ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1971
Seria: INŻYNIERIA SANITARNA z. 17 Nr kol. 305

Zenon Synoradzki, Tadeusz Darnikiewicz

PROBLEMY OCHRONY CZYSTOŚCI POWIETRZA NA TERENIE UPRZEMYSŁOWIONEGO SKUPISKA LUDNOŚCI

Wstęp

Środowisko człowieka ulega stałemu zanieczyszczaniu przez produkty przemiany organizmów żywych, a także przez stałe, ciekłe i gazowe odpady z działalności gospodarczej i przemysłowej człowieka. Wszystkie te produkty muszą być usunięte i unieszkodliwione nie tylko ze względów estetycznych, lecz przede wszystkim - sanitarnych, gdyż większość z nich stanowi potencjalne źródło zagrożenia zdrowia publicznego.

Dzięki naturalnym procesom przemiany materii występują w środowisku procesy samooczyszczania, doprowadzające do występowania naturalnej równowagi pomiędzy procesami będącymi źródłem substancji zanieczyszczających a procesami pobierającymi te substancje. W dużych skupiskach ludzkich, a więc w miastach, a tym bardziej - miastach uprzemysłowionych, łatwo dochodzi do naruszenia naturalnej równowagi, gdyż w wyniku działalności człowieka powstaje w jednostce czasu znacznie więcej składników zanieczyszczających, niż może ulec samooczyszczeniu. Zachwianie tej równowagi prowadzi do zmiany ogólnych własności środowiska, wyrażającej się cechami szkodliwymi dla człowieka.

Zanieczyszczenia powstające w wyniku funkcjonowania miasta zostają odprowadzone z miejsc ich powstawania do naturalnych odbiorników, którymi są: gleba i grunty, wody powierzchniowe i gruntowe oraz powietrze. Zorganizowanie odprowadzania i unieszkodliwiania udało się w zasadzie w pełni opanować w stosunku do odpadków stałych (śmieci) i odpadków ciekłych (ścieki miejskie i przemysłowe). Natomiast nie udało się jeszcze tego dokonać w stosunku do odpadków stałych i gazowych, dla których odbiornikiem jest powietrze, a więc dla pyłów i gazów.

Szkodliwość zanieczyszczeń powietrza

Szkodliwe oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na organizmy żywe (ludzi, zwierzęta, rośliny) jest faktem bezspornym i wielokrotnie udokumentowanym. Udowodnienie ujemnego wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowotność ludzi, na określonym terenie jest zagadnieniem skomplikowanym, gdyż zdrowie człowieka zależy od zespołu czynników takich, jak: wiek, warunki bytowe, charakter pracy zawodowej, indywidualna odporność organizmu oraz czynniki klimatyczne.

W atmosferze miast obok zanieczyszczeń gazowych występuje aerozol złożony z pyłów i silnie zdyspergowanych kropelek zanieczyszczeń ciekłych.

Zanieczyszczenia gazowe znajdujące się w atmosferze miejskiej wywierają nie tylko działanie drażniące, ale są również ogólnymi truciznami dla organizmu ludzkiego, przenikającymi przez drogi oddechowe do organizmu.

Pyły działają głównie na narządy oddechowe powodując ich różnorodne schorzenia. Szkodliwość pyłów zależy od składu chemicznego i stopnia rozdrobnienia. Przyjmuje się, że najbardziej niebezpieczne są pyły o wymiarach poniżej 5 mikronów, które przenikają wgłąb dróg oddechowych i docierają do pęcherzyków płucnych. Działanie składników ciekłych jest podobne do działania pyłów, jednakże substancje ciekłe reagują znacznie szybciej z tkankami organizmów żywych.

Działanie zanieczyszczeń gazowych na rośliny ujawnia się już przy stężeniach, które nie są jeszcze niebezpieczne dla organizmów ludzkich, powodując wyraźne uszkodzenia liści. Pyły osadzające się na powierzchni roślin powodują zatykanie por, przez co utrudniają prawidłową przemianę materii i wywołują objawy degeneracyjne w roślinach.

Aerozol miejski powoduje znaczne osłabienie światła słonecznego docierającego do powierzchni ziemi, a szczególnie jego zakresu ultrafioletowego, który, jak wiadomo, jest naturalnym źródłem witaminy D_3 u ludzi i zwierząt.

Zanieczyszczenia atmosfery wpływają niekorzystnie na klimat miast, powodując zwiększenie częstotliwości mgieł.

Źródła zanieczyszczeń powietrza

Miasto Gliwice jest typowym przykładem miejskiego skupiska ludności, silnie narażonego na oddziaływanie wielu zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego. Gliwice są usytuowane na zachodnim krańcu Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego i na północny wschód od Rybnickiego Okręgu Węglowego. Ponad połowę otoczenia miasta (od południowego zachodu do północnego wschodu) stanowią tereny rolnicze i lasy. Jak widać z tablicy 1 [6], około 70% wiatrów w Gliwicach wieje z tych kierunków. Od strony wschodniej, czyli z terenów najbardziej uprzemysłowionych, wieje jedynie ok. 6% wiatrów. Położenie miasta Gliwic jest pod tym względem korzystne, co predystynuje je do najczystszego miasta na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Z drugiej strony, położenie Gliwic w dolinie rzeki Kłodnicy warunkuje występowanie długich okresów ciszy, utrudniających naturalną wentylację miasta, zahamowaną dodatkowo przez zwartą zabudowę miejską i wysoki drzewostan.

Mieszkańcy Gliwic, szczególnie w warunkach słabych wiatrów, odczuwają dotkliwie działanie zanieczyszczeń powietrza. Źródła tych zanieczyszczeń znajdują się na obszarze miasta.

Tablica 1

Średnie udziały procentowe oraz średnie prędkości (m/sek) wiatrów z różnych kierunków w Gliwicach w okresie 1962-1967 r.

