

Wstępne wyniki badań nad stężeniem dwutlenku siarki w powietrzu w Warszawie-Ursynowie

Introductory results on the study concerning of sulphur dioxide air concentration in Warsaw-Ursynów

Wstęp

Dwutlenek siarki powstaje głównie w procesach spalania paliw – wytwarzanie i zużycie energii powoduje emisję ponad 95% siarki ze źródeł sztucznych. W rejonie Warszawy głównymi źródłami emisji SO₂ są ciepłownie i elektrociepłownie. Największe elektrociepłownie to: „Żerań”, „Powiśle”, „Pruszków”, „Kawęczyn”, „Siekierki” oraz ciepłownia „Wola”.

Poza tym źródłem emisji dwutlenku siarki są także kotłownie lokalne oraz komunikacja. Czas retencji SO₂ w powietrzu ocenia się na 1 tydzień – wtedy to może być on przenoszony na odległości nawet tysięcy kilometrów (Pollo 1984), podlegając różnym reakcjom chemicznym. Powstałe w wyniku tych reakcji związki siarki wpływają niekorzystnie na środowisko naturalne, materiały budowlane; stwarzają również zagrożenie dla człowieka przez swoje drażniące i żrące działanie.

Dwutlenek siarki jest ok. 2,5 razy cięższy od powietrza i podczas inwersji temperatury w atmosferze gromadzi się w przyziemnych warstwach atmosfery, zalegając w dolinach i wszelkich obniżeniach terenu, zajętych przeważnie przez łąki i pastwiska.

W wyniku badań (Jagiello i in. 1977/78) stwierdzono, że pod wpływem wzrastającego stężenia SO₂ w powietrzu zawartość S-SO₄⁻ w roślinach motylkowatych i trawach wzrasta, a wraz ze wzrostem ilości siarki plonowanie roślin maleje.

Podatność roślin na wpływ dwutlenku siarki jest zróżnicowana i zależna od gatunku. W obrębie gatunku istotną rolę odgrywają takie czynniki, jak: temperatura, wilgotność gleby, rodzaj gleby oraz czas oddziaływania i wartość stężenia SO₂.

Związki siarki działające przez krótki czas ale o dużym stężeniu (ok. 100 μg · m⁻³) powodują tzw. uszkodzenia ostre, polegające na uszkodzeniu systemu asymilacyjnego i zakłóceniu procesu fotosynte-

zy. Działając w mniejszych stężeniach przez dłuższy czas prowadzą do powstania tzw. szkód chronicznych, zaburzających mechanizm chlorofilowy (Gomółka i Szaynok 1993).

Material i metoda

Od czerwca 1997 roku na stacji meteorologicznej Warszawa-Ursynów SGGW prowadzone są pomiary stężenia SO_2 w powietrzu atmosferycznym. Pomiary te wykonywane są za pomocą zespołu pomiarowego pozwalającego na rejestrację ciągłą stężenia dwutlenku siarki. W skład tego zespołu wchodzi: układ poboru próby powietrza, analizator SO_2 , system kalibracji oraz system gromadzenia danych (rejestrator centralny + komputer AT).

Wybór lokalizacji czerpni powietrza jest zgodny z wymaganiami zamieszczonymi w *Zasadach projektowania elementów sieci monitoringu zanieczyszczenia atmosfery* (PIOŚ, Warszawa 1991). Czerpnia powietrza umieszczona jest na południowo-wschodniej ścianie budynku Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW na wysokości 11 m n.p.g. Część wlotowa powietrza znajduje się w odległości 2 m od ściany budynku, co zapewnia niezakłócony przepływ powietrza w obrębie 270° .

Do opracowania wykorzystano wartości średnie godzinne stężenia SO_2 (24 wartości w ciągu doby) od 1 VI 1997 r. do 31 I 1999 r. Wykonano następujące obliczenia i opracowania graficzne:

- średnie miesięczne godzinne stężenie SO_2 (tab. 1),

- przebiegi dobowe stężenia SO_2 w miesiącach: VII, XI 1997 r., I, VIII, XI 1998 r., I 1999 r. (rys. 1),
- średnie dobowe stężenie SO_2 (tab. 2) – otrzymano 81% poprawnych wyników w całym okresie pomiarowym. Oznacza to, że luki w materiale pomiarowym spowodowane awariami były niewielkie.
- średnie miesięczne stężenie SO_2 (tab. 3) – wartości te otrzymano jako średnie ze stężeń dobowych,
- przebieg stężenia SO_2 w rozpatrywanym okresie pomiarowym na podstawie średnich miesięcznych wartości stężenia dwutlenku siarki (rys. 2),
- średnie stężenie SO_2 w zależności od kierunku wiatru (dla 8-kierunkowej róży wiatrów) w wybranych terminach pomiarowych – 01, 07, 13, 19 CSE, czyli tzw. zanieczyszczeniowa róża wiatrów (tab. 4, rys. 3). Zanieczyszczeniową różę wiatrów sporządza się przypisując wartości stężenia SO_2 z danego terminu pomiarowego kierunkowi wiatru, który w tym terminie przeważał. Następnie liczy się średnie stężenia SO_2 dla każdego kierunku wiatru. Zanieczyszczeniowe różę wiatru sporządzono oddzielnie dla półrocza zimowego – X–III (sezon grzewczy) i półrocza letniego – IV–IX.
- rozkład częstości stężenia SO_2 dla półrocza zimowego i półrocza letniego (tab. 5, rys. 4).

Wyniki badań

W tabeli 3 i na rysunku 4 przedstawiono przebieg stężenia SO_2 w okresie badań według wartości średnich miesię-

cznych. Zaznacza się tu wyraźny sinusoidalny przebieg stężenia dwutlenku siarki, przy czym wartości wyższe występują w półroczu zimowym, a niższe w półroczu letnim.

Podwyższone stężenia SO_2 w półroczu zimowym w stosunku do stężenia w półroczu letnim związane są z występowaniem okresu grzewczego, czyli zwiększoną emisją z procesów spalania w energetyce. Średnie stężenie SO_2 dla półrocza zimowego wynosi $9,9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ i jest aż 2,6 razy wyższe od średniego stężenia SO_2 dla półrocza letniego [$3,8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$].

Średnie roczne stężenie SO_2 dla stacji Warszawa-Ursynów w 1998 roku wyniosło $5,9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, co stanowi 15% normy dopuszczalnej [$D_a = 40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$] i 46% średniego rocznego stężenia SO_2 dla Warszawy (PIOŚ, 1999) w 1998 roku [$12,8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$].

