

Ocena stanu zanieczyszczenia w Krościenku nad Dunajcem

Evaluation of pollution in Krościenko nad Dunajcem

JANUSZ KOZAK¹, JANUSZ MICZYŃSKI¹, TOMASZ JURKIEWICZ²

¹ *Katedra Meteorologii i Klimatologii, Akademia Rolnicza, al. Mickiewicza 24-28, 30-059 Kraków*

² *Pieniński Park Narodowy, ul. Jagiellońska 107b, 34-450 Krościenko n/D.*

Abstract. Spatial distribution and variability of pollution in relation to the difference in altitude were analyzed. The highest concentrations of pollutants were recorded in the center of Krościenko, whereas their concentrations were four times smaller in non-urban areas. These studies also demonstrated that there is a strong interdependence between altitude and concentrations of pollutants.

WPROWADZENIE

Stan arosanitarny w dużych aglomeracjach miejsko-przemysłowych jest stosunkowo dobrze monitorowany i opisany w literaturze naukowej. Od początku lat 90. zmniejszyła się emisja przemysłowa, wiele fabryk przeprowadza modernizacje linii technologicznych, w wyniku konkurencji stare nierentowne zakłady są zamykane. W wielu miastach zlikwidowano stare osiedlowe kotłownie, a wprowadzono ogrzewanie gazowe czy olejowe, mające mniejszy wpływ na stan środowiska. Jednocześnie powstały nowoczesne systemy monitorowania środowiska. W wielu miastach można dostrzec tablice świetlne informujące nas o aktualnych poziomach stężeń głównych gazowych i pyłowych zanieczyszczeń powietrza. Służby kontroli wyposażone zostały w stosunkowo nowoczesny sprzęt pomiarowy i analityczny. Wszystkie sygnały z mediów przynoszą informacje o tendencji spadkowej zanieczyszczeń. Jest to niewątpliwie sukces ostatnich lat, jednak jadąc przez Polskę południową

w okresie zimowym można zaobserwować położone w kotlinach górskich osnute dymami karpackie miejscowości.

Zmiany ekonomiczne ostatnich lat wymusiły postęp przemysłowy ale jednocześnie spowodowały, że zwykły obywatel podchodzi ekonomicznie do sprawy wykorzystania energii. Ogrzewając domy, sklepy i małe zakłady rzemieślnicze stosuje się najtańszy sposób pozyskania energii cieplnej. Wykorzystywane są piece centralnego ogrzewania specjalnie skonstruowane i przystosowane do spalania „wszystkiego”. Pali się miałem węglowym zmieszonym z wodą, węglem z niekontrolowanych dostaw (mocno zasiarczonym i zabrudzonym), starymi oponami, śmieciami, odpadkami (również z tworzyw sztucznych). Prowadzona akcja gazyfikacyjna w niektórych gminach, z powodów ekonomicznych (cena instalacji i gazu) nie przyniosła pożądanego efektu.

Krościenko, jak wiele miejscowości górskich, spełnia funkcje rekreacyjno-turystyczne. Miasteczko jest dogodnie położone u zbiegu Pienin, Gorców i Beskidu Sądeckiego. Stanowi bazę

wypadową do uprawiania turystyki pieszej jak i sportów zimowych. Wspólnie z Szczawnicą stanowi coraz popularniejsze miejsce dla odpoczynku sobotnio-niedzielnego, spędzania świąt oraz ferii zimowych. W okresie zimowym wszystkie pensjonaty, ośrodki wczasowe oraz baza sanatoryjna emitują do atmosfery znaczne ilości zanieczyszczeń powietrza, stanowiąc zagrożenie tych miejscowości przez tzw. niską emisję. Ten typ zanieczyszczeń w okresach zimowych jest największym zagrożeniem dla wielu miejscowości górskich. Niska emisja w powiązaniu z niekorzystnym układem topograficznym oraz warunkami klimatycznymi może spowodować wzrost stężeń zanieczyszczeń do wartości notowanych w większych aglomeracjach.