Kierunek	Udział procentowy	Prędkość
N	3 ± 1	1,9 ± 0,3
NE	8 ± 4	2,0 ± 0,3
E	6 ± 2	1,9 ± 0,3
SE	13 ± 4	2,1 ± 0,4
S	4 ± 2	1,8 ± 0,3
SW	15 ± 8	2,5 ± 0,2
W	15 ± 3	2,5 ± 0,1
NW	17 ± 7	2,6 ± 0,2
Cisze	15 ± 5	-

Głównymi źródłami zanieczyszczeń powietrza w miastach uprzemysłowionych są: przemysł, gospodarstwa domowe i środki komunikacyjne. Podstawowym procesem powodującym zanieczyszczanie powietrza jest spalanie paliw, związane z emisją do atmosfery znacznych ilości tlenku i dwutlenku węgla, dwutlenku siarki i pyłów zawierających popiół lotny sadzę i koksik. Poza tym z procesów spalania emitowane są różne produkty ciekłe złożone z substancji smolistych.

W Gliwicach zużycia węgla i koksu w rozbiciu na działy gospodarki narodowej jest następujące [6]:

Przemysł $20 \cdot 10^4$ t/rok, co stanowi ok. 59%
Ludność $9 \cdot 10^4$ t/rok, co stanowi ok. 26%
Inne instytucje $5 \cdot 10^4$ t/rok, co stanowi ok. 15%

Przyjmując, że zużywany węgiel zawiera 1,5% siarki ogólnej, z czego 80% stanowi tzw. "siarka palna",
spalany węgiel:
dla celów przemysłowych $20 \cdot 10^4$ t/rok daje ok. $4,8 \cdot 10^3$ t SO_2/rok
przez ludność i instyt. $14 \cdot 10^4$ t/rok daje ok. $3,4 \cdot 10^3$ t SO_2/rok
Odpowiada to łącznej emisji SO_2 na obszarze miasta rzędu $8,2 \cdot 10^3$ t/rok.

Przyjmując dalej, że ilość powstających pyłów lotnych wynosi ok. 4,5% ogólnej ilości zużywanego węgla, daje to odpowiednio:
z przemysłu $9 \cdot 10^3$ t pyłów/rok
z instytucji i ludności $6 \cdot 10^3$ t pyłów/rok

Samo zużycie węgla nie daje wystarczającego porównania udziałów przemysłu i ludności w procesie zanieczyszczania powietrza przez produkty spalania. Jak widać z tablicy 2, emisja pyłów w paleniskach domowych jest znacznie wyższa w porównaniu z paleniskami przemysłowymi. Pyły emitowane z palenisk domowych zawierają, w porównaniu z paleniskami przemysłowymi, wyższe udziały pyłów drobnych.

Tablica 2

Przeciętne warunki spalania węgla w paleniskach domowych i przemysłowych

Parametr	Paleniska	
	domowe	przemysłowe
Sprawność spalania	niska	wysoka
Prędkość spalin w kominie [m/sek]	1-2	8-35
Emisja pyłów (kg/t paliwa)	26	12
Stężenie pyłów w spalinach [g/m^3]	2,6	1,2
Udział substancji palnych w emitowanych pyłach [%]	80-90	2-50

Według oceny Powiatowej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Gliwicach [8], udział poszczególnych rodzajów źródeł w zanieczyszczeniu powietrza na terenie miasta jest następujący:

paleniska domowe	30%
kotłownie przemysłowe	40%
procesy technologiczne, trakcja kolejowa i samochodowa	30%

Do najważniejszych emitentów przemysłowych w Gliwicach należą: Zakłady Carbochem łącznie z koksownią i kopalnią Gliwice, Polskie Odczynniki Chemiczne, Kopalnia Sośnica, Zakłady Tworzyw Sztucznych, Zakłady Materiałów Ogniotrwałych, Huta 1-Maja oraz Huta Łabędy.

Stan czystości powietrza w Gliwicach

Warunkiem zwalczania zanieczyszczeń powietrza jest kontrola imisji. Pomiary takie są długotrwałe i wymagają zaangażowania znacznych środków technicznych i finansowych. W tablicy 3 zestawiono ważniejsze zanieczyszczenia emitowane do atmosfery na obszarze miasta Gliwic. Względy techniczne nie pozwalają na systematyczne śledzenie imisji wszystkich substancji obcych w powietrzu na terenie miasta. Kontrolę stanu czystości powietrza prowadzi się badając zanieczyszczenia charakterystyczne, to znaczy takie, które występują powszechnie na terenach miast i mają takie stężenia, że ich pomiary mogą być przeprowadzane z dostateczną dokładnością. Do zanie-

czyszczeń charakterystycznych zalicza się pyły, tlenki: węgla, azotu i siarki.

Tablica 3

Zestawienie ważniejszych zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery w Gliwicach

Źródła emisji	Rodzaje zanieczyszczenia
	1. Dwutlenek węgla (CO_2)
	2. Tlenek węgla (CO)
	3. Dwutlenek siarki (SO_2)
	4. Tlenki azotu (NxOy)
	5. Chlor (Cl_2)
	6. Pary rozpuszczalników
	7. Węglowodory
	8. Substancje smoliste
	9. Kwas siarkowy
	10. Popiół lotny
	11. Koksik
	12. Sadza
	13. Pył szamotowy
	14. Związki ołowiu
	15. Związki miedzi i cynku

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Spalanie paliw:															
gazowych	++	+	+	+					+	+		+			
ciekłych	++	++	+	++			+	++	+	+		++		++	
stałych	++	+	++	+			+	++	+	++	++	++			
Procesy metalurgiczne	++	+	++												++
Koksownictwo	++	++	+				++	++		+	++	+			
Produkcja kwasu siarkowego			++	++					++						
Produkcja sadzy aktywnej	+	+	+				++	++				++			
Produkcja odczynników				+	+	+			+						
Produkcja tworzyw sztucznych						++									
Produkcja materiałów ogniotrwałych	+	+	+							+	+		+		
Procesy wtórne w atmosferze					+			+	++						

W Gliwicach obiektem badań, prowadzonych od roku 1958 są pyły i dwutlenek siarki w powietrzu atmosferycznym. Celem tych badań jest śledzenie

poziomego rozkładu zanieczyszczeń na terenie miasta, zmienności stężeń w zależności od pory dnia i roku oraz zależności od warunków meteorologicznych.

