

STĘŻENIE TLENKÓW AZOTU (NO_x) W CYKLU ROCZNYM W PUNKCIE KONTROLNYM NA TERENIE LUBLINA

Z. Stępniewska^{1,2}, A. Szafranek¹

¹Katedra Biochemii i Chemii Środowiska, Katolicki Uniwersytet Lubelski
Al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin
e-mail: szafik@kul.lublin.pl

²Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Streszczenie. Celem pracy było określenie koncentracji tlenków azotu NO_x (NO , NO_2) w odniesieniu do intensywności ruchu ulicznego. Stężenie NO_x mierzono w powietrzu pobieranym z punktu oddalonego o 10 m od krawędzi Al. Kraśnickiej, będącej drogą wyjazdową z Lublina w kierunku Krakowa. Pomiary prowadzono w latach 2000-2001 w czasie każdej z pór roku przez 3 tygodnie. Średnie, stwierdzone w czasie pomiarów, natężenie ruchu wynosiło 1400 pojazdów na godzinę, najwyższe zaobserwowano latem (1500) a najniższe zimą (1220). Stwierdzono, że w badanym rejonie średnie roczne stężenie NO_x wynosiło $39,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, w tym stężenie NO stanowiło 61% emisji.

Słowa kluczowe: emisja, NO_x , natężenie ruchu pojazdów.

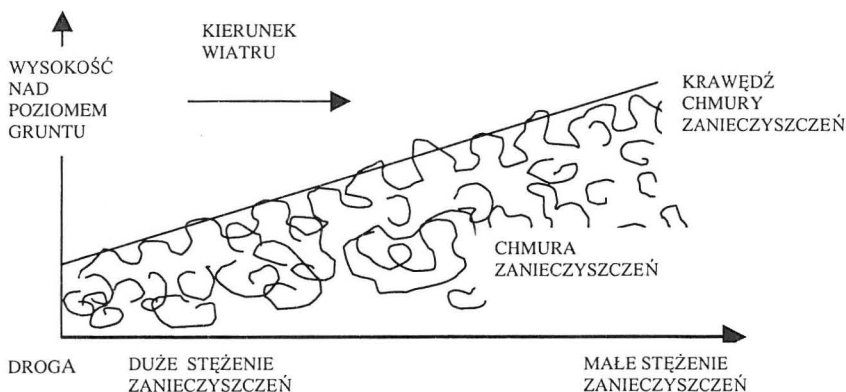
WSTĘP

Tlenki azotu są powszechnym zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego. W aglomeracjach miejskich za główne źródła emisji NO_x uważa się procesy spalania paliw stałych, ciekłych i gazowych. Reakcja prowadząca do powstania NO a następnie NO_2 jest bowiem ubocznym skutkiem procesów spalania [1,5].

W środowisku miejskim możemy wyróżnić źródła emisji punktowe i liniowe. Punktowe źródła emisji, typu elektrowni czy elektrociepłowni, spalają paliwo stałe i są zaopatrzone w kominy o wysokości przekraczającej 100 m. Emitery te wyrzucają spaliny z prędkością $15\text{-}20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i w związku z tym mają duży zasięg oddziaływania dochodzący do 150-200 km. Ciepłownie przemysłowe i osiedlowe są wyposażane w kominy o wysokości w zakresie 30-100 m i zasięgu oddziaływania w granicach 5-20 km. Charakteryzują się one znaczną uciążliwością ze

względu na niskie położenie emitera i mniej skuteczne urządzenia oczyszczające. Paleniska indywidualne są źródłem emisji niskiej o wysokości 15-20 m i zasięgu oddziaływania sięgającym kilkuset metrów. Tak mały zasięg związany jest z niewielką prędkością wylotu spalin sięgającą $2-3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Źródła tego typu uważane są za bardzo uciążliwe ze względu na niskie położenie punktu wylotu spalin oraz ze względu na całkowity brak urządzeń oczyszczających [3,4,8].

Źródłami liniowymi w obszarze miejskim, powodowanymi przez potok samochodów, są ulice. Rozprzestrzenianie smugi zanieczyszczeń wokół drogi przy założeniu, że kierunek wiatru jest prostopadły do linii źródła, przedstawia Rys. 1.



Rys. 1. Rozprzestrzenianie się smugi zanieczyszczeń wokół jezdni [6].

