

ANNALES  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN—POLONIA

VOL. VIII, 5

SECTIO B

1953

---

Zakład Meteorologii i Klimatologii U. M. C. S.  
Kierownik: z. prof. dr Włodzimierz Zinkiewicz

Mieczysław KLUGE

**Zapylenie atmosfery w Lublinie**

(na podstawie obserwacji przeprowadzonych w roku 1953)

**Запыленность воздуха в Люблине**

(на основании наблюдений произведенных в 1953 году)

**Air Dustiness at Lublin**

(on the basis of observations conducted in 1953)

**Wstęp**

Źródłem zapylenia atmosfery są paleniska czy to fabryczne czy mieszkalne, czy też środków komunikacji, procesy wietrzenia i związanej z tym erozji eolicznej gleb, zjawiska plutoniczne (wybuchy wulkanów i trzęsienia ziemi), zjawiska natury kosmicznej, procesy starcia różnych materiałów przy produkcji, podczas ich używania, zjawiska natury biochemicznych i biologicznych procesów itp. Na stan czystości powietrza miejskiego mają poza tym wpływ inne czynniki o charakterze lokalnym: położenie miasta i innych większych osiedli, gęstość zabudowań i zaludnienia, szerokość ulic, rodzaj nawierzchni, ruch uliczny, stan sanitarny, stan zadrzewienia itd. Obserwacje wykazały, że wraz z rozwojem i uprzemysłowieniem miast zapylenie atmosfery stale wzrasta.

Problem zapylenia posiada szczególne znaczenie przy rozpatrywaniu składu atmosfery nad dużymi miastami, w których spędza życie znaczny procent ludności globu ziemskiego. W odróżnieniu od miast, tereny pozamiejskie są znacznie mniej zanieczyszczone przez pyły (11, 13, 15, 16, 17, 19, 24, 25, 26, 29, 30).

1. Powietrze nad miastami zanieczyszczone jest najrozmaitszymi składnikami w ilościach niejednokrotnie szkodliwych dla zdrowia człowieka. Działanie pyłów na organizm człowieka prowadzi do procesów zapalnych gruczołów chłonnych, do powstawania nieżytów, włóknienia tkanki płucnej itp. Szkodliwość zapylenia przejawia się także w działaniu na spojówkę oka. Pyły działają także ujemnie na zdrowie człowieka przez wywoływanie szkodliwych zmian fizycznych w atmosferze, np. absorbują znaczną część promieniowania słonecznego, sprzyjają powstawaniu mgieł itp. (1, 11, 20, 32).

2. Znaczne ilości cząstek zanieczyszczających powietrze nad miastami powodują absorpcję promieni słonecznych w granicach ultrafioletu, co m. in. może być przyczyną rozwoju krzywicy u dzieci.

3. Zadymienie powietrza miast, stwarzając niepotrzebne straty wartościowego promieniowania słonecznego, powoduje znacznie zwiększone zużycie energii elektrycznej na oświetlenie.

4. Zanieczyszczenie atmosfery miast zmienia w znacznym stopniu jonizację powietrza miejskiego na niekorzyść, przez zwiększenie dodatnich, ciężkich jonów, szczególnie jonów metali, co wpływa ujemnie na zdrowie człowieka (29).

5. Wobec znacznych zanieczyszczeń powietrza miejskiego istnieją warunki sprzyjające powstawaniu lokalnych mgieł a nawet opadów (1, 13, 24, 25).

6. Pod wpływem zawieszonych w powietrzu stałych domieszek znacznie szybciej ulegają zniszczeniu wszelkiego rodzaju maszyny i narzędzia, na które pył działa czy to chemicznie, czy też powodując porysowanie ich powierzchni (7). Pył przyczynia się do znacznych szkód w komunikacji, np. w telekomunikacji.

7. Pył przenika do wnętrz budynków i jest bardzo niepożądany, a w niektórych przypadkach wręcz szkodliwy, jak np. na salach operacyjnych, w wytwórniach szczepionek, fabrykach optycznych, maszyn precyzyjnych, materiałów fotograficznych itp. (7).

8. Zanieczyszczenie powietrza współczesnych miast przemysłowych osiąga znaczne rozmiary, co utrudnia życie roślinności miejskiej. Niektóre składniki dymów fabrycznych (wyziewy siarczane, siarkowodór, metale ciężkie itp.) uniemożliwiają wprost rozwój roślinności. Np. w pobliżu hut cynku na Śląsku.

9. Zapylenie zmienia warunki termiczne w atmosferze miejskiej; pyły przeciwstawiają się wypromieniowaniu ciepłemu z dolnych partii

atmosfery. W związku z tym w miastach inaczej przebiegają procesy topnienia śniegu, na co niemały wpływ ma zmiana albedo pokrywy śnieżnej na skutek zanieczyszczenia przez pyły. Miasta uprzywilejowane są także co do zmniejszonej ilości dni mroźnych i dni z przymrozkami (13, 25).

10. W dymach fabrycznych i kurzu, który powstaje pod wpływem roztarcia podczas niektórych procesów technologicznych, „ucieka“ w powietrze znaczna ilość wartościowych składników.

11. Zanieczyszczenie powietrza jest głównym czynnikiem powodującym proces powstawania tzw. światła rozproszonego na skutek odbijania i uginania promieni słonecznych przez składniki zawieszone w powietrzu; szczególne natężenie tego procesu występuje w miastach.

12. Wreszcie stan zapylenia atmosfery miejskiej i powstałe w związku z tym całuny mgły itp. wpływają bez wątpienia na psychikę i samopoczucie człowieka.

Z przykładów podanych powyżej wyraźnie widzimy szkodliwy wpływ jaki wywierają znaczne ilości pyłów w atmosferze. Ochrona czystości powietrza miejskiego jest wobec tego jednym z ważnych zadań higieny, planowania i budowy miast. W rozwiązaniu tego zadania powinni być zainteresowani higieniści, urbaniści, projektanci przedsiębiorstw przemysłowych, lotnisk, terenów zielonych itp. Zagadnieniem tym nie mniej powinni być zainteresowani klimatolodzy i meteorolodzy, szczególnie ci, którzy zajmują się klimatem lokalnym miast oraz pracują w służbie synoptycznej.

Człowiek od dawna starał się przeciwdziałać szkodliwemu wpływowi zapylenia przez stosowanie czy to specjalnych urządzeń, czy zarzewienia.

Przeciwdziałać zapyleniu możemy przez:

a) zapobieganie rozprzestrzenianiu się pyłów u źródła ich powstania.

b) stosowanie środków zmniejszających istniejące już zapylenie.

Wśród metod pozwalających na zapobieganie rozprzestrzenieniu się pyłów u źródła ich powstania należałoby jako najważniejsze wymienić: 1) odprowadzanie dymów pod ciśnieniem do rzek czy też innych zbiorników wodnych, co jednak z drugiej strony spowodować może zabójcze rezultaty dla flory i fauny wodnej. 2) Przepuszczanie przez filtry kominowe, które jednocześnie pozwalają na zatrzymanie niektórych cennych składników dymów. 3) Inne metody polegają na

wytrącaniu pyłu przy zastosowaniu specjalnych zastawek na drodze strumienia dymu. 4) Metody elektrostatyczne polegają na elektrycznym naładowaniu zawieszin i osadzaniu tych zawieszin na elektrodzie o znaku przeciwnym. 5) Przez wykorzystanie właściwości fal ultradźwiękowych, można powodować skupianie się cząstek pod wpływem fal dźwiękowych o wysokiej częstotliwości i dużym natężeniu, itd. (7, 22, 23, 26, 29).

Należałoby na tym miejscu wymienić także tak proste ale jednocześnie dosyć skuteczne metody jak: stosowanie odpowiedniego materiału opałowego, odpowiednią budowę palenisk i umiejętne spalanie. Ideałem byłoby przejście na elektryczność i gaz.

Istniejące już zapylenie można w pewnym stopniu zmniejszyć przez zakładanie parków, ogrodów, polewanie ulic, a nawet stosowanie sztucznego opadu nad miastem, który doskonale oczyszczałby atmosferę ze szkodliwych zawieszin. Należy zaznaczyć, że w ZSRR z powodzeniem stosowane są już metody wywoływania sztucznych opadów, na razie przede wszystkim jednak w gospodarce rolnej.

Wraz z rozwojem miast i przemysłu problem zapylenia zaczął interesować ludzi z punktu widzenia jego niekorzystnego wpływu na organizm ludzki.

Walka z zapyleniem i dymem najwcześniej (XIX wiek) rozpoczyna się w Anglii, co jest zrozumiałe ze względu na intensywny rozwój przemysłu w tym kraju. W roku 1922 B e s s o n w Paryżu zwraca uwagę na znacznie zmniejszone wartości promieniowania słonecznego w mieście w porównaniu do okolic przyległych. W wielu krajach powstają specjalne ustawy, regulujące sposoby palenia, budowy palenisk, stosowania urządzeń ochronnych itp. (6, 7, 12, 21, 29).

W Polsce problem ten poruszany jest w literaturze już w drugiej połowie XIX wieku. S ł a w i k o w s k i opisuje w 1862 roku „Aeroskop — przyrząd do badania pyłów zawieszonych w powietrzu“, S t r z e l e c k i w Pamiętnikach Akademii Umiejętności w Krakowie w 1874 roku zamieszcza artykuł „O czystości powietrza“, jak podaje G ą d z i k i e w i c z (9). Lata 20-te i 30-te XX wieku przynoszą szereg artykułów z tej dziedziny, które informują o metodach badawczych a także o badaniach w konkretnych punktach naszego kraju. I tak, opisy przyrządów do badania zapylenia w atmosferze przynoszą prace: B e d n a r s k i e g o (2, 3), B o g u s z e w s k i e j (4), J a r a n o w s k i e j (10). Badaniem zapyłonej atmosfery zajmowali się:

Nowakowski, Boguszevska, Szniolis i Just w Warszawie (16, 17, 30), Napielski w Dąbrowie Górniczej (15), Bednarski w Zawierciu (2), Jaranowska w Krakowie i na Pomorzu (10), Rodewald w Łodzi (19). Opisy przyrządów i metody badawcze zamieszczają także Ciubra (7), i Gądzikiewicz (9). W literaturze obcej spotykamy się z tym zagadnieniem w licznych pracach. Dla przykładu przytoczę obszernie opracowania Gaiworońskiego i Awierkiewa (8), Kratzera (13), Pfaffa (18), Stoye (28) i Szelihowskiego (29). Artykuły popularne i popularno-naukowe zamieszczają: Jaranowska (11), Safarewicz (24), Sikorski (26) i inni.

Poza tym Bonasewicz (5), Kreutz i Jurek (14), Stenz (27), Tokarski (31) i Zinkiewicz (33) opisują ciekawe zjawiska znacznego zmętnienia atmosfery wskutek napływu mas powietrznych o dużym zapyleniu, pochodzącego z terenów gdzie silnie zaznacza się erozja eoliczna.

Jak widać z powyższego przeglądu literatury dotychczasowe prace, w szczególności w polskiej literaturze naukowej, w większości przypadków traktowały zagadnienie raczej fragmentarycznie i opracowywały go z punktu widzenia higieny i medycyny. Ostatnia wojna zahamowała dalszy rozwój prac z tej dziedziny. Obecnie, w związku ze znacznym wzrostem uprzemysłowienia w naszym kraju, staje się szczególnie aktualne zagadnienie zapylenia i zwalczania pyłu. Do poznania całokształtu tego problemu możemy dojść jedynie przez coraz szerzej zorganizowane obserwacje i szukanie zależności jakie mogą wynikać w różnych warunkach pogody między zapyleniem a elementami meteorologicznymi.

### Cel badań

Celem niniejszej pracy było poznanie stosunków zapylenia powietrza w Lublinie, oraz próba wykrycia korelacji pomiędzy stanem zapylenia atmosfery a elementami meteorologicznymi.

Dotychczas w literaturze polskiej zagadnienie to nie było poruszone, poza krótkimi wzmiankami w pracach Bednarskiego (1, 2) i Jaranowskiej (10), gdzie autorzy przy wartościach charakteryzujących zapylenie podają także dane liczbowe: ciśnienia, temperatury, wilgotności względnej i prędkości wiatru oraz podają



krótki opis ogólnego stanu pogody. W wartościach tych jednak trudno doszukać się zależności, ponieważ obserwacje nie czynione były codziennie przez dłuższy okres czasu, a o ile była przeprowadzana seria obserwacji codziennych to bądź w różnych godzinach, bądź też w różnych miejscach danej miejscowości.

### Metoda badań

Obserwacje zapylenia przeprowadzano na przestrzeni jednego roku (1.I.1953—31.XII.1953 r.), codziennie, o godz. 12.30, tj. podczas południowych odczytów, na terenie stacji meteorologicznej UMCS przy pl. J. Stalina, co miało na celu łatwiejsze porównanie zapylenia ze wskazaniami przyrządów. Obserwacji dokonywano pyłomierzem Owensa, opartym na zasadzie rzutowo-kondensacyjnej. Pomiary przeprowadzane były na wysokości 1 m nad gruntem.