Badania zapylenia powietrza prowadzone są przez władze sanitarne metodą sedymentacyjną, polegającą na ekspozycji słoi Wecka w ciągu miesiąca na badanym terenie. Wynikiem takiego pomiaru jest opad pyłu, czyli ilość pyłów opadających na jednostkę powierzchni terenu w określonym czasie. Wielkość opadu pyłu jest dodatnio skorelowana ze stężeniem pyłów w powietrzu nad badanym terenem [5]. Średnie wartości opadu pyłu w różnych miastach na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego przedstawiono w tablicy 4. Jak widać, pod względem opadu pyłu Gliwice w porównaniu z innymi

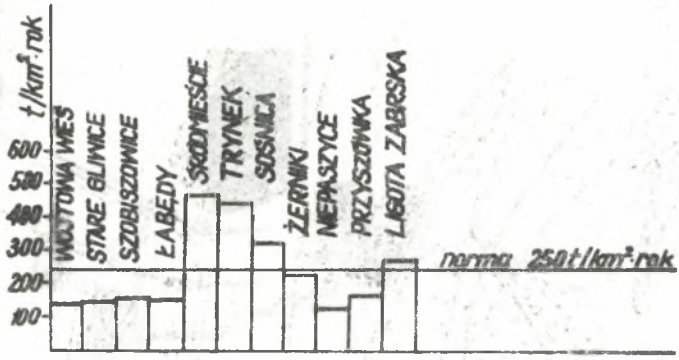
Tablica 4

Średni opad pyłu [t/km^2.rok] w latach 1967-1969 na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego

Lp.	Nazwa miasta	Rok		
		1967	1968	1969
1	Będzin	483	672	580
2	Bytom	698	799	741
3	Chorzów	669	769	606
4	Czeladź	331	393	501
5	Dąbrowa Górnicza	242	222	256
6	Gliwice	205	215	224
7	Katowice	381	347	400
8	Mysłowice	322	380	482
9	Ruda Śląska	422	461	536
10	Siemianowice	419	446	477
11	Sosnowiec	338	417	539
12	Świętochłowice	1278	832	750
13	Zabrze	440	463	390
	GOP	463	430	477

miastami na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego zajmują ostatnie miejsce, co stawia je w rzędzie najczystszych miast w tym okręgu. Średni opad pyłów w Gliwicach, nie przewyższa obowiązującej normy 250 t/km^2.rok [9], co pozornie świadczy o dobrych warunkach sanitarnych powietrza w tym mieście. Jednakże bardziej szczegółowe dane wykazują, że opad na terenie miasta Gliwic jest silnie zróżnicowany, Z wykresu, przedstawionego na rys. 1 widać, że na terenie miasta istnieją dzielnice, gdzie średni opad pyłów kształtuje się na poziomie charakterystycznym dla otoczenia Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego i wynoszącym ok. 100 t/km^2.rok. Dzielnice najgęściej zaludnione, położone w pobliżu centrum miasta wykazują opad

pyłów przekraczający do 1,8-krotnie wartość ustaloną przez normę dla obszarów chronionych.



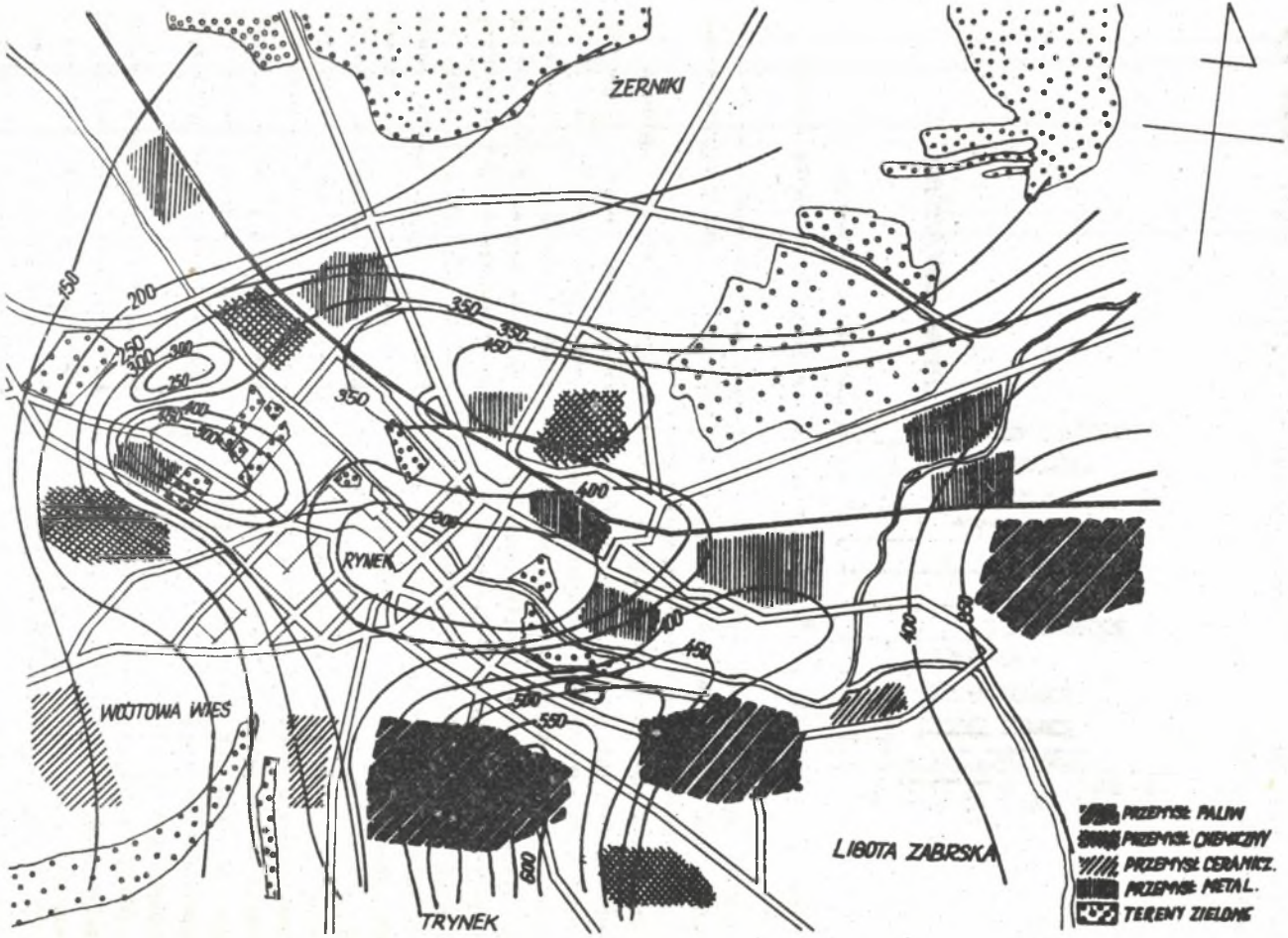
Rys. 1. Porównanie opadu pyłów w różnych dzielnicach miasta Gliwic

