

INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA

WOJEWÓDZKI INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA W KRAKOWIE  
DELEGATURA W TARNOWIE

---

**SPRAWOZDANIE Z BADAŃ  
ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA BENZENEM  
NA OBSZARZE WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO  
W 2005 ROKU**

Badanie zanieczyszczenia powietrza benzenem, metodą wskaźnikową, zgodnie z Programem Monitoringu Środowiska w Województwie Małopolskim w 2005 roku

Opracowanie:

Dział Monitoringu Środowiska  
Delegatury WIOŚ w Tarnowie

Zatwierdził

Kierownik Delegatury WIOŚ  
w Tarnowie

*mgr Krystyna Gołębiowska*

---

TARNÓW , styczeń 2006

**Spis treści:**

<b>1. Wartości dopuszczalne stężeń benzenu w powietrzu atmosferycznym.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Podstawowe informacje na temat metod pasywnych.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Charakterystyka lotnych związków organicznych (LZO), w tym benzenu.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Realizacja zadania „Pomiary benzenu w województwie małopolskim w 2005 roku” - metoda wskaźnikowa. ....</b>	<b>6</b>
<b>5. Porównanie metody pasywnej z manualną - miasta: Kraków i Tarnów .....</b>	<b>11</b>
<b>6. Podsumowanie .....</b>	<b>13</b>

**Spis rysunków:**

Rys.1. Lokalizacja punktów pomiaru benzenu metodą pasywną w województwie małopolskim w 2005 roku. ....	13
Rys.2. Rozkład średnich stężeń benzenu na obszarze województwa małopolskiego w 2005 roku.	14
Rys.3. Średnie stężenia benzenu na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w roku 2005 w województwie małopolskim. (metoda pasywna).....	15
Rys.4. Zbiorcze zestawienie średniorocznych stężeń benzenu w poszczególnych punktach pomiarowych na obszarze województwa małopolskiego w 2005 roku .....	18
Rys.5. Porównanie średniorocznych stężeń benzenu na obszarze województwa małopolskiego w latach 2003-2005 na poszczególnych stanowiskach. ....	18

## 1. Wartości dopuszczalne stężeń benzenu w powietrzu atmosferycznym

W związku z akcesją Polski do Unii Europejskiej dostosowano przepisy prawa i wynikających z nich działań w ochronie powietrza do odpowiednich aktów prawnych Wspólnoty.

Podstawowym dokumentem określającym wymagania dotyczące oceny i zarządzania jakością powietrza w UE jest Dyrektywa 96/62/EC tzw. dyrektywa ramowa. Głównym celem działań wynikających z dyrektywy jest utrzymanie jakości powietrza w rejonach, gdzie jest ona dobra i jej poprawa w pozostałych rejonach. Przepisy Dyrektywy zostały przetransponowane do polskiego prawodawstwa.

W oparciu o ustawę Prawo ochrony środowiska z 2001 roku i odpowiednie rozporządzenia Ministra Środowiska, prowadzona jest bieżąca ocena jakości powietrza w strefach. Strefę stanowi: aglomeracja o liczbie mieszkańców powyżej 250 tysięcy lub obszar powiatu nie wchodzący w skład aglomeracji. Przy ocenie jakości powietrza należy uwzględnić takie substancje zanieczyszczające jak: benzen, dwutlenek azotu, tlenki azotu, dwutlenek siarki, ołów, ozon, pył zawieszony PM10 i tlenek węgla.

Rozporządzenia Ministra Środowiska:

- z dnia 6 czerwca 2002 roku w sprawie dopuszczalnych poziomów niektórych substancji w powietrzu, alarmowych poziomów niektórych substancji w powietrzu oraz marginesów tolerancji dla dopuszczalnych poziomów niektórych substancji /Dz.U. Nr 87, poz. 796/,
- z dnia 6 czerwca 2002 roku w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu / Dz.U. Nr 87, poz.798/,
- z dnia 5 grudnia 2002 roku w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu /Dz. U. Nr 1, poz. 12/,

określają dopuszczalne poziomy benzenu ze względu na ochronę zdrowia ludzi oraz narzucają minimalną liczbę punktów pomiarowych w zależności od liczby mieszkańców w strefie.

Wartością wyjściową do oceny poziomów benzenu w powietrzu jest średnie stężenie tego związku dla okresu jednego roku, którego wartość dopuszczalna wynosi  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dla terenu kraju (tabela nr 1) i  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dla obszarów ochrony uzdrowiskowej ( tabela nr 2).

W latach 2002 – 2009 dopuszcza się możliwość przekroczeń dopuszczalnych poziomów stężeń benzenu, wprowadzając margines tolerancji. Margines ten wynosi 100% w początkowym okresie (2002 – 2005) i będzie stopniowo obniżany do 0% w 2010 r.

Tab.1. Dopuszczalny poziom benzenu w powietrzu dla terenu kraju, czas obowiązywania, oznaczenie numeryczne tej substancji, okres, dla którego uśrednia się wyniki pomiarów, dopuszczalne częstości przekraczania tego poziomu oraz marginesy tolerancji.

Lp.	Nazwa substancji (numer CAS)	Okres uśredniania wyników pomiarów	Dopuszczalny poziom substancji w powietrzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Dopuszczalna częstość przekraczania dopuszczalnego poziomu w roku kalendarzowym <sup>b)</sup>	Margines tolerancji									
					[%]									
					[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]									
					2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2008	od 2010	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Benzen <sup>a)</sup> (71-43-2)	rok kalendarzowy	5 <sup>c)</sup>	-	100 5	100 5	100 5	100 5	80 4	60 3	40 2	20 1	0	

Objaśnienia.

- a) – oznaczenie numeryczne substancji wg Chemical Abstracts Service Registry Number,
- b) – częstość przekraczania odnosi się do poziomu dopuszczalnego wraz z marginesem tolerancji,
- c) – poziom dopuszczalny ze względu na ochronę zdrowia ludzi

Tab.2. Wartości odniesienia dla benzenu w powietrzu na obszarach ochrony uzdrowiskowej, oznaczenie numeryczne substancji oraz okres, dla którego uśrednione są wartości odniesienia.

Lp.	Nazwa substancji	Oznaczenie numeryczne substancji	Okres uśredniania wyników	Wartości odniesienia w mikrogramach na metr sześcienny ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	Benzen	71-43-2	rok kalendarzowy	4

## 2. Podstawowe informacje na temat metod pasywnych

Metody wykorzystujące pasywny sposób pobierania próbek, w odróżnieniu od innych metod oznaczania gazowych zanieczyszczeń powietrza, nie wymagają specjalistycznej aparatury do poboru próbek. Badane substancje gazowe dostają się do urządzenia absorbującego na drodze dyfuzji lub przenikania i tam zostają zatrzymane za pomocą czynnika pochłaniającego. Masa zatrzymanego składnika jest proporcjonalna do jego stężenia w powietrzu i czasu ekspozycji. Proporcja ta jest wyrażana przy pomocy współczynnika, wyznaczonego empirycznie dla danych warunków pomiarowych. Po czasie ekspozycji trwającym od kilku dni do kilku tygodni, próbki pasywne odsyłane są do analizy (dla benzenu - do analizy chromatograficznej). Zalety metod pasywnych to: prostota obsługi, mała masa i wymiary, brak źródła zasilania i niezawodność. Wady to: brak możliwości pomiarów stężeń chwilowych, dostarczanie wyników „historycznych”, spowodowane czasem jaki musi upłynąć od momentu zakończenia ekspozycji do końcowego opracowania wyniku.

