

2010
2013

AIR SILESIA

System informacji o jakości powietrza na obszarze pogranicza
Polsko-Czejskiego w rejonie Śląska i Moraw

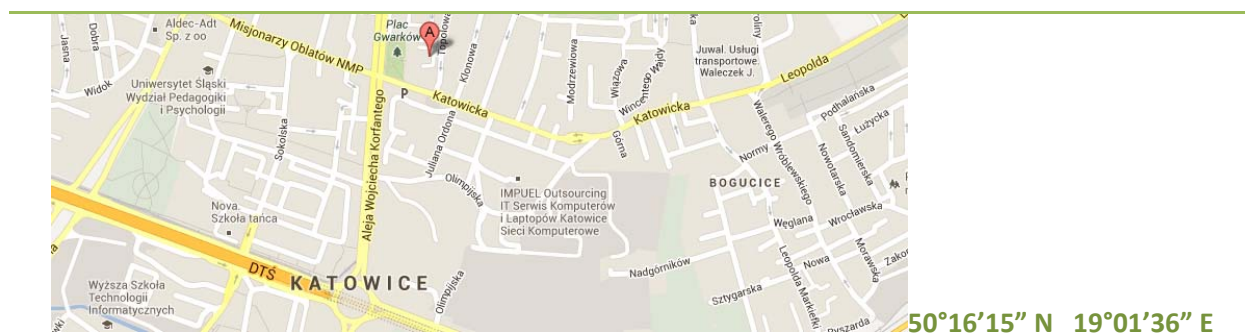
Informační systém kvality ovzduší v oblasti Polsko-Českého
pohraničí ve Slezském a Moravskoslezském regionu

www.air-silesia.eu

Pomiary rozkładów ziarnowych aerozoli zawieszonych na terenie Katowic

1. Terminy i lokalizacja wykonania pomiarów

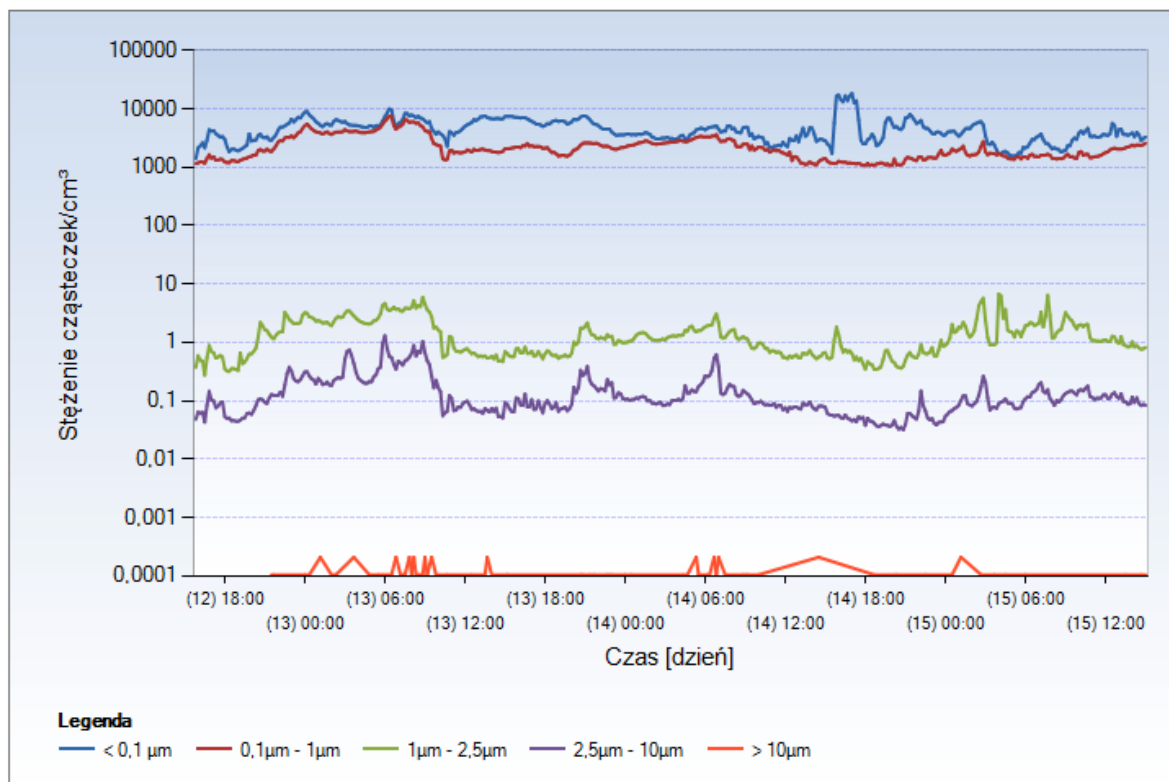
Na terenie Głównego Instytutu Górnictwa przeprowadzono serię pomiarów rozkładów ziarnowych z użyciem spektrometrów TSI: APS model 3321 oraz SMPS model: 3081. Pomiar przeprowadzony z sezonach: wiosna, lato oraz jesień. Stanowisko pomiarowe znajdowało się w lokalizacji opisanej poniżej na rysunku numer 1. Dodatkowo na rysunku numer 2 przedstawiono przykład prezentacji danych na oficjalnej stronie projektu Air Silesia, wytwarzanych w wyniku transmisji wyników z urządzeń drogą internetową na tę witrynę. W tabeli numer 1 zestawiono terminy wykonywanych pomiarów oraz rodzaj zastosowanej aparatury.