Poziomy rozkład opadu pyłu na terenie Gliwic przedstawiono na rys. 2. Przebieg izolinii opadu pyłów wyraźnie charakteryzuje zasięg wpływu przemysłowych źródeł emisji na zapylenie miasta.

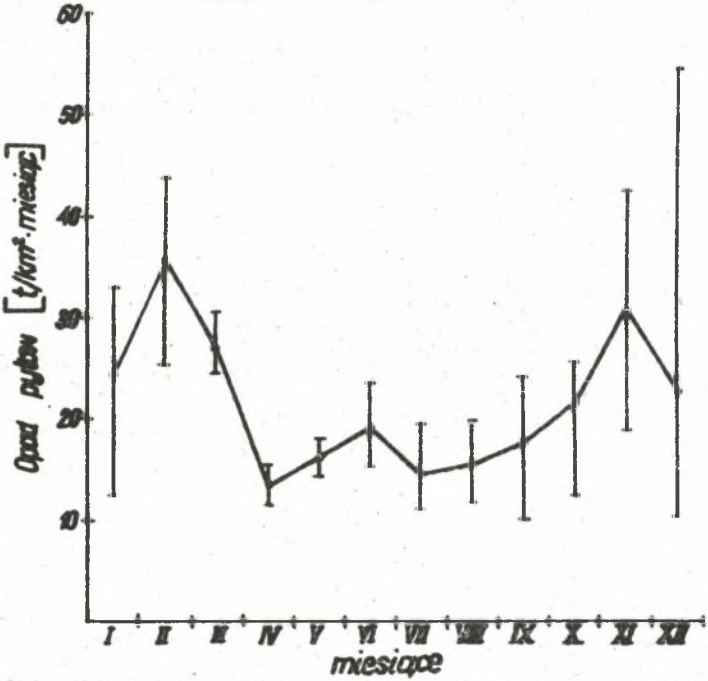
Zapylenie powietrza na terenach miejskich podlega silnym zmianom w przebiegu rocznym, związanym z nierównomiernym zużyciem paliw w ciągu roku oraz z rocznym cyklem zmienności warunków meteorologicznych. Na rys. 3 przedstawiono przykładowo cykl roczny opadu pyłów w punkcie pomiarowym przy ulicy Katowickiej w Gliwicach. Cykl ten posiada charakterystyczne maksimum w okresie jesienno-zimowym oraz minimum w okresie wiosenno-letnim. W innych dzielnicach Gliwic występują podobne cykle roczne opadu pyłu.

W tablicy 5 przedstawiono wyniki badań składu chemicznego pyłów, zebranych jako opad w punkcie pomiarowym przy ul. Katowickiej [6] w latach 1963 i 1964. Jak widać, zawartość popiołu w tych pyłach wynosi od 76% do 78%. Resztę - stratę prażenia stanowi, w granicach dokładności analiz, wolny węgiel (sadza). W cytowanych analizach nie oznaczono zawartości substancji smolistych w pyłach. Substancje te stanowią od 0,4% do 2% opadu pyłów na obszarach uprzemysłowionych [4]. Przyjmując średnią zawartość substancji smolistych w opadzie równą 1%, można oszacować, że opad tych substancji w Gliwicach jest rzędu 2 t/km^2.rok.

Charakterystyczny jest wysoki udział sadzy w części palnej opadu pyłów w Gliwicach. W tablicy 6 podano przegląd zawartości sadzy w części palnej opadu pyłów w niektórych miejscowościach położonych na terenie i w pobliżu Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego [13]. Okazuje się, że w miejscowościach posiadających przemysł koksochemiczny (Chorzów, Zabrze, Gliwice), obserwuje się zwiększoną zawartość sadzy w opadzie pyłu. Na terenie Gliwic poważnym emitentem sadzy są również Zakłady Chemiczne Carbochem. In-



Rys. 2. Przeciętny rozkład opadu pyłów [t/km^2 . rok] na obszarze miasta Gliwic



Rys. 3. Średni cykl roczny opadu pyłu w punkcie pomiarowym położonym przy ul. Katowickiej 5 w Gliwicach

Tablica 5

Skład chemiczny opadu pyłów w Gliwicach [13]