Pomiary w województwie małopolskim, wykonane z wykorzystaniem metody pasywnej, bazują na miesięcznym czasie ekspozycji. Pomiary stężeń benzenu i ich analiza chemiczna jest prowadzona wg *Metodyki pasywnej oznaczania benzenu z desorpcją disiarczkiem węgla* opracowanej w Zakładzie Chemii Analitycznej Instytutu Chemii i Technologii Nieorganicznej Politechniki Krakowskiej, pod kierunkiem dr inż. Andrzeja Kaliny.

### 3. Charakterystyka lotnych związków organicznych (LZO), w tym benzenu

Ocenia się, że do atmosfery emitowanych jest ponad 300 związków. Są one emitowane z wielu źródeł, wśród których procesy przemysłowe i transport zajmują czołowe miejsce. Na obszarach zurbanizowanych, takie źródła jak: gazy spalinowe z silników samochodowych, odparowanie produktów naftowych, stosowanie rozpuszczalników organicznych u przemysłowych i indywidualnych użytkowników są odpowiedzialne za emisję lotnych związków organicznych (LZO) do atmosfery. Nazwą LZO objętych jest wiele rodzajów związków chemicznych, z których najliczniej reprezentowane są :

- węglowodory (parafiny, olefiny, węglowodory aromatyczne),
- tlenowe związki organiczne (alkohole, ketony, kwasy, etery),
- halogenowe związki organiczne (chloro-, bromo- i jodopochodne).

LZO biorą udział w szeregu reakcji fotochemicznych wytwarzających szkodliwe, a nawet toksyczne produkty. Mogą także wywoływać poważne skutki zdrowotne, gdyż wiele z nich wykazuje właściwości toksyczne, kancerogenne, mutagenne lub neurotoksyczne. Ponadto, wiele z tych związków ma charakter odorów przyczyniając się do pogorszenia warunków bytowania ludzi.

Spośród węglowodorów aromatycznych na szczególną uwagę zasługują **benzen** i jego alkilopochodne, takie jak: toluen, o,m,p-ksyleny, etylobenzen, izopropylobenzen, 1,2,4- oraz 1,3,5-trimetylobenzen, ze względu na ich stosunkowo duże stężenia w powietrzu atmosferycznym w otoczeniu tras komunikacyjnych.

Benzen o wzorze chemicznym  $C_6H_6$  jest to najprostszy węglowodór aromatyczny. Jest to ciecz bezbarwna, lotna, wonna, lżejsza od wody i nie rozpuszczająca się w niej. Pali się z łatwością (silnie kopący płomień). Pary benzenu posiadające działanie toksyczne na człowieka, są cięższe od powietrza.

Benzen naturalnie występuje w ropie naftowej do poziomu 4 g/l, poza tym w smołach węglowych. Całkowita produkcja benzenu w UE jest szacowana na około 7 milionów ton rocznie (rok 1994). Główne zastosowanie benzenu to produkcja trzech pochodnych: etylobenzenu, cykloheksanu i kumenu. Benzen stanowi podstawę do produkcji związków cykloalifatycznych i aromatycznych, a dalej substancje te są wykorzystywane do produkcji tworzyw sztucznych, kauczuku syntetycznego, surowca dla barwników, żywic, detergentów i środków ochrony roślin. W przeliczeniu na czysty benzen:

52 % - stosuje się w produkcji etylobenzenu, styrenu i polistyrenu, w budownictwie i opakowaniach,

20 % - stosuje się w produkcji fenolu metodą kumenową, fenol zaś jako surowiec w produkcji tworzyw sztucznych,

12 % - stosuje się jako surowiec w produkcji cykloheksanolu i cykloheksanonu a następnie kaprolaktamu – surowca do produkcji włókien poliamidowych i poliamidowych tworzyw termoplastycznych,

9 % - nitrobenzen, produkuje się z czystego benzenu do produkcji pianek poliuretanowych i barwników anilinowych,

3 % - alkilobenzeny do produkcji surfaktantów,  
2 % - bezwodnik kwasu maleinowego i inne związki do produkcji żywic, środków ochrony roślin, olejów nawilżających, antyoksydantów dla tłuszczów i olejów,  
1 % - chlorobenzen do produkcji środków ochrony roślin, leków, barwników, środków pomocniczych dla przemysłu gumowego i tekstylnego, substancji dezynfekujących, odświeżaczy powietrza, dla przemysłu chemicznego, rozpuszczalniki, oleje, tłuszcze, żywice, kauczuku syntetycznego, etylocelulozy etc.) oraz w niewielkiej skali jako rozpuszczalniki i odczynniki chemiczne.

Benzen emitowany jest z procesów spalania paliw stałych i płynnych, pieców koksowniczych i hut metali nieżelaznych. Źródłami emisji benzenu są również: stacje i bazy paliw, wytwórnie mas bitumicznych, pralnie chemiczne, drukarnie fotograficzne, przemysł (rafineryjny, chemiczny, hutniczy) i fabryki opon i obuwia. Istotnym źródłem emisji benzenu i jego alkilopochodnych jest motoryzacja (silniki o zapłonie iskrowym).

Liczna grupa związków aromatycznych wchodzi w skład benzyn samochodowych. Ksylene są węglowodorami występującymi w benzynach w największych ilościach, natomiast benzen i toluen to węglowodory aromatyczne o największym udziale masowym w spalinach.

**Benzen** oznaczony jest w decyzji Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2455/2001/WE z 20 listopada 2001 r. jako substancja priorytetowa. Substancja ta jest zawarta w załączniku pt. "Wykaz substancji niebezpiecznych wraz z ich klasyfikacją i oznakowaniem" do nr 199 / poz. 1948 Dz. U. z dnia 24 listopada 2003 roku/. Oznakowana została **jako substancja rakotwórcza kategorii 1**, może powodować raka. Na organizm działa toksycznie poprzez drogi oddechowe. Jest związkiem mutagennym, przenikającym przez łożysko i toksycznym dla płodu.

#### **4. Realizacja zadania „Pomiary benzenu w województwie małopolskim w 2005 roku” - metoda wskaźnikowa.**

W roku 2005 Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie – Delegatura w Tarnowie kontynuował rozpoczęte w 2003 roku i prowadzone w 2004 roku badania zanieczyszczenia powietrza benzenem w województwie małopolskim, zgodnie z Programem Monitoringu Środowiska w Województwie Małopolskim w 2005 roku.

W okresie badawczym od stycznia do grudnia 2005 r. pobrano miesięczne próbki powietrza celem oznaczenia benzenu.

Wykaz punktów pomiarowych zawiera tabela nr 3.

Uzyskane wartości stężeń benzenu przedstawiono w tabeli nr 4 i graficznie na rysunkach.

Ilość wyników miesięcznych, wystarczająca do określenia stężenia średnio-rocznego i porównania go z wartością dopuszczalną wynosi 11 tj. 90 % okresu badań. W okresie prowadzenia badań maksymalnie można było uzyskać 12 wyników w jednym punkcie tj. 100% okresu badań. W okresie trwania badań uzyskano bardzo wysoką 100% kompletność serii pomiarowych poza jednym punktem tj. Myślenice (92%).