W tabeli 1 przedstawiono przebieg dobowy stężenia SO_2 na podstawie średnich godzinnych (na rys. 1 przedstawiono wybrane przebiegi dobowe stężenia SO_2). Generalnie można tu zaobserwować wzrost stężenia dwutlenku siarki ok. godz. 9⁰⁰, trwający do godz. 16⁰⁰ spowodowany wzmożonym ruchem komunikacyjnym. Pojawiające się w niektórych przypadkach gwałtowne krótkookresowe (ok. 1 godz.) wzrosty stężenia SO_2 prawie do $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (rys. 1c, godz. 17⁰⁰) spowodowane są emisją z lokalnych źródeł (spalanie odpadów), oddalonych prawie o 100 metrów od punktu poboru próby powietrza. Średnie dobowe stężenie SO_2 (tab. 2) uzyskuje wartość maksymalną 24 XI 1997 r. i wynosi 24,4 ppb, czyli $71,4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, co stanowi 48% war-

tości stężenia dopuszczalnego [$D_{24} = 150 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$]. $1 \text{ ppb} = 2,926 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

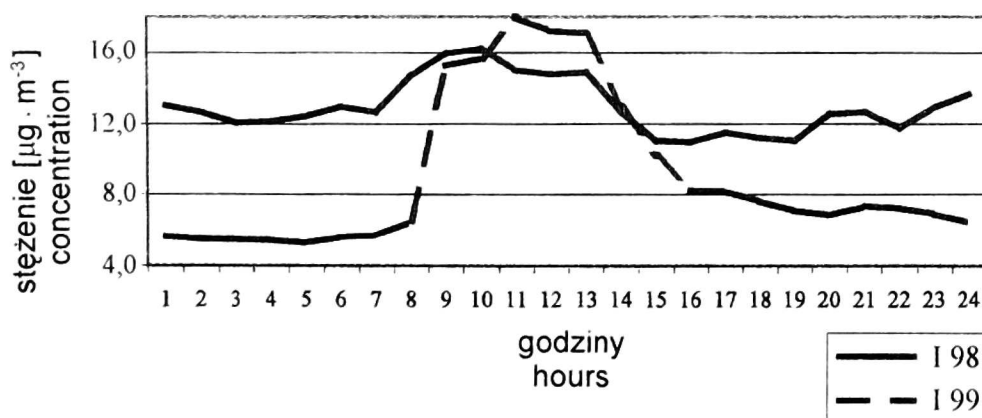
Analizując rozkład stężenia SO_2 na poszczególnych kierunkach wiatru (tab. 4, rys. 5) można stwierdzić, że najbardziej wyrównany rozkład stężenia SO_2 na poszczególnych kierunkach ma róża wiatrów z półrocza zimowego o godz. 1⁰⁰. Jest to spowodowane brakiem większej wymiany masy powietrza o tej porze doby pomiędzy centrum miasta a jego obrzeżami. Taka wymiana masy powietrza zaznacza się już o godz. 7⁰⁰ (większe stężenia na kierunkach N i E – o $1,5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$), co może świadczyć o wpływie miasta na wzrost stężenia SO_2 .

W półroczu zimowym obserwuje się najmniejsze stężenia dwutlenku siarki z kierunku NW – w każdym terminie pomiarowym. Taka sama zależność charakterystyczna jest również dla półrocza letniego (poza godz. 1⁰⁰). Konieczne jest dalsze prowadzenie badań tego zjawiska po zgromadzeniu większego materiału pomiarowego.

Interesujące wyniki uzyskano po opracowaniu rozkładów częstości stężenia SO_2 (tab. 5, rys. 6a, b). W półroczu letnim najczęściej (55 razy) występowały stężenia dwutlenku siarki w przedziale $2,1\text{--}4,0 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Stanowi to 38% wszystkich przypadków pomiarów stężenia SO_2 w półroczu letnim, przy średnim stężeniu $3,8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ dla tego okresu. Natomiast w półroczu zimowym najczęściej (64 razy) występowały stężenia w przedziale $4,1\text{--}8,0 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Stanowi to 40% przypadków pomiarów stężenia SO_2 w półroczu zimowym, przy średnim stężeniu $9,9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ dla tego okresu.

TABELA 1. Wartości średnie godzinne stężenia SO₂ [$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$] VI 1997 r. – I 1999 r. Warszawa-Ursynów
 TABLE 1. Mean hourly values of sulphur dioxide concentration since June 1997 to January 1999. Warsaw-Ursynów

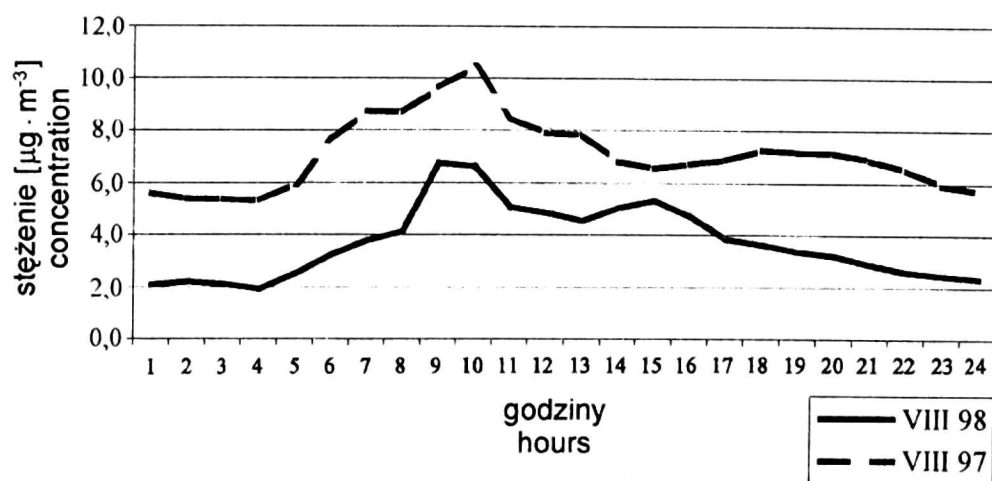
Rok Year	1997								1998	
Miesiąc Month	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	
Godz. Hour										
1	3,1	3,7	5,6	5,1	7,8	7,6	10,9	13,0	6,6	
2	2,7	3,5	5,4	4,9	7,6	7,5	10,5	12,7	6,7	
3	2,0	3,8	5,4	4,3	7,5	7,4	9,6	12,1	5,9	
4	2,2	3,9	5,3	4,1	6,7	6,6	9,4	12,1	5,8	
5	2,9	4,8	5,9	4,1	6,0	6,7	9,4	12,4	6,2	
6	4,9	6,1	7,6	4,9	6,8	6,9	9,4	13,0	6,2	
7	5,5	5,9	8,7	6,4	7,9	7,9	9,5	12,7	6,6	
8	8,5	5,0	8,7	6,9	8,6	8,7	10,2	14,7	8,0	
9	7,9	5,7	9,6	7,1	9,0	11,1	11,1	16,0	8,2	
10	8,6	4,8	10,4	7,2	10,4	10,8	11,1	16,2	8,8	
11	6,2	5,7	8,4	6,7	10,0	9,7	11,1	15,0	8,3	
12	3,9	6,9	7,9	7,2	10,4	13,0	10,5	14,8	8,1	
13	3,4	6,7	7,8	5,7	10,9	13,4	11,2	14,9	6,4	
14	3,0	4,2	6,8	5,2	9,7	11,1	11,2	12,7	7,6	
15	3,2	5,1	6,6	5,2	8,9	13,4	10,8	11,0	7,1	
16	3,6	5,9	6,7	6,4	9,3	16,4	10,5	11,0	6,8	
17	3,4	5,0	6,9	6,2	9,5	19,5	9,1	11,5	6,6	
18	3,0	4,1	7,2	7,3	9,7	14,1	11,8	11,2	7,0	
19	2,7	4,1	7,2	7,4	9,9	15,9	12,4	11,0	7,5	
20	3,8	4,5	7,1	6,3	9,3	14,0	12,4	12,5	8,2	
21	3,7	4,7	6,9	5,5	10,2	11,5	12,5	12,6	6,9	
22	4,9	4,5	6,5	5,4	9,7	9,6	12,2	11,8	7,3	
23	3,9	4,1	5,9	5,3	9,9	9,9	11,6	12,9	7,9	
24	3,5	3,7	5,7	5,1	10,0	9,1	11,5	13,6	7,4	