Składnik	Zawartość procentowa w próbce	
	1	2
Strata prażenia (850°C)	22,0	24,2
Wolny węgiel jako C	22,3	23,9
Popiół	78,0	75,2
w tym:		
Krzemionka jako SiO_2	39,2	43,7
Żelazo jako Fe_2O_3	19,0	17,4
Glin jako Al_2O_3	23,6	22,7
Wapń jako CaO	5,4	6,5
Magnez jako MgO	2,7	1,6
Siarka jako SO_3	5,4	4,0
Fosfor jako P_2O_5	1,8	1,4
reszta	2,9	2,7

nym ważnym źródłem sadzy są emisje z palenisk domowych. Wyniki licznych badań wskazują, że w paleniskach domowych sprawność spalania jest mała i w emisji występują znaczne ilości substancji palnych m.in. sadza. Wobec

małej prędkości spalin unos pyłów z takich palenisk, składa się prawie wyłącznie z małych ziarn. Wolny węgiel (sadza) występuje prawie wyłącznie w postaci ziarn wielkości podmikronowej. Dlatego też zawartość sadzy w emisjach z palenisk domowych jest znacznie wyższa niż w emisjach z kotłowni przemysłowych.

Tablica 6

Strata prażenia i zawartość sadzy w opadzie pyłu w niektórych miejscowościach w rejonie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego

Miejscowość	Strata prażenia %	Zawartość sadzy %	Udział sadzy w części palnej opadu pyłu %
Gliwice	23,1	23,1	100,0
Zabrze	28,9	28,4	98,2
Chorzów	29,3	28,5	97,3
Katowice	23,9	19,7	82,4
Kozłowa Góra	22,8	7,8	34,2
Goczałkowice	19,9	9,4	47,2

Tablica 7

Skład chemiczny opadu pyłu i aerozolu w Leicester w październiku 1938 r.

Składnik	Udział procentowy w	
	opadzie	aerozolu
Strata prażenia	31	75
w tym:		
Substancje smoliste	1	14
Inne substancje palne	30	71
Popiół	69	15

Opad pyłów przyjęty w wielu krajach m.in. w Polsce, za miarę zapylenia atmosfery nie stanowi wystarczającego kryterium oceny stopnia szkodliwości zanieczyszczonego pyłami powietrza. Obiektywną miarą jest stężenie pyłów w powietrzu, skład chemiczny pyłów oraz rozkład wielkości ziarn. W kraju, ze względu na brak wystarczającej ilości odpowiednich przyrządów, nie wykonuje się dotychczas obszernych i systematycznych pomiarów stężeń aerozolu i dlatego ocenę stopnia szkodliwości pyłów zawieszonych w stosunku do organizmów żywych ocenia się pośrednio - poprzez wielkość opadu pyłu.

Badania wykazały, że skład aerozolu różni się zasadniczo od składu opadu pyłu. Wobec braku danych krajowych na ten temat, trzeba opierać się

na wynikach badań przeprowadzonych w innych krajach. W tablicy 7 podano wyniki porównawcze oznaczeń składu chemicznego części palnej (straty prażenia) opadu pyłów i aerozolu w mieście Leicester [7]. Jak widać, zawartość substancji palnych i smolistych w opadzie jest zbliżona do wartości obserwowanych na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Natomiast zawartość substancji palnych była w aerozolu ponad 2-krotnie wyższa, a zawartość substancji smolistych była 14-krotnie wyższa w aerozolu w porównaniu z opadem pyłów. Można przypuszczać, że podobne zjawisko występuje również w Gliwicach. Budzi niepokój fakt, że sadza w aerozolu jest nośnikiem substancji smolistych, których wpływ na zachorowalność na różne postacie nowotorów jest udowodniony.

Miarą stopnia zanieczyszczenia powietrza substancjami gazowymi są stężenia dwutlenku siarki - zanieczyszczenia występującego powszechnie na obszarach gęsto zaludnionych i uprzemysłowionych. Dwutlenek siarki należy do gazów drażniących: wywiera również działanie ogólne na organizm ludzki poprzez obieg krwi, co prowadzi do zwiększenia zawartości hemoglobiny i liczby erytrocytów. Próg wyczuwalności zapachu SO_2 wynosi 8-13 mg/m^3 powietrza. Szkodliwe działanie na organizm człowieka dwutlenek siarki wywiera już przy stężeniach znacznie niższych. Dlatego też w myśl obowiązujących przepisów [9] maksymalne dopuszczalne stężenie tego gazu na terenach zamieszkałych (obszarach chronionych) wynosi 0,35 mg SO_2/m^3 w ciągu doby oraz jednorazowo w ciągu 20 minut na dobę 0,9 mg SO_2/m^3. Działanie dwutlenku siarki na rośliny występuje już przy stężeniach rzędu 0,2 mg/m^3 objawiając się obniżeniem poziomu fotosyntezy oraz uszkodzeniami liści.

Dwutlenek siarki ulega w atmosferze przemianom prowadzącym do powstawania trójtlenku siarki.

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

Reakcja ta, gdy zachodzi w fazie gazowej, jest procesem fotochemicznym [2, 3]. W atmosferze występują zawsze drobne kropelki wody (mgła). Na powierzchni kropelek mgły dwutlenek siarki ulega utlenieniu w fazie ciekłej. Czynnikiem przyspieszającym proces utlenienia jest obecność soli żelaza w aerozolu. Szybkość utlenienia dwutlenku siarki w fazie ciekłej zależy od pH roztworu. Najszybciej przebiega ten proces w środowisku alkalicznym lub obojętnym. W atmosferze czynnikami alkalizującymi fazę ciekłą aerozolu są niektóre składniki popiołu lotnego oraz gazowy amoniak. Dalsze przemiany dwutlenku siarki można z dużym uproszczeniem przedstawić w postaci reakcji

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

$$H_2SO_4 + 2NH_3 = (NH_4)_2\,SO_4$$

Obok siarczanu amonu powstają również siarczany metali ziem alkalicznych W atmosferze często występuje również wolny kwas siarkowy [14]. Przy temperaturach powietrza w pobliżu 20°C i umiarkowanej wilgotności względnej (50%). w stanie równowagi, stężenie kwasu siarkowego w aerozolu wynosi ok. 40%. Atmosferyczny dwutlenek siarki jest również istotnym składnikiem reakcji fotochemicznych przebiegających w powietrzu między węglowodorami pochodzącymi z emisji silników spalinowych. W wyniku tych reakcji powstaje aerozol koloru żółtego [10, 11, 12]. Proces ten odgrywa istotną rolę w zjawisku powstawania "smogu", które w niektórych wysokouprzemysłowionych rejonach i przy wysokim stopniu motoryzacji przybiera katastrofalne rozmiary.