Fig. 1. Spread pollutants around the street [6].

Stężenie dwutlenku azotu wykazuje w miastach znaczne różnice sezonowe i w okresie zimy jest wyższe o około 40–70% w porównaniu z sezonem letnim. Przypuszcza się, że wzrost emisji tlenków azotu, pochodzących ze spalania paliw do celów grzewczych jest częściowo niwelowany przez spadek emisji ze źródeł mobilnych, gdyż w sezonie zimowym natężenie ruchu samochodowego jest niższe w porównaniu z okresem letnim [7]. Obserwuje się również pewne różnice stężeń tlenków azotu w różnych regionach jak przedstawiono to w Tabeli 1.

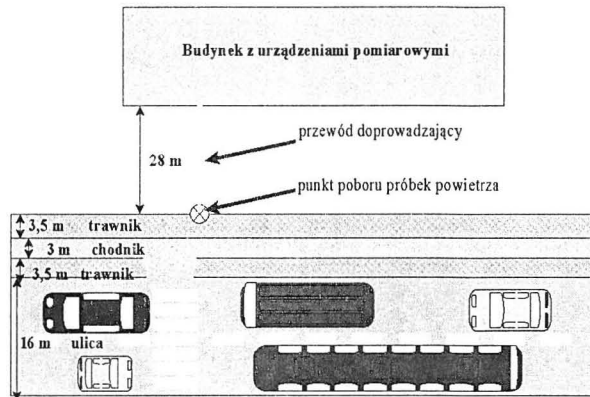
Za sprawą źródeł ruchomych, które emitują spaliny do przy powierzchniowej warstwy atmosfery oraz znacznej koncentracji źródeł stacjonarnych, stężenie NO_x jest często większe niż SO_2 . Średnie roczne stężenie NO_2 w roku 2001 w Lublinie, wg danych WIOŚ, wynosiło $21 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zaś SO_2 zaledwie $3,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ [2]. Ukształtowanie oraz poszczególne elementy pokrycia terenu stanowią opór dla przesuujących się mas powietrza i wywołują lokalne, wysokie stężenia zanieczyszczeń [6].

Tabela 1. Zawartość tlenków azotu w powietrzu w różnych regionach [5]**Table 1.** Nitrogen oxides concentration in the air in different regions [5]

Substancja	Zawartość w powietrzu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]		
	Miasta	Obrzeża miast	Obszary tła
NO	8(1-30)	1,5(0,3-5)	0,2(0,1-0,5)
NO ₂	20(3-100)	4(1-15)	0,5(0,2-1,5)

MATERIAŁY I METODY

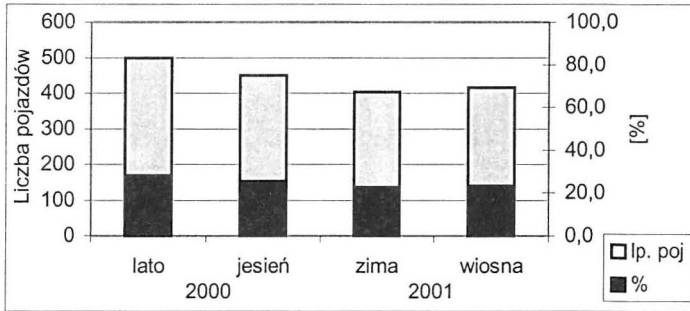
Pomiary stężeń NO_x zostały wykonane w okresie od lipca 2000 r. do czerwca 2001 r. w Lublinie przy al. Kraśnickiej, drogi wyjazdowej do Krakowa, tuż przed skrzyżowaniem z ul. Konstantynów. Wybrany punkt charakteryzuje dość duże natężenia ruchu i sąsiedztwo posesji z małymi, przydomowymi kotłowniami, które stanowią istotne źródło zanieczyszczeń tej okolicy w sezonie grzewczym. Lokalizację punktu pomiarowego zamieszczono na Rys. 2. Składał się on z analizatora emisji typu AC31 firmy *Environnement* oraz zestawu doprowadzającego powietrze, zawierającego pompę powietrza, będącą elementem wyposażenia analizatora oraz wąż z PCV zakończony filtrem powietrza. Filtr umieszczono na wysokości 1,5 m, w odległości 10 m od krawędzi jezdni. Wyniki analiz rejestrowano w przedziałach 20-minutowych w czterech cyklach odpowiadających poszczególnym porom roku. Objęto nimi każdy dzień tygodnia w przedziale czasowym: 7⁰⁰-19⁰⁰. W czasie, kiedy dokonywane były pomiary stężenia NO i NO₂ mierzono także natężenie ruchu na ulicy (Al. Kraśnickiej) w pobliżu której pobierano próby.