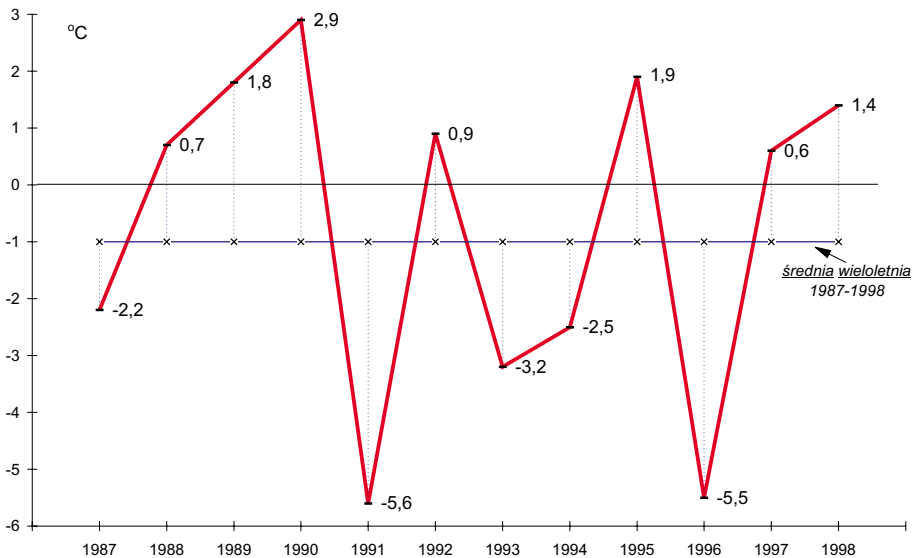
Krościenko charakteryzuje się stosunkowo zwartą zabudową, której skupienie rośnie w kierunku do centrum. Centrum pełni zasadniczą rolę usługowo-handlową, jest wyraźnie ukształtowane i odznacza się wyższą zabudową. Intensyfikacja następuje przez tzw. zabudowę plombową, zwiększanie liczby kondygnacji w budynkach, wznoszenie przybudówek mieszkalnych. Do Krościenka nie jest doprowadzona linia gazowa. Większość domów ogrzewanych jest przez indy-

widualne piece centralnego ogrzewania. Nierzadko spotkać można jeszcze piece kaflowe. Brak jest scentralizowanych źródeł ciepła. Miasto jest ważnym węzłem komunikacyjnym. Leży u zbiegu dróg z Nowego Targu (34 km), Nowego Sącza (44 km) i Szczawnicy (5 km). Ciągi komunikacyjne przechodzą przez centrum. Położony w rynku przystanek autobusowy posiada bardzo niekorzystne pod względem aerosanitarnym położenie, gdyż zatrzymujące się oraz ruszające autobusy emitują ogromne ilości zanieczyszczeń w obszarze zwartej zabudowy.

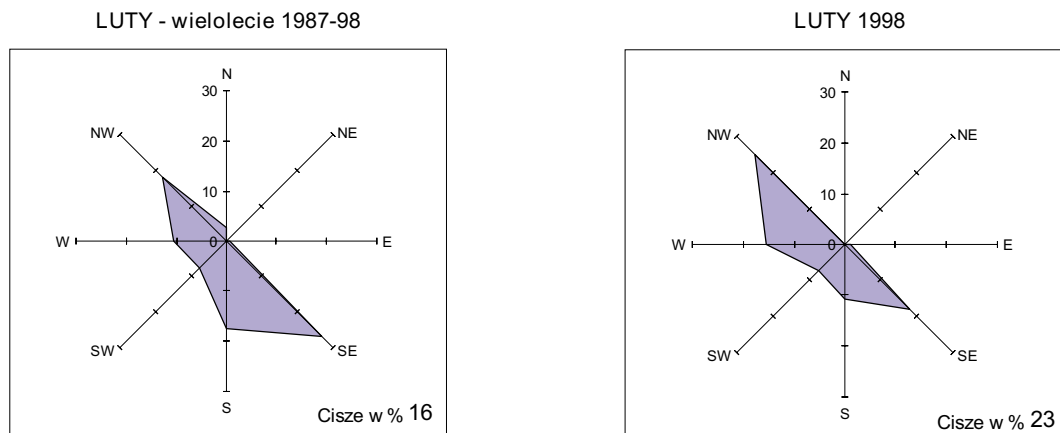
W Krościenku nie ma większych zakładów przemysłowych, jedynie drobne warsztaty rzemieślnicze.