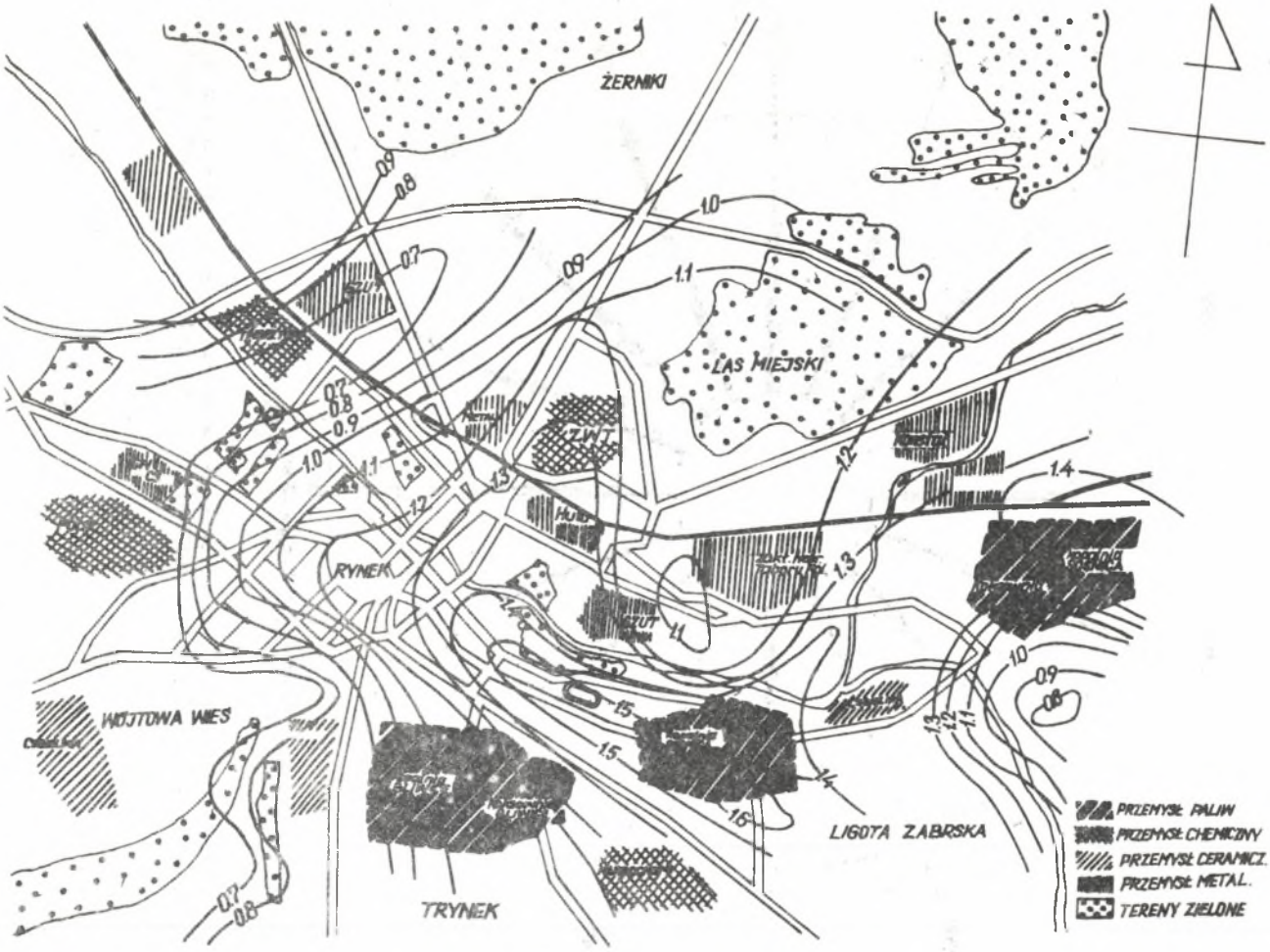
Atmosferyczny dwutlenek siarki ulega sorpcji na powierzchni gleby, roślin budynków, konstrukcji metalowych itp.

Systematyczne oznaczanie stężeń dwutlenku siarki w powietrzu wymaga stosowania specjalnej aparatury, dotychczas nieprodukowanej w kraju. Służba Sanitarno-Epidemiologiczna rozpoczęła od roku 1969 na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego pomiary stężeń dwutlenku siarki z poborem próbek metodą reprezentacyjną [1]. Kompleksowe opracowanie wyników tych badań nie zostało dotychczas opublikowane.