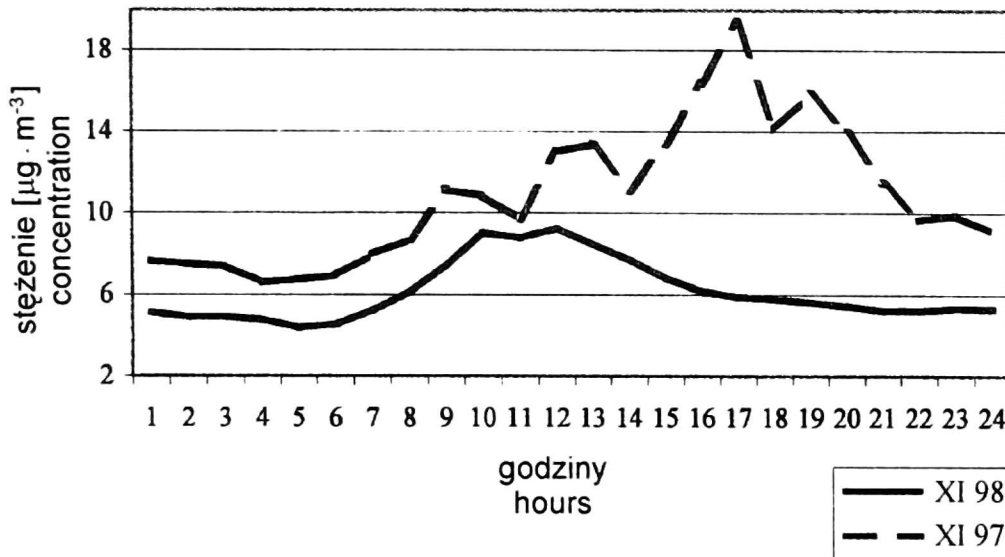
RYSUNEK 1a. Przebieg dobowy stężenia SO₂ w miesiącach I 1998 r. i I 1999 r. Warszawa-Ursynów

FIG. 1a. Daily course sulphur dioxide concentration in months January 1998 and January 1999 Warsaw-Ursynów

1998										1999
III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
6,6	4,2	2,1	2,3	1,8	2,1	2,8	3,5	5,1	7,3	5,7
7,3	3,5	1,6	2,3	1,3	2,2	2,7	3,4	4,9	7,1	5,5
5,9	3,1	1,7	2,9	1,1	2,1	2,5	3,2	4,9	6,8	5,5
5,8	3,1	1,6	2,8	1,3	1,9	2,5	3,2	4,8	6,7	5,4
7,2	3,7	1,4	2,9	1,9	2,5	2,7	3,4	4,4	6,6	5,3
8,9	4,7	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,5	4,5	6,7	5,6
9,9	5,0	6,2	4,1	3,8	3,8	4,6	4,4	5,2	7,0	5,7
10,2	6,0	7,6	4,7	4,3	4,1	5,2	6,1	6,1	8,3	6,5
10,3	5,9	9,5	5,1	4,0	6,7	5,9	7,2	7,4	11,9	15,3
10,4	9,7	5,5	5,8	3,6	6,6	6,7	8,8	9,0	13,9	15,7
8,8	11,4	5,1	5,6	4,0	5,1	6,7	8,2	8,8	11,8	18,0
10,5	4,7	3,7	5,9	4,9	4,8	7,1	6,4	9,2	15,8	17,2
8,2	4,7	2,8	4,7	4,4	4,5	6,8	6,6	8,5	14,8	17,1
7,9	7,2	3,1	3,7	5,1	5,0	5,8	6,7	7,7	12,8	12,9
7,2	3,7	3,4	2,8	4,5	5,3	5,6	6,1	6,8	10,3	10,2
6,6	3,5	2,4	2,6	4,1	4,7	5,4	5,1	6,1	9,0	8,2
6,2	3,1	1,8	2,3	3,6	3,8	5,0	5,2	5,9	8,7	8,2
6,0	3,3	2,6	3,0	3,9	3,6	4,9	4,8	5,8	8,6	7,7
6,9	4,3	1,8	2,5	3,7	3,4	4,8	4,7	5,6	8,6	7,1
7,7	4,6	2,4	2,5	3,2	3,2	4,4	4,3	5,4	8,2	6,8
7,5	4,3	2,5	2,6	2,7	2,9	4,3	4,0	5,2	8,2	7,4
7,3	4,6	2,9	2,6	2,2	2,6	3,8	3,9	5,2	8,4	7,3
8,1	5,1	3,2	2,1	1,9	2,5	3,5	3,9	5,3	7,9	6,9
8,6	4,2	2,7	1,9	1,9	2,3	3,1	3,7	5,3	7,7	6,4



RYSUNEK 1b. Przebieg dobowy stężenia SO₂ w miesiącach VIII 1997 r. i VIII 1998 r. Warszawa-Ursynów
 FIG. 1b. Daily course of sulphur dioxide concentration in month August 1997 and August 1998 Warsaw-Ursynów



RYSUNEK 1c. Przebieg dobowy stężenia SO₂ w miesiącach XI 1997 r. i XI 1998 r. Warszawa-Ursynów

FIG. 1c. Daily course of sulphur dioxide concentration in months November 1997 and November 1998 Warsaw-Ursynów

TABELA 2. Wartości średnie dobowe stężenia SO₂ (ppb) VI 1997 r. do I 1999 r. Warszawa-Ursynów
TABLE 2. Mean daily values of sulphur dioxide concentration since June 1997 to January 1999 Warsaw-Ursynów.