Rys 1. Lokalizacja stanowiska pomiarowego w Katowicach

L.p.	Zastosowany sprzęt		Czas pomiaru	
	APS	SMPS	Rozpoczęcie	Zakończenie
1.	✓	✓	01.03.2012	09.03.2012
2.	✓	✓	25.04.2012	10.05.2012
3.	✓	✓	20.06.2012	06.07.2012
4.	✓	✓	10.07.2012	15.07.2012
5.	✓	✓	17.07.2012	30.07.2012
6.	✓	✓	01.08.2012	05.08.2012
7.	✓	✓	07.08.2012	07.08.2012
8.	✓	✓	09.08.2012	17.09.2012
9.	✓	✓	21.09.2012	28.09.2012
10.	✓	✓	28.09.2012	10.08.2012
11.	✓	✓	08.10.2012	18.10.2012
12.	✓	✓	18.10.2012	29.10.2012
13.	✓	✓	29.10.2012	30.10.2012
14.	✓	✓	31.10.2012	19.11.2012
15.	✓	✓	12.06.2013	15.06.2013

Tab. 1. Zestawienie terminów wykonywanych pomiarów.



Rys. 2. Przykład prezentacji wyników pomiarów na witrynie internetowej projektu Air Silesia.

2. Opis metody pomiarowej

Pomiary rozkładu ziarnowego aerozoli wykonano z pomocą spektrometrów cząstek SMPS oraz APS (TSI, USA, fot. 1). Pierwszy z nich umożliwia rejestrację cząstek w przybliżeniu od kilku nanometrów do maksymalnie 1000 nm, natomiast spektrometr APS w zakresie od 540 nm do około 20000 nm. Spektrometr SMPS składa się z elektrostatycznego klasyfikatora EC 3080, różnicowego analizatora DMA 3081 (lub DMA 3085) oraz licznika cząstek WCPC 3785. Podczas pomiaru strumień badanego powietrza jest zasysany przez pompę licznika cząstek. Cząstki są wstępnie selekcjonowane przez impaktor znajdujący się na początku toru pomiarowego. Zastosowany impaktor o średnicy otworu wlotowego 0,0508 cm odcina cząstki o średnicy powyżej 1000 nm i spełnia jednocześnie rolę przepływomierza.