Pyłomierz Owensa posiada trzy części składowe: pompkę ssącą, rurę metalową i kamerę, w której umieszcza się szkiełko nakrywkowe. Wnętrze rury metalowej wyłożone jest zwilżoną bibułą. Pojemność komory tłokowej wynosi 89,42 cm<sup>3</sup>.

Ruch tłoka pompki powoduje przepływ powietrza przez rurę metalową, które jednocześnie zostaje nasycone parą wodną z powierzchni wilgotnej bibuły. Zwilżone powietrze wraz z pyłem przechodzi przez wąską szczelinę znajdującą się w kamerze. Po przejściu przez szczelinę powietrze gwałtownie rozrzedza się, co sprzyja kondensacji pary wodnej, która wraz z pyłami osadza się na szkiełku nakrywkowym. Po wyparowaniu wody pyły pozostają na szkiełku w postaci wąskiej smużki.

Pyłki liczymy pod mikroskopem, w okularze którego znajduje się kratkowana podziałka (1 cm<sup>2</sup> podzielony na 100 mm<sup>2</sup>). Przy jej pomocy mierzymy długość smużki pyłu przy 150-krotnym mikroskopowym powiększeniu. Następnie obliczamy pyły pod powiększeniem 900-krotnym, w kilku poszczególnych półkach, w linii poprzecznej smużki. Mając poszczególne wartości, wyliczamy średnią, a chcąc obliczyć ilość pyłków w 1 cm<sup>3</sup> badanego powietrza, stosujemy nast. wzór:

$$\frac{N \cdot S}{C}$$

gdzie: N — średnia arytmetyczna z ilości pyłków,

S — ilość pólek wzdłuż smugi pyłu,

C — ilość cm<sup>3</sup> powietrza przepuszczonych przez aparat.

Bliższe szczegóły odnośnie opisu pyłomierza i metody znajdzie zainteresowany w pracach: Bednarskiego (2, 3), Boguszevskiej (4), Gądzikiewicza (9) i Jaranowskiej (10).

Mając wartości zapylenia atmosfery wyliczone dla okresu całego roku, dla tej samej godziny i tego samego miejsca obserwacji, oraz posiadając wartości elementów meteorologicznych, można przystępować do analizy materiału.

Szukano zależności między zapyleniem a wilgotnością względną, kierunkiem i szybkością wiatru oraz widocznością, jako tymi elementami, z którymi zapylenie pozostaje w związku. Przeprowadzono także próbę korelacji między zapyleniem a ciśnieniem atmosferycznym.

Przy rozpatrywaniu zależności: zapylenie — wilgotność względna — zastosowano metodę sum konsekwentnych, biorąc pod uwagę średnie 5-cio dniowe dla całego roku. Pozwoliło to na wyeliminowanie zmian dobowych i uzyskanie krzywych o bardziej wyrównanym przebiegu. Nadto wyliczono współczynniki korelacji Pearsona dla tych elementów, stosując wzór:

$$r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{\Sigma x^2 \cdot \Sigma y^2}}$$

gdzie:  $\Sigma xy$  — suma iloczynów odchyleń  $x$  i  $y$  od średniej arytm.  
 $\Sigma x^2$  — suma kwadratów odchyleń  $x$  od średniej arytmetycznej,  
 $\Sigma y^2$  — suma kwadratów odchyleń  $y$  od średniej arytmetycznej.

Próba znalezienia korelacji pomiędzy zmianami zapylenia a zmianami kierunku i szybkości wiatru oparta była na metodzie diagramów, wyrażających zależność zapylenia od kierunku wiatru, na metodzie izoplei oraz na średnich pentadowych dla wybranych miesięcy.

Próba zbadania relacji pomiędzy zapyleniem a widocznością oparta została na wyliczeniu zależności pomiędzy zapyleniem, widocznością i niedosytem wilgotności według następującego równania:

$$A = \frac{z \cdot w}{(E - e)^{\frac{2}{3}}}$$

gdzie:  $z$  — zapylenie na 1 cm<sup>3</sup> powietrza,  
 $w$  — widoczność w km,  
 $(E - e)$  — niedosyt wilgotności.

Zależność między zapyleniem powietrza a ciśnieniem atmosferycznym wyrażono graficznie, biorąc pod uwagę średnie miesięczne wartości tych elementów.

Poza tym przeprowadzono w ciągu 6-ciu dni pomiary zapylenia w przebiegu całego dnia, co godzinę (od 6.30 do 20.30) oraz analizę zapylenia w trzech profilach poziomych, w różnych punktach miasta, po dwa razy w każdym profilu, o jednakowej godzinie.

W przeciągu jednego tygodnia przeprowadzono także pomiary zapylenia w profilu pionowym, o jednej godzinie, mianowicie, na poziomie klatek meteorologicznych i na poziomie wieży obserwacyjnej. Różnica poziomów pomiędzy tymi punktami pionowymi wynosiła 20 m.

### **Położenie Lublina i plan miasta**

Lublin leży w dolinie Bystrzycy u zbiegu dwóch dopływów: Czechówki i Czerniejówki. Lokalne stosunki hydrograficzne, podmokła dna dolin rozdzielone wyniesionymi, naturalnymi groblami, zdecydowały o tym, że ważniejsze arterie miejskie przebiegają zgodnie z osiami wzniesionych partii terenu. Główna ulica miasta Krakowskie Przedmieście ma ogólny kierunek WNW — ESE. Położenie Lublina i jego plan mają pewien związek z wielkością zapylenia oraz z jego rozkładem przestrzennym. Na podstawie wieloletnich obserwacji stwierdzono, że wiatry nad Lublinem mają największą częstotliwość z kierunków: W i SW. Wobec tego zachodnie dzielnice miasta mają zmniejszone wartości zapylenia pochodzenia lokalnego, ponieważ zachodzi wywiewanie pyłów od tej strony, choć należy się liczyć niekiedy z pyłami nawianymi. Wschodnie dzielnice miasta narażone są w znacznie większym stopniu na zapylenie miejscowe, miejskie a nad to wiatry z kierunków E, jako kontynentalne, niosą dużą ilość pyłu, który zostaje częściowo zatrzymany na barierze, jaką stanowi miasto.

### **Zmiany zapylenia w ciągu roku**

Średnia roczna zapylenia w Lublinie wynosi 66,34 cząstek pyłu na  $1 \text{ cm}^3$ ).

---

<sup>1)</sup> Dane liczbowe, jak i wnioski dotyczące zapylenia powietrza w Lublinie odnoszą się do stosunków panujących na terenie pl. J. Stalina.

Dla przykładu średnie wielkości zapylenia w innych miastach Europy przedstawiają się następująco: Mentone (Francja) — 2.700, Potsdam (Niem.) — 22.500,



Tabl. 1.

Średnie miesięczne wartości zapylenia powietrza w Lublinie w 1953 r.  
Monthly average values of air dustiness at Lublin, 1953

I	II	III	IV	V	VI
99,89	81,31	71,09	68,52	54,51	44,38

VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
39,96	32,26	53,57	61,16	75,49	113,98	66,34

Tabl. 2.

Średnie zapylenie atmosfery Lublina dla pór roku (1953).  
(wyliczenia % w stosunku do średniej rocznej)  
Seasonal average air dustiness at Lublin, 1953  
(in percents in relation to the yearly mean).

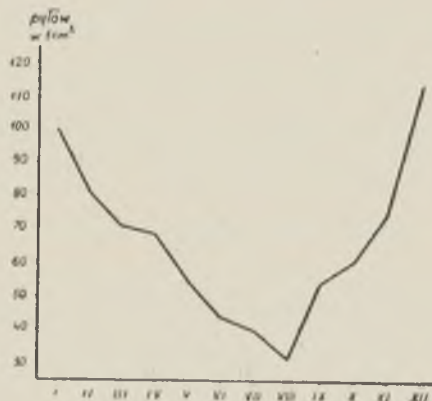
XII — II	III — V	VI — VIII	IX — XI
98,39	64,70	38,87	63,40
148,3 %	97,5 %	58,6 %	95,6 %

Maksymalne zapylenie wystąpiło w grudniu, minimalne w sierpniu (Tabl. 1 i 2). Powietrze nad Lublinem było w grudniu przeszło 3,5 razy więcej zanieczyszczone pyłami: aniżeli w sierpniu (ryc. 1)

Charakter zmian zapylenia w każdym miesiącu wyraża częstotliwość występowania wielkości zapylenia w przyjętych przedziałach (Tabl. I). Na przestrzeni roku największą częstotliwość miało zapylenie w przedziale 40—50 cząstek pyłu na 1 cm<sup>3</sup>. Jest godne podkreślenia, że w przeciągu roku we wszystkich miesiącach reprezentowana była częstotliwość jedynie w granicach od 40 do 70. Wielkość zapylenia, wyrażona w pozostałych przedziałach, nie miała ciągłości w obrębie roku.

Kiel (Niem.) — 40.200, Frankfurt n. M. — 67.300. Przytoczone liczby nie mogą być porównywalne z wartością średnią zapylenia w Lublinie ze względu na różnice metod pomiarowych i niejednakowe przyrządy używane do pomiarów.

W styczniu (1953) maksymalną częstotliwość (19,4%) miało zapylenie w granicach 50—60. W związku z dużą wartością zapylenia w tym miesiącu, w stosunku do sumy rocznej, częstotliwość wahań wielkości zapylenia powietrza odznaczała się też dość znacznym zróżnicowaniem (od 30 do 190 cząstek pyłu na 1 cm<sup>3</sup>).



Ryc. 1.

Przebieg roczny zapylenia powietrza w Lublinie w 1953 r.  
Annual course of dustiness at Lublin, 1953.

Luty miał znacznie mniejszą rozpiętość wahań (40—130), a największa częstotliwość (28,6%) przypadła w przedziale 80—90. Analogiczna sytuacja wystąpiła w marcu, gdyż i tutaj maksymalna częstotliwość (25,8%) objęła granice 80—90. Dalsze miesiące wiosenne i letnie można scharakteryzować stopniowo zewężaniem granic rozpiętości wahań, z równoczesnym poważnym powiększeniem częstotliwości występowania wyłącznie małych liczb cząstek pyłu, przypadających na 1 cm<sup>3</sup> (IV maks. częstotliwości 30,0% w przedziale 70—80; V — 32,3% — 50—60; VI — 43,3% — 40—50).

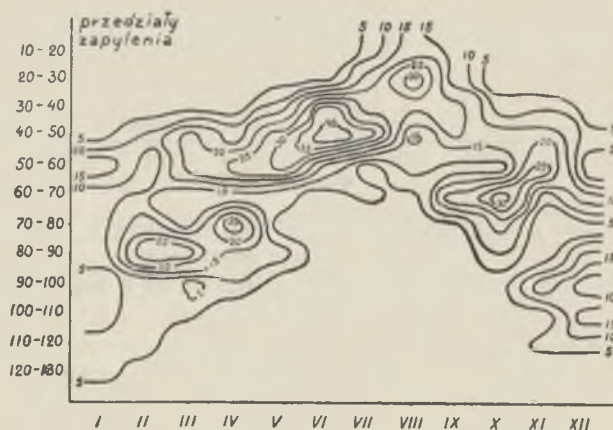
Czerwiec jest miesiącem o maks. częstotliwości w ciągu całego roku, w odniesieniu do przedziału 40—50.

Od lipca aż do grudnia rozpiętość wahań ulegała ponownemu wzrostowi, osiągając w grudniu maks. (od 29 do 442 cząstek pyłu w 1 cm<sup>3</sup>). Było to równoznaczne ze zmniejszaniem się częstotliwości w przedziałach małych liczb i z obejmowaniem z m-ca na m-c większej ilości przedziałów:

VII maks. częst. 38,7‰ — 40—50; VIII — 32,3‰ — 20—30; IX — 23,3‰ — 30—40 i 60—70; X — 32,3‰ — 60—70; XI — 26,7‰ — 50—60; XII — 16,1‰ — 60—70, 80—90, i 100—110.

Z powyższego przeglądu wynika, że zima odznaczała się największą różnorodnością wielkości zapylenia powietrza, gdy lato miało najdalej posunięte zwężenie granic wahań tej wielkości. Wiosna różniła się mniejszą różnorodnością wartości zapylenia w porównaniu z jesienią.

Graficzną ilustracją stosunków częstotliwości są izoplety częstotliwości przedstawione na ryc. 2.



Ryc. 2.

Częstotliwość zapylenia atmosfery w przyjętych przedziałach w Lublinie w 1953 r. (izoplety wykreślone co 5‰).

Frequency of air dustiness for the chosen divisions, at Lublin, 1953 (isopleths counted in percents).

Ekstremalne granice wahań wielkości zapylenia w ciągu całego roku obejmowały bardzo poważny zakres, bo od 12,35 do 442,32 pyłów na 1 cm<sup>3</sup>. Bezwzględne min. roczne wystąpiło 11 sierpnia a maks. 5 grudnia 1953 r. (Tabl. II i III).

Miesiące zimowe miały największe amplitudy wahań zapylenia powietrza (Tabl. 3).

### Przebieg dzienny zapylenia

Cogodzinne pomiary w okresie od godz. 6.30 do 20.30, dokonane w ciągu 6 wybranych dni, pozwoliły na wyznaczenie przybliżonego przebiegu dziennego zapylenia w Lublinie (Tabl. 4).

**Tabl. 3.**

Max. i min. wartości zapylenia powietrza w przebiegu rocznym  
w Lublinie w 1953 r.

Annual maximum and minimum values of air dustiness, at Lublin, 1953.

	I	II	III	IV	V	VI
max.	184,80	129,45	183,72	97,83	88,16	70,92
min.	38,16	42,35	40,62	43,18	27,16	32,01

	VII	VIII	IX	X	XI	XII
max.	81,06	63,34	131,51	103,06	296,85	442,32
min.	15,57	12,35	22,51	32,21	35,97	29,31

**Tabl. 4.**

Średnie godzinne wartości zapylenia powietrza w Lublinie  
(na podstawie 6-ciu obserwacji)

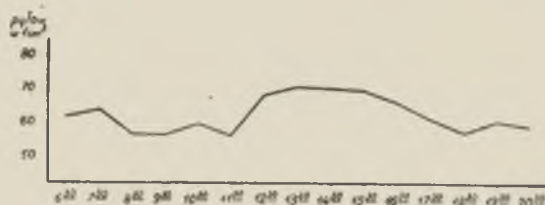
Hourly average values of air dustiness, at Lublin, 1953  
(based on 6 observations).

godz.	zapylenie w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	zapylenie w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	zapylenie w 1 cm <sup>3</sup>
6 <sup>30</sup>	62,33	11 <sup>30</sup>	56,66	16 <sup>30</sup>	66,70
7 <sup>30</sup>	64,39	12 <sup>30</sup>	68,56	17 <sup>30</sup>	61,50
8 <sup>30</sup>	57,23	13 <sup>30</sup>	71,36	18 <sup>30</sup>	58,37
9 <sup>30</sup>	57,37	14 <sup>30</sup>	70,56	19 <sup>30</sup>	60,65
10 <sup>30</sup>	60,24	15 <sup>30</sup>	70,11	20 <sup>30</sup>	59,74

Analogicznie jak przebieg roczny, również i przebieg dzienny zapylenia w Lublinie ilustruje stosunki zanieczyszczenia powietrza w odniesieniu do skweru znajdującego się na terenie pl. J. Stalina. Ponieważ w najbliższym sąsiedztwie placu nie ma obiektów fabrycznych, zmiany dzienne zapylenia są zależne w głównej mierze od działalności człowieka polegającej w tym przypadku na spalaniu węgla w paleniskach domów mieszkalnych i na natężeniu ruchu ulicznego. Należy tu zwrócić uwagę na to, że teren stacji meteorologicznej UMCS (na którym dokonywano pomiarów zapylenia) jest do pewnego stopnia izolowany od otoczenia,

ponieważ otoczony jest ze wszystkich stron krzewami i drzewami, które zatrzymują część pyłów na swojej powierzchni.

Krzywa przebiegu dziennego zapylenia (ryc. 3) stanowi wobec tego wskaźnik zmian intensywności zużycia węgla przez mieszkańców Lublina w ciągu dnia.



Ryc. 3.

Przebieg dzienny zapylenia powietrza w Lublinie (na podstawie obserwacji  
cogodzinnych dokonanych w ciągu 6-ciu dni).

Diurnal course of air dustiness at Lublin, (based on hourly observations  
made for 6 days).

Max. dziennego zużycia opału przypada na okres od 12,30 do 15,30, w tym okresie czasu powstaje też największa ilość pyłów, głównie w postaci sadzy. Średnia max. liczba cząstek pyłów w 1 cm<sup>3</sup> wyraża się liczbą 71,36 w ciągu dnia (wartość wyliczona z 6-ciodniowych pomiarów cogodzinnych od 6,30 do 20,30). Drugorzędne wartości max. występują w godz. 7,30 i 19,30, co można uważać za okresy wzmożonego palenia w domach mieszkalnych, obok głównego okresu południowego.

Średnie min. wartości zapylenia dziennego w Lublinie występuje o godz. 11,30 i wynosi 56,66 pyłów w 1 cm<sup>3</sup>.

Średnia wielkość amplitudy dziennej wynosi 14,7.

Opisany przebieg dzienny zapylenia powietrza miejskiego nie może być uważany za charakterystyczny dla całego okresu rocznego, ani dla całego miasta, ponieważ całodzienne pomiary odbywały się jedynie w okresie jesieni i zimy i tylko na terenie stacji meteorologicznej UMCS. W związku z tym wniosek o kształtowaniu przebiegu dziennego zapylenia powietrza w Lublinie, głównie pod wpływem działalności człowieka, odnosi się przede wszystkim do tych pór roku, oraz dla części terenu miejskiego położonego w pobliżu stacji meteorologicznej.



## Związek zapylenia powietrza z elementami meteorologicznymi

### A). Przebieg roczny.

O wielkości zapylenia powietrza miejskiego decydują jak wiadomo nie tylko czynniki lokalne, takie jak: liczba mieszkańców, wielkość zużycia węgla w przemyśle i domach mieszkalnych, intensywność ruchu ulicznego i związana z tym ilość dostających się do powietrza produktów spalinowych, oraz pyłów pochodzących ze ścierania nawierzchni, ale także czynniki niezależne od warunków miejskich, wśród których do najważniejszych należy adwekcja pyłów wraz z masami atmosferycznymi.

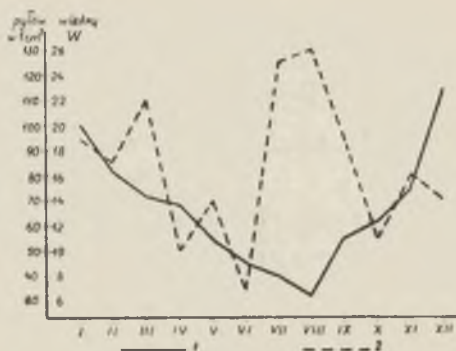
Nie ulega wątpliwości, że większa częstotliwość wiatrów z kierunków zachodnich w pewnym okresie czasu, może wpłynąć na zmniejszenie zapylenia, gdy przeciwnie zwiększenie intensywności wiatrów o składowej wschodniej, jako wiatrów transportujących masy zapyłonego powietrza kontynentalnego, da odwrotny do poprzedniego efekt.

**Tabl. 5.**

Częstotliwość kierunkowa wiatrów z sektorów W i E w Lublinie w 1953 r.  
(II termin obserwacyjny).  
Wind direction frequency from sectors W and E, at Lublin, 1953  
(II-nd time of observations).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
W	19	17	22	10	14	7	25	26	19	11	16	14	200
E	9	7	5	17	11	15	3	2	7	17	11	16	120

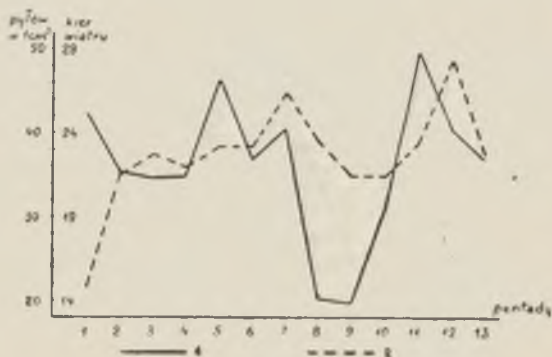
Max. częstotliwości wiatrów sektora zachodniego przypada na miesiące letnie: lipiec i sierpień, w tych samych miesiącach występuje min. częstotliwości wiatrów wschodnich (Tabl. 5). Z powyższego wynika, że wzmożona w lecie adwekcja mas atmosferycznych Pm i Tm powinna dać zmniejszenie stanu zapylenia atmosfery miejskiej w Lublinie. Porównanie krzywych, obrazujących przebieg roczny częstotliwości kierunków wiatrów zachodnich z przebiegiem rocznym zapylenia powietrza, potwierdza istnienie zależności (ryc. 4).



Ryc. 4.

Zależność między zapyleniem powietrza a częstotliwością wiatrów z kierunków W w Lublinie w 1953 r. (1 — krzywa przebiegu zapylenia, 2 — krzywa przebiegu wiatrów W).

Dependence of air dustiness and the frequency of winds from W direction at Lublin, 1953 (1 — curve of the course of dustiness, 2 — curve of the course of the winds W).



Ryc. 5.

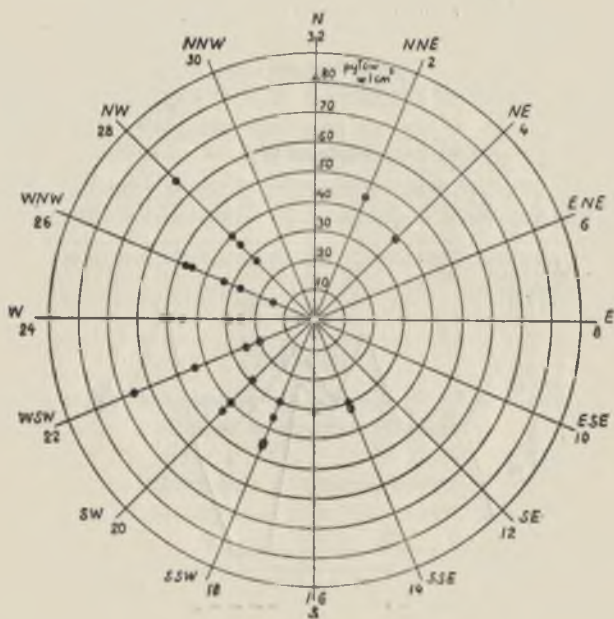
Średnie pentadowe wartości zapylenia atmosfery i częstotliwości kierunkowej wiatru dla okresu od 30.VI. do 2.IX.1953 r. (1 — krzywa zapylenia, 2 — krzywa częst. kierunku wiatru).

Mean pentade values of air dustiness and of wind direction frequency for the period from 30.VI — 2.IX.1953 (1 — curve of dustiness, 2 — curve of wind direction frequency).

Korelacja ta wyraźnie odnosi się jedynie do okresu letniego, ściślej mówiąc do m-cy lipca, sierpnia i września.

Bardziej szczegółowe rozpatrzenie tej zależności w okresie od 30.VI. do 2.IX. 1953 r. pozwala stwierdzić istnienie jej w pewnym procencie przypadków (ryc. 5).

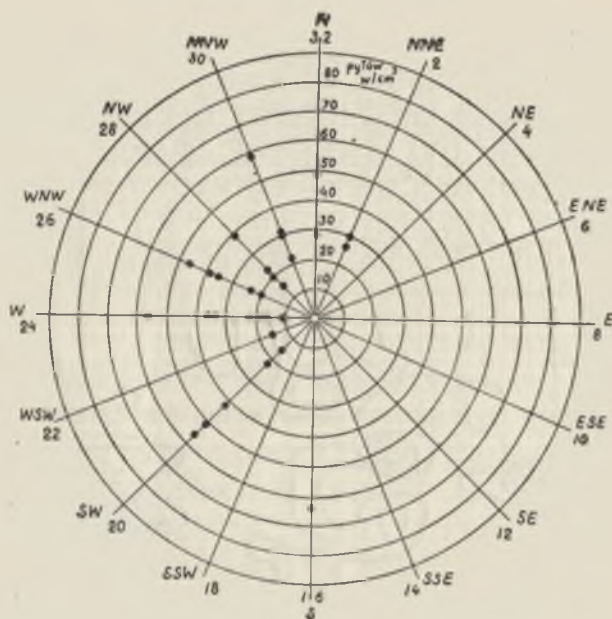
Analizując zależność zapylenia powietrza w Lublinie od kierunku wiatru w poszczególnych miesiącach, stwierdzamy, że w m-cach lipcu i sierpniu 1953 r. zanieczyszczenie atmosfery w Lublinie było uzależnione głównie od adwekcji (ryc. 6 i 7), gdyż rozrzut punktów oznaczających liczbę cząstek pyłów w 1 cm<sup>3</sup> (w przyjętej podziałce) ograniczał się niemal wyłącznie do sektora zachodniego. W innych miesiącach rozmieszczenie punktów jest nieregularne.



Ryc. 6.

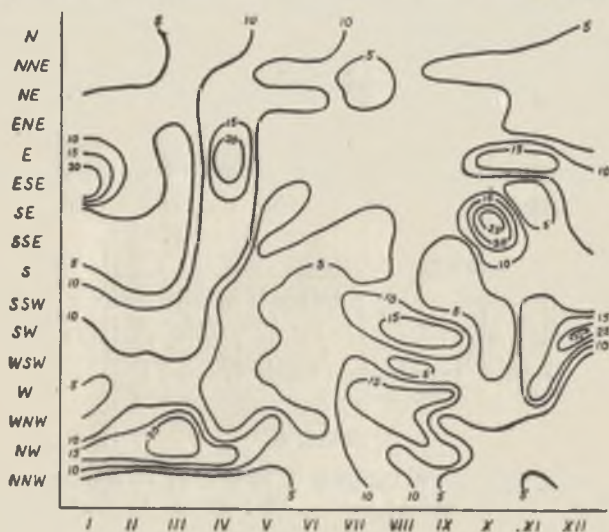
Zależność zapylenia powietrza od kierunków wiatru w lipcu 1953 r.  
Dependence of air dustiness on wind direction in July, 1953.

Współzależność przebiegu rocznego zapylenia od kierunku wiatru wyrażają izoplety przedstawione na ryc. 8. Najwyższy % wielkości zapylenia (36,64%) w stosunku do sum miesięcznych wystąpił w grudniu przy wiatrach o składowej SW. W styczniu nastąpiło przesunięcie max. (23,35%) do kierunku ESE. Z powyższego wynika, że zima 1953 r. w Lublinie obok zapylenia lokalnego miała zapylenie pochodzenia adwekcyjnego z sektora południowego od ESE do SW.



Ryc. 7.

Zależność zapylenia powietrza od kierunków wiatru w sierpniu 1953 r.  
Dependence of air dustiness on wind direction in August, 1953.

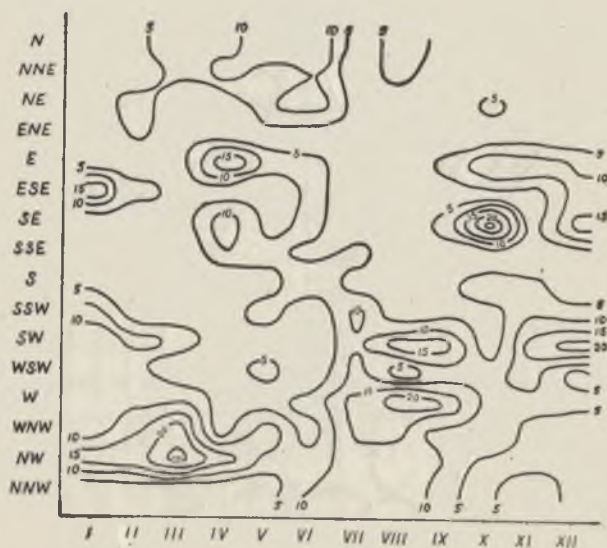


Ryc. 8.

Współzależność przebiegu zapylenia atmosfery od kierunków wiatru w Lublinie w 1953 r. (izoplety wykreślone co 5%).  
Correlation between course of dustiness and wind direction, at Lublin, 1953 (isopleths counted in percents).

W okresie lata (lipiec i sierpień) zapylenie adwekcyjne przychodziło z wiatrami, wiejącymi z kierunków od SSW do NW. Jesień (X) miała zdecydowane max. (26,42%) zapylenia uzależnionego od wiatrów SE, a wiosna (IV) od wiatrów E (20,82%).

Izoplety częstotliwości kierunkowej wiatru (ryc. 9) wskazują na to, że najczęściej występujące w danym miesiącu kierunki wiatrów, decydują o wielkości zapylenia w tychże miesiącach (ryc. 8 i 9).



Ryc. 9.

Częstotliwość kierunkowa wiatrów w Lublinie w 1953 r. (izoplety wykreślone co 5%).  
Wind direction frequency at Lublin, 1953 (isopleths counted in percents).

Porównanie przebiegu rocznego zmian zapylenia powietrza ze zmianami średniej miesięcznej prędkości wiatru oraz z częstotliwością występowania ciszy atmosferycznej daje pewne podstawy do wytłumaczenia zimowego max. zapylenia (Tabl. 1, 6 i 7).

Tabl. 6.

Średnia prędkość wiatru w Lublinie w 1953 r. (II termin obserwacyjny).  
Average wind velocity at Lublin, 1953 (II-nd observations time).

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	śr. roczna
3,4	3,4	3,8	3,4	3,5	3,1	3,1	3,0	4,1	3,5	3,8	3,2	3,4



Tabl. 7.

Częstotliwość ciszy atmosferycznej w Lublinie w 1953 r. (II termin obs.)  
Frequency of air calmness at Lublin, 1953 (II-nd observations time).

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	suma rocz.
2	2	1	1	1	1	1	0	2	0	0	1	12

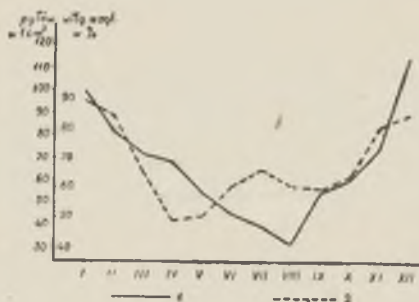
Stosunkowo mała prędkość wiatru w okresie zimy oraz większa częstotliwość pojawiania się ciszy atmosferycznej w tej porze roku, prowadzi do stagnacji powietrza, co w konsekwencji wpływa na nagromadzenie się i utrzymywanie cząstek pyłu w miejskiej atmosferze.

Badając zależność przebiegu rocznego zapylenia od przebiegu rocznego wilgotności względnej, wzięto pod uwagę zarówno średnie wartości miesięczne jak i konsekwentne średnie pięciodniowe dla całego roku, oraz współczynnik korelacji *P e a r s o n a*.

Tabl. 8.

Przebieg wilgotności względnej w Lublinie w 1953 r. (II termin obs.)  
Course of relative humidity at Lublin, 1953 (II-nd observations time).

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	śr. roczna
89	84	65	49	51	61	67	62	60	64	81	85	68



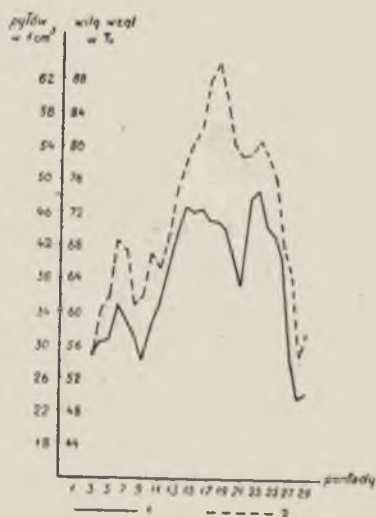
Ryc. 10.

Zależność między zapyleniem powietrza a wilgotnością względną w Lublinie w 1953 r.  
(1 — krzywa zapylenia, 2 — krzywa wilgotności względnej).

Relation between air dustiness and relative humidity, at Lublin, 1953 (1 — curve of dustiness, 2 — curve of relative humidity).

Porównując krzywe zapylenia oraz przebiegu wilgotności względnej w ciągu roku (ryc. 10 i Tabl. 1 i 8), widzimy pewną relację między tymi elementami. Wysokie wartości zapylenia są uwarunkowane wysokimi wartościami wilgotności względnej i odwrotnie.

Konsekutywny przebieg roczny zmian wilgotności względnej w zestawieniu z przebiegiem konsekutywnym zmian zapylenia pozwala na wysnucie wniosku odnośnie zależności tych elementów jedynie w odniesieniu do niektórych, stosunkowo nielicznych, okresów czasu. Przykładowy okres stwierdzonej zgodności przebiegu podano na ryc. 11.



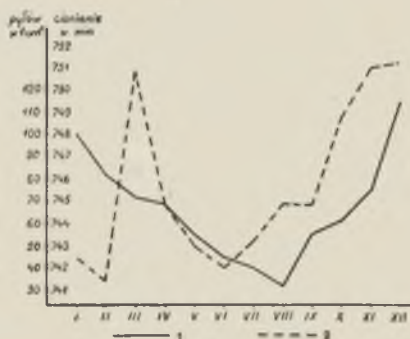
Ryc. 11.

Konsekutywny pentadowy przebieg zapylenia powietrza i wilgotności względnej w okresie od 7.VII. do 2.VIII.1953 r. (1 — krzywa zapylenia, 2 — krzywa wilg. wzgl.).  
 Pentade consecutive course of air dustiness and of relative humidity in the period from 7.VII. to 2.VIII.1953 (1 — curve of dustiness, 2 — curve of relative humidity).

Współczynnik korelacji *Pearsona* obliczony dla dekad okresu lata i zimy dał wyniki, wahające się w granicach od 0,05 do 0,76.

Obliczenia zależności widoczności powietrza od zapylenia wykonane dla małych i maksymalnych wartości widoczności dały wyniki tak różne, że wyprowadzenie konkretniejszych wniosków staje się niemożliwe.

Jak wynika z ryc. 12 można także mówić o pewnej zależności między zapyleniem a ciśnieniem atmosferycznym. Wzrost ciśnienia powoduje na ogół zwiększenie ilości cząstek pylistych w powietrzu.



Ryc. 12.

Zależność między zapyleniem powietrza a ciśnieniem atmosferycznym w Lublinie w 1953 r. (1 — krzywa zapylenia, 2 — krzywa ciśnienia).

Relation of air dustiness and air pressure, at Lublin, 1953 (1 — curve of dustiness, 2 — curve of air pressure).

### B). Przebieg dzienny

Odnosnie przebiegu dziennego zapylenia w Lublinie w 1953 r. i zależności tego przebiegu od elementów meteorologicznych posłużono się pomiarami zapylenia przeprowadzonymi w odstępach godzinnych w ciągu 6-ciu dni.

Tabl. 9.

Cogodzinne wartości zapylenia atmosfery w dn. 27.X.1953 r.  
Hourly values of air dustiness on Oct. 27.1953.

godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>
6 <sup>30</sup>	85,62	11 <sup>30</sup>	52,78	16 <sup>30</sup>	64,73
7 <sup>30</sup>	84,30	12 <sup>30</sup>	64,95	17 <sup>30</sup>	62,30
8 <sup>30</sup>	62,00	13 <sup>30</sup>	72,45	18 <sup>30</sup>	58,88
9 <sup>30</sup>	58,11	14 <sup>30</sup>	75,88	19 <sup>30</sup>	59,28
10 <sup>30</sup>	47,20	15 <sup>30</sup>	68,25	20 <sup>30</sup>	59,11

Srednie zapylenie w ciągu doby wynosiło 65,06 pyłów w 1 cm<sup>3</sup>.

Tabl. 10.

Wartości elementów meteorologicznych, w terminach obserwacyjnych,  
w dn. 27.X.1953 r.

Values of meteorological elements at obs. hours on Oct. 27.1953.

godz	ciśn. w mm.	wilg. wzgl.	wiatr	zachm.	widoczn.	stan gruntu	uwagi
6 <sup>30</sup>	749,4	90 %	SE 2	1 Ci	2 km	0 <sup>2)</sup>	mgła i zadymienie
12 <sup>30</sup>	750,4	66 %	SE 5 (8)	0	20 „	0	—
20 <sup>30</sup>	750,7	74 %	SE 6 (10)	0	20 „	0	—

Dane meteorologiczne (Tabl. 10) oraz sytuacja synoptyczna wskazują, że w dniu 27.X.1953 r. formowała się pogoda, pozostająca pod wpływem wyżu barometrycznego: ciśnienie wzrastało powoli, ale stale. Wiał wiatr SE o rosnącej prędkości i dość znacznych porywach. Rano (6<sup>30</sup>) było nieznaczne pokrycie nieba chmurami typu Ci (1), w ciągu dnia całkowity zanik chmur. Widoczność o godz. 6,30 była słaba ze względu na zamglenie i zadymienie horyzontu; w ciągu dnia znacznie poprawiła się (do 20 km).

Rozpatrując tabl. 9. spostrzegamy wyraźne max. o godz. 6,30 (85,62 pyły w 1 cm<sup>3</sup> powietrza). Tłumaczy ten stan dosyć mała prędkość wiatru, który nie potrafił rozwiać nagromadzonych podczas stosunkowo cichej nocy znacznych ilości dymu z nad miasta. Duża ilość pyłów, jako jąder kondensacji, spowodowała w tym przypadku powstanie mgły. Jednak nie tylko dym stanowił o tak dużym zapyleniu w godzinach rannych, mamy tu także do czynienia z pyłami pochodzenia adwekcyjnego, o czym świadczyła następująca masa powietrza polarno-kontynentalnego. Duża wilgotność względna o godz. 6,30 była trzecim czynnikiem, który spowodował duże zapylenie powietrza. Następnę obserwacje wykazały stopniowe zmniejszenie się zapylenia aż do godz. 10,30, kiedy wystąpiło min. dnia — 47,20 pyłów w 1 cm<sup>3</sup> powietrza. Wzrastająca szybkość wiatru i zmniejszająca się wilgotność względna powietrza były prawdopodobnie przyczyną tego stanu rzeczy. Od godz. 11,30 zapylenie wzrastało i osiągnęło drugorzędne max. o godz. 14,30 (75,88). Wyjaśnić możemy ten stan okresem wzmożone-

<sup>2)</sup> Stan gruntu O oznacza, że powierzchnia jest jego sucha.

go palenia w porze obiadowej. Od 15,30 wartości zapylenia stopniowo obniżały się aż do 18,30, a od 19,30 bardzo nieznacznie wzrastały, prawdopodobnie ze względu na porę wieczorową.

**Tabl. 11.**

Cogodzinne wartości zapylenia atmosfery w dn. 28.X.1953 r.  
Hourly values of air dustiness on Oct. 28.1953.

godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>
6 <sup>30</sup>	32,80	11 <sup>30</sup>	42,28	16 <sup>30</sup>	58,30
7 <sup>30</sup>	36,30	12 <sup>30</sup>	71,61	17 <sup>30</sup>	52,15
8 <sup>30</sup>	24,15	13 <sup>30</sup>	72,45	18 <sup>30</sup>	36,18
9 <sup>30</sup>	23,20	14 <sup>30</sup>	68,20	19 <sup>30</sup>	42,30
10 <sup>30</sup>	46,30	15 <sup>30</sup>	65,36	20 <sup>30</sup>	43,15

Srednie zapylenie w ciągu doby — 47,65.

**Tabl. 12.**

Wartości elementów meteorologicznych, w terminach obserwacyjnych  
w dn. 28.X.1953 r.  
Values of meteorological elements at obs. hours on Oct. 28.1953.

godz.	ciśn. w mm.	wilg. wzgl.	wiatr	zachm.	widoczn.	stan gruntu
6 <sup>30</sup>	750,3	78 %	ESE 3	0	20 km	0
12 <sup>30</sup>	750,3	51 %	SE 5(6)	0	20 ..	0
20 <sup>30</sup>	749,7	78 %	SE 3	0	20 ..	0

Warunki zapylenia w dn. 28.X.1953 r. w zasadzie były zbliżone do poprzednio omawianych. Min. dnia wystąpiło o godz. 9,30 (23,20 pyłów w 1 cm<sup>3</sup>), max. o godz. 13,30 (72,45). Pod wieczór, od 19,30 — nastąpił nieznaczny wzrost. Jedyne rankiem brak było dużego zapylenia, co pozostawało w związku z większą szybkością wiatru, stopniowym ustępowaniem mas PP-k, oraz znacznie zmniejszoną wartością wilgotności względnej (Tabl. 11 i 12).

22 listopada 1953 r. dokonano kilku pomiarów także w Puławach, co pozwoliło na scharakteryzowanie różnic w zapyleniu między dwiema miejscowościami:



Tabl. 13

Cogodzinne wartości zapylenia atmosfery w dn. 22 XI. 1953 r.  
Hourly values of air dustiness on Nov. 22. 1953.

godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>		godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>		godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	
	Lublin	— Puławy		Lublin	— Puławy		Lublin	— Puławy
6 <sup>30</sup>	26,82	—	11 <sup>30</sup>	29,48	16,44	16 <sup>30</sup>	46,12	18,15
7 <sup>30</sup>	24,22	—	12 <sup>30</sup>	44,37	—	17 <sup>30</sup>	32,39	19,23
8 <sup>30</sup>	28,50	—	13 <sup>30</sup>	46,36	—	18 <sup>30</sup>	29,88	18,03
9 <sup>30</sup>	28,45	—	14 <sup>30</sup>	48,27	—	19 <sup>30</sup>	35,12	—
10 <sup>30</sup>	26,26	16,28	15 <sup>30</sup>	48,78	—	20 <sup>30</sup>	31,05	—

Srednie zapylenie w ciągu doby dla Lublina — 35,07.

Tabl. 14.

Wartości elementów meteorologicznych, w terminach obserwacyjnych,  
w dn. 22. XI. 1953.

Values of meteorological elements at obs. hours on Nov. 22. 1953.

godz.	ciśn. w mm.	wilg. wzgl.	wiatr	zachm.	widocz.	gruntu stan	uwagi
6 <sup>30</sup>	741,6	97%	N 6 (10)	10 Ns. Fs.	0,2 km	2 *)	deszcz
12 <sup>30</sup>	744,1	90	NNW 3 (5)	10 As. Ac. Fc.	15	2	—
20 <sup>30</sup>	747,3	96	NNW 2	0	15	2	—

Zapylenie w ciągu całego dnia stosunkowo nieduże (Tabl. 13), co spowodowane było opadem deszczu w nocy i w godzinach porannych. Min. wystąpiło o godz. 7,30 — 24,22 pyły w 1 cm<sup>3</sup> powietrza. Od 12,30 dość znaczny wzrost, aż do wystąpienia max. o godz. 15,30 (48,78); po tym czasie następuje obniżka i znów nieznaczny wzrost od godz. 19,30. Średnie zapylenie w tym dniu, w porównaniu z poprzednio omawianymi, było nieznaczne, co można tłumaczyć dwiema zasadniczymi przyczynami, kształtującymi ten stan rzeczy: 1) opadem deszczu, który w znacznym stopniu oczyścił atmosferę z zawiesin, 2) panowaniem innej masy atmosferycznej (PP-m) i w związku z tym brakiem zapylenia o charakterze adwekcyjnym.

\*) Stan gruntu 2 oznacza, że powierzchnia jego jest mokra (z większymi lub mniejszymi kałużami wody).

Różnica w zapyleniu między Lublinem i Puławami była wyraźnie zaznaczona. Mimo iż obserwacje były fragmentaryczne, wystąpiły mianowicie o wiele mniejsze wartości w Puławach niż w Lublinie. Jest to zrozumiałe gdy weźmiemy pod uwagę wielkość tych dwóch miast oraz to, że pomiary zapylenia w Puławach odbywały się na terenie częściowo zalesionym.

Tabl. 15.

Cogodzinne wartości zapylenia atmosfery w dn. 29 XI. 1953 r.  
Hourly values of air dustiness on Nov. 29. 1953.

godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>
6 <sup>30</sup>	42,36	11 <sup>30</sup>	50,19	16 <sup>30</sup>	35,84
7 <sup>30</sup>	54,30	12 <sup>30</sup>	50,07	17 <sup>30</sup>	38,21
8 <sup>30</sup>	52,28	13 <sup>30</sup>	48,32	18 <sup>30</sup>	42,18
9 <sup>30</sup>	58,03	14 <sup>30</sup>	36,29	19 <sup>30</sup>	42,36
10 <sup>30</sup>	54,76	15 <sup>30</sup>	34,12	20 <sup>30</sup>	41,92

Tabl. 16.

Wartości elementów meteorologicznych, w terminach obserwacyjnych,  
w dn. 29. XI 1953 r.

Values of meteorological elements at obs. hours on Nov. 29. 1953.

godz.	ciśn. w mm.	wilg. wzgl.	wiatr	zachm.	widocz.	stan gruntu	uwagi
6 <sup>30</sup>	744,9	79%	SW 8 (14)	8 Sc.	10 km	0	—
12 <sup>30</sup>	742,4	88	SW 7 (12)	10 St. Ns.	10 "	1 *)	deszcz
20 <sup>30</sup>	741,6	93	WSW 7 (12)	10 St.	10 "	2	—

Przebieg zapylenia w dn. 29.XI.1953 r. (Tabl. 15) był zupełnie inny, niż w przypadkach rozważanych dotychczas. Min. wystąpiło o godz. 15,30 (34,12 pyłów na 1 cm<sup>3</sup>), max. o 9,30 (58,03). Wytlumaczyć to możemy jedynie wpływem opadu deszczu, który od godz. 10,30 zaczął „oczyszczać“ atmosferę i o godz. 15,30 spowodował min. zapylenia. W godzinach późniejszych obserwacji zapylenie nieznacznie wzrosło.

\*) Stan gruntu 1 — powierzchnia gruntu wilgotna.

Tabl. 17.

Cogodzinne wartości zapylenia atmosfery w dn. 13.XII.1953 r.  
Hourly values of air dustiness on Dec. 13. 1953.

godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>
6 <sup>30</sup>	43,16	11 <sup>30</sup>	45,20	16 <sup>30</sup>	52,06
7 <sup>30</sup>	43,20	12 <sup>30</sup>	68,17	17 <sup>30</sup>	51,91
8 <sup>30</sup>	44,13	13 <sup>30</sup>	69,81	18 <sup>30</sup>	50,00
9 <sup>30</sup>	43,22	14 <sup>30</sup>	65,35	19 <sup>30</sup>	51,12
10 <sup>30</sup>	45,77	15 <sup>30</sup>	58,66	20 <sup>30</sup>	50,35

Srednie zapylenie w ciągu doby — 52,15.

Tabl. 18.

Wartości elementów meteorologicznych, w terminach obserwacyjnych,  
w dn. 13.XII.1953.

Values of meteorological elements, at obs hours, on Dec. 13. 1953.

godz.	ciśn. w mm.	wilg. wzgl.	wiatr	zachm	widoczn.	stan gruntu
6 <sup>30</sup>	759,4	91%	ESE 3 (5)	10 As.	10 km	3 <sup>5)</sup>
12 <sup>30</sup>	759,6	92	E 3	1 Fs.	10 „	1
20 <sup>30</sup>	759,6	80	ESE 3 (5)	0	10 „	3

Warunki zapylenia w dniu 13.XII.1953 r. przedstawiały się dosyć jednostajnie. Min. wystąpiło o 6,30 (43,18 cząstek pyłu w 1 cm<sup>3</sup>) i aż do 12,30 nie było wyraźnej zmiany. Od 12,30 nastąpił wzrost zapylenia, max. o godz. 13,30 (69,81), od 15,30 spadek. W godz. 16,30—20,30 warunki zapylenia zmieniły się jedynie w minimalnym stopniu, (Tabl. 17).

Porównując obraz zapylenia w tym dniu do rozpatrywanych poprzednio, stwierdzamy przesunięcie się minimum na godz. 6,30. Przyczyna tego stanu może polegać na tym, że wyż. rozpatrywany dzień był niedzielą i brak znacniejszego zapylenia rano był spowodowany późniejszym sporządzaniem posiłków porannych i późniejszym początkiem ruchu kołowego. Max. kształtowało się podobnie jak i w większości poprzednich przypadków.

<sup>5)</sup> Stan gruntu 3 — grunt zamrznięty.

**Tabl. 19.**

Cogodzinne wartości zapylenia atmosfery dn. 20.XII.1953 r.  
Hourly values of air dustiness on Dec. 20.1953.

godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>	godz.	pyłów w 1 cm <sup>3</sup>
6 <sup>30</sup>	143,18	11 <sup>30</sup>	120,05	16 <sup>30</sup>	143,18
7 <sup>30</sup>	143,97	12 <sup>30</sup>	112,19	17 <sup>30</sup>	132,05
8 <sup>30</sup>	132,30	13 <sup>30</sup>	118,77	18 <sup>30</sup>	133,10
9 <sup>30</sup>	133,22	14 <sup>30</sup>	129,36	19 <sup>30</sup>	133,74
10 <sup>30</sup>	141,15	15 <sup>30</sup>	145,53	20 <sup>00</sup>	132,87

Srednie zapylenie w ciągu doby — 132,98.

**Tabl. 20.**

Wartości elementów meteorologicznych, w terminach obserwacyjnych,  
w dn. 20.XII.1953 r.

Values of meteorological elements, at obs. hours, on Dec. 20.1953

godz.	ciśn. w mm.	wilg. wzgl.	wiatr	zachm.	widoczn.	stan gruntu
6 <sup>30</sup>	750,6	82%	ESE 4(8)	3 Ci. Cs.	4 km	3
12 <sup>30</sup>	750,3	65	SE 3(7)	9 Cs. As.	10 „	3
20 <sup>30</sup>	750,4	78	SE 3(6)	9 As. Ac.	4 „	3

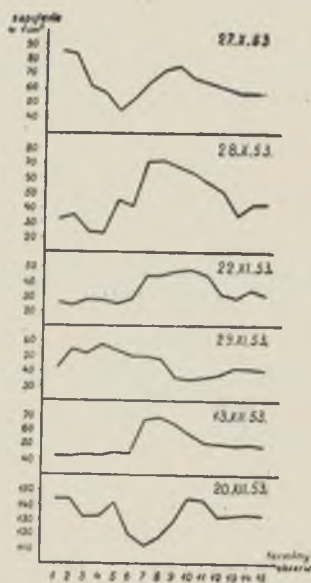
Zapylenie w ciągu dnia było stosunkowo duże, co spowodowane było napływem wiatru z SE, suchym i pozbawionym szaty śnieżnej gruntem, z którego zachodzić mogło swobodne wywiewanie. Mieliśmy tu więc do czynienia w dużym stopniu raczej z pyłem pochodzenia adwekcyjnego.

Min. zapylenia wystąpiło o godz. 12,30 i osiągnęło 112,19 cząstek pyłu w 1 cm<sup>3</sup>, max. zaś — o godz. 15,30 (145,53). Stosunkowo duże zapylenie miało miejsce w godzinach porannych, na co nie miały wpływ miała dosyć wysoka wartość wilgotności względnej. Wraz ze spadkiem wilgotności zaznaczyła się tendencja zniżkowa zapylenia, która doprowadziła do południowego minimum. (Tabl. 19 i 20).

Reasumując powyższe wnioski, co do zapylenia w ciągu dnia, możemy stwierdzić, że:

1. Bieg zapylenia w dużym stopniu zależy od momentów przygotowywania posiłków, szczególnie w porze południowej, i te momen-

ty decydują w większości przypadków o wystąpieniu max. Mamy tu więc do czynienia z pyłem pochodzenia lokalnego, z palenisk miejskich. (ryc. 13).



Ryc. 13.

Dzienne przebiegi zapylenia powietrza w Lublinie.  
Diurnal courses of air dustiness at Lublin, 1953.

2. Bieg zapylenia jest uzależniony także od napływu mas atmosferycznych, niosących duże ilości zawiesin, tak że pyły pochodzenia adwekcyjnego mogą całkowicie zmienić charakterystyczny bieg zapylenia powietrza w mieście.

3. Warunki zapylenia w mieście uzależnione są w znacznym stopniu od warunków wilgotnościowych w atmosferze. Duża wilgotność względna i mgła wskazują nam na ogół na duże wartości zapylenia. Opad deszczu działa natomiast oczyszczająco na atmosferę, zmniejszając znacznie wartości zapylenia. (ryc. 13).

4. Kierunki wiatrów, ich szybkość, stopień suchości gruntu itp. czynniki również wpływać mogą w mniejszym czy większym stopniu na stan i bieg zapylenia w ciągu dnia w mieście.

Przeprowadzenie analizy rozkładu zapylenia w profilach poziomych, w kilku punktach miasta (ryc. 14), pozwoliło na wyciągnięcie



szeregu ciekawych wniosków. Pomiaru w poszczególnych punktach odbywały się bezpośrednio po sobie, w krótkich odstępach czasu potrzebnych na przedostanie się od punktu do punktu.

Wyniki obserwacji przedstawiono w Tabl. 21, 22 i 23.

**Tabl. 21.**

Rozkład zapylenia powietrza w profilu I.  
Distribution of air dustiness in profile I.

dnia	plac przed dworcem	Plac Bychawski	most na Bystrzycy	obserw. meteorolog U. M. C. S.
1.XI.	235,08	125,32	183,20	39,19
14.XII.	208,74	192,05	56,35	83,74

**Tabl. 22.**

Rozkład zapylenia powietrza w profilu II.  
Distribution of air dustiness in profile II.

dnia	na granicy miasta przy szosie warszawskiej	skrzyżowanie Al. Raclawickich i ul. Głowackiego	Ogród Miejski	obserw. meteorolog. U. M. C. S.
2.XI.	22,11	84,52	63,22	56,36
15.XII.	98,13	92,49	52,88	130,44

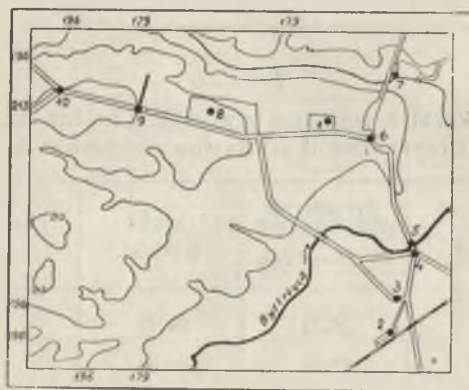
**Tabl. 23.**

Rozkład zapylenia powietrza w profilu III.  
Distribution of air dustiness in profile III.

dnia	plac przed dworcem	skrzyżowanie ul. Armii Czerwonej i 1 Maja	plac przed Bramą Krakowską	plac przed halą sportową	obserw. meteorolog U. M. C. S.
3.XI.	256,36	302,03	486,23	362,31	92,33
16.XII.	195,20	223,17	152,00	83,84	43,96

Już na pierwszy rzut oka możemy stwierdzić, że wartości zapylenia znacznie nasilają się w nisko położonych punktach miasta, szczególnie w jego centrum i w dzielnicy fabrycznej. Wskazuje na to

porównanie liczb zapylenia na placu przed dworcem PKP (235,08 i 208,74 oraz 256,36 i 195,20 — na planie punkt 2), na Placu Bychawskim (125,32 i 192,05 — punkt 3), na skrzyżowaniu ulic Armii Czerwonej i 1 Maja (302,03 i 223,17 — punkt 4), oraz przy hali sportowej (362,31 — punkt 7). Peryferie i tereny o mniej zwartej zabudowie są uprzywilejowane pod względem czystości powietrza, o czym mówią nam warunki zapylenia na granicy miasta przy szosie warszawskiej (22,11 i 98,13 — na planie punkt 10), na skrzyżowaniu Al. Racławickich i ul. Głowackiego (84,52 i 92,49 — punkt 9), w Ogrodzie Miejskim (63,22 i 52,88 — punkt 8) i na terenie stacji meteorologicznej UMCS (39,19; 83,74; 56,36; 92,33 i 43,96 — punkt 1) przy Pl. J. Stalina.



Ryc. 14.

Rozmieszczenie punktów pomiarowych na terenie m. Lublina.  
(objaśnienie punktów w tekście).

Distribution of measurement points in the area of Lublin.  
(explanation of points given in the text).

Ogólnie biorąc stwierdzić można, że zapylenie przybiera duże wartości w kierunku południkowym (N—S), natomiast w kierunku równoleżnikowym (W—E) jest ono dużo mniejsze. Oczywiście stwierdzenia tego nie można uważać za regułę, ponieważ dni w których przeprowadzane były badania niewiele różniły się między sobą pod względem sytuacji meteorologicznej. W dniach przeprowadzonych pomiarów (na przyjętych profilach) przeważały wiatry o składowej E, ENE, ESE i SE. W innych warunkach pogodowych profil zapylenia mógłby kształtować się inaczej. Ulice położone w poprzek do

kierunku wiatru mają duże wartości zapylenia, natomiast ulice skierowane równoległe do kierunku wiatru (np. Krak. Przedmieście) posiadają znacznie mniejsze wartości zanieczyszczenia atmosfery.

Max. zapylenia w badanych profilach wystąpiło w dniu 3.XI. na placu przed Bramą Krakowską (na planie punkt 6) i zawierało 486,23 cząstek pyłu w 1 cm<sup>3</sup> powietrza. Wytłumaczenie tak wysokiej wartości nie będzie przedstawiało trudności, jeżeli weźmiemy pod uwagę, że w czasie pobierania próbki pyłu miało miejsce szczególne nasilenie ruchu pojazdów spalinowych.

W czasie od 16-go do 22-go sierpnia przeprowadzono obserwacje w profilu pionowym (o godz. 12,30) biorąc pod uwagę dwa punkty obserwacyjne: na poziomie klatek meteorologicznych oraz na tarasie wieży obserwacyjnej, wyższej o 20 m w stosunku do punktu pierwszego.

Tabl. 24.

Rozkład zapylenia powietrza w profilu pionowym.  
Distribution of air dustiness in the vertical profile.

	16 VIII.	17.VIII.	18.VIII.	19.VIII.	20.VIII.	21 VIII.	22.VIII.
na poziomie klatki met.	22,26	45,67	33,28	39,19	34,89	63,34	55,29
na tarasie wieży	18,13	16,50	21,03	15,09	13,18	51,77	21,37

We wszystkich przypadkach wyraźnie widoczny jest wpływ wysokości na zapylenie powietrza; w miarę wzrostu wysokości zapylenie zmniejsza się (Tabl. 24).

Stosunkowo duże wartości zapylenia w obydwu punktach obserwacyjnych zauważany w dniu 21 sierpnia. Powodem tego stanu jest prawdopodobnie zmiana kierunku wiatru z W i NW na S, przez co dymy z nad fabryk i dworca kolejowego zostały nawiane na teren całego miasta. W wyższym jeszcze stopniu mogła przyczynić się konwekcja termiczna, która doprowadziła do wyniesienia pyłów na wyższe poziomy (temperatura powietrza w II terminie obserwacyjnym wynosiła na term. max. 29,1° C).

Średnice cząstek pylistych, badanych na przestrzeni roku 1953, obliczone w dużym przybliżeniu, wahały się w granicach od 1,5 mikrona do 6,0 mikronów. Najczęściej spotykana średnica wynosiła ok. 2,5 mikrona.

### Zakończenie

Na podstawie materiałów uwzględnionych w niniejszej pracy możemy stwierdzić:

1. Atmosfera miejska Lublina jest w porównaniu do atmosfery innych miast, w których czynione były tego rodzaju badania, nieznacznie zapyłona.

2. Na zapylenie powietrza w Lublinie wpływa w znacznym stopniu obecność licznych palenisk zarówno mieszkalnych jak i fabrycznych oraz produkty spalinowe pojazdów. Mniejszą, ale również widoczną rolę ( w niektórych przypadkach) odgrywają pyły pochodzenia adwekcyjnego.

Na tym miejscu należy zaznaczyć, że konkretne wnioski co do pochodzenia pyłu, czy to lokalnego czy adwekcyjnego, można by powziąć, posługując się chemicznymi i mikrobiologicznymi analizami, których w niniejszej pracy nie udało się uwzględnić.

3. Zależność między zapyleniem a elementami meteorologicznymi daje się stwierdzić jedynie w pewnym % przypadków. Na taki stan rzeczy wpływa fakt, że pomiary odbywały się w centrum miasta i wobec tego stan zapylenia w znacznym stopniu kształtowały zawiesiny pochodzenia lokalnego.

Niechaj niniejsza próba zbadania stanu zapylenia atmosfery miejskiej w Lublinie oraz nawiązania wielkości zapylenia do wartości elementów meteorologicznych, będzie pewnego rodzaju wstępem do szerszej zorganizowanych prac tego rodzaju. Konieczność kontynuowania badań zapylenia atmosfery w miastach jest bezsporna. Dyktowana jest ona zarówno przez potrzeby ekonomiczne jak i zdrowotne, które znajdują wyraz w rosnącej stale opiece nad polepszeniem warunków pracy i odpoczynku mieszkańców miast.

---





Tabl. II.

Zestawienie ilości pyłów przypadających na 1 cm<sup>3</sup>, dla poszczególnych dni,  
w okresie od 1. I. do 30. VI. 1953 r.

(wartości aktualne dla II terminu obserwacyjnego).

Amount of dust particles per 1 cm<sup>3</sup> summed up for particular days  
in the period from Jan. 1 to June 30, 1953

(values valid for the II time of observations).

Dni	Ilość pyłów w 1 cm <sup>3</sup> powietrza					
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec
1	146,75	81,53	82,96	59,26	85,22	38,96
2	173,92	48,92	43,48	97,83	54,39	42,48
3	119,57	69,66	47,92	92,36	54,83	42,59
4	59,78	88,32	75,15	65,22	88,16	46,92
5	54,35	78,15	51,12	92,13	56,42	53,35
6	120,55	80,10	84,32	76,10	59,78	38,09
7	43,48	83,32	65,22	78,15	48,92	41,43
8	53,42	73,43	46,52	54,42	38,16	32,73
9	130,44	59,78	89,23	70,88	38,27	37,18
10	118,55	72,29	42,92	76,52	43,48	32,01
11	38,16	105,15	41,52	48,92	48,82	47,83
12	65,22	116,14	41,12	59,79	80,51	43,43
13	174,92	64,32	81,15	76,05	70,65	43,60
14	184,80	117,03	40,62	81,53	58,72	70,92
15	103,15	68,52	53,08	65,18	47,13	36,34
16	56,39	95,40	183,72	79,20	65,12	37,43
17	92,40	129,45	59,26	55,18	65,74	54,13
18	163,06	47,73	54,42	75,03	59,23	47,71
19	140,31	82,32	59,79	75,13	54,43	65,16
20	121,32	42,35	53,32	47,72	52,14	59,79
21	70,66	85,15	106,02	53,35	81,40	32,68
22	86,96	85,93	61,30	59,63	53,24	48,20
23	66,13	77,42	82,08	54,13	48,19	48,32
24	57,22	58,63	59,63	82,13	43,33	41,13
25	143,34	102,02	81,42	70,59	48,27	40,82
26	52,13	86,96	87,24	58,13	54,14	55,10
27	164,13	79,51	70,66	82,26	37,12	38,09
28	60,76	97,05	82,63	82,13	37,29	35,70
29	76,09	—	104,06	43,39	27,16	36,08
30	87,24	—	79,47	43,18	42,40	43,23
31	71,24	—	92,40	—	47,24	—
Suma	3096,44	2276,58	2203,75	2055,52	1689,90	1331,43
Średnia	99,89	81,31	71,09	68,52	54,51	44,38

Tabl. III.

Zestawienie ilości pyłów przypadających na 1 cm<sup>3</sup>, dla poszczególnych dni,  
w okresie od 1. VII. do 31. XII. 1953 r.

(Wartości aktualne dla II terminu obserwacyjnego).

Amount of dust particles per 1 cm<sup>3</sup> summed up for particular days  
in the time period from July 1st to Dec. 31. 1953.

(values valid for the II-nd time of observations).

Dni	Ilość pyłów w 1 cm <sup>3</sup> powietrza					
	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Paźdz.	Listopad	Grudzień
1	44,02	15,37	39,78	66,03	39,19	42,39
2	30,06	24,16	27,22	45,12	56,36	35,59
3	49,02	34,24	34,35	70,32	92,33	29,31
4	44,55	22,55	47,18	45,67	95,55	251,76
5	45,63	24,38	38,11	48,42	107,90	442,32
6	40,80	17,18	131,51	51,17	110,04	212,03
7	28,99	18,25	36,58	57,44	119,70	191,63
8	30,60	18,79	48,85	78,37	52,61	118,63
9	31,13	20,40	59,58	60,12	93,40	107,36
10	24,69	16,64	70,86	40,91	64,93	267,32
11	27,91	12,35	46,65	64,93	129,37	153,52
12	36,50	20,14	61,19	62,80	53,14	98,23
13	31,67	29,71	37,64	71,39	46,22	68,17
14	52,61	26,30	38,17	42,41	49,09	83,74
15	15,57	27,38	86,42	43,48	50,62	130,44
16	19,86	22,26	69,25	35,09	44,57	43,96
17	25,77	45,67	22,79	60,66	68,17	64,42
18	46,70	33,28	69,97	88,57	59,97	61,28
19	67,10	39,19	29,68	67,68	53,68	83,74
20	33,40	34,89	69,06	62,17	296,85	112,19
21	45,09	63,34	32,97	103,06	48,56	98,24
22	40,29	55,29	63,88	73,77	44,37	66,54
23	44,00	57,97	98,77	52,07	41,33	100,38
24	68,71	30,60	54,22	32,74	35,97	104,67
25	27,91	38,65	22,51	66,01	55,29	81,98
26	42,94	55,08	49,38	32,21	82,67	80,38
27	37,04	47,24	66,03	64,95	94,64	101,45
28	28,62	31,13	61,73	71,61	37,41	60,15
29	48,77	23,08	49,30	68,31	50,07	104,14
30	81,06	51,00	43,47	83,74	90,79	54,22
31	47,77	43,44	—	84,81	—	82,07
Suma	1238,78	999,95	1607,10	1896,03	2264,79	3533,24
Średnia	39,96	32,26	53,57	61,16	75,49	113,98

## L I T E R A T U R A

1. Bednarski W. — Pył zawarty w powietrzu i jego działanie na ustrój człowieka. Zbiór Prac w Zakł. Higieny U. J. Kraków, 1929—31.
2. Bednarski W. — Zastosowanie pyłomierzy Owensa do badania zapylenia powietrza miast. *Medycyna* Nr 15 i 16. Warszawa, 1931.
3. Bednarski W. — W sprawie badania zapylenia powietrza pyłomierzami Owensa. *Medycyna* Nr 18. Warszawa, 1934.
4. Boguszevska M. — Przyczynek do metodyki badań nad zapyleniem powietrza. *Zdrowie Publiczne* Nr 11. Warszawa, 1936.
5. Bonasewicz B. — Pył z deszczem w Polsce w dn. 26—28 kwietnia 1928 r. *Wiadomości Meteorolog. i Hydr.* Warszawa, 1928.
6. Brodzic-Lipiński A. — Szwajcarskie ustawodawstwo przeciwdymowe. *Gaz i Woda. Rocznik* XIII. 1933.
7. Ciubra K. — Pył w przemyśle i sposoby jego zwalczania. Biblioteka Ochrony Pracy. Warszawa, 1952.
8. Gaiworoński i Awierkiew — *Meteorologiczeskij praktikum.* Leningrad, 1949.
9. Gądzikiewicz W. — *Metodyka badań higienicznych powietrza, wody i gruntu.* Warszawa, 1949.
10. Jaranowska J. — Pyłomierz Owensa i jego zastosowanie w metodyce higienicznej. *Archiwum Higieny.* T. II, zesz. 2. 1927.
11. Jaranowska J. — Plaga pyłu i dymu w miastach. *Przyroda i Technika,* zesz. 9. Lwów, 1927.
12. Konopka J. — Ustawowe zwalczanie dymu i wylizwów przemysłowych w Niemczech. *Gaz i Woda. Rocznik* XIII. 1933.
13. Kratzer A. — *Das Stadtklima.* Braunschweig, 1937.
14. Kreutz i Jurek — O opadzie pyłu w Polsce w r. 1928. *Rocznik Polskiego T-wa Geolog.* Tom V. 1928.
15. Napielski A. — O zadymieniu m. Dąbrowy Górniczej. *Zdrowie Publiczne* Nr 2. 1934.
16. Nowakowski i Boguszevska — Zakurzenie m. Warszawy. Cz. I. *Zdrowie* Nr 15 i 16. 1932.
17. Nowakowski i Boguszevska — Zanieczyszczenie powietrza miasta Warszawy. Cz. II. *Zdrowie* Nr 11 i 12. Cz. III. *Zdrowie* Nr 13 i 14. 1933.
18. Pfaff J. — *Der Feinstaub der Grosstadt.* Natur und Kultur. 1933.
19. Rodewald — Stan zadymienia m. Łodzi i wnioski praktyczne. *Pam. VI Zjazdu Lek. i Dział. Sanitarnych.* Łódź, 1927.
20. Rudolf Z. — Walka z dymem z punktu widzenia zdrowia publicznego. *Pam. VI Zjazdu Lek. i Dział. Sanitarnych.* Łódź, 1927.

21. Rudolf Z. — Walka z dymem w USA. Pam. X Zjazdu Higienistów Polskich. Katowice, 1935.
22. R z ę c k i M. Techniczne urządzenia do walki z dymem i zakurzeniem miast. Gaz i Woda. Rocznik XIV. 1934.
23. R z ę c k i M. — Techniczne urządzenia do walki z dymem w ośrodkach przemysłowych. Bezp. i Ochrona Pracy Nr 1/2. 1936.
24. Safarewicz A. — Zanieczyszczenie powietrza miast. Samorząd Miejski Nr 16/17. 1933.
25. Sapożnikowa S. — Mikroklimat i miastny klimat oraz przekład polski: Sapożnikowa S. — Mikroklimat i klimat lokalny. Państw. Wyd. Rolnicze i Leśne. Warszawa, 1953.
26. Sikorski S. — Zwalczanie plagi kurzu i dymu w miastach. Zdrowie. 1913.
27. Stenz E. — O padaniu pyłu eolicznego w Polsce. Biul. T-wa Geofiz. w Warszawie. 1935.
28. Stoye K. — Kernzahl, relative Feuchtigkeit und Licht. Met. Zeit. 1927.
29. Szelihowski G. W. — Zadymlenie gorodow. Moskwa, 1949.
30. Szniolis i Just — Zanieczyszczenie powietrza miasta Warszawy. Zdrowie Nr 15 i 16. 1932.
31. Tokarski J. — Opad tajemniczego pyłu w Polsce w dn. 26—27.IV.1928. Kosmos. 1928.
32. Tomanek Z. — Pylica a gruźlica płuc. Polska Gazeta Lekarska Nr 22. 1930.
33. Zinkiewicz W. — Perturbacja w przezroczystości atmosfery oraz opad pyłu eolicznego w Lubelszczyźnie w kwietniu 1948 roku. Annales UMCS, Sec. B. Tom IV. Lublin, 1949.

---

Praca niniejsza wykonana została w Zakładzie Meteorologii i Klimatologii UMCS pod kierunkiem prof. dr. Włodzimierza Zinkiewicza i referowana na posiedzeniu Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Oddział Lubelski, dnia 29.IV.1954 r

## РЕЗЮМЕ

Задачей настоящей работы является установление степени запыленности воздуха в Люблине, а также попытка выявления корреляции между степенью запыленности атмосферы и метеорологическими элементами.

Наблюдения над запыленностью производились в течение одного года (1. I. — 31. XII. 1953 г.), ежедневно в 12 ч. 30 мин, т. е. в нормальный полуденный срок метеорологических наблюдений в Люблине, на территории метеорологической станции У. М. К. С. Наблюдения производились при помощи пыломера Оуенса (проекционно - конденсативного). Измерения производились на высоте 1 м над землей. Количество частиц пыли в 1 см<sup>3</sup> воздуха определялось при помощи микроскопа по формуле:

$$\frac{N \cdot S}{C}$$

где: N — средняя арифметическая количества частиц пыли в поперечном профиле полосы пыли, рассматриваемой при увеличении в 900 раз;

S — длина полосы пыли в миллиметрах при увеличении в 150 раз;

C — количество см<sup>3</sup> воздуха, пропущенное через аппарат.

Автор пытался установить, существует ли зависимость запыленности от относительной влажности, направления и скорости ветра, а также прозрачности, как тех элементов, с которыми запыленность находится в тесной связи. Произведена также попытка выяснить связь между запыленностью и атмосферным давлением.

При рассматривании корреляции „запыленность — относительная влажность” был применен метод пентадовых последовательных сумм в годовом ходе и кроме того были высчитаны коэффициенты корреляции Пирсона для декад зимнего и летнего периодов.

Попытка найти соотношение между изменениями в степени запыленности и изменениями направления и скорости ветра была



основана на методе диаграмм, выражающих зависимость запыленности от направлений ветра, на методе изоплет а также на средних пентадовых для избранных месяцев.

Исследование корреляции между запыленностью и видимостью основывалось на определении зависимости между запыленностью, видимостью и недостатком влаги по следующей формуле:

$$\frac{Z \cdot W}{(E - e)^{\frac{2}{3}}}$$

где:  $Z$  — запыленность в  $1 \text{ см}^3$  воздуха;

$W$  — видимость в км;

$(E - e)$  — недостаток влаги в степени  $\frac{2}{3}$ .

В течение 6-ти дней производились измерения запыленности ежечасно (от 6<sup>30</sup> до 20<sup>30</sup>), а также анализировалась запыленность в различных частях города. Кроме того в течение одной недели производились измерения запыленности в вертикальном профиле, при разнице уровней ок. 20 м.

Средняя годовая запыленность в Люблине составляет 66,34 частиц пыли в  $1 \text{ см}^3$ . Среднее месячное макс. запыление выступает в декабре (в среднем 113,98), мин. же — в августе (в среднем 32,26) (табл. 1). На протяжении года запыленность колебалась чаще всего в пределах 40—50 частиц пыли в  $1 \text{ см}^3$ . В каждом месяце запыление колебалось в пределах 40—70. На протяжении года как большие, так и меньшие величины характеризующие степень запыленности не отличались каким-либо постоянством (табл. 1). Зима отличалась самым большим разнообразием степени запыленности воздуха, летом границы колебаний этой величины подвергались огромному сужению. Весна отличалась большим постоянством размеров запыленности в сравнении с осенью. В зимние месяцы выступала наибольшая амплитуда колебаний величин запыления воздуха. Абсолютное годовое минимум выступило 11 августа (12,35 пылинок в  $1 \text{ см}^3$ ), максимум — 5 декабря (442/32) (рис. 1 и 2 и табл. II и III).

Рассмотрение анемометрических отношений для Люблина в 1953 г. позволило сделать соответствующие выводы: ветры из сектора W, приносящие воздушные массы Pm и Tm вызывают понижение размеров запыленности (рис. 4); наоборот, ветры E, несущие континентальные массы, приносят огромное количество эолической пыли (табл. 5). Соотношение это выступает отчетливо лишь только во время лета (рис. 6 и 7). Из ана-

лиза вытекает, что зимой 1953 г. в Люблине, наряду с местной запыленностью выступила запыленность адвективного происхождения из сектора от ESE до SW. Осень имела максимальную запыленность, зависящую от ветров SE, а весна от ветров E (рис. 8 и 9). Сравнительно большая запыленность в зимнем периоде была вызвана, между прочим, небольшой скоростью ветра и гораздо чаще появляющейся атмосферной тишиной (табл. 6 и 7), что приводило к неподвижности воздуха, накоплению и удержанию частиц пыли в городской атмосфере.

Зависимость запыленности от относительной влажности выступает в сравнительно немногих промежутках времени (рис. 11). Высокие величины запыленности обусловлены большой относительной влажностью и обратно (рис. 10 и табл. 8).

Коэффициент корреляции Пирсона своей величиной указывает на существование зависимости (0,05—0,76). Вычисления коэффициентов зависимости прозрачности воздуха от степени запыленности дали весьма различные результаты, на основании которых трудно прийти к каким нибудь заключениям.

Степень запыленности имеет некоторую связь с положением Люблина, а также пространственное ее распространение на территории города (рис. 14). На основании многолетних наблюдений установлено, что ветры над Люблином имеют наибольшую частоту из направлений W и SW, вследствие чего западные участки города имеют пониженную запыленность местного происхождения. Восточные же участки подвержены в значительно большей степени и местной городской запыленности и, кроме того, ветры направления E (континентальные) несут большое количество пыли, которая задерживается в восточных частях города.

На основании 6 наблюдений, производимых в течение всего дня ежечасно осенью и зимой, сделаны следующие выводы:

1. ход запыленности в течение дня в значительной степени зависит от приготовления пищи (особенно в полуденное время), а также от напряжения уличного движения. Эти факторы в большинстве случаев оказывают решающее влияние на выступление максимумов запыленности (рис. 3 и 13).
2. степень запыленности зависит также от притока воздушных масс несущих большие количества взвешенных

частиц пыли. Пыль эолического происхождения неоднократно решающим образом влияет на степень запыленности городской атмосферы.

3. условия запыленности в городе в значительной степени зависят от увлажнения атмосферы. Большая относительная влажность и туман в общем благоприятствуют большей запыленности. Дождевые осадки очищают атмосферу.
4. направления ветров, их скорость, степень высушения подстилающей поверхности и тому подобные факторы могут равным образом влиять на состояние и ход запыленности в городе в течение дня.

Анализ запыленности в разных частях города показал, что фабричные районы, а также районы, подверженные непосредственному действию ветров Е, обладают значительным загрязнением атмосферы. Западные периферии города и районы, отличающиеся меньшей густотой построек, являются привилегированными в отношении чистоты воздуха. На степень запыленности, в значительной степени влияет движение экипажей внутреннего горения (рис. 14 и табл. 21, 22 и 23).

Наблюдения в вертикальном профиле показали во всех случаях понижение запыленности воздуха с высотой (табл. 24).

В заключительных выводах автором установлено, что:

1. атмосфера Люблина сравнительно загрязнена в незначительной степени.

2. на запыленность воздуха в Люблине влияет в значительной степени наличие многих топок (жилищных, фабричных), а также уличное движение. Меньшую роль играет пыль адвективного происхождения.

3. зависимость между запыленностью и метеорологическими элементами удалось установить лишь в некотором % случаев. Влияет на это факт, что измерения производились в центре города и на состояние запыленности в значительной степени влияли взвешенные частицы местного происхождения.

## ОБЪЯСНЕНИЕ РИСУНКОВ

- Рис. 1. Годовой ход запыленности воздуха в Люблине в 1953 г.
- Рис. 2. Частота запыленности атмосферы в принятых пределах в Люблине в 1953 г. (изоплеты вычерчены каждые 5%).
- Рис. 3. Дневной ход запыленности воздуха в Люблине (на основании ежечасных наблюдений, произведенных в течение 6-ти дней).
- Рис. 4. Зависимость запыленности воздуха от частоты ветров направления W в Люблине в 1953 г. (1 — кривая хода запыленности, 2 — кривая хода ветров W).
- Рис. 5. Средние пентадовые значения запыленности атмосферы и частоты направления ветров за период от 30.VI до 2.IX 1953 г. (1 — кривая запыленности, 2 — кривая частоты направления ветра).
- Рис. 6. Зависимость запыленности воздуха от направлений ветра в июне 1953 г.
- Рис. 7. Зависимость запыленности воздуха от направлений ветра в августе 1953 г.
- Рис. 8. Зависимость хода запыления атмосферы от направлений ветра в Люблине в 1953 г. (изоплеты вычерчены каждые 5%).
- Рис. 9. Частота направления ветров в Люблине в 1953 г. (изоплеты вычерчены каждые 5%).
- Рис. 10. Зависимость между запыленностью воздуха и относительной его влажностью в Люблине в 1953 г. (1 — кривая запыленности, 2 — кривая относительной влажности).
- Рис. 11. Последовательный пентадовый ход запыленности воздуха и относительной влажности за промежуток времени от 7.VII до 2.VIII 1953 г. (1 — кривая запыленности, 2 — кривая относительной влажности).
- Рис. 12. Зависимость между запыленностью воздуха и атмосферным давлением в Люблине в 1953 г. (1 — кривая запыленности, 2 — кривая давления).
- Рис. 13. Дневной ход запыленности воздуха в Люблине.
- Рис. 14. Размещение измерительных пунктов на территории г. Люблина (объяснение пунктов в тексте).

## ОБЪЯСНЕНИЕ ТАБЛИЦ

- Табл. 1. Средние месячные размеры запыленности воздуха в Люблине в 1953 г.
- Табл. 2. Средняя запыленность атмосферы Люблина для времен года (1953). (Вычисления % относительно к средней годовой).
- Табл. 3. Максимальные и минимальные размеры запыленности воздуха на протяжении года в Люблине в 1953 г.
- Табл. 4. Средние часовые размеры запыленности воздуха в Люблине (на основании 6-ти наблюдений).

- Табл. 5. Частота направлений ветра из секторов W и E в Люблине в 1953 г. (II строк наблюдений).
- Табл. 6. Средняя скорость ветра в Люблине в 1953 г. (II срок наблюдений)
- Табл. 7. Частота атмосферной тишины в Люблине в 1953 г. (II срок наблюдений).
- Табл. 8. Ход относительной влажности в Люблине в 1953 г. (II срок наблюдений).
- Табл. 9. Размеры запыленности атмосферы через каждый час дня 27. X. 1953 г.
- Табл. 10. Величины метеорологических элементов в сроки наблюдений 27. X. 1953 г.
- Табл. 11. Размеры запыленности атмосферы через каждый час 28. X. 1953 г.
- Табл. 12. Величины метеорологических элементов в сроки наблюдений 28. X. 1953 г.
- Табл. 13. Размеры запыленности атмосферы через каждый час 22. XI 1953 г.
- Табл. 14. Величины метеорологических элементов в сроки наблюдений 22. XI. 1953 г.
- Табл. 15. Размеры запыленности атмосферы через каждый час 29. XI. 1953 г.
- Табл. 16. Величины метеорологических элементов, в сроки наблюдений 29. XI. 1953 г.
- Табл. 17. Размеры запыленности атмосферы через каждый час 13. XII. 1953 г.
- Табл. 18. Величины метеорологических элементов, в сроки наблюдений 13. XII. 1953 г.
- Табл. 19. Размеры запыленности атмосферы через каждый час 20. XII. 1953 г.
- Табл. 20. Величины метеорологических элементов, в сроки наблюдений 20. XII. 1953 г.
- Табл. 21. Размещение запыленности воздуха в профиле I.
- Табл. 22. Размещение запыленности воздуха в профиле II.
- Табл. 23. Размещение запыленности воздуха в профиле III.
- Табл. 24. Размещение запыленности воздуха в профиле вертикальном.

---

Табл. I. Частота выступления величин запыленности в принятых пределах, в 1953 г. в Люблине.

Табл. II. Сводная таблица количества пылинок содержащихся в  $1 \text{ см}^3$  для отдельных дней, за время с I. I. по 30. VI. 1953 г. (актуальные величины для II срока наблюдений).

Табл. III. Сводная таблица количества пылинок содержащихся в  $1 \text{ см}^3$  для отдельных дней, за время с I. VII. по 31. XII. 1953 г. (актуальные величины для II срока наблюдений).

---



## S U M M A R Y

The aim of the present investigations was to study the atmospheric dustiness at Lublin as well as conditions influencing it; furthermore they were an attempt of finding out the correlation between the state of dust concentration and some meteorological elements.

Daily observations at 12.30 o'clock (usual time for midday observations at the Met. Sta. of the University Mariae Curie-Skłodowska at Lublin) were made during one year, from the 1-st January 1953 to the 31-st December 1953. Owens jet dust counter was used for measurements, and the observations were conducted at the height of 1 m above ground level. The amount of dust particles present in 1 cm<sup>3</sup> of air was counted microscopically according to the following formula:

$$\frac{N \cdot S}{C}$$

where: N — is the arithmetical mean of dust amount, present in the width of a dust stripe studied through a 900 times magnifying glass;

S — is the length of the dust stripe in millimeter scale through a 150 times magnifying glass;

C — is the amount of air cm<sup>3</sup> liable to pass through the counter.

The researches dealt with the dependence between air dustiness on the one hand and relative humidity, wind direction and velocity, and visibility on the other, since these elements are strictly connected with atmospheric dust concentration. The correlation between dustiness and air pressure was tested as well.

The dependence of air dustiness on relative humidity in the annual course was determined by the method of pentade consecutive sums; moreover, Pearson's correlation coefficients for decades in the summer and winter seasons were computed.

The attempt of finding out the correlation between changes in dust content and changes of wind direction and velocity was based upon the method of diagrams which express the influence of wind direction upon dustiness; further on, upon the method of isopleths and upon pentade averages for the months that were chosen.

The relation between dustiness and visibility was based upon computations of dependence between dustiness, visibility and saturation deficit, according to the equation:

$$\frac{Z \cdot W}{(E - e)^{\frac{2}{3}}}$$

where:  $z$  — is dust content per 1 cm<sup>3</sup> of air,  
 $w$  — visibility in kilometers,  
 $(E - e)$  — saturation deficit at the power  $\frac{2}{3}$ .

During six days, from 6,30 to 20,30 o'clock, were made hourly measurements of dustiness as well as analyses of the dust content at different points of the town. Moreover, for one week, vertical profiles at level differences about 20 m, were measured with reference to dust concentration.

The annual average dust content at Lublin amounts to 66,34 dust particles per 1 cm<sup>3</sup> of air. The average maximum dust concentration occurred in December (113,98), the minor — in August (mean 32.26). Annual variations oscillated from 40 to 50 dust particles per 1 cm<sup>3</sup> of air. For each month dustiness was enclosed in limits from 40 to 70 particles. Higher or lower values were not constant in the annual course (Table 1). The winter was characterized by the highest differentiation with regard to dust content, while summer variations were enclosed in considerably narrower limits. Spring differentiation was lower than the autumnal. The amplitude of variations was the largest in the winter months. Annual absolute minimum values occurred on the 11th August (12.35 particles per 1 cm<sup>3</sup>), maximum absolute values — on the 5-th December (442,32), (Figures 1, 2, Tables II and III).

In considering the anemometric conditions for Lublin in 1953 one comes to following conclusions: the winds from the sector W, carrying airmasses Pm and Tm, result in a decrease of dust content (Fig. 4), inversely to the winds E which are transporting continental airmasses and therefore let in large amounts of eolian dust (Table 5). This correlation is distinctly marked in the summer season only. (Fig. 6 and 7). It was proved by analyses that the winter of 1953 at Lublin, apart from local dustiness had also advective dust supplies originating from the sectors from ESE to SW. The autumnal maximum dustiness was conditioned by the winds SE and the maximum in the spring, by the winds E (Fig. 8 and 9). The comparatively high dust content in the winter was due, among others, to low wind velocity and to an increased frequency of atmospheric calmness (Tables 6 and 7) which leading

to air stagnation helped both cumulation and deposition of dust particles in the atmosphere of the town.

The dependence between dust content and relative humidity was remarkable in comparatively infrequent time periods (Fig. 11). High values of dustiness were conditioned by high values of relative humidity and the reverse (Fig. 10 and Table 8).

Pearson's correlation coefficients show the existence of correlation (of values 0,05—0,76).

Computations of air visibility in relation to dustiness gave so widely varying results that no definite conclusions may be derived therefrom. Probably this failure was due to the fact that visibility was determined visually, not by means of an apparatus.

The location of Lublin influences to some extent the state of dustiness in general as well as its distribution with regard to space in particular points of the town. Long-continued observations have ascertained that the highest wind frequency at Lublin occurred from the directions W and WS. Therefore the west quarters of the town have smaller values of dust of local origin on account of its facility of being blown away. On the contrary, in the east quarters the air is considerably more liable to local pollution; furthermore, winds from E direction (continental) transport from afar large amounts of dust which in these quarters become withheld.

On the basis of six diurnal hourly observations following conclusions have been arrived at:

1. Diurnal variations of air concentration, to a high degree, have to be attributed to human activities. With increasing domestic heating for cooking meals (especially at noontime), as well as at hours of most intensive traffic in the streets, increases the dust content in the air creating conditions for the occurrence of the diurnal maximum (Fig. 3 and 13). Thus, here we are dealing with prevailing local dust, most of all with that originating from urban combustion.
2. The course of dustiness depends also on the flow of airmasses that are transporting large amounts of suspensions. Many times dust of eolian origin determines the dust concentration in the atmosphere of the town.
3. Conditions for dust concentration are considerably related to atmospheric humidity conditions. A high relative humidity, and

fog as well, generally correspond to high values of dustiness. On the contrary rainfall purifies the air.

4. Wind directions and velocity, soil dryness and other similar factors can also influence the state and course of dustiness within the day.

The analysis of dust content performed at several points of the town gave evidence that atmospheric impurity was prevailing in industrial quarters and in those, directly exposed to the winds blowing from E direction, while the outskirts situated W and the quarters less thickly inhabited were considerably privileged with regard to air purity. Intensive traffic of motor cars on account of the exhaust of gases is also a significant factor of air pollution (Fig. 14 and Tables 21, 22 and 23).

Observations of vertical profiles in all cases showed a decrease of dustiness in so far as the height increased (Table 24).

Summing up one comes to following final conclusions:

1. Comparatively, the atmospheric dustiness at Lublin is not very significant.
2. Atmospheric dustiness at Lublin is influenced to a high degree by urban combustion (home fires, factories), and by motor car traffic in streets. Dust of advective origin plays a lesser role.
3. The dependence of air dustiness on meteorological elements has been ascertained only in a restricted percent of cases. The fact could be influenced by the place of measurements, since they were conducted in the centre of the town where suspensions of local origin were prevailing.