Rok Year	1997							1998	
Miesiąc Month	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
Godz. Hour									
1	0,4	–	1,7	3,3	2,6	4,7	1,6	1,0	3,0
2	2,1	–	1,2	2,2	1,1	3,7	1,3	2,8	4,7
3	1,8	–	1,1	2,2	1,2	5,3	1,6	2,7	2,4
4	0,9	–	1,6	2,6	1,2	7,6	4,7	4,0	2,4
5	6,9	–	2,1	4,2	1,0	3,6	4,6	5,7	5,6
6	0,9	–	1,9	2,5	2,8	2,4	4,6	3,8	0,6
7	1,2	–	2,7	1,8	5,2	3,9	7,8	5,5	1,8
8	2,4	–	2,3	1,9	4,2	1,1	9,8	4,8	1,1
9	2,6	–	1,6	1,5	3,2	2,1	9,2	2,4	1,7
10	1,1	–	3,1	0,5	1,7	4,4	9,3	2,7	3,3
11	–	–	3,8	0,5	1,2	2,0	5,6	3,1	2,6
12	–	–	2,7	3,2	1,7	1,6	2,0	3,2	0,2
13	–	–	2,9	1,9	1,8	1,5	1,4	2,6	1,8
14	–	0,8	2,4	0,5	4,5	2,2	1,3	1,1	2,5
15	–	1,2	2,6	1,6	3,2	4,2	1,1	2,3	1,5
16	–	2,0	2,1	4,7	9,2	2,4	1,7	6,0	2,1
17	–	1,7	2,3	5,7	2,7	2,2	3,5	5,5	1,9
18	–	1,8	4,2	2,4	7,2	1,6	7,4	9,0	1,5
19	–	2,0	1,7	1,5	6,2	2,5	6,5	7,1	2,0
20	–	1,4	1,7	1,7	5,3	4,8	4,3	6,2	2,4
21	–	0,8	2,0	1,6	5,5	2,4	1,5	5,4	6,4
22	–	0,8	2,5	1,4	7,5	2,8	1,5	2,4	5,0
23	–	0,6	3,8	1,3	–	2,3	3,2	0,9	3,5
24	–	0,9	2,9	0,9	–	24,4	4,7	–	1,7
25	–	2,5	2,2	1,4	–	1,5	2,4	–	2,3
26	–	1,8	2,1	1,1	–	1,4	2,5	–	1,8
27	–	1,8	2,0	0,6	–	2,0	2,4	–	2,3
28	–	3,1	2,9	0,9	–	–	1,9	–	1,2
29	–	1,3	3,3	2,2	–	–	2,8	–	–
30	–	1,3	3,3	1,6	–	–	3,1	–	–
31	–	1,4	2,5	–	–	–	–	–	–

Wnioski

Krótką serią pomiarową nie pozwala na wyciągnięcie daleko idących wniosków.

Jednak na podstawie przedstawionych materiałów można stwierdzić, że:

1. Średnie roczne (1998) stężenie dwutlenku siarki na stacji Warszawa-Ursynów stanowi tylko 15% dopuszczalnej normy.

2. Bardzo wyraźnie zaznaczają się różnice pomiędzy stężeniem SO₂ w pół-

roczu zimowym [średnia 9,9 μg · m⁻³], a średnim stężeniem SO₂ w półroczu letnim [średnia 3,8 μg · m⁻³].

3. W przebiegu dobowym stężenia dwutlenku siarki zaznacza się wpływ emisji SO₂ spowodowanej ruchem komunikacyjnym.

4. Najmniejsze stężenia SO₂ obserwuje się przy wietrze z kierunku NW (poza godz. 1⁰⁰ w półroczu letnim).

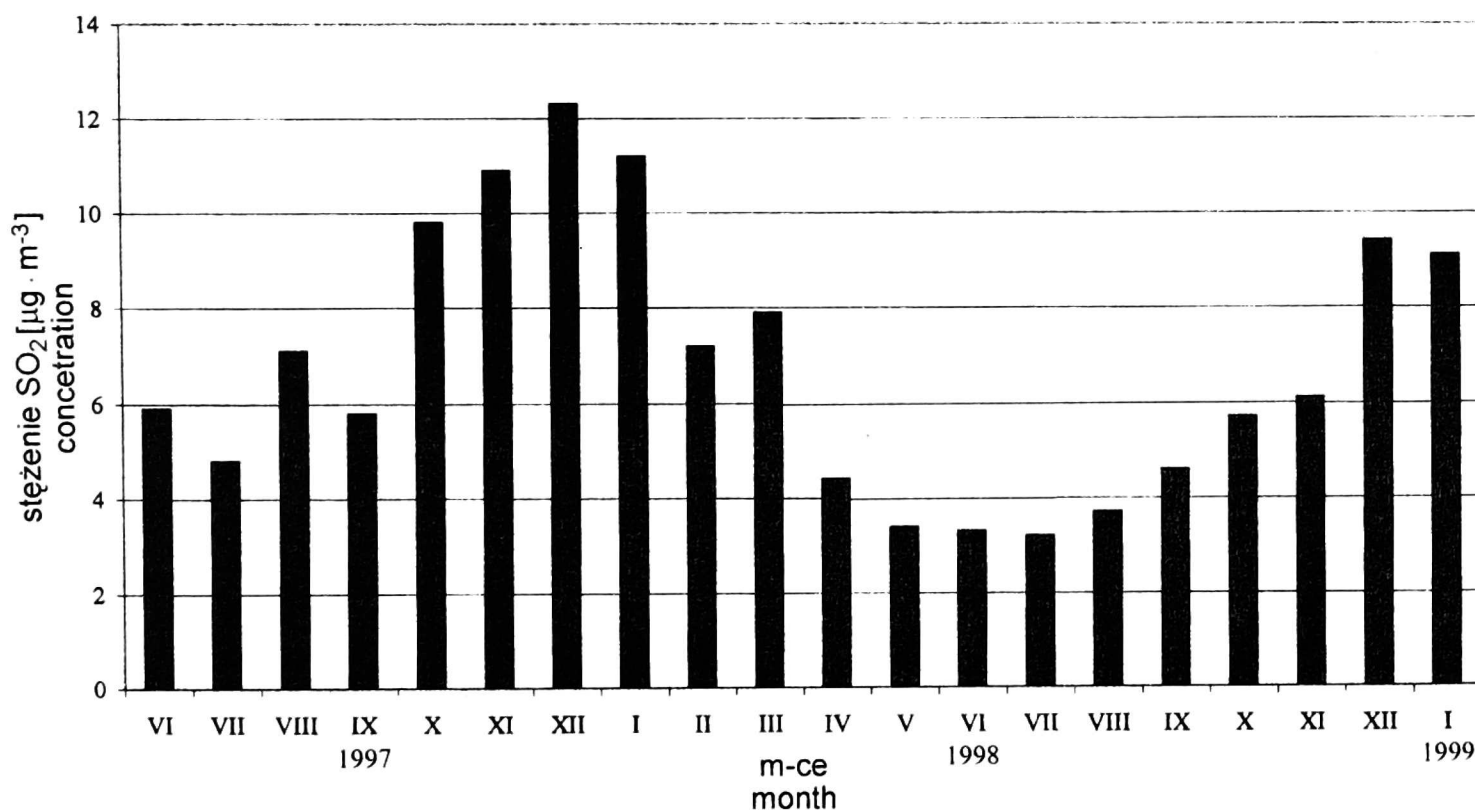
5. Wzrost stężenia dwutlenku siarki o godz. 7⁰⁰ w półroczu zimowym (na kierunkach N i E) w stosunku do stężenia