POGODA W OKRESIE BADAWCZYM

W pierwszych dniach lutego 1998 roku Polska była w wyżu, w masie mroźnego arktycznego powietrza. W okresie tym panowała pogoda słoneczna i mroźna. Nocą temperatura powietrza przy gruncie miejscami spadała do -20°C . Następne dni były dość ciepłe a Polska znajdowała się pod wpływem zatoki związanej z niżem w rejonie Bałtyku. Od 10 lutego nasz kraj znalazł się pod



Ryc. 1. Zmienność średniej miesięcznej temperatury lutego w latach 1987–1998.
Diversity mean months temperature in February 1987–1998.



Ryc. 2. Rozkład kierunków wiatru w Krościenku w lutym z lat 1987–1998 oraz z 1998 r.
Distribution of wind direction in Krościenko in February 1987–1998 and 1998.

wpływem wyżu znad Europy południowej. Szczególnie druga i trzecia dekada tego miesiąca była bardzo ciepła.

Średnia miesięczna temperatura lutego 1998 r. wynosiła $1,4^{\circ}\text{C}$, co w porównaniu ze średnią z wielolecia 1987–98 wynoszącą $-1,0^{\circ}\text{C}$ charakteryzuje miesiąc luty jako jeden z cieplejszych w ostatnim wieloleciu (Ryc. 1). Taka pogoda powodowała ograniczenie spalania nośników energii a co za tym idzie miała wpływ na poziom stężeń zanieczyszczeń powietrza.

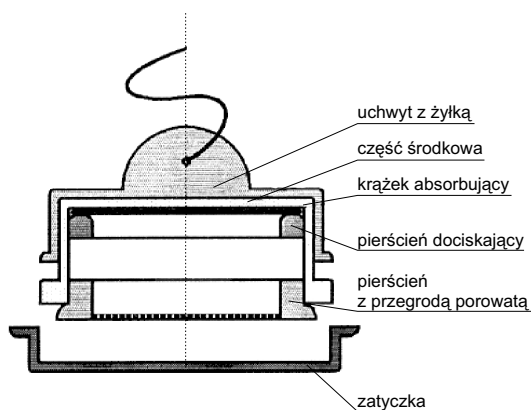
Wiatr, który w przypadku miejscowości śródgórskich ma ogromne znaczenie przewietrzające, w lutym i marcu 1998 r. miał kierunek NW – SE, co jest typowym układem wiatrów w całym wieloleciu. Pokazane poniżej graficzne przedstawienie częstości wiatru na poszczególnych kierunkach wiatru są tego potwierdzeniem (Ryc. 2).

ROZKŁAD PRZESTRZENNY ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

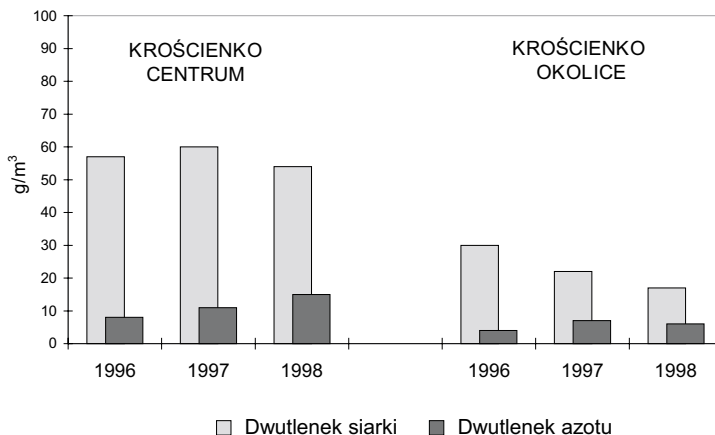
W badaniach skoncentrowano się na dwóch wskaźnikowych, gazowych zanieczyszczeniach powietrza: dwutlenku azotu i dwutlenku siarki. Do analizy rozkładu przestrzennego (zasięgów) zanieczyszczeń wybrano japońską metodą Amaya-Sugiura w modyfikacji D. Krochmala i L. Górskiego (PN-98 Z-04092/08) z pasywnym

pobieraniem próbek. Schemat próbnika przedstawia ryc. 3.