**Rys.2.** Schemat układu pomiarowego.**Fig. 2.** Scheme of measurement system.

W czasie, kiedy dokonywane były pomiary stężenia NO i NO₂ mierzono także natężenie ruchu na ulicy (Al. Kraśnickiej) w pobliżu której pobierano próby.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wykonane pomiary (lato 2000 – wiosna 2001) pozwoliły na określenie natężenia ruchu, które kształtowało się, w przedziałach 20 minutowych, na poziomie od 400 pojazdów w okresie zimy do 500 w okresie lata (Rys. 3.).

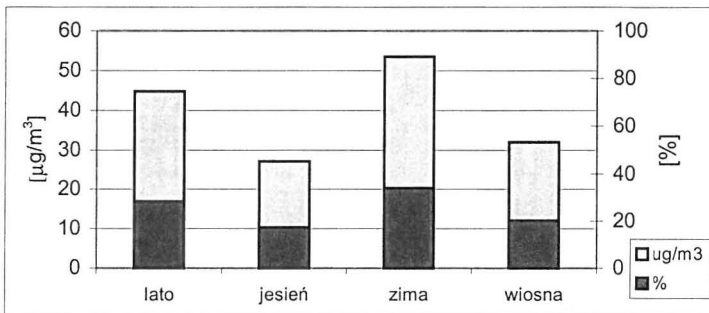


Rys. 3. Średnie 20-minutowe natężenie ruchu w poszczególnych porach roku.

Fig. 3. Middle 20-minutes intensity of traffic in year seasons.

Wykonane analizy dostarczyły informacji na temat rozkładu stężeń NO_x w skali rocznej, sezonowej, tygodniowej i dziennej. Średnie roczne stężenie NO_x wyniosło $39,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Dominujący udział, równy 61% całkowitej emisji NO_x , wykazywał NO ($24,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), zaś emisja NO_2 kształtowała się na poziomie $15,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Największe średnie stężenie NO_x w 20-minutowych przedziałach czasowych stwierdzono w sezonie zimowym i było ono równe $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, najniższe zaś jesienią, na poziomie $28 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, stężenie w okresie lata wyniosło $45 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a wiosną $32 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, co przedstawiono na Rys. 4.



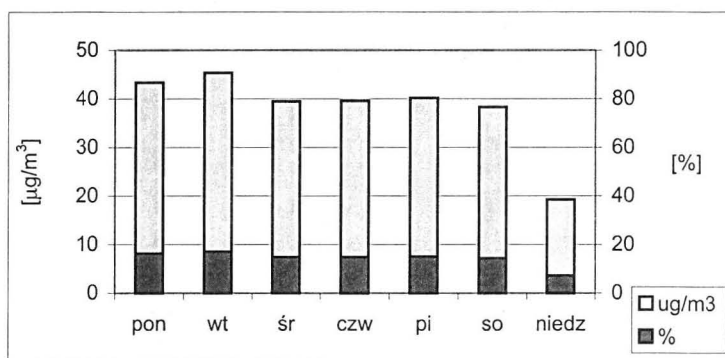
Rys. 4. Średnie stężenie NO_x w 20-minutowych przedziałach przypadających na różne pory roku.

Fig. 4. Middle 20-minutes concentration of NO_x at different seasons of the year.

Najwyższe średnie wartości stężeń NO_2 w 20-minutowych przedziałach występowały zimą i wiosną, kiedy nieznacznie przekroczyło ono wartość $16 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, niższe równe $14 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ stwierdzono latem i jesienią. Średnie stężenie NO osiągnęło maksymalną wartość $36 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zimą, nieco niższe $31 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ wystąpiło latem, najniższe równe $14 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zarejestrowano jesienią i wiosną. Wysokim stężeniom NO_x latem towarzyszyły duże, największe w skali roku, natężenie ruchu (Rys. 4). Najwyższe średnie stężenie tlenków azotu $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, stwierdzono jednakże zimą, kiedy to odnotowano najmniejsze, stanowiące 80% okresu letniego, natężenie ruchu ulicznego w punkcie pomiarowym.