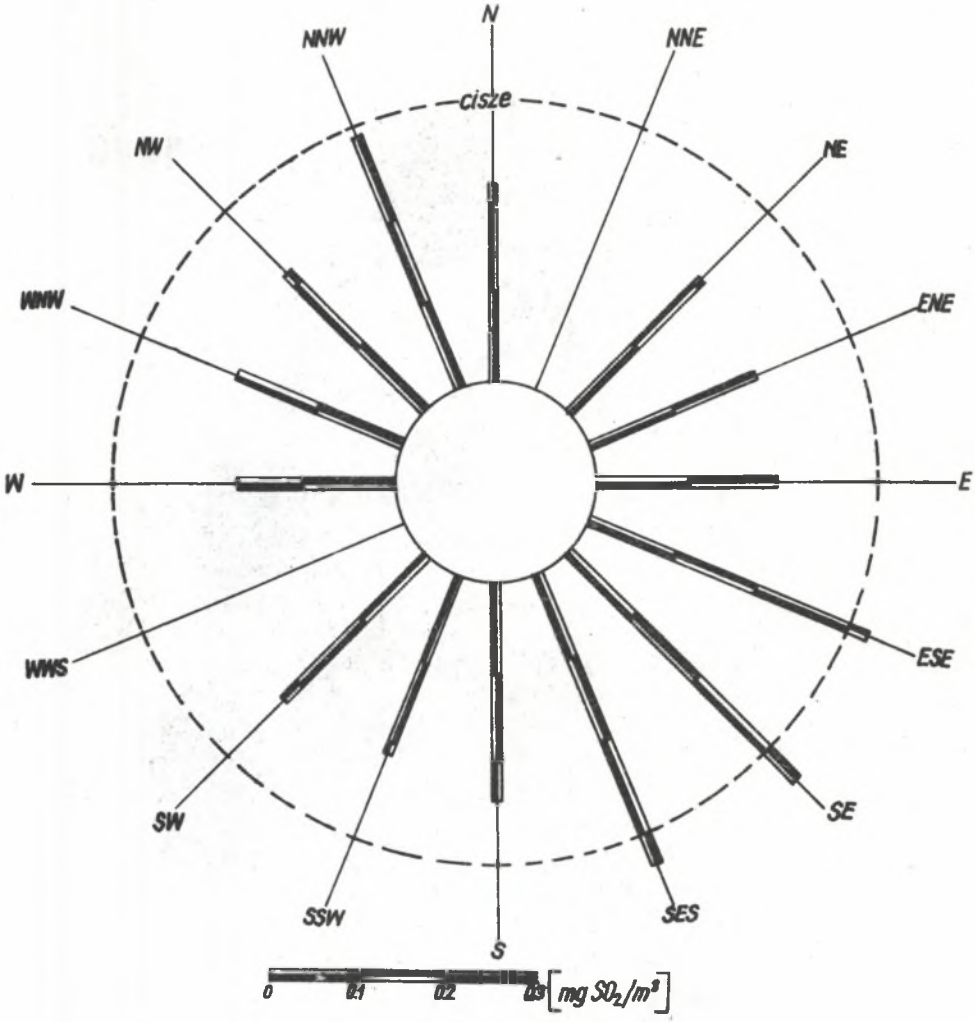
Pomiary poziomego rozkładu stężeń dwutlenku siarki prowadzi się dotychczas w skali masowej za pomocą metody kontaktowej, która polega na ekspozycji w badanym powietrzu substancji pochłaniającej dwutlenek siarki. Po okresie ekspozycji, trwającym około miesiąca, oznacza się ilość pochłoniętego SO_2. Otrzymany wynik odnosi się do powierzchni substancji pochłaniającej i jednostkowego czasu ekspozycji. Najczęściej stosowana jest metoda kontaktowa z dwutlenkiem ołowiu. Wyniki tych pomiarów wyraża się w mg SO_2/100 cm^2 PbO_2 i dobę. Przybliżone średnie stężenie dwutlenku siarki w powietrzu można, z wyników pomiarów metodą kontaktową, oszacować z przybliżonej zależności [15]:

$$\text{mg } SO_2/m^3 \sim 0{,}1 \text{ mg } SO_2/100 \text{ cm}^2 \text{ } PbO_2\text{.doba}$$

W tablicy 8 zestawiono średnie wskaźniki stężeń SO_2 w różnych miastach na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Jak widać z tych danych, Gliwice zajmują jedno z pierwszych miejsc wśród najbardziej zagrożonych dwutlenkiem siarki miast na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Poziomy rozkład stężeń dwutlenku siarki na obszarze miasta Gliwic przedstawiono na rys. 4. Poszczególne dzielnice miasta są w różnym stopniu obciążone dwutlenkiem siarki. Najwyższe stężenia tego gazu występują na linii wiatrów wiejących od głównych emitorów; to znaczy kompleksu zakładów: Carbochem, Koksowni i Kopalni Gliwice, Huty 1-Maja oraz Polskich Odczynników Chemicznych. Wpływ tych emitorów potwierdzają wyniki pomiarów stężeń dwutlenku siarki, zrealizowanych jeden raz na dobę w okresie od grudnia 1961 r. do czerwca 1963 r. przez Powiatową Stację Sanitarno-Epidemiologiczną



Rys. 4. Przeciętny rozkład stężeń dwutlenku siarki [mg/100 cm^2.doba] na terenie miasta Gliwic



Rys. 5. Średnie stężenie SO_2 w powietrzu atmosferycznym zmierzone w Gliwicach przy ul. Rugijskiej przedstawione w zależności od kierunku wiatru

Tablica 8

Średnie wskaźniki stężeń dwutlenku siarki [mg SO_2/100 cm^2 PbO_2.doba] w latach 1967-1969 na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego

Lp.	Nazwa miasta	Rok		
		1967	1968	1969
1	Będzin	0,81	1,33	1,10
2	Bytom	1,40	1,44	1,44
3	Chorzów	2,48	1,57	1,61
4	Czeladź	0,84	0,97	1,05
5	Dąbrowa Górnicza	1,31	1,01	0,84
6	Gliwice	1,29	1,22	1,55
7	Katowice	1,42	1,35	1,42
8	Mysłowice	0,82	0,85	0,94
9	Ruda Śląska	1,72	1,33	1,32
10	Siemianowice	1,38	1,61	1,59
11	Sosnowiec	0,82	0,76	1,03
12	Świętochłowice	1,61	2,02	2,15
13	Zabrze	1,31	1,02	1,52
	GOP	1,30	1,25	1,32

w Gliwicach |8|. Wyniki tych pomiarów przedstawiono graficznie na rys. 5. jako funkcję kierunku wiatru, występującego w czasie poboru próbek powietrza. Z pomiarów tych wynika, że najwyższe stężenia występowały w czasie cisz oraz przy wiatrach z oktantu południowo-wschodniego, co wskazuje na dominujący wpływ zabudowy miejskiej oraz emitorów przemysłowych położonych w kierunku południowo-wschodnim od śródmieścia, na poziom stężeń dwutlenku siarki w atmosferze centralnych dzielnic miasta Gliwic.