Dla zapewnienia dokładności pomiarów w każdym punkcie równocześnie eksponowane były 3 próbki, natomiast wartość ślepej próby obliczono na podstawie dodatkowych nie eksponowanych próbników (szczelnie zamkniętych) dołączanych do każdej miesięcznej partii. Jako ostateczną wartość stężenia w danym punkcie przyjęto średnią arytmetyczną z trzech próbników, z tym że odrzucono wartości różniące się więcej niż 25% od średniej.



Ryc. 3. Schemat budowy pasywnego próbnika pomiarowego.
Structure of passive sampler.



Ryc. 4. Wysokości stężeń SO₂ i NO₂ w Krościenku n/D. w latach 1996–1998.
Concentrations SO₂ and NO₂ in Krościenko n/D. in 1996–1998.

Badania były rozwinięciem pomiarów wykonywanych w latach 1996–1997 wg tej samej metodyki. Porównując uzyskane wówczas wyniki stwierdzono spadek stężeń zanieczyszczeń w okresie letnim, natomiast w okresie zimowym stężenia utrzymywały się mniej więcej na tym samym poziomie około 50 µg/m³ (Ryc. 4).

Założeniem pomiarów było określenie wysokości stężeń na terenie całego Parku i jego otuliny. Liczba próbników była ograniczona, sieć pomiarowa była mało zagęszczona i trudno było określić jednoznacznie wielkość i zasięg oddziaływania zanieczyszczeń pochodzących z Krościenka. W związku z tym podjęto decyzję o wykonaniu szczegółowej analizy wpływu miejscowości na jakość powietrza tylko na przykładzie Krościenka.

Przy wyborze stanowisk pomiarowych kierowano się zasadami projektowania sieci monitoringu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska. Ponadto, uwzględniając wyniki pomiarów wykonanych w latach 1996–1998, zagęszczono sieć pomiarową w centrum Krościenka ze względu na to, że tutaj notowano najwyższe stężenia. Przed instalacją wybrano stanowiska reprezentujące charakterystyczne dla tego obszaru typy zagospodarowania przestrzennego. W ten sposób wyznaczono 30 stanowisk pomiarowych, na których w lutym 1998 r. zainstalowano próbniki, pozy-

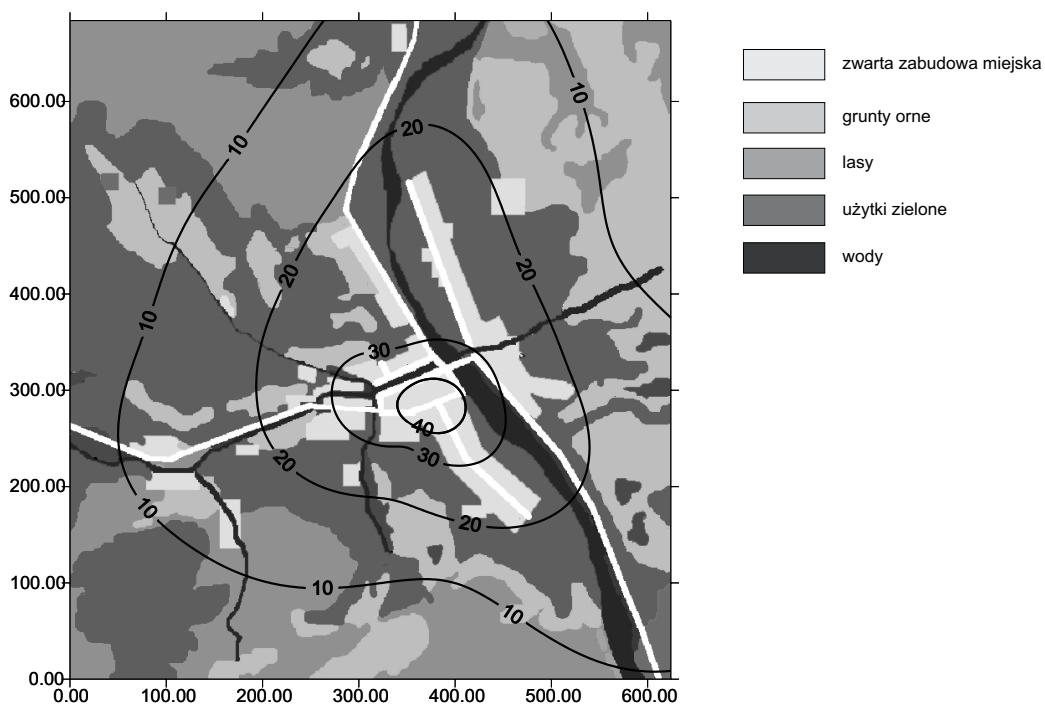
skując średnie miesięczne wartości stężeń badanych polutantów w µg/m³ (Tab. I).