Z przedstawionych rozważań wynika, że w okresie zimowym poza komunikacją decydująco na wysoką koncentrację NO_x wpływa spalanie innych paliw, które mogą pochodzić z licznych kotłowni przydomowych, usytuowanych w sąsiedztwie ulicy.

Porównanie emisji w skali tygodnia wskazuje na najwyższe średnie stężenie NO_x , równe $45,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ we wtorki, nieco niższe równe $43,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w poniedziałki, zaś najniższe, stanowiące mniej niż 50% wartości maksymalnych w niedziele. Średnie stężenie w poszczególnych dniach tygodnia przedstawiono na Rys. 5.



Rys. 5. Średnie stężenie NO_x w poszczególnych dniach tygodnia w skali roku.

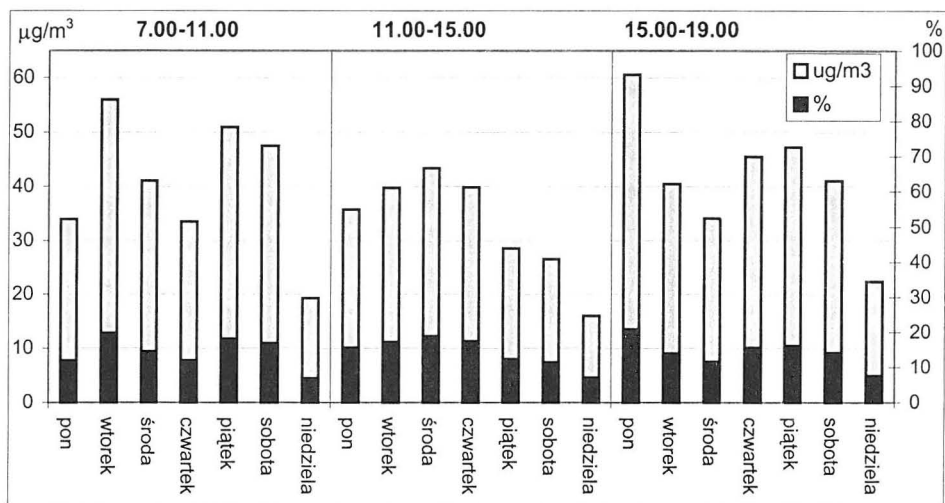
Fig. 5. The middle concentration of NO_x in particular days of a week in annual scale.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów nie można było jednoznacznie określić przedziałów o największej koncentracji NO_x w obrębie każdego tygodnia. Rozkład stężeń NO_x z podziałem na trzy przedziały czasowe w poszczególnych dniach tygodnia przedstawia Rys. 6.

W przedziale 7^{00} – 11^{00} najwyższe stężenie NO_x wynoszące $56 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ wystąpiło we wtorki, nieco niższe $51 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w piątki i soboty, zaś najniższe równe $19,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w niedziele.

Między 11⁰⁰ a 15⁰⁰ najwyższe wartości stężenia NO_x sięgające 43,4 μg·m⁻³ zarejestrowano we środy, nieznacznie niższe 39,7 μg·m⁻³ we wtorki i czwartki a zdecydowanie najniższe, bo wynoszące 16,1 μg·m⁻³ w niedzielę.

W godzinach 15⁰⁰ – 19⁰⁰ najwyższe stężenie NO_x, równe 60,6 μg·m⁻³ stwierdzono w poniedziałki, stężenie poniżej 47 μg·m⁻³ w piątki, czwartki i soboty zaś najniższe, podobnie jak w poprzednich dwóch przedziałach pomiarowych na poziomie 22 μg·m⁻³ w niedzielę.



Rys. 6. Średnie stężenie NO_x w poszczególnych dniach tygodnia z podziałem na trzy przedziały czasowe.
Fig. 6. Middle concentration of NO_x in particular days of a week with dividing on three time partitions.

Średnia roczna koncentracja NO₂ stwierdzona na podstawie przeprowadzonych pomiarów (15,3 μg·m⁻³) jest porównywalna z wartością uzyskaną z pomiarów stacji WIOŚ w obrębie Lublina (21 μg·m⁻³) i znacznie niższa od wartości uzyskanej dla terenu Warszawy (26,16 μg·m⁻³) [2,9]. W raporcie WIOŚ brak jest jednak danych o średnim rocznym stężeniu NO.