1998										1999
III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
1,0	2,2	1,3	3,1	0,9	1,8	1,0	1,8	0,2	2,9	2,7
1,4	0,3	2,2	1,6	0,4	1,1	1,0	1,0	3,4	7,4	4,4
1,4	0,1	0,6	0,2	0,5	1,0	0,9	0,9	0,7	7,4	4,5
2,1	2,1	0,7	0,5	0,2	0,4	0,9	0,9	1,2	5,7	5,4
1,1	2,9	0,6	0,2	0,0	0,8	0,9	1,1	1,3	3,4	3,5
1,3	3,2	0,4	1,3	0,1	0,6	0,9	1,4	1,0	2,9	5,6
1,7	2,7	2,8	–	0,9	1,6	1,6	1,3	0,9	1,6	2,9
1,5	1,1	3,2	–	1,0	1,0	2,6	1,2	0,7	1,9	0,9
1,8	0,8	1,0	–	0,6	0,6	2,0	1,4	0,2	2,2	0,9
3,5	0,7	0,5	–	0,7	0,7	2,3	1,8	0,7	2,6	3,2
4,4	1,2	0,2	–	0,6	3,2	2,8	1,0	0,5	3,6	1,4
3,4	0,9	0,0	–	0,7	0,7	2,6	1,6	0,9	7,3	1,6
4,0	0,5	0,2	–	0,8	2,4	1,3	1,5	1,9	2,7	4,6
1,7	1,0	0,8	–	0,5	0,8	1,5	2,4	0,7	1,7	3,7
3,2	2,0	1,4	–	1,0	1,0	1,5	2,2	0,7	2,2	1,2
4,0	2,2	1,4	–	1,9	3,1	0,9	2,7	0,8	0,9	3,0
5,0	2,4	1,6	–	1,7	1,1	1,5	3,7	2,0	1,3	5,2
5,1	2,1	1,2	–	1,5	3,0	2,7	2,5	2,6	6,0	4,5
2,1	1,2	1,8	–	0,8	1,2	1,9	2,7	3,7	2,8	1,5
2,5	0,9	1,1	–	1,5	1,7	1,1	2,6	3,0	1,2	–
2,6	0,9	–	–	1,8	2,1	1,6	3,4	5,9	0,9	–
4,4	0,8	–	–	1,9	0,8	1,9	6,4	4,6	1,9	–
3,3	1,5	–	–	4,8	0,9	1,4	3,4	4,1	2,3	–
3,7	2,5	–	–	0,9	1,1	2,1	4,8	3,9	3,9	–
3,0	2,3	–	–	0,6	0,9	1,9	1,0	5,2	3,8	–
2,6	1,2	–	–	3,0	1,0	2,1	0,8	5,0	4,7	–
3,3	1,5	–	–	0,6	1,0	1,3	0,9	4,3	4,5	–
1,2	1,7	–	–	0,5	1,3	1,0	3,5	2,9	7,9	–
0,9	1,0	–	–	0,7	1,0	0,9	0,4	1,9	4,5	–
3,0	1,8	–	–	1,8	0,6	0,8	0,2	1,5	1,0	–
3,5	–	–	–	1,1	0,8	–	0,1	–	0,8	–

TABELA 3. Wartości średnie miesięczne stężenia SO₂ (μg · m⁻³) w okresie od VI 1997 r. do I 1999 r. Warszawa-Ursynów

TABLE 3. Mean monthly values of sulphur dioxide concentration since June 1997 to January 1999. Warsaw-Ursynów

Rok Year	1997								1998	
M-c Month	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	
Średnia m-czna Monthly mean	5,9	4,8	7,1	5,8	9,8	10,9	12,3	11,2	7,2	
Średnia/mean X 97 r. – III 98 r.								9,9		
Średnia/mean IV 98 r. – IX 98 r.										
Średnia roczna Annual mean										



RYSUNEK 2. Przebieg stężenia SO₂ od VI 1997 r. do I 1999 r. Warszawa-Ursynów

FIG. 2. Course of sulphur dioxide concentration since June 1997 to January 1999. Warsaw-Ursynów