Wyniki pomiarów poddano merytorycznej weryfikacji. W urozmaiconych warunkach terenowych z konieczności jedno stanowisko charakteryzowało niekiedy dwa i więcej typy zagospodarowania przestrzennego terenu. Na przygotowanym podkładzie topograficznym naniesiono stanowiska pomiarowe, a następnie digitalizowano ich współrzędne. Po naniesieniu wartości stężeń sporządzono mapy izolinii rozkładu stężenia SO₂ i NO₂.

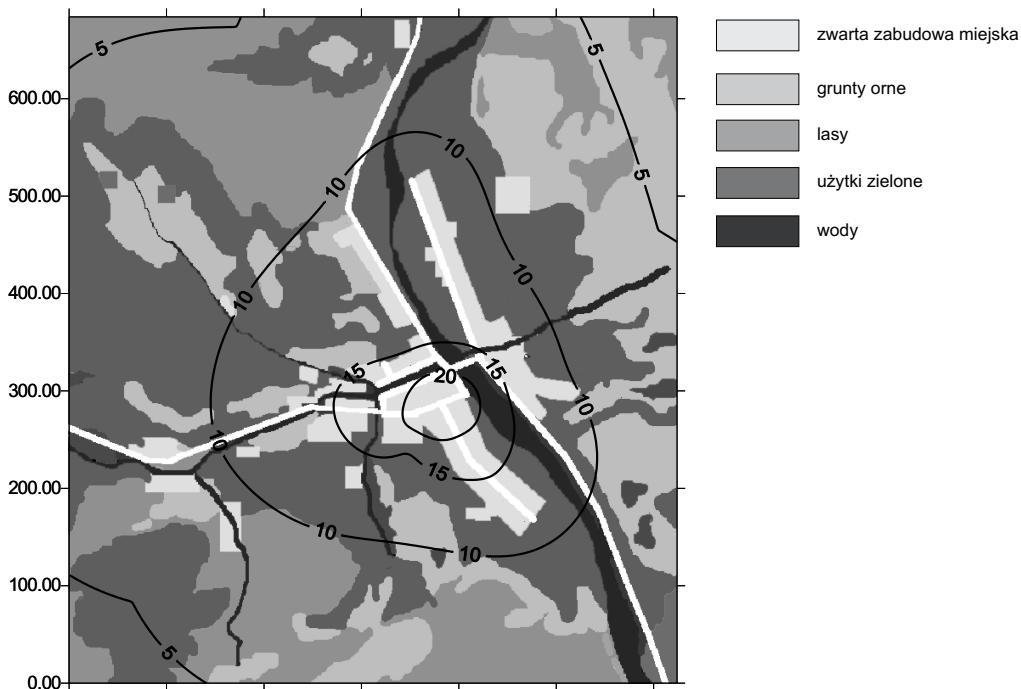
W badanym okresie w Krościenku i jego okolicach stężenia SO₂ mieściły się w przedziale od wartości ponad 40 µg/m³ w rejonie Urzędu Gminy i przystanków autobusowych na rynku do poniżej 10 µg/m³ poza miastem, tj. w obszarach rolniczych i leśnych. W samym centrum, gdzie jest zwarta zabudowa i stosunkowo gęsta sieć dróg, stężenia są wysokie (Ryc. 5). Poza tym obszarem stężenia SO₂ szybko spadają wraz z wzrastającą odległością od centrum, świadcząc o lokalnych źródłach. Piętrowa zwarta zabudowa w samym centrum, oraz wąskie ciągi komunikacyjne nie służą dobremu przewietrzaniu tego obszaru. Zwiększona „szorstkość” terenu związana ze zwartą zabudową wpływa na wytracanie prędkości wiatru. Zwarta zabudowa i emisja z indywidualnych palenisk domowych, przy jednoczesnych niekorzystnych warunkach pogodowych,

Tabela I. Stężenie zanieczyszczeń SO₂ i NO₂ w Krościenku n/D. w 1998 r.
Concentration of pollution with SO₂ and NO₂ in Krościenko nad Dunajcem in 1998.

