_A101ST BDi	1.27	1.10	2.12	3.56	2.01
RMSE średnie (k)	1.80	1.23	2.09	3.69	2.20

AM1

AM8 02 RMSE	Zestaw					RMSE średnie (w)
Metoda/Kat.Bdi	Z1A	Z1B	Z1C	Z1D		
M_A1ST BDi	4.23	6.53	3.90	5.23		4.97
M_A2ST BDi	1.87	4.56	4.13	5.92		4.12
M_A2nST BDi	2.64	4.82	4.10	5.86		4.36
M_A20ST BDi	1.54	3.72	4.04	5.57		3.72
M_A21ST BDi	4.11	6.49	3.82	5.22		4.91
M_A100ST BDi	2.21	4.78	4.11	5.90		4.25
M_A101ST BDi	2.52	4.94	4.05	5.95		4.37
RMSE średnie (k)	2.73	5.12	4.02	5.66		4.38

AM8

AM8 02 RMSE	Zestaw				RMSE średnie (w)
Metoda/Kat.Bdi	Z2A	Z2B	Z2C	Z2D	
M_A1ST BDi	8.31	6.38	15.78	8.92	9.85
M_A2ST BDi	6.44	5.96	16.87	9.10	9.59
M_A2nST BDi	8.13	6.09	17.97	8.86	10.26
M_A20ST BDi	6.09	6.13	16.94	9.12	9.57
M_A21ST BDi	8.31	6.33	15.65	8.79	9.77
M_A100ST BDi	7.98	6.24	16.74	9.07	10.01
M_A101ST BDi	8.09	6.03	16.27	9.05	9.86
RMSE średnie (k)	7.62	6.17	16.60	8.99	9.84

AM8

AM5 02 RMSE	Zestaw					RMSE średnie (w)
Metoda/Kat.Bdi	Z1A	Z1B	Z1C	Z1D		
M_A1ST	2.39	4.21	2.41	4.14		3.29
M_A2ST	1.08	3.01	1.44	3.47		2.25
M_A2nST	0.69	3.15	1.52	3.13		2.12
M_A20ST	1.00	3.05	1.43	3.35		2.21
M_A21ST	1.38	3.02	1.51	2.94		2.21
M_A100ST	0.71	3.23	1.45	3.25		2.16
M_A101ST	0.69	3.19	1.48	3.20		2.14
RMSE średnie (k)	1.14	3.27	1.60	3.35		2.34

AM8

AM5

AM5 02 RMSE	Zestaw				RMSE średnie (w)
Metoda/Kat.Bdi	Z2A	Z2B	Z2C	Z2D	
M_A1ST	4.33	3.41	5.90	4.26	4.48
M_A2ST	3.60	2.66	5.80	4.60	4.16
M_A2nST	2.54	3.04	5.62	3.98	3.80
M_A20ST	3.88	2.24	5.60	6.29	4.50
M_A21ST	3.96	3.42	5.50	3.70	4.15
M_A100ST	1.79	2.54	5.72	3.92	3.49
M_A101ST	1.93	2.90	5.75	3.66	3.56
RMSE średnie (k)	3.15	2.89	5.70	4.34	4.02

AM8

AM5

Tablica 7: RMSE; wyniki symulacji dla roku 2002; zestawy o liczbie braków w danych do 70 obserwacji; interpolacje sporządzone w pakiecie STATISTICA 5.5 [Opracowanie własne]

Szczegółowy opis metod	
mA_1st	średnia ogólna
mA_2st	średnia z sąsiednich punktów
mA_2n3st	średnia z sąsiednich punktów
mA_20st	regresja MNK z sąsiednich punktów
mA_21st	trend MNK
mA_100st	mediana z sąsiednich punktów
mA_101st	mediana z całego zbioru