Tab. 3. Lokalizacja punktów pomiaru benzenu metodą pasywną w województwie małopolskim w 2005 roku

L.p.	Nr stanowiska	Lokalizacja	Metoda ozn. benzenu	Współrzędne
1	2	3	4	5
1	1	<b>Brzesko</b> , pow. brzeski Przedszkole Publiczne Nr 4 , 32-800 Brzesko ul. Ogrodowa 10	rozpuszczalnikowa	N:49° 58'16" E: 20° 36'56"
2	2	<b>Bochnia</b> , pow. bocheński Miejskie Przedszkole Nr 2, 32-700 Bochnia, ul. Legionów Polskich 8	rozpuszczalnikowa	N:49° 57'57" E: 20° 24'46"
3	3	<b>Limanowa</b> , pow. limanowski Miejskie Przedszkole Nr 1, 34-600 Limanowa, ul. Stanisława Jordana 5	rozpuszczalnikowa	N:49° 42'7" E:20° 25'2"
4	4	<b>Nowy Targ</b> , pow. nowotarski Nowotarska Telewizja Kablowa Sp. z o.o. ,34-400 Nowy Targ ul. Józefczaka	rozpuszczalnikowa	N:49° 28'27" E: 20° 25'2'
5	5	<b>Zakopane</b> , pow. tatrzański Stacja METEO, Rówień Krupowa, ul. Sienkiewicza , 34-500 Zakopane ( Automatyczna Stacja Monitoringu Zanieczyszczeń Powietrza)	rozpuszczalnikowa	N: 49° 17'36" E: 19° 57'36"
6	6	<b>Tarnów, miasto</b> 33-100 Tarnów, Al. Solidarności (Stacja automatyczna monitoringu zanieczyszczeń powietrza)	rozpuszczalnikowa	N: 50° 0'35" E: 20° 59'1"
7	7	<b>Dąbrowa Tarnowska</b> , pow. dąbrowski Gimnazjum Nr 1 w Dąbrowie Tarnowskiej, ul. Zaręby 22, 33-200 Dąbrowa Tarnowska,	rozpuszczalnikowa	N: 50° 10'40" E: 20° 59'00"
8	8	<b>Ciężkowice</b> , pow. tarnowski- Ośrodek Zdrowia w Ciężkowicach, 33-190 Ciężkowice, ul. Zdrowa 2	rozpuszczalnikowa	N:49° 47'10" E: 20° 58'35"
9	9	<b>Gorlice</b> , pow. gorlicki <b>Powiatowy Zarząd Drogowy w Gorlicach , ul. Słoneczna 7</b>	rozpuszczalnikowa	N: 49° 39'47" E: 21° 10'4"
10	10	<b>Stary Sącz</b> , pow. nowosądecki, <b>Gminne Przedszkole Publiczne , Oś. Słoneczne</b> Stary Sącz, tel. 446-04-86	rozpuszczalnikowa	E: 49°34' N: 20°37'24"
11	11	<b>Wieliczka</b> , pow. wielicki Powiatowa Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Wieliczce, ul. Wicentego Pola 20 a, 32-020 Wieliczka	rozpuszczalnikowa	N:49° 59'6" E: 20° 04'32"

1	2	3	4	5
12	12	<b>Kraków, miasto</b> , Kraków, ul. Bulwarowa ( Stacja automatyczna monitoringu zanieczyszczeń powietrza)	rozpuszczalnikowa	N: 50° 4'6" E: 20° 3'7"
13	13	<b>Skawina</b> , pow. krakowski Posterunek Gazowy ul. Kopernika 2g, 32-050 Skawina	rozpuszczalnikowa	N:49° 58'20" E: 19° 50'9"
14	14	<b>Wadowice</b> , pow. wadowicki Przedszkole Publiczne nr 2, 34-100 Wadowice, os. M. Kopernika 12	rozpuszczalnikowa	N: 49° 52'39" E: 19° 30'3"
15	15	<b>Sucha Beskidzka</b> , pow. suski Powiatowa Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna, 34-200 Sucha Beskidzka, ul. Marii Konopnickiej 7	rozpuszczalnikowa	N:49° 44'28" E:19° 35'56"
16	16	<b>Myślenice</b> , pow. myślenicki Placówka Opiekuńczo-Profilaktyczna Dla Dzieci Zdrowych i Specjalnej Troski, 32-400 Myślenice, Osiedle 1000 Lecia 18A	rozpuszczalnikowa	N:49° 49'53" E: 19° 55'57"
17	17	<b>Proszowice</b> , pow. proszowicki Parafia Najświętszej Marii Panny, ul.3-Maja 1,32-100 Proszowice	rozpuszczalnikowa	N:50° 11'33" E:20° 17'24"
18	18	<b>Miechów</b> , pow. miechowski Urząd Skarbowy w Miechowie, ul. Stanisławy Daneckiej 1, 32-200 Miechów (obok zbiorników z paliwem)	rozpuszczalnikowa	N:50° 21'20" E: 20° 01'20"
19	19	<b>Olkusz</b> , pow. olkuski Automatyczna Stacja Monitoringu Zanieczyszczeń Powietrza, ul. Francesco Nullo, 32-300 Olkusz	rozpuszczalnikowa	N: 50° 16'39" E: 19° 34'11"
20	20	<b>Chrzanów</b> , pow. chrzanowski Przedszkole Nr 10 w Chrzanowie, 32-500 Chrzanów, ul. Gen. Sikorskiego (Osiedle Trzebinia I)	rozpuszczalnikowa	N: 50° 08'46" E: 19° 25'5"
21	21	<b>Oświęcim</b> , pow. oświęcimski Przepompownia Ścieków , 32-600 Oświęcim, ul. Solna 10	rozpuszczalnikowa	N:50° 02'23" E:19° 13'11"
22	37	<b>Nowy Sącz</b> , miasto, Stacja IMGW w N.Śączu ul. Pijarska 30, 33-300 Nowy Sącz (Stacja automatyczna monitoringu zanieczyszczeń powietrza).	rozpuszczalnikowa	N:49° 37'38" E: 20° 41'18"



W oparciu o wyniki miesięczne obliczono i sporządzono zestawienie roczne wyników badań ( tabela nr 4), dla każdego punktu pomiarowego.

W punktach zlokalizowanych na obszarze województwa małopolskiego stężenia średnioroczne mieściły się w przedziale od 5,98  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Sucha Beskidzka) do 2,36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Gorlice)

W dwóch punktach pomiarowych (Sucha Beskidzka i Kraków-Nowa Huta) stężenie średnioroczne przekroczyło wartość dopuszczalną a nie przekroczyło wartości dopuszczalnej powiększonej o margines tolerancji obowiązujący w 2005 r tj.  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 5 \mu\text{g}/\text{m}^3 + 100 \%$  margines tolerancji .

Poza stanowiskami w Suchej Beskidzkiej i Nowej Hucie, podwyższone wartości stężeń średniorocznych uzyskano w punktach : Nowy Targ (4,66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) , Skawina (4,56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Wadowice (4,47) i Oświęcim ( 4,12).

Średnie stężenia w sezonie letnim mieściły się w przedziale od 3,95  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Kraków) do 1,32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Olkusz). Średnie stężenia w sezonie zimnym mieściły się w przedziale od 9,17 (Skawina) do 3,22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Gorlice).

Tab.4. Zbiorcze zestawienie średniorocznych stężeń benzenu w poszczególnych punktach pomiarowych na obszarze województwa małopolskiego w 2003 , 2004 i 2005 roku.