Rodzaj stanowiska Type of location	Stężenie SO ₂ SO ₂ concentration [µg/m ³]	Stężenie NO ₂ NO ₂ concentration [µg/m ³]
zabudowa wielorodzinna luźna loosely distributed apartment houses	42	22
zabudowa jednorodzinna zwarta densely distributed family houses	34	18
zabudowa jednorodzinna luźna loosely distributed family houses	28	14
pas zabudowy mieszkaniowej wzdłuż drogi apartment houses in a roadside belt	25	16
tereny rolnicze cultivated areas	10	8
las forest	10	4
parkingi, przystanki autobusowe parking lots, bus stops	40	25



Ryc. 5. Rozkład przestrzenny dwutlenku siarki [µg/m³] w lutym 1998 r.
Spatial distribution of SO₂ [µg/m³] in February 1998.



Ryc. 6. Rozkład przestrzenny dwutlenku azotu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] w lutym 1998 r.
Spatial distribution of NO₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] in February 1998.

sprzyja utrzymywaniu się stosunkowo wysokich stężeń SO₂.

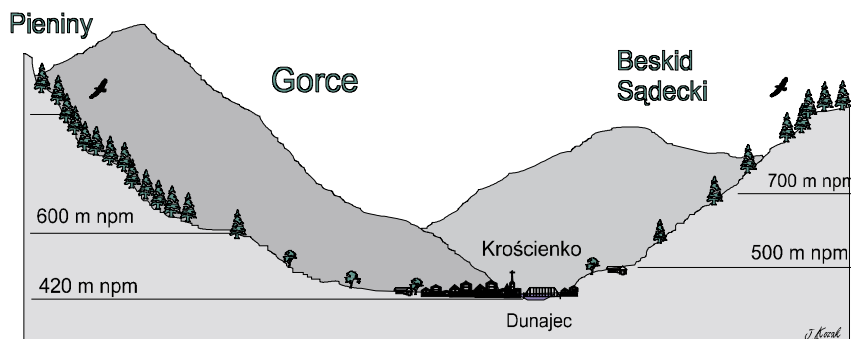
Najwyższe notowane stężenia dwutlenku azotu, wynoszące około 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, notowano w centrum Krościenka (Ryc. 6). Główną przyczyną ich powstania są zanieczyszczenia komunikacyjne, bowiem centrum Krościenka to główny węzeł komunikacyjny oraz również trasa przelotowa do Nowego Sącza, Szczawnicy i Nowego Targu. Niekorzystna z punktu widzenia sytuacji aerosanitarnej lokalizacja przystanku autobusowego oraz sieci prywatnych przewoźników mikrobusowych w samym centrum rynku pogłębia to zjawisko. Poza tym obszarem stężenia NO₂ spadają do poziomu 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Praca niniejsza nie obejmuje zasięgu oddziaływania ciągów komunikacyjnych, dlatego na przedstawionych mapach nie uwypuklono tego typu zanieczyszczeń. Przeprowadzone badania zasygnalizowały jedynie problem zanieczyszczeń powietrza pochodzących z niskiej emisji. Pomiary przeprowadzone w lutym wypadły w nietypowych dla tego okresu warunkach pogo-

dowych wysokich temperatur (odbiegających od średniej wieloletniej) jak i bardzo dobrego przewietrzania wynikającego z małej ilości dni bezwietrznych.