## 6. Wyniki metod przy wykorzystaniu planu interpolacyjnego.

Rok 2002/zima	Zestaw				
Metoda	Z1A_AM1_	Z1B_AM1_	Z1C_AM1_	Z1D_AM1_	średnie metod
PCA_Ladunki_GL_02_AM1	2.5725	20.9503	4.1856	5.8963	8.401
mA_2st	1.6896	6.5551	4.8075	5.8649	4.729
mA_2nXst	3.0785	5.1654	4.7020	5.8529	4.700
mA_2n3st	2.5066	5.5351	4.3722	5.9006	4.579
mA_21st	6.6505	6.2755	6.0607	5.9492	6.234
mA_21n10	6.7495	6.4937	6.1755	5.9193	6.334
mA_20st	1.3956	5.4457	5.0669	5.6097	4.379
mA_20nX	1.9277	5.7190	4.3597	5.7677	4.444
mA_20n3	2.4718	5.0969	4.2504	5.8213	4.410
mA_1st	6.7495	6.4937	6.1755	5.9193	6.334
mA_101	7.0518	6.7550	6.6645	6.8121	6.821
mA_100st	1.6896	6.5551	4.8075	5.8649	4.729
mA_100n3st	3.1042	5.0510	4.9628	5.8857	4.751
mA_100n2st	2.0910	5.9136	4.4578	5.8586	4.580
mA_1_wsi_AM1_MM_GODZ	8.5840	7.9490	7.2202	7.0324	7.696
mA_1_wsi_AM1_mm_g_kor	5.1527	5.4749	6.4692	5.8390	5.734
<b>średnie zestawów</b>	3.967	6.964	5.296	5.987	5.554
Minima	1.396	5.051	4.186	5.610	4.379
<b>PLAN ARMAAG</b>	<b>1.396</b>	<b>5.121</b>	<b>5.105</b>	<b>5.626</b>	

Tablica 8: RMSE; wyniki symulacji dla roku 2002; zestawy o liczbie braków w danych do 70 obserwacji; obliczenia przeprowadzone w autorskim systemie interpolacyjnym [Opracowanie własne]

Rok 2002/lato	Zestaw				
Metoda	Z2A_AM1_	Z2B_AM1_	Z2C_AM1_	Z2D_AM1_	średnie metod
PCA_Ladunki_GL_02_AM1	1.3775	1.803	2.859	4.108	2.537
mA_2st	2.1486	1.184	2.083	3.891	2.327
mA_2nXst	1.3770	1.321	2.085	3.634	2.104
mA_2n3st	1.648	1.230	2.096	3.760	2.183
mA_21st	1.831	1.396	2.138	3.355	2.180
mA_21n10	1.908	1.357	2.159	3.339	2.191
mA_20st	2.127	1.179	1.943	4.004	2.313
mA_20nX	1.936	1.283	2.075	3.913	2.302
mA_20n3	1.647	1.208	2.092	3.751	2.175
mA_1st	1.908	1.357	2.159	3.339	2.191
mA_101	1.986	1.295	2.187	3.444	2.228
mA_100st	2.149	1.184	2.083	3.891	2.327
mA_100n3st	1.272	1.112	2.133	3.553	2.018
mA_100n2st	1.660	1.165	2.120	3.886	2.208
mA_1_wsi_AM1_MM_GODZ	2.326	1.624	2.523	3.719	2.548
mA_1_wsi_AM1_mm_g_kor	1.740	1.472	2.230	3.708	2.287
<b>średnie zestawów</b>	1.815	1.323	2.185	3.706	2.257
Minima	1.272	1.112	1.943	3.339	2.018
<b>PLAN ARMAAG</b>	<b>1.272</b>	<b>1.109</b>	<b>1.938</b>	<b>3.407</b>	

Tablica 9: RMSE; wyniki symulacji dla roku 2002; zestawy liczbie braków w danych do 70 obserwacji;  
obliczenia przeprowadzone w autorskim systemie interpolacyjnym  
[Opracowanie własne]

Rok 2002/zima	Zestaw			Rok 2002/lato	Zestaw		
Metoda	Z1E_AM1_	Z1F_AM1_	średnie metod	Metoda	Z2E_AM1_	Z2F_AM1_	średnie metod
PCA_Ladunki_GL_02_AM1	4.460	4.88845	4.674	PCA_Ladunki_GL_02_AM1	3.135	2.832	2.983
mA_2st	3.919	5.96124	4.940	mA_2st	2.952	2.277	2.615
mA_2nXst	3.908	5.97606	4.942	mA_2nXst	2.960	2.182	2.571
mA_2n3st	4.153	5.96396	5.059	mA_2n3st	2.987	2.233	2.610
mA_21st	3.736	6.28800	5.012	mA_21st	3.022	1.937	2.480
mA_21n10	4.060	6.03817	5.049	mA_21n10	2.912	1.987	2.450
mA_20st	4.116	5.97306	5.045	mA_20st	2.896	2.253	2.575
mA_20nX	4.058	6.00068	5.029	mA_20nX	2.936	2.267	2.601
mA_20n3	4.173	6.00302	5.088	mA_20n3	2.978	2.221	2.600
mA_1st	4.060	6.03817	5.049	mA_1st	2.912	1.987	2.450
mA_101	3.939	6.28063	5.110	mA_101	2.897	2.182	2.539
mA_100st	3.919	5.96124	4.940	mA_100st	2.952	2.277	2.615
mA_100n3st	4.286	5.96124	5.123	mA_100n3st	3.035	2.277	2.656
mA_100n2st	4.080	5.96124	5.021	mA_100n2st	2.952	2.277	2.615
mA_1_wsi_AM1_MM_GODZ	7.506	7.20587	7.356	mA_1_wsi_AM1_MM_GODZ	3.110	2.468	2.789
mA_1_wsi_AM1_mm_g_kor	7.423	7.17544	7.299	mA_1_wsi_AM1_mm_g_kor	3.104	2.481	2.793
<b>średnie zestawów</b>	4.487	6.105	5.296	<b>średnie zestawów</b>	2.984	2.259	2.621
Minima	3.736	4.888	4.674	Minima	2.896	1.937	2.450
<b>PLAN ARMAAG</b>	<b>3.736</b>	<b>4.789</b>		<b>PLAN ARMAAG</b>	<b>2.896</b>	<b>1.937</b>	