Lp.	Stanowisko (nr / miejscowość)	Rok 2003	Rok 2004	Rok 2005				
		Średnie stężenie roczne µg/m <sup>3</sup>	Średnie stężenie roczne µg/m <sup>3</sup>	Średnie stężenie roczne µg/m <sup>3</sup>	Średnie stężenie w sez. letnim w µg/m <sup>3</sup>	Średnie stężenie w sez. zimnym w g/m <sup>3</sup>	Stężenie max/min w roku µg/m <sup>3</sup>	Procent wyników uzyskanych %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/ Brzesko	1,8	2,30	3,14	1,34	4,93	6,5/0,6	100
2	2/Bochnia	1,85	2,25	2,99	1,36	4,62	6,3/0,6	100
3	3/Limanowa	1,88	2,37	3,48	1,78	5,18	6,1/0,6	100
4	4/Nowy Targ	2,63	2,97	4,66	2,22	7,1	7,9/0,6	100
5	5/Zakopane	1,83	2,63	3,35	1,49	5,22	6,4/0,6	100
6	6/Tarnów	1,87	2,17	3,25	1,98	4,52	6,1/0,7	100
7	7/Dąbrowa Tarnowska	1,54	1,77	2,63	1,57	3,68	5,2/0,6	100
8	8/Ciężkowice	1,48	1,78	2,92	1,47	4,37	6,4/0,6	100
9	9/Gorlice	1,63	1,61	2,36	1,51	3,22	4,7/0,6	100
10	10/Muszyna	1,4	-	-	-	-	-	-
11	10/Stary Sącz	-	2,10	3,23	1,78	4,68	6,0/0,6	100
12	11/Wieliczka	1,94	2,30	3,48	1,59	5,37	7,3/0,6	100
13	12/Kraków	4,99	3,8	5,5	3,95	7,05	8,1/2,1	100
14	13/Skawina	2,71	2,86	4,56	2,65	6,47	8,1/1,7	100
15	14/Wadowice	3,2	2,82	4,47	2,28	6,65	9,1/0,6	100
16	15/Sucha Beskidzka	3,61	4,04	5,98	2,78	9,17	13,2/1,5	100
17	16/Myślenice	1,82	2,21	3,39	1,75	4,75	6,3/0,6	92
18	17/Proszowice	2,45	2,92	3,72	1,57	5,88	7,6/0,6	100
19	18/Miechów	2,45	2,61	3,98	1,75	6,2	7,3/0,6	100
20	19/Olkusz	2,14	2,31	2,78	1,32	4,23	5,8/0,6	100
21	20/Chrzanów	2,81	2,68	3,24	1,75	4,73	5,6/0,6	100
22	21/Oświęcim	3,37	2,86	4,12	1,94	6,3	8,2/0,6	100
23	37/Nowy Sącz	-	2,72	3,84	1,72	5,97	7,8/0,6	100

## 5. Porównanie metody pasywnej z manualną - miasta: Kraków i Tarnów

Zgodnie z wymogami zawartymi w opracowaniu „Wskazówki do modernizacji monitoringu jakości powietrza pod kątem dostosowania systemu do wymagań przepisów UE ze szczególnym uwzględnieniem dużych miast” (BMS W-wa 2000) równolegle w dwóch punktach pomiarowych prowadzono pomiary pasywne i przepływowe stężeń benzenu, w celu określenia korelacji wyników uzyskiwanych za pomocą obu metod pomiarowych.

Do pomiarów porównawczych wytypowano punkty: w Tarnowie, gdzie spodziewano się stężeń o średnim, wyrównanym poziomie i w Krakowie- punkt w Nowej Hucie przy ul. Bulwarowej.

W tabeli nr 5 zestawiono wyniki stężeń benzenu uzyskane obu metodami

Analiza porównawcza wykazała, że stężenia benzenu uzyskane metodą pasywną nieznacznie przewyższają stężenia uzyskane metodą przepływową a wyliczony **współczynnik korekcyjny wynosi :**

**dla punktu pomiarowego w Tarnowie - 0,82** (obliczany jako wartość stężenia z metody przepływowej do wartości stężenia z metody pasywnej),

**dla punktu pomiarowego w Krakowie-Nowej Hucie przy ul. Bulwarowej – 0,98 .**

Tab.5. Zestawienie średniorocznych stężeń benzenu w punktach pomiarowych, uzyskanych poszczególnymi metodami pomiarowymi, w 2005 roku.

Lp.	Metoda pomiarowa	Średnie stężenie roczne $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Średnie stężenie w sez. letnim w $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Średnie stężenie w sez. zimnym [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
1	2	3	4	5
<b>Tarnów</b>				
1	pasywna	<b>3,25</b>	1,98	4,52
2	przepływowa (manualna)	<b>2,67</b>	1,72	3,78
<b>Kraków</b>				
3	pasywna	<b>5,5</b>	3,95	7,05
4	przepływowa (manualna)	<b>5,4</b>	3,48	6,96

Obliczone współczynniki korekcyjne można uznać za reprezentatywne.

- dla regionu tarnowskiego (powiat brzeski, bocheński, dąbrowski i aglomeracja tarnowska),
- dla obszaru dużego miasta (Kraków).

Dla pozostałego regionu województwa małopolskiego powyższe współczynniki mogą być inne, ze względu na różnorodną rzeźbę terenu, zmienność warunków meteorologicznych i rozmieszczenie źródeł emisji zanieczyszczeń. Poza tymi dwoma punktami : w Tarnowie i w Krakowie, należałoby wytypować jeszcze co najmniej 2 punkty, reprezentatywne np. dla obszaru gór i dla obszaru zachodniej części województwa.

Tab.6. Zestawienie średniorocznych stężeń benzenu w poszczególnych punktach pomiarowych, na obszarze województwa małopolskiego w latach 2004 i 2005.

L.p.	Stanowisko nr / miejscowość	Rok 2004	Rok 2005	Zmiana stężeń benzenu w 2005 roku w stosunku do 2004 roku w %
		Średnie stężenie roczne benzenu $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Średnie stężenie roczne benzenu $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
1	2	3	4	5
1	1/ Brzesko	<b>2,30</b>	<b>3,14</b>	36,5
2	2/Bochnia	<b>2,25</b>	<b>2,99</b>	32,9
3	3/Limanowa	<b>2,37</b>	<b>3,48</b>	46,8
4	4/Nowy Targ	<b>2,97</b>	<b>4,66</b>	56,9
5	5/Zakopane	<b>2,63</b>	<b>3,35</b>	27,4
6	6/Tarnów	<b>2,17</b>	<b>3,25</b>	49,8
7	7/Dąbrowa Tarnowska	<b>1,77</b>	<b>2,63</b>	48,6
8	8/Ciężkowice	<b>1,78</b>	<b>2,92</b>	64,0
9	9/Gorlice	<b>1,61</b>	<b>2,36</b>	46,9
10	10/Stary Sącz	<b>2,10</b>	<b>3,23</b>	53,8
11	11/Wieliczka	<b>2,30</b>	<b>3,48</b>	51,3
12	12/Kraków	<b>3,8</b>	<b>5,5</b>	44,7
13	13/Skawina	<b>2,86</b>	<b>4,56</b>	61,7
14	14/Wadowice	<b>2,82</b>	<b>4,47</b>	58,5
15	15/Sucha Beskidzka	<b>4,04</b>	<b>5,98</b>	48,0
16	16/Myślenice	<b>2,21</b>	<b>3,39</b>	53,4
17	17/Proszowice	<b>2,92</b>	<b>3,72</b>	27,4
18	18/Miechów	<b>2,61</b>	<b>3,98</b>	52,5
19	19/Olkusz	<b>2,31</b>	<b>2,78</b>	20,3
20	20/Chrzanów	<b>2,68</b>	<b>3,24</b>	20,9
21	21/Oświęcim	<b>2,86</b>	<b>4,12</b>	44,0
22	37/Nowy Sącz	<b>2,72</b>	<b>3,84</b>	41,2

W roku 2005 w porównaniu do roku 2004 obserwuje się wzrost średnich rocznych stężeń benzenu w każdym badanym punkcie pomiarowym. Najwyższe stężenie benzenu  $5,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zanotowano w mieście Sucha Beskidzka a najniższe w mieście Gorlice –  $2,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

W 2005 roku najwyższy wzrost stężenia benzenu zaobserwowano na stanowisku pomiarowym w mieście Ciężkowice (64%) a najniższy w miastach Olkuszu i Chrzanowie (20,3 % do 20,9 %).