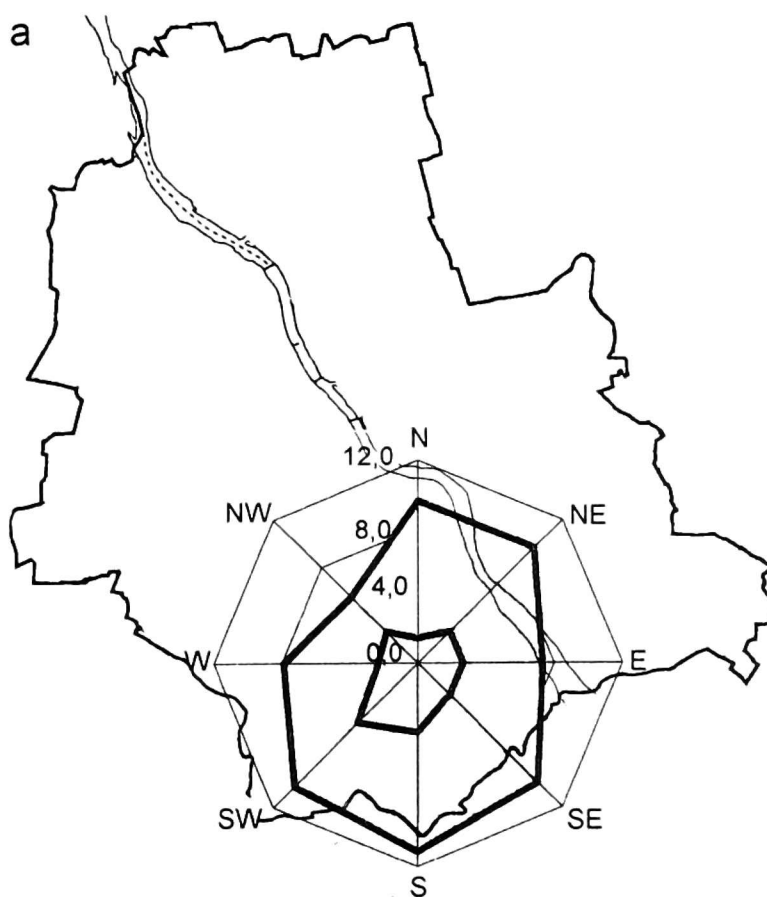
SO₂ o godz. 1⁰⁰ może świadczyć o wpływie centralnej części miasta na stężenie SO₂ w Warszawie-Ursynowie

6. W półroczu letnim stężenia dwutlenku siarki występujące najczęściej w przedziale 2,1–4,0 μg · m⁻³ stanowiły

38% pomiarów w tym okresie (przy średnim stężeniu 3,8 μg · m⁻³).

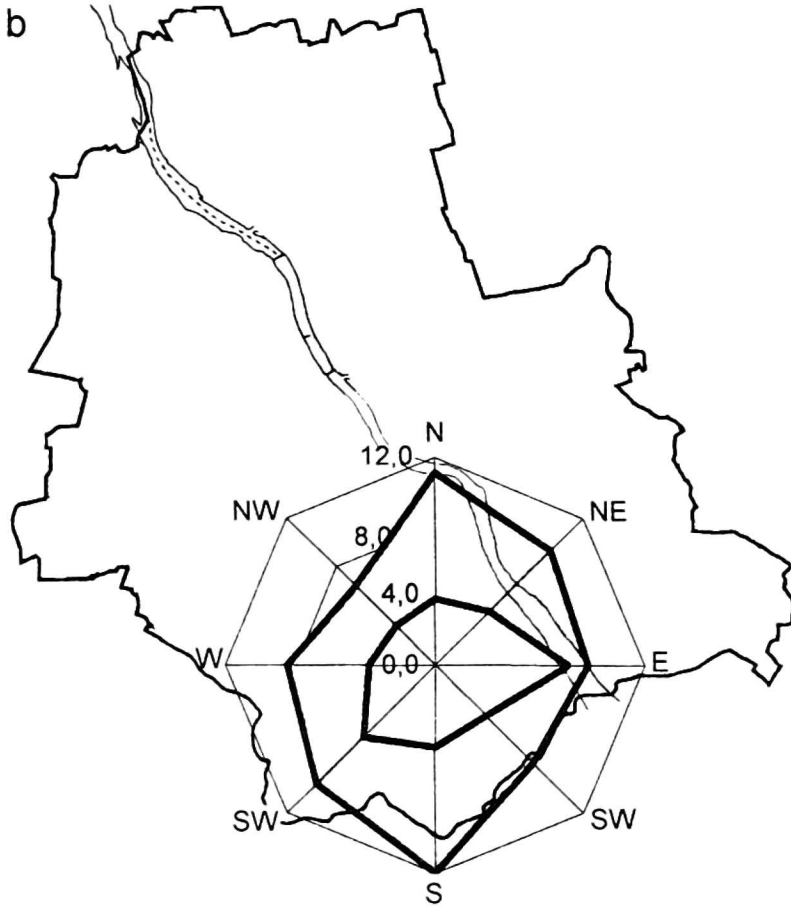
Natomiast w półroczu zimowym stężenia SO₂ najczęściej występowały w przedziale 4,1–8,0 μg · m⁻³ i stanowiły 40% pomiarów w tym okresie (przy średnim stężeniu 9,9 μg · m⁻³).

1998										1999
III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
7,9	4,4	3,4	3,3	3,2	3,7	4,6	5,7	6,1	9,4	9,1
			3,8							
			5,9							

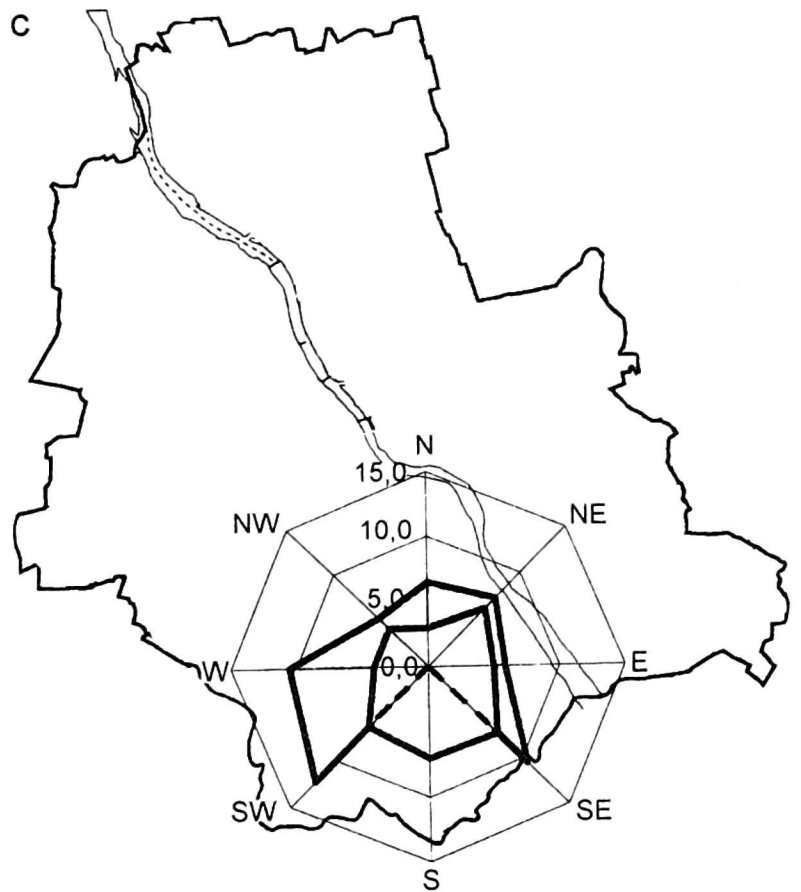


RYSUNEK 3a. Zanieczyszczeniowa róża wiatrów o godz. 1⁰⁰ Warszawa-Ursynów [$\mu\text{g} \cdot \text{m}^3$]
 FIG. 3a. Wind rose of air pollution, 1 a.m. Warsaw-Ursynów