Tablica 10: RMSE; wyniki symulacji dla roku 2002; zestawy o dużej liczbie braków danych; obliczenia przeprowadzone w autorskim systemie interpolacyjnym [Opracowanie własne]

Nazwa metody	Opis	ni przed BD	ni po BD
mA_1st	średnia ogólna (standard)	-1	-1
mA_2st	średnia z sąsiednich punktów (standard)	1	1
mA_2n3st	średnia z sąsiednich punktów (standard)	3	3
mA_2nXst	średnia z sąsiednich punktów (standard)	5	5
mA_20st	regresja MNK z sąsiednich punktów (standard)	1	1
mA_20n3	regresja MNK z sąsiednich punktów	3	3
mA_20nX	regresja MNK z sąsiednich punktów	2	2
mA_21st	trend MNK (standard)	-1	-1
mA_21n10	trend MNK z ostatnich obserwacji przed BD (nie używane)	10	0
m_A22	regresja MNK z sąsiednich punktów; wsk cykl=24; multi; stałe w roku	3	3
m_A23	regresja MNK z sąsiednich punktów; wsk cykl=24; add; stałe w roku	3	3
mA_100st	mediana z sąsiednich punktów (standard)	1	1
mA_100n2st	mediana z sąsiednich punktów (standard)	2	2
mA_100n3st	mediana z sąsiednich punktów (standard)	3	3
mA_101	mediana z całego zbioru	-1	-1
mA_1_wsi_AM1_MM_GODZ	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2	-1	-1
mA_1_wsi_AM2_MM_GODZ	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2	-1	-1
mA_1_wsi_AM3_MM_GODZ	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2	-1	-1
mA_1_wsi_AM4_MM_GODZ	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2	-1	-1
mA_1_wsi_AM5_MM_GODZ	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2	-1	-1
mA_1_wsi_AM8_MM_GODZ	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2	-1	-1
mA_1_wsi_AM1_mm_g_kor	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2 korekta	1	1
mA_1_wsi_AM2_mm_g_kor	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2 korekta	1	1
mA_1_wsi_AM3_mm_g_kor	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2 korekta	1	1
mA_1_wsi_AM4_mm_g_kor	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2 korekta	1	1
mA_1_wsi_AM5_mm_g_kor	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2 korekta	2	2
mA_1_wsi_AM8_mm_g_kor	wSi względem średniej całego zbioru dla stacji AMx (wSi od 2002 do 2003) SO2 korekta	1	1
PCA_Ladunki_GL_02_AM1	wykorzystuje dodatkowe dane o stężeniach; odtwarza szereg; podział: sezon G/L; rok 02	-1	-1
PCA_Ladunki_GL_02_AM3	wykorzystuje dodatkowe dane o stężeniach; odtwarza szereg; podział: sezon G/L; rok 02	-1	-1
PCA_Ladunki_GL_02_AM5	wykorzystuje dodatkowe dane o stężeniach; odtwarza szereg; podział: sezon G/L; rok 02	-1	-1
PCA_Ladunki_GL_02_AM8	wykorzystuje dodatkowe dane o stężeniach; odtwarza szereg; podział: sezon G/L; rok 02	-1	-1
PCA_Ladunki_GL_03_AM1	wykorzystuje dodatkowe dane o stężeniach; odtwarza szereg; podział: sezon G/L; rok 03	-1	-1
PCA_Ladunki_GL_03_AM3	wykorzystuje dodatkowe dane o stężeniach; odtwarza szereg; podział: sezon G/L; rok 03	-1	-1
PCA_Ladunki_GL_03_AM5	wykorzystuje dodatkowe dane o stężeniach; odtwarza szereg; podział: sezon G/L; rok 03	-1	-1
PCA_Ladunki_GL_03_AM8	wykorzystuje dodatkowe dane o stężeniach; odtwarza szereg; podział: sezon G/L; rok 03	-1	-1