Wzrost stężenia w 2005 roku w porównaniu do 2004 roku przedstawiał się następująco:

w 8 punktach pomiarowych stężenie wzrosło o 51,3 % do 64,0 % ,

w 8 punktach pomiarowych stężenie wzrosło o 41,2 % do 49,8 % ,

a o 20,3 % do 36,5 % w 6 punktach pomiarowych.

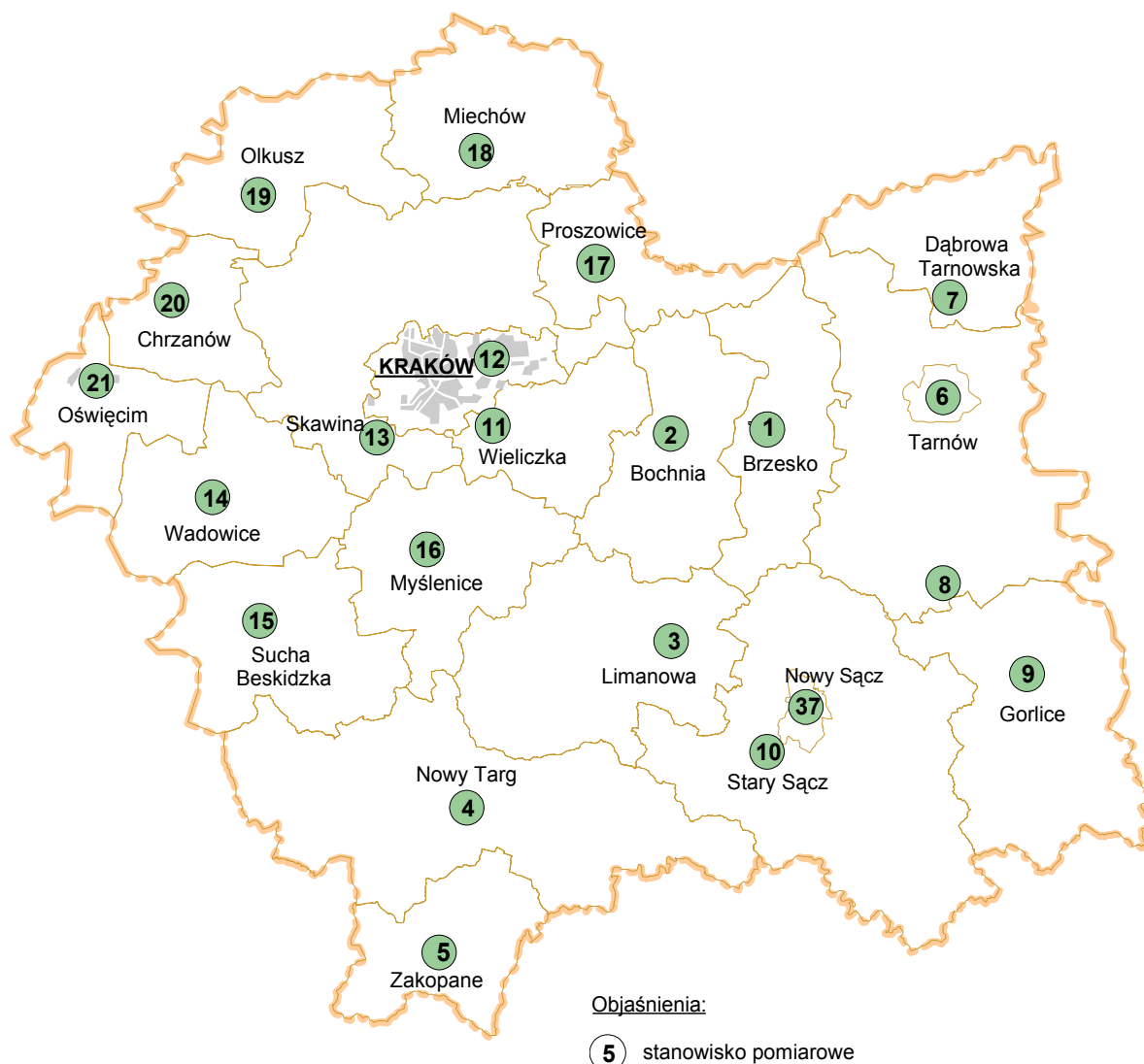
## 6. Podsumowanie

W dwóch punktach pomiarowych stężenie średnioroczne benzenu mieściło się pomiędzy wartością dopuszczalną a wartością dopuszczalną powiększoną o margines tolerancji. Najwyższe stężenie średnioroczne benzenu zanotowano w Suchej Beskidzkiej ( $5,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a najniższe w Gorlicach ( $2,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

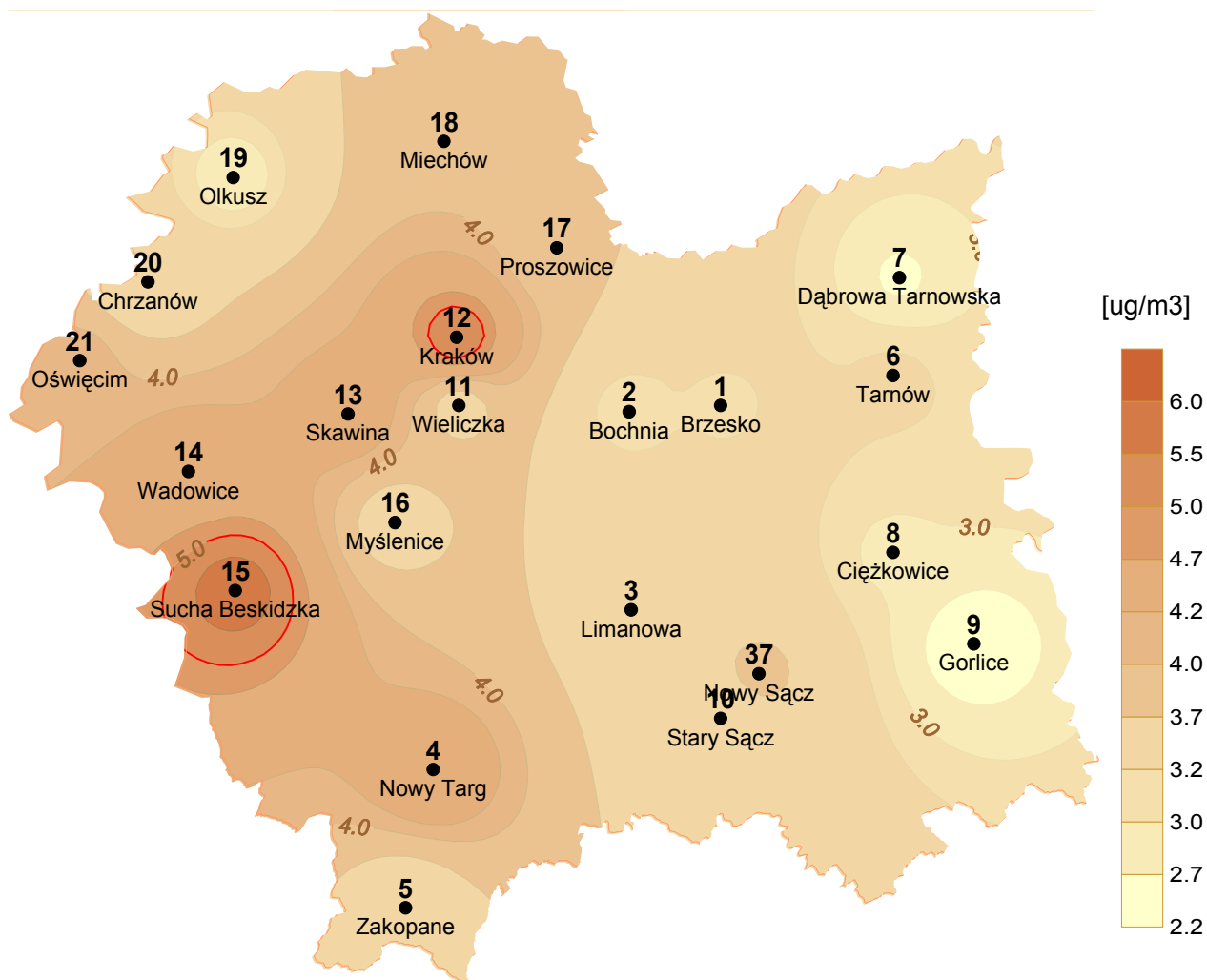
W sezonie zimnym (grzewczym) (I-III i X-XII) występują najwyższe stężenia średniomiesięczne benzenu.