Rozkład ładunków dodatnich i ujemnych dla cząstek zawartych w powietrzu jest nierównomierny, co w sumie prowadziło do błędów w ocenie ich stężenia przez zastosowaną aparaturę. Z impaktora strumień powietrza jest zatem kierowany do kolumny zawierającej źródło promieniowania krypton Kr-85. Powstające wskutek oddziaływania

promieniowania beta różnoimienne jony zderzają się z cząstkami aerozolu, co prowadzi do stanu równowagi i bipolarnego rozkładu ładunków dodatnich i ujemnych.

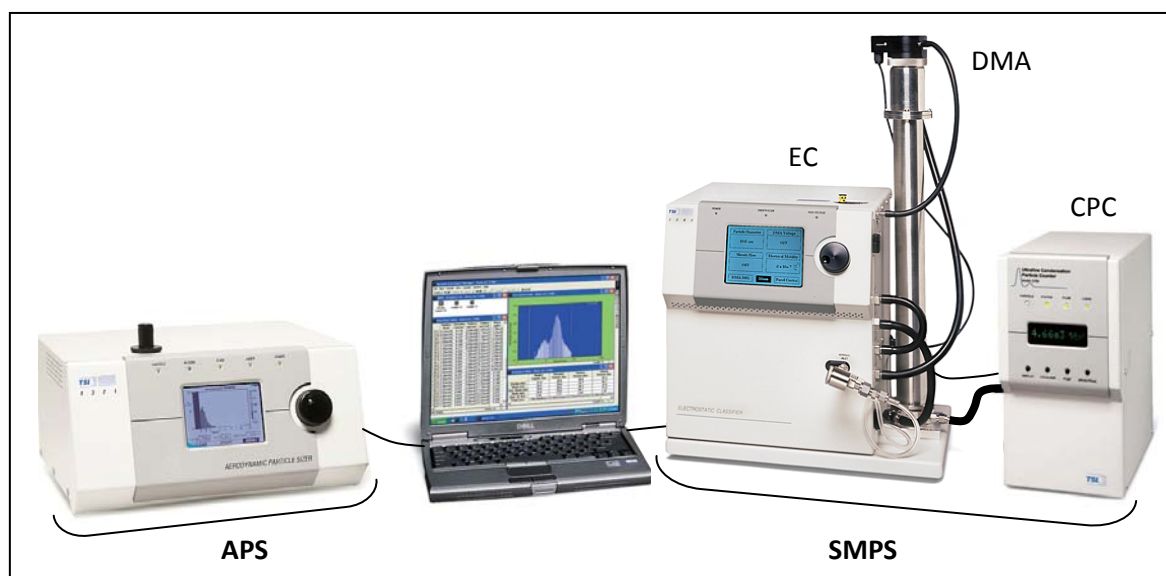
Dalej cząstki przepływają do klasyfikatora elektrostatycznego, w którym następuje wydzielenie frakcji o określonych rozmiarach. Główną częścią klasyfikatora jest analizator różnicowy wyposażony w stalowy cylinder z centralną, położoną wewnątrz ujemnie naładowaną elektrodą. Pole elektryczne powoduje, że dodatnio naładowane cząstki są przyciągane w kierunku tej kolumny i wyłącznie cząstki o określonych rozmiarach docierają do wąskiej szczeliny znajdującej się na spodzie kolumny. Przebieg procesu zależy od elektrycznej ruchliwości cząstek, szybkości powietrza i geometrii klasyfikatora. W układzie pomiarowym można stosować zamiennie kolumny DMA 3081 z zakresem pomiarowym 10 nm do 1000 nm lub DMA 3085 z zakresem pomiarowym od 2 nm do 150 nm. Napięcie na cylindrze może być zmieniane automatycznie przez licznik cząstek lub manualnie z pomocą regulatorów znajdujących się w elektrostatycznym klasyfikatorze.