Zarówno średnie roczne stężenie NO₂ wynoszące 15,3 μg·m⁻³ jak i NO na poziomie 24,1 μg·m⁻³ mieszczą się w zakresie stężeń stwierdzonych w obszarach miejskich. W przypadku NO średnie roczne stężenie przekracza trzykrotnie, wyznaczoną w miastach, wartość średnią, równą 8 [5].

WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że w badanym punkcie kontrolnym miasta Lublina:

1. Średnie roczne stężenie NO_x wynosiło $39,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, w tym stężenie NO stanowiło 61% a emisja NO_2 mieściła się w przedziale $14-16 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.
2. Najwyższe stężenie NO_x wystąpiło w sezonie zimowym i osiągnęło wartość $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, przewyższając o 20% emisję sezonu letniego i prawie dwukrotnie emisję jesienną.
3. W rozkładzie tygodniowym najwyższe średnie stężenie NO_x stwierdzono we wtorki, wynosiło ono $45,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, nieco niższe $43,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w poniedziałki a najniższe – $19,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w niedziele.
4. Maksymalne stężenie NO_x w godzinach rannych między 7^{00} a 11^{00} wystąpiło we wtorki, w przedziale $11^{00}-15^{00}$ we środy a po południu między 15^{00} a 19^{00} w poniedziałki.
5. Najwyższe natężenie ruchu zarejestrowano w okresie letnim (średnio 1500 pojazdów na godzinę) co w znaczący sposób wpływało na stężenie NO_x w pobliżu pasma jezdni, które w godzinach szczytu przewyższało $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

PIŚMIENNICTWO

1. **Alloway B. J., Ayers D.C.:** Chemiczne podstawy zanieczyszczeń środowiska. PWN, Warszawa, 48 -57, 201- 206, 1999.
2. **Bańkowska-Królikowska J., Tracz A. (red.):** Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego. PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska, 47-74, Lublin 2002,
3. **Chmiel B. (red.) :** Ochrona środowiska. Podręcznik do ćwiczeń terenowych. Chemiczne aspekty ochrony środowiska, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin, 23- 66, 1999,
4. **Gomółka E., Szaynak A.:** Chemia wody i powietrza. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 389-396, 1997.
5. **Isidorow W., Jaroszyńska J.:** Chemiczne problemy ekologii. Wydawnictwo Uniwersytetu Białostockiego, Białystok, 129 – 168, 1998.
6. **Karaczun Z. M., Indeka L. G.:** Ochrona środowiska. Agencja Wydawnicza ARIES, Warszawa, 104-118, 1999.
7. **Marczak H.:** Uwarunkowania przestrzennego rozkładu zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego w aglomeracjach miejskich, w II Forum Inżynierii Ekologicznej – Nałęczów 1998, Wydawnictwo Ekoinżynieria, Nałęczów, 267-274, 1998.
8. **O'Neill P.:** Chemia środowiska. PWN, Warszawa, 117-124, 1997.
9. **Salata M., Barańska K., Trębińska E., Kobus D.:** Wstępna ocena jakości powietrza w województwie mazowieckim, Warszawa, 91 – 97, 2002, <http://www.wios.warszawa.pl>

NITROGEN OXIDES (NO_x) CONCENTRATION
IN A CONTROL POINT OF LUBLIN IN ANNUAL CYCLE

Z. Stępniewska^{1,2}, *A. Szafranek*¹

¹Catholic University of Lublin, al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin

e-mail: szafik@kul.lublin.pl

²Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Summary: The aim of the paper was to determine the emission of NO_x (NO, NO₂) related to traffic intensity. Concentration of NO₂, and NO were measured in the samples of the air, which were collected from the distance of 10 m near the curb of Al. Kraśnicka street leads towards Cracow in the Lublin city. The measurements were conducted for three weeks in each seasons of the year 2000-2001. The mean traffic intensity expressed as the number of vehicles was on the level 1400 per hour. The highest traffic intensity was observed in the summer (1500 per hour) and the lowest in the winter seasons (1220 per hour). The mean concentration of NO_x was equal 39,3 μg m⁻³ where NO was amounted to 61%.

Key words: emission, NO_x, traffic.