W roku 2005 w porównaniu do 2004 roku zanotowano wyższe średnioroczne stężenia benzenu na każdym stanowisku pomiarowym.

W 2005 roku kompletność serii pomiarowej wynosiła 100 % w 21 punktach pomiarowych i 92 % w jednym punkcie pomiarowym.

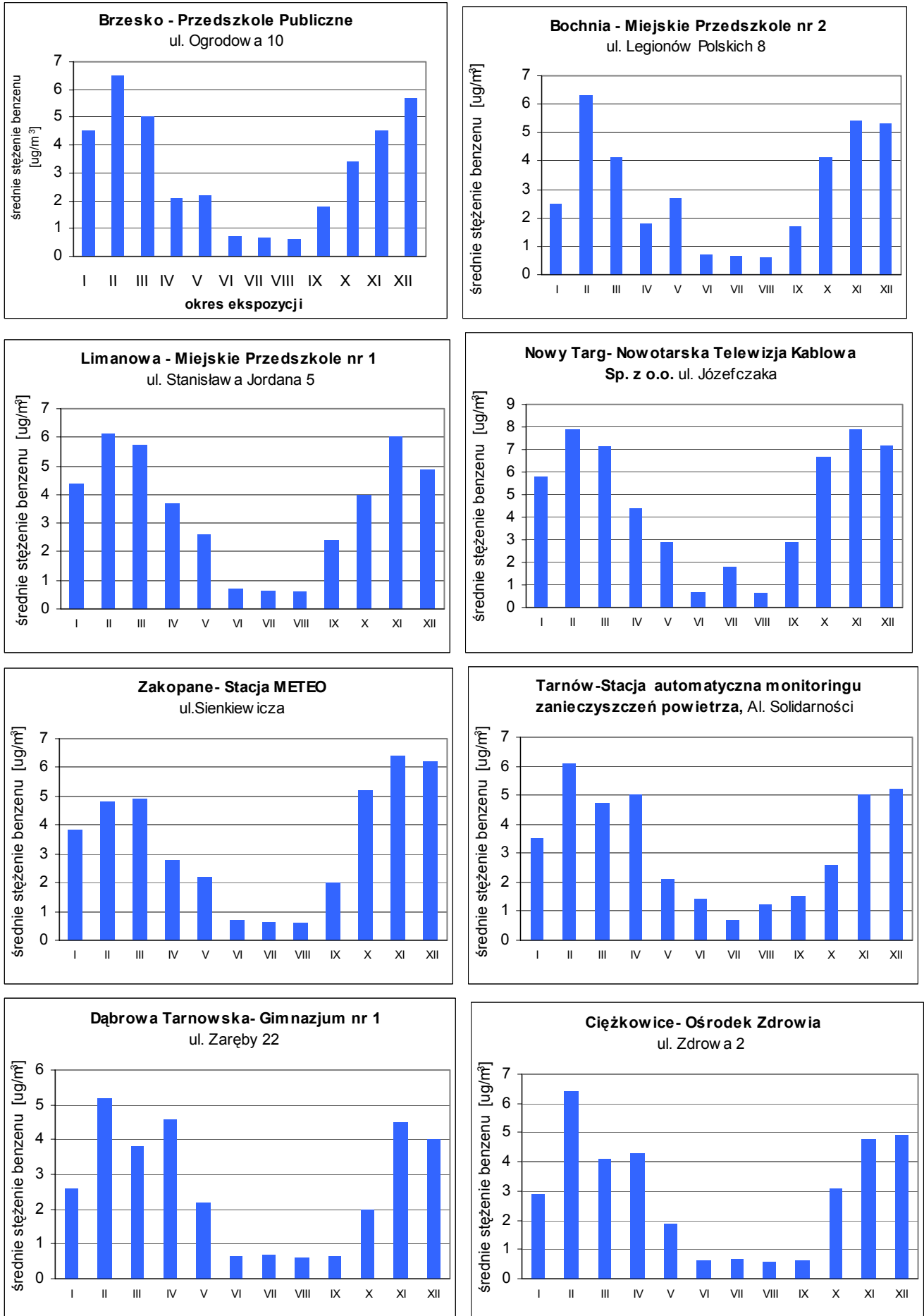


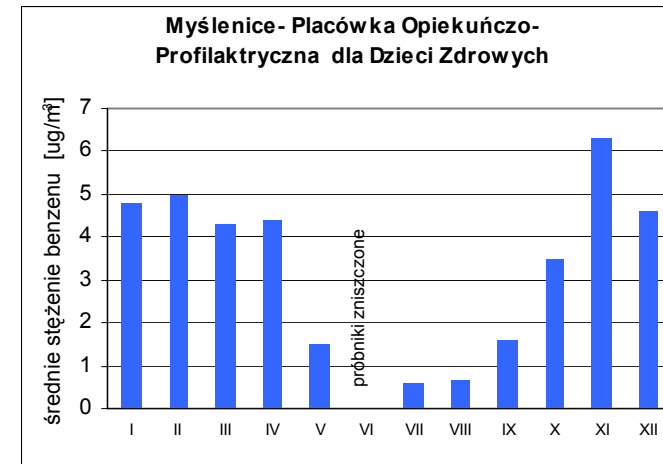
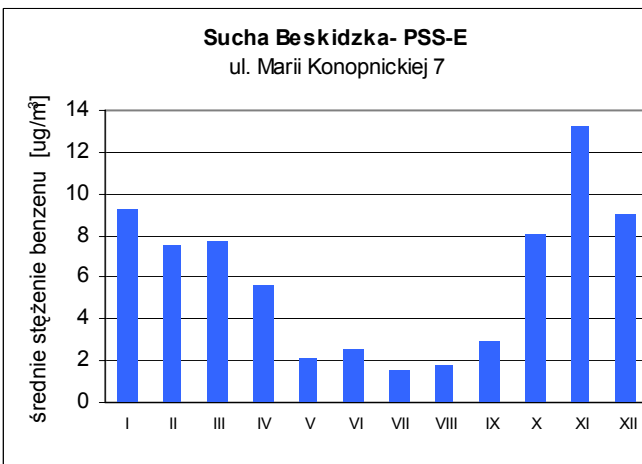