Należy zaznaczyć, że tylko część ze strumienia powietrza zasysanego z zewnątrz (strumień polidispersyjny) podlega analizie. Nadmiar powietrza (strumień nadmiarowy) jest kierowany na zewnątrz DMA, i po przefiltrowaniu kierowany z powrotem do kolumny jako tzw. strumień osłonny. Ten dodatkowy strumień powietrza zapewnia przepływ laminarny w cylindrze DMA, co pozwala uniknąć błędów w analizie rozmiarów cząstek. Stosunek natężenia przepływu strumienia osłonnego do polidispersyjnego powinien wynosić 10:1. W celu uzyskania optymalnej rozdzielczości natężenie przepływu w strumieniu osłonnym powinno być takie same jak w strumieniu nadmiarowym powietrza, i jednocześnie taki sam warunek musi zostać spełniony dla strumienia polidispersyjnego i strumienia monodispersyjnego (powietrze opuszczające DMA przez wąski otwór zlokalizowany w dole cylindra).

Cząstki, które dotarły do wąskiej szczeliny przepływają następnie do licznika cząstek, a pozostałe są usuwane przez filtry znajdujące się w układzie klasyfikatora. W liczniku cząstek, wyposażonym w laser następuje detekcja i zliczanie cząstek. Muszą one jednak zostać zwiększone do rozmiarów 2-3 μm . Wykorzystuje się w tym celu zjawisko kondensacji pary na jądrach kondensacji. W zastosowanym liczniku cząstek WCPC 3785 proces ten jest wspomagany przez wodę destylowaną. Niekiedy jednak stosowany jest również alkohol butylowy. Minimalny rozmiar cząstki, która może być w ten sposób wykryta przez układ pomiarowy zależy od ciśnienia parcjalego pary do ciśnienia pary nasyconej. Dla licznika WCPC 3785 wydajność detekcji cząstek o rozmiarach 5 nm wynosi 50%, a górna granica

detekcji wynosi 20000 cząstek/cm³ dla przypadku, kiedy zliczaniu ulega każda pojedyncza cząstka oraz 10⁷ cząstek/cm³ dla takiego trybu pracy, w którym w oparciu o specjalną procedurę kalibracji wyliczana jest koncentracja cząstek.

Ultradrobne cząstki są przechwytywane częściowo wewnątrz układu pomiarowego (przewody łączące, kanały transmisji powietrza). Z tego powodu należy uwzględnić odpowiednią korekcję uwzględniając szybkość przepływu powietrza oraz długość dodatkowych połączeń. Operacja ta jest realizowana przez oprogramowanie wspomagające pracę układu pomiarowego.



Fot. 1. Spektrometry APS i SMPS wykorzystane do badania rozkładów ziarnowych aerozoli w podziemnych wyrobiskach górniczych (TSI, 2004, 2006)

W porównaniu z spektrometrem SMPS, spektrometr APS jest prostszym urządzeniem. Jest przeznaczony do pomiaru rozkładów rozmiarów aerodynamicznych aerozoli, ważnego parametru określającego zachowanie się cząstek. Wyznaczanie tego parametru odbywa się na podstawie pomiaru czasu przelotu cząstek poruszających się z określonym przyspieszeniem w strumieniu powietrza docierającego do wlotu, które dla większych cząstek, ze względu na wzrastającą inercję staje się mniejsze. W tym przypadku również stosuje się strumień powietrza osłonowego. Po przefiltrowaniu, powietrze to łączy się

ponownie z powietrzem zawierającym aerozole utrzymując je w centrum strumienia i przyspieszając jednocześnie wokół nich ruch powietrza. W rezultacie, mniejsze cząstki, ze względu na mniejszą bezwładność uzyskują większą szybkość niż cząstki większe. Czas przelotu cząstek mierzy się z pomocą dwóch wiązek laserowych, co po porównaniu z krzywą kalibracyjną, prowadzi do określenia średnicy aerodynamicznej. Każda informacja o średnicy jest przechowywana w jednym z 52 kanałów, na które podzielony jest całkowity zakres pomiarowy urządzenia. Spektrometr jest przystosowany do badania cząstek o średnicy od 0,5 μm do 20 μm . Rejestrowane są również mniejsze aerozole o rozmiarach 0,3 μm do 0,5 μm lecz informacja o tego typu obiektach jest przechowywana tylko w jednym kanale.