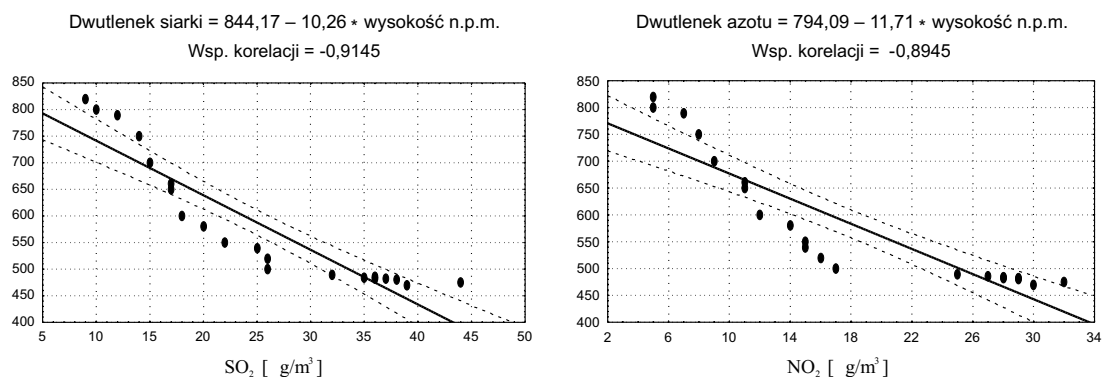
W badaniach wykazano przydatność metody pasywnej do prowadzenia „tanich” badań terenowych zanieczyszczeń powietrza. Ujemną stroną tej metodyki jest brak norm średnich miesięcznych dla SO₂ i NO₂. Poziom zanieczyszczeń wskaźnikowych pyłu zawieszonego, dwutlenku siarki i dwutlenku azotu staje się powoli jednym z elementów, które (podobnie jak wskaźniki klimatyczne) klasyfikują dany obszar pod względem turystycznym i rekreacyjnym.

GRADIENT PIONOWY ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

Ze względu na zróżnicowaną topografię terenu (Ryc. 7) przeprowadzono analizę zmian stężenia badanych zanieczyszczeń od wysokości n.p.m. Wybranim stanowiskom przyporządkowano



Ryc. 7. Schemat wysokościowy okolic Krościenka.
Diagram of altitude of Krościenko region.



Ryc. 8. Zależność stężenia zanieczyszczeń powietrza od wysokości n.p.m. w okolicy Krościenka.
Interdependence between altitude and air pollution in Krościenko region.

wysokość n.p.m., odrzucono natomiast stanowiska, na które bardziej wpływały czynniki lokalne.

Analizę zależności stężenia SO_2 i NO_2 od wysokości n.p.m. wykonano metodą korelacji liniowej. Stwierdzono silną zależność przejawiającą się wysoką wartością współczynnika korelacji (Ryc. 8). Wpływ na taki przebieg stężeń ma lokalizacja zabudowy w dolnej części kotliny (niska emisja) oraz częste inwersje temperatur Na stokach wyżej położonych, gdzie dominowały obszary rolnicze i leśne, wartości stężeń spadały czterokrotnie. Nie stwierdzono też zanieczyszczeń napływowych, o czym miał informować punkt zlokalizowany na Trzech Koronach.

WNIOSKI

1. Wysokości stężeń badanych zanieczyszczeń są stosunkowo wysokie jak na miejscowość o charakterze niemal uzdrowiskowym, zwłaszcza w przypadku SO_2 , którego stężenie w badanym okresie dochodziło do $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
2. Analiza rozkładu przestrzennego SO_2 wykazała, iż najwyższe wartości stężeń występują w centrum, czyli najbardziej zurbanizowanej części Krościenka.
3. W obszarach pozamiejskich w otoczeniu Krościenka poziomy stężenie SO_2 spadają czterokrotnie, co świadczy o lokalnym ich pochodzeniu z tzw. „niskiej emisji”.

4. Rozkład przestrzenny wartości stężeń NO_2 wykazał, iż podobnie jak SO_2 najwyższe stężenia notowano w rejonie rynku (lokalne centrum komunikacyjne).

5. Wykazano silną zależność mierzonych stężeń od wysokości nad poziomem morza.

6. Zanieczyszczenia pochodzące z Krościenka wpływają jedynie na niewielki obszar Pienińskiego Parku Narodowego.

7. Wyniki badań wskazują na konieczność promowania przez władze lokalne innych źródeł energii niż węgiel i koks oraz na konieczność zmiany systemu drogowego poprzez przeniesienie ruchu tranzytowego poza centrum Krościenka (np. wykonanie planowanego w MPO tunelu samochodowego).