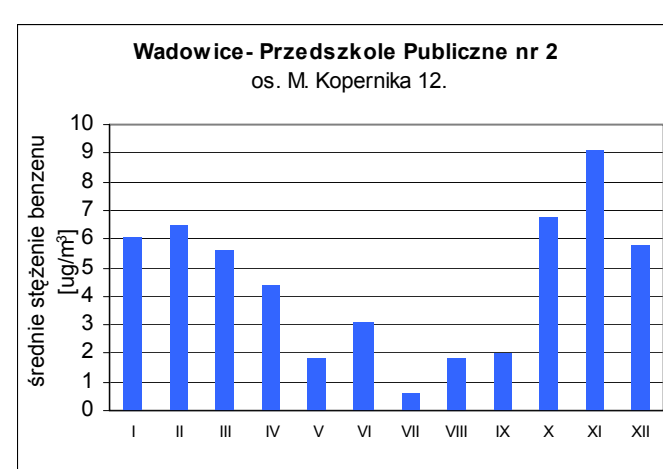
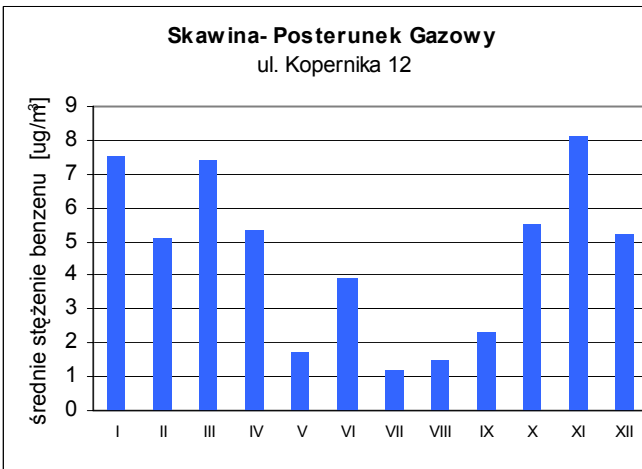
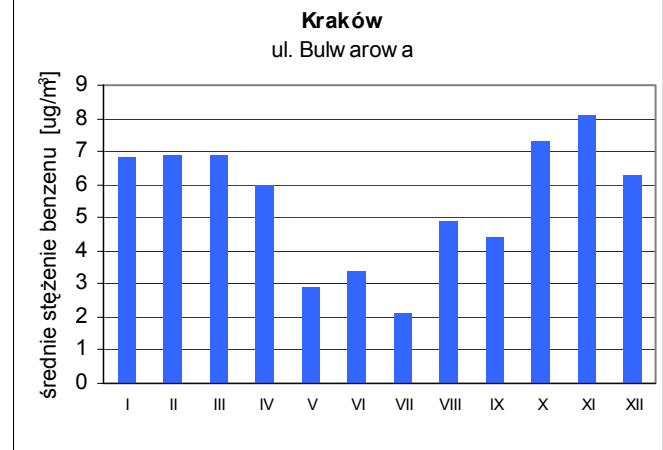
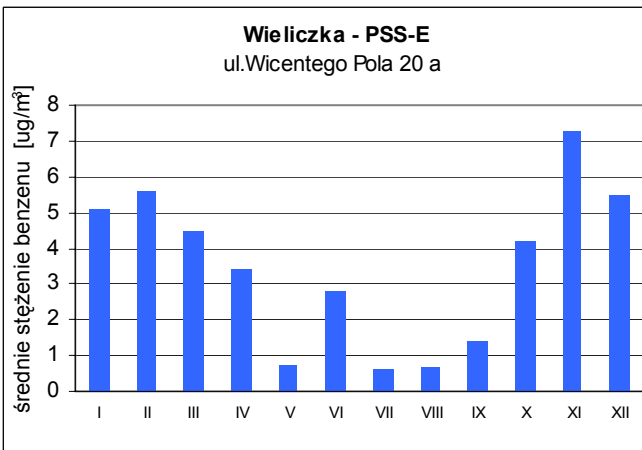
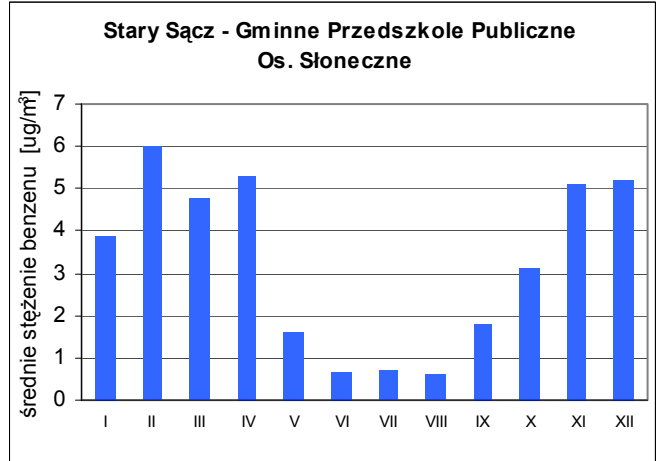
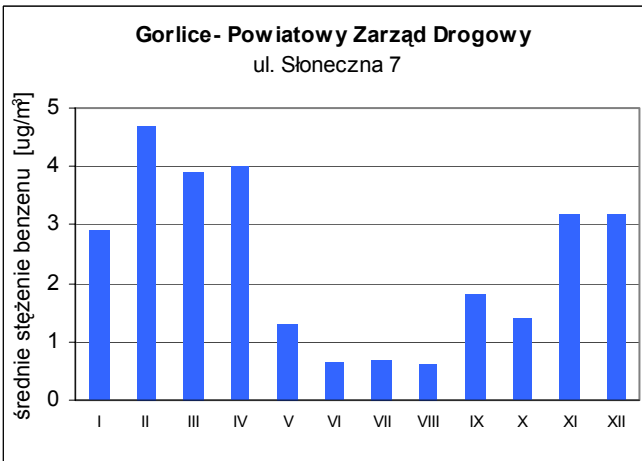
Rys.1. Lokalizacja punktów pomiaru benzenu metodą pasywną w województwie małopolskim w 2005 roku.



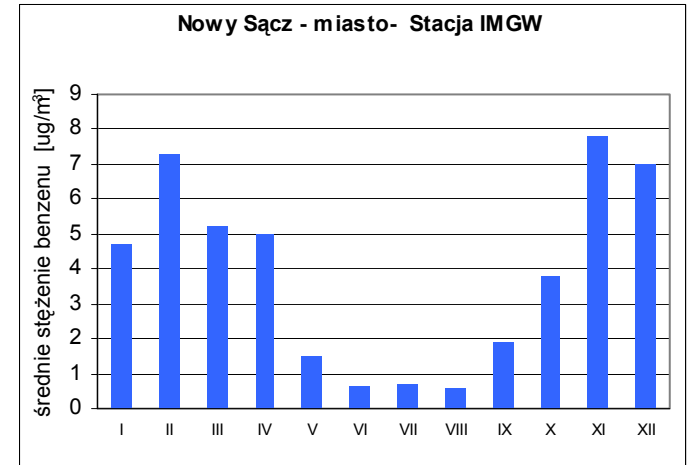
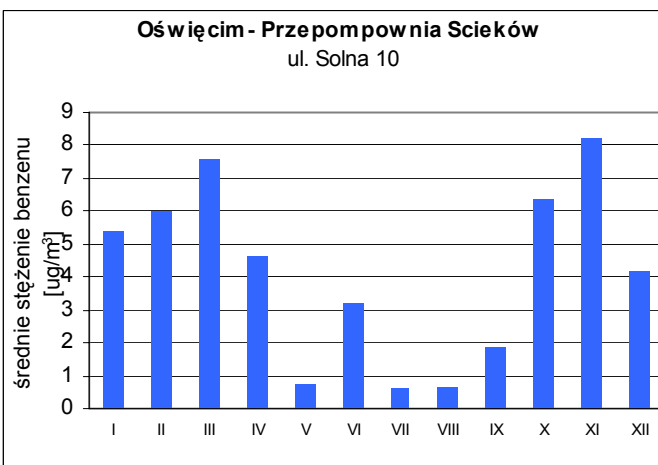
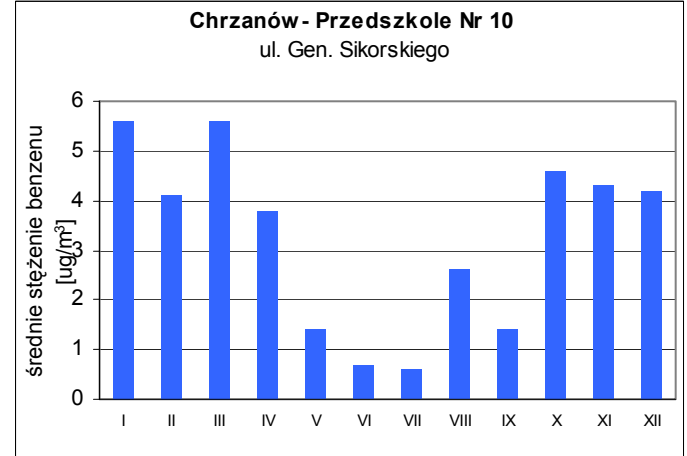
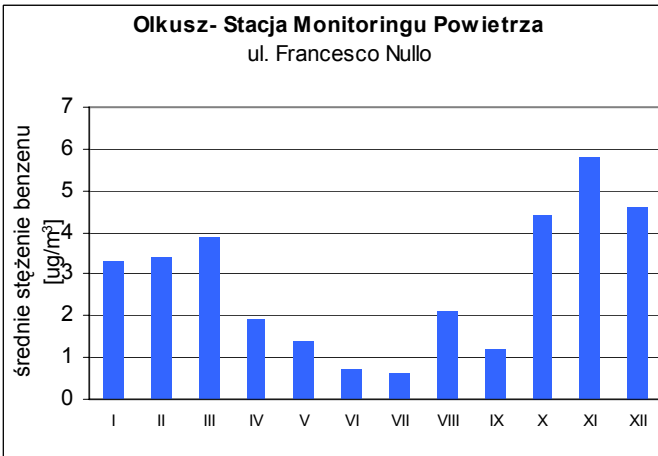
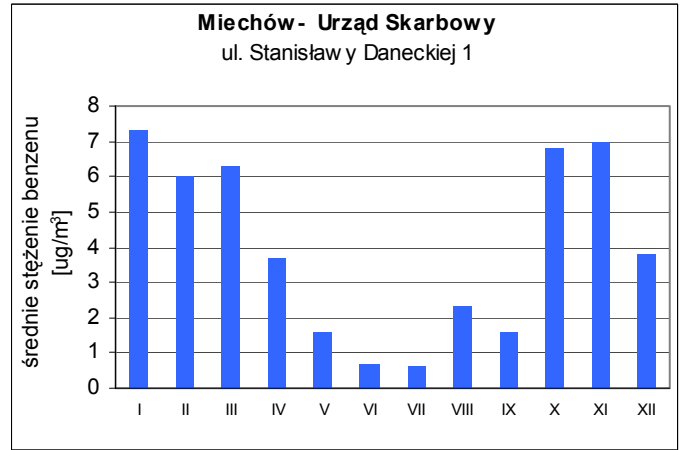
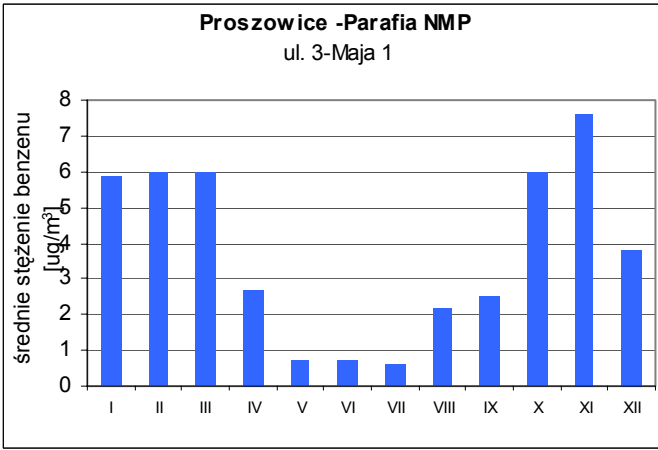
Rys.2. Rozkład średnich stężeń benzenu na obszarze województwa małopolskiego w 2005 roku.

Rys.3. Średnie stężenia benzenu na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w roku 2005 w województwie małopolskim. (metoda pasywna)

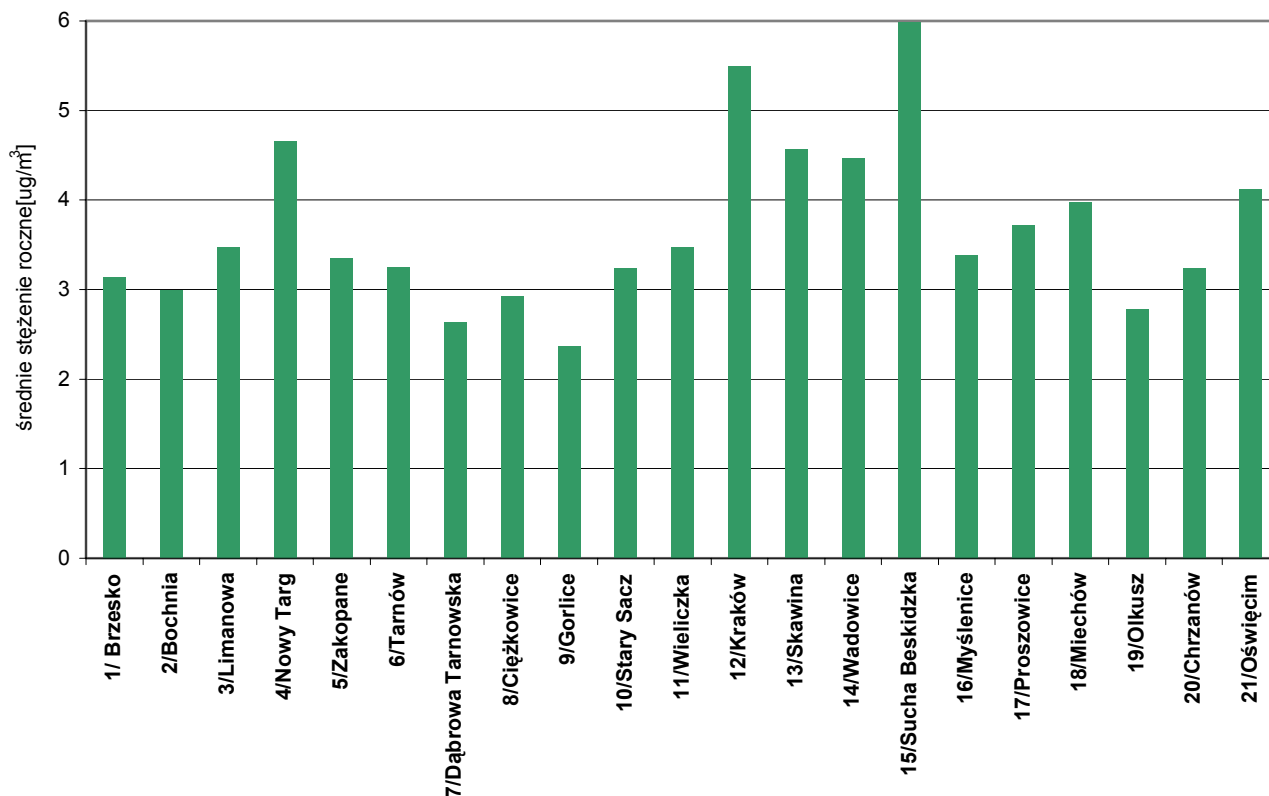








Rys.4. Zbiornicze zestawienie średniorocznych stężeń benzenu w poszczególnych punktach pomiarowych na obszarze województwa małopolskiego w 2005 roku



Rys.5. Porównanie średniorocznych stężeń benzenu na obszarze województwa małopolskiego w latach 2003-2005 na poszczególnych stanowiskach.