Tablica 11: Metody uwzględnione w implementacji numerycznej, w pierwszym etapie badań wraz z syntetyczną charakterystyką [Opracowanie własne]

**10 lat działalności Fundacji ARMAAG** w tym 7 letni nieprzerwany okres pomiarowy w stacjach nr 1,2,3,4 upoważnia do przedstawienia generalnego wniosku:

**o jakości sieci pomiarowej decyduje ilość ważnych pomiarów i ciągłość serii pomiarowych.**

Doświadczenia sieci ARMAAG wskazują, że uzyskanie odpowiedniej ilości ważnych danych wymaga spełnienia szeregu warunków obiektywnych i jednocześnie zespołowego działania ludzi o odpowiednich predyspozycjach:

- operatorzy sieci powinni być dyspozycyjni w każdym czasie: każde zakłócenia w dopływie prądu powodują destabilizację parametrów urządzeń, brak szybkiej reakcji powoduje nieprawidłową pracę analizatora zwiększając ryzyko wystąpienia awarii;
- zapewnienie ciągłości pomiarów wymaga codziennej dyspozycji operatorów do podejmowania działań korygujących;
- wszystkie naprawy dozwolone warunkami dostawy powinny być wykonywane na miejscu;
- autoryzowany serwis powinien posiadać dostęp do części zamiennych u producenta w możliwie najkrótszym terminie.

Analizatory w stacjach sieci ARMAAG w roku 2003 osiągnęły wysoką dyspozycyjność dzięki stałemu nadzorowi i zaangażowaniu pracowników Fundacji oraz firm współpracujących. Procent ważnych danych z większości analizatorów przekraczał znacząco 90%. Ewentualne braki spowodowane były wyłącznie koniecznością dokonania skomplikowanych napraw i wysłania aparatury pomiarowej do serwisu, lub oczekiwaniem na sprowadzenie odpowiednich części. Z tych właśnie powodów analizatory BTX i NH<sub>3</sub> nie osiągnęły tak wysokiej skuteczności jak pozostałe analizatory.

Dzięki rozłożeniu kosztów działania sieci automatycznych pomiarów na organa samorządu i administracji rządowej możliwe jest funkcjonowanie stacji na europejskim poziomie. Możliwe również było zorganizowanie konferencji z okazji 10-lecia istnienia Fundacji. W konferencji wzięło udział wielu znamienitych gości, również z zagranicy. Oprócz dyskusji na temat problemów monitoringu atmosfery zaprezentowano także szereg najnowszych rozwiązań sprzętowych w tej dziedzinie.

Wychodząc naprzeciw nowym zadaniom w monitoringu atmosfery Fundacja zaangażowała się w tworzenie projektu systemu zarządzania środowiskiem w zakresie ochrony środowiska w województwie pomorskim - [AIRPOMERANIA](#).

## 9. POSUMOWANIE

Oceniając stan atmosfery Aglomeracji Gdańskiej w 2003 można stwierdzić:

- w przypadku dwutlenku siarki i dwutlenku azotu był dobry i bardzo dobry;
  - znacznie gorzej przedstawia się sytuacja w przypadku pyłu zawieszzonego - jakość atmosfery określana na podstawie stężeń pyłu PM10 była dostateczna a na niektórych stacjach (AM10 i AM7) zła.
- stężenia dwutlenku azotu i tlenków azotu odnotowują niewielki spadek
  - problemem, jak i w całej Europie, jest poziom stężeń pyłu zawieszzonego PM10; średnioroczne stężenia pyłu wzrosły we wszystkich stacjach, z wyjątkiem stacji w Sopocie
  - stężenia ozonu w aglomeracji gdańskiej o wartościach powyżej  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  występowały przez 13 dni

Uczestnictwo sieci ARMAAG w systemie monitoringu polskiego i europejskiego pozwala na korzystanie z międzynarodowej informacji i umożliwia społeczeństwu coraz szerszy dostęp do informacji o jakości atmosfery.

Podsumowując rok 2003 można uznać za kolejny, udany okres w działalności Fundacji. Mimo skromnych w porównaniu do innych europejskich sieci monitoringu środków finansowych udało się osiągnąć wysoki poziom jakości i pozyskiwania danych oraz znacznie udoskonalić sposób ich prezentacji.





Raporty wydrukowano z dotacji Wojewódzkiego Funduszu  
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku  
oraz darowizny Linde Gaz Polska Sp. z o.o

Fundacja ARMAAG  
80-761 Gdańsk ul.Elbląska 66  
[www.armaag.gda.pl](http://www.armaag.gda.pl)

Wszelkie prawa zastrzeżone  
ISBN 83-913904-2-04  
Egzemplarz bezpłatny

Projekt i opracowanie graficzne: Karolina Menegon