

WALTER WEGNER

WSP w Bydgoszczy

EKSTYNKCJA ATMOSFERYCZNA W BYDGOSZCZY - CZ. III

1. Wprowadzenie

Mniej więcej przed 200 milionami lat rozpoczęło się ustalanie obecnej atmosfery i zbliżanie do współczesnego jej składu. Wszystkie podstawowe składniki atmosfery są bardzo silnie związane z życiem biologicznym planety i są zależne od życia biologicznego.

W ostatnich czasach, w wyniku działalności człowieka, następują szybkie zmiany w składzie atmosfery na skutek wydzielania do atmosfery niekorzystnych dla procesów życiowych substancji, zanieczyszczeń wpływających niekorzystnie na organizmy tlenowe.

Skład procentowy