Zalecenia dla poprawy stanu czystości powietrza

Istniejący stan czystości powietrza w Gliwicach jest niezadowalający. Dalszy wzrost zaludnienia, rozwój przemysłu i motoryzacji w mieście będzie związany z wzrostem emisji zanieczyszczeń powietrza. Rozwiązanie problemów czystości powietrza możliwe jest na drodze kompleksowego działania polegającego na ograniczeniu emisji zanieczyszczeń poprzez: instalowanie urządzeń odpylających w zakładach przemysłowych, rozwój centralnego ciepłownictwa w gospodarce komunalnej oraz ograniczeniu stosowania paliw o wysokiej zawartości siarki. Szczególnie ważne znaczenie posiada zastosowanie paliwa gazowego do procesów przemysłowych, co umożliwi radykalne zmniejszenie emisji popiołu lotnego. Paliwa gazowe można na drodze prostych operacji pozbawić zawartości siarki, zmniejszając w ten sposób emisję dwutlenku siarki do atmosfery. Drugi kierunek poprawy czystości powietrza po-

lega na poprawie niekorzystnych warunków naturalnej wentylacji miasta. Wymaga to przeprowadzenia rekonstrukcji starej, zwartej zabudowy miejskiej i budowy obwodnic miejskich dla skierowania znacznej części trakcji samochodowej poza dzielnice mieszkaniowe. Konieczna jest również całkowita elektryfikacja stacji towarowej PKP Gliwice, która jest bardzo uciążliwym źródłem zanieczyszczeń, usytuowanym w centrum miasta.

LITERATURA

[1] CIMANDER B., K. GRZYBOWSKI: Biul. SSE woj. katowickiego 2,113,1969.

[2] GERHARD E.R., JOHNSTONE H.F.: Ind Eng. Chem. 47, 972, 1955.

[3] GERHARD E.R.: Thesis Enginnering Sta.Univer. of Illinois oct. 1953.

[4] GRZYBOWSKI K. Biul. SSE woj. katowickiego X, 133, 1966.

[5] JUST I., S. MAZIARKA, H. WYSZYŃSKA: Roczniki PZH 6, 641, 1968.

[6] PALUCH J., Z. SYNORADZKI, T. DARNIKIEWICZ, K. NESTOROWICZ: Studium nad stanem czystości powietrza na terenie dzielnicy akademickiej Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Gliwice 1968 r. Praca nieopublikowana. Archiwum Katedry Ogrzewnictwa i Ochrony Atmosfery Politechniki Śląskiej.

[7] Praca zbiorowa: Atmospheric Pollution in Leicester, a scientific survey - Department of Scientific and Industrial Research. Atmospheric Pollution Research. Techn. Paper No.1, London 1945 reprinted 1956,

[8] Prezydium MRN w Gliwicach. Materiały dotyczące ochrony wód i powietrza atmosferycznego na terenie miasta Gliwic. Gliwice wrzesień 1970

[9] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 13 września 1966 r. w sprawie dopuszczalnych stężeń substancji w powietrzu atmosferycznym. Dziennik Ustaw 42, 1966.

[10] RENZETTI N.A., DOYLE G.I.: J. Air Poll. Contr. Assoc. 8, 293, 1953.

[11] SCHUCK E.A., FORD N.W., STEPHENS E.R.: Rept. 26, Air Poll. Found.San Marino (Cf) 1958.

[12] SCHUCK E.A., DOYLE C.J.: Rept. 29 Air Poll. Found San Marino (Cf) 1959.

[13] SYNORADZKI Z.: Studia nad niektórymi składnikami zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego i ich wytrącaniem przez opady na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, Gliwice 1967. Praca nieopublikowana. Maszynopis w Bibliotece Głównej Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

[14] WALLER R.E.: Int. J. Air Water Poll., 7, 773, 1963.

[15] WŁODARSKA Z.: Biul. SSE woj. katowickiego 4, 9, 1964.

S t r e s z c z e n i e

Omówiono podstawowe problemy związane z ochroną czystości powietrza na terenie uprzemysłowionego, wielkoprzemysłowego skupiska ludności. Miasto Gliwice posiada jeden z niższych wskaźników zanieczyszczenia powietrza wśród miast na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Mimo to obecny stan czystości powietrza na terenie tego miasta budzi obawy. Istnieje potrzeba kompleksowego ograniczenia emisji zanieczyszczeń na terenie tego miasta.

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ЧИСТОТЫ ВОЗДУХА
В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАСЕЛЁННЫХ РАЙОНАХ

Р е з ю м е

В статье обсуждены основные проблемы, связанные с защитой чистоты воздуха в крупнопромышленных заселённых районах. Город Гливице имеет один из более низких показателей загрязнения воздуха среди городов Верхнесилезского промышленного округа. Несмотря на это состояние чистоты воздуха в этом городе вызывает опасения. Существует необходимость комплексного ограничения эмиссии загрязнений на территории этого города.

PROBLEMS CONCERNING THE PROTECTION OF THE PURITY OF AIR IN
INDUSTRIAL AREAS WITH A DENSE POPULATION

S u m m a r y

The article discusses some fundamental problems of air pollution control in densely populated, industrialized areas. The city of Gliwice displays one of the lowest air pollution indices of all the towns of the Upper Silesian Industrial District. In spite of that actual air pollution is rather alarming. It is necessary, therefore, to reduce in bulk the emission of air contaminants within the boundaries of this city.