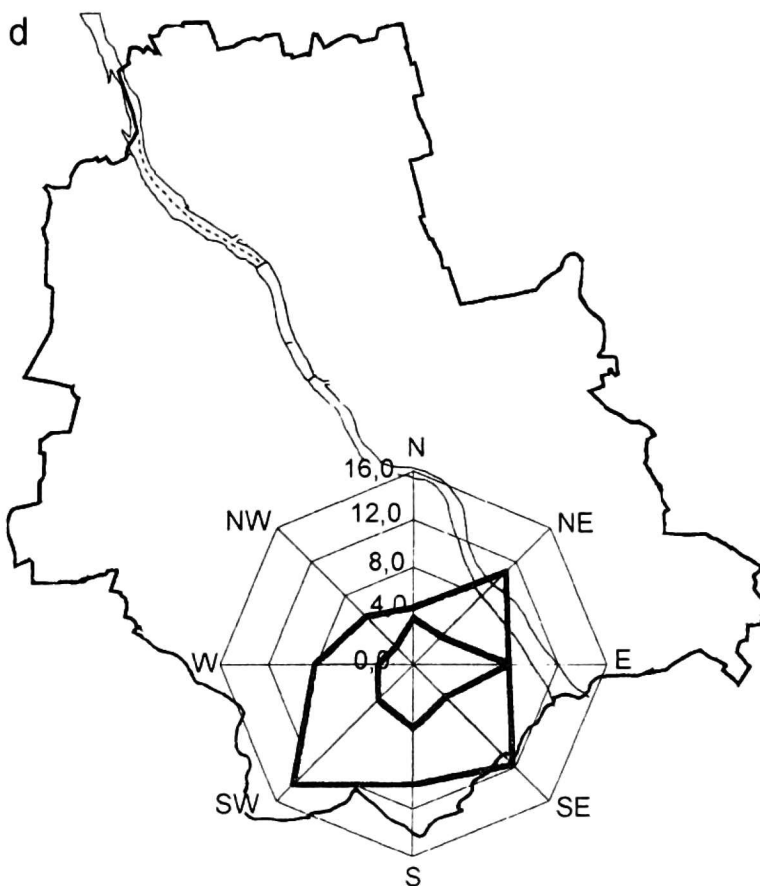
— półrocze zimowe winter half-year period
 - - półrocze letnie summer half-year period



RYSUNEK 3b. Zanieczyszczeniowa róża wiatrów o godz. 7⁰⁰ Warszawa-Ursynów [$\mu\text{g} \cdot \text{m}^3$]
 FIG. 3b. Wind rose of air pollution, 7 a.m. Warsaw-Ursynów
 — półrocze zimowe winter half-year period
 -- półrocze letnie summer half-year period



RYSUNEK 3c. Zanieczyszczeniowa róża wiatrów o godz. 13⁰⁰ Warszawa-Ursynów [$\mu\text{g} \cdot \text{m}^3$]
 FIG. 3c. Wind rose of air pollution, 1 p.m. Warsaw-Ursynów
 — półrocze zimowe winter half-year period
 -- półrocze letnie summer half-year period



RYSUNEK 3d. Zanieczyszczeniowa róża wiatrów o godz. 19⁰⁰ Warszawa-Ursynów [$\mu\text{g} \cdot \text{m}^3$]
 FIG. 3b. Wind rose of air pollution, 7 p.m. Warsaw-Ursynów

Warsaw-Ursynów

— półrocze zimowe winter half-year period

-- półrocze letnie summer half-year period

TABELA 4. Wartości średnie stężenia SO₂ (ppb) w zależności od kierunku wiatru od 1 X 1997 r. – 31 III 1998 r. (półrocze zimowe) i 1 IV 1998 r. – 30 IX 1998 r. (półrocze letnie) Warszawa-Ursynów

TABLE 4. Mean values of sulphur dioxide concentration response to wind direction since 1 X 1997 to 31 III 1998 (winter half-year period) and 1 IV 1998 to 30 IX 1998 (summer half-year period).

Warsaw-Ursynów

Kierunek wiatru Direction of wind	Okresy Periods	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Godz. HOD									
1 ⁰⁰	Półrocze zimowe	3,3	3,3	2,5	3,4	3,8	3,5	2,7	1,9
7 ⁰⁰	winter	3,8	3,2	3,0	2,7	4,1	3,3	2,9	2,2
13 ⁰⁰	winter half-year period	2,2	2,5	2,0	3,6	0,0	4,2	3,6	1,8
19 ⁰⁰	winter half-year period	1,6	3,7	2,7	4,0	3,4	4,8	2,8	1,9
1 ⁰⁰	półrocze letnie	0,5	0,9	0,9	0,9	1,4	1,7	0,8	0,9
7 ⁰⁰	summer	1,3	1,5	2,6	1,4	1,6	2,0	1,3	1,1
13 ⁰⁰	summer half-year period	1,0	2,1	1,7	2,5	2,4	2,2	1,4	1,4
19 ⁰⁰	summer half-year period	1,3	1,1	2,7	1,3	1,8	1,4	1,0	0,7