8. Stwierdzono dużą przydatność metody z pasywnym pobieraniem próbek Amaya-Sugiura w modyfikacji D. Krochmala i L. Górskiego do badania przestrzennego rozkładu zanieczyszczeń powietrza.

LITERATURA

- Bartkowski T. 1986. Zastosowania geografii fizycznej. — PWN, Warszawa.
- Biuletyn Agrometeorologiczny IMGW. 1998. — Numery 4–9.
- Bioklimat Uzdrowisk Polskich. 1978. — IMGW, Warszawa.
- Dąbrowski P. 1998. Ochrona przyrody w pienińskim pasie skałkowym – Oddz. Akad. PTTK, Kraków.
- Kruczek Z., Weseli A. 1987. Uzdrowiska Karpackie. — KAW, Kraków.
- Krochmal D., Kalina A. 1996. Zastosowanie metody z pasywnym pobieraniem próbek do pomiaru zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego przez NO_2 i SO_2 na terenie całej Polski. — Chem. Inż. Ekol., 3(3).
- Krochmal D., Górski L. 1996. Opracowanie metody oznaczania dwutlenku azotu w powietrzu atmosferycznym z użyciem pasywnego pobierania próbek. — Chem. Inż. Ekol., 3(3).
- Kostrakiewicz L. 1979. Piętra klimatyczne w Pieninach polskich. — Wszechświat, 11: 260–261.
- Miczyński J., Zawora T., Kozak J. 1995. Przestrzenny rozkład stężeń zanieczyszczeń powietrza w Szczawnicy i okolicy. — Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 45: 391–396.
- Miczyński J., Kozak J., Jurkiewicz T. 1997. Rozkład przestrzenny zanieczyszczeń powietrza w rejonie Pienińskiego Parku Narodowego [W:] Sesja Naukowa Badania Naukowe w Pieninach '97, Czerwony Klasztor, Słowacja, 9–11.06.1997 r.
- Miesięczny Biuletyn Hydrologiczno-Meteorologiczny IMGW. 1998. — Numery: 2–3.
- Miesięczny Przegląd Agrometeorologiczny IMGW. 1998. — Numery: 2–3.
- Polska Norma PN-89-Z-04092/08. 1989. Oznaczanie dwutlenku azotu w powietrzu atmosferycznym (emisja) metoda spektrofotometryczną z pasywnym pobieraniem próbek. — Wyd. Normaliz., Alfa, Warszawa.
- Rzymkowski A. 1967. Planowanie Przestrzenne w Górach. — Wyd. Arkady, Warszawa.
- Sochacka D. 1996. Proces przemian przestrzennych miasteczka rolniczego na przykładzie Krościenka nad Dunajcem. — Zesz. Nauk. AR Kraków.
- Zasady projektowania elementów sieci monitoringu zanieczyszczenia atmosfery. 1991. — PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

SUMMARY

In February 1998 passive method studies were made on the spatial distribution of air pollution by NO_2 and SO_2 in Krościenko nad Dunajcem and its immediate neighborhood. Three samplers (Fig. 3) at each of 30 sights were selected in such a way that spatial distribution and variability of pollution in relation to altitude could be analyzed. Studies were planned to be a continuation of measurements performed in the period 1996–1997 along the same methods but on a much smaller range. At that time the whole of the park's area and its surrounding areas were covered by the studies. The highest concentrations of NO_2 and SO_2 were then noted in the center of Krościenko; as a result the network was made denser in that area. In February 1998 the highest concentrations of both pollutants were recorded in the very center of Krościenko: about $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for SO_2 and $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for NO_2 (Fig. 5, 6) (Table I), whereas in non-urban areas the concentrations were four times smaller. The studies also demonstrated a strong interdependence between altitude and concentration of pollutants. Together with the growing altitude (which also means a growing distance from Krościenko) the concentrations decrease (Fig. 8). The effect of pollution originating from Krościenko was thus limited to a minor part of the Park located at the lowest altitude and in the immediate neighborhood of the settlement.