TABELA 5. Rozkład częstości stężenia SO₂ . Warszawa-Ursynów

TABLE 5. Frequency distribution of sulphur dioxide concentration Warsaw-Ursynów

Klasa Class	Dolna granica przedziału Lower limit	Górną granicę przedziału Upper limit	Częstość Frequency
Półrocze zimowe (1 X 1997 r. – 31 III 1998 r.) winter half-year period			
1	at or below	0,0	0
2	0,0	4,0	21
3	4,1	8,0	64
4	8,1	12,0	23
5	12,1	16,0	22
6	16,1	20,0	11
7	20,1	24,0	6
8	24,1	28,0	4
9	28,1	32,0	1
10	32,1	36,0	0
11	36,1	40,0	0
12	40,1	44,0	0
13	44,1	48,0	0
14	48,1	52,0	0
15	52,1	56,0	0
16	56,1	60,0	0
17	60,1	64,0	0
18	64,1	68,0	0
19	68,1	72,0	1
Półrocze letnie (1 IV – 30 IX 1998 r.) summer half-year period			
1	at or below	0,0	2
2	0,1	2,0	33
3	2,1	4,0	55
4	4,1	6,0	30
5	6,1	8,0	16
6	8,1	10,0	10

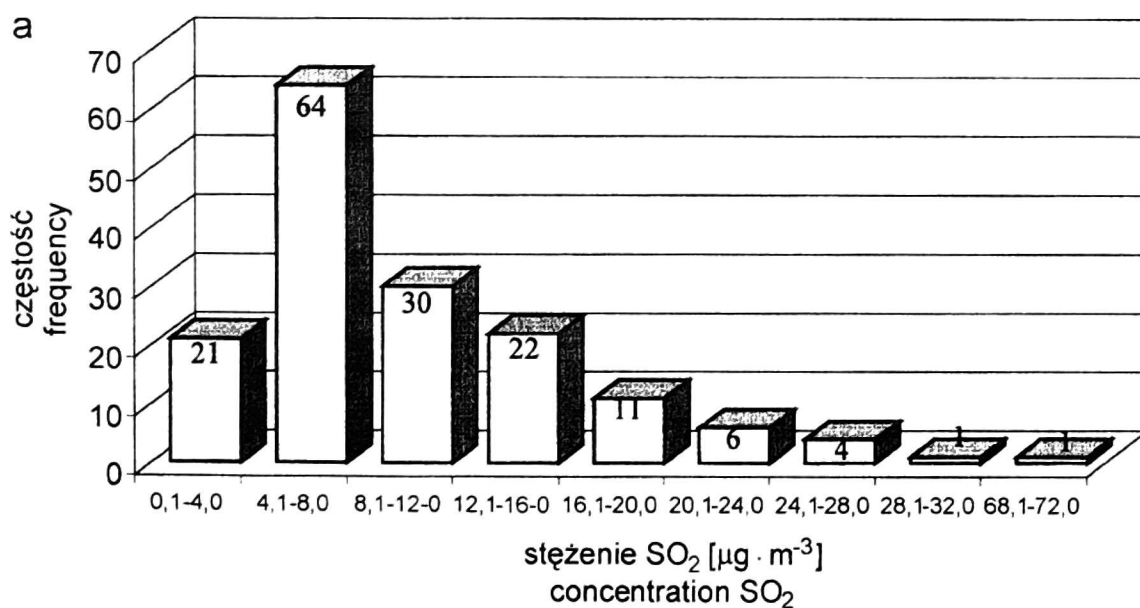
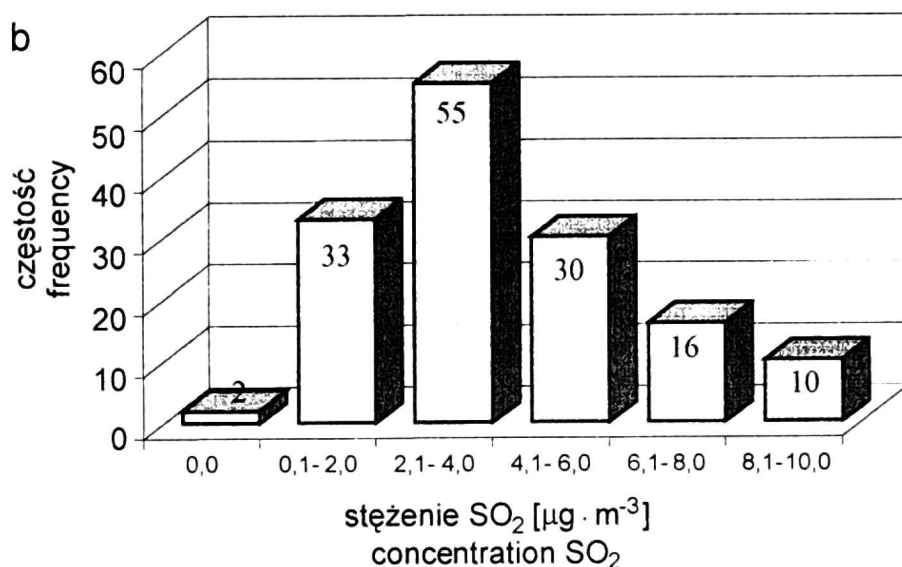
RYSUNEK 4a. Rozkład częstości stężenia SO₂ w półroczu zimowym, Warszawa-Ursynów

FIG. 4a. Frequency distribution - of sulphur dioxide concentration for winter half year period, Warsaw-Ursynów

RYSUNEK 4b. Rozkład częstości stężenia SO₂ w półroczu letnim, Warszawa-Ursynów

FIG. 4b. Frequency distribution of sulphur dioxide concentration for summer half year period, Warsaw-Ursynów



Literatura

GOMÓŁKA E., SZAYNOK A. 1993: *Chemia wody i powietrza*. Wrocław.

JAGIEŁŁO J., KERN H., MIAZGA S. 1977/78: *Wpływ zanieczyszczenia atmosfery dwutlenkiem siarki i produktami jego neutralizacji amoniakiem na plonowanie niektórych traw i motylkowatych*. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio E, Agricultura.

PIOŚ, 1999: *Stan środowiska w woj. mazowieckim*. Warszawa.

POLLO I. 1984: *Aktualne problemy zagrożenia i ochrony środowiska*. Mat. z Ogólnopol. Sem. w Lublinie.

Dziennik Ustaw 1998 nr 55 poz. 355.

Summary

Introductory results on the study concerning of sulphur dioxide air concentra-

tion in Warsaw-Ursynów. The research was realized in the period from April 1997 to January 1999. The following characteristics were elaborated: mean monthly hourly SO₂ concentrations, mean daily SO₂ concentrations, mean monthly SO₂ concentrations, wind rose of the air pollution and frequency of SO₂ concentration distribution for summer half-year period and winter half-year period. Mean annual (1998) SO₂ concentration is only 15% of permissible concentration. There is the influence of central part of the city and the local sources of air pollution on SO₂ concentration in Ursynów.

Author's address:

M. Kleniewska
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa
ul. Nowoursynowska 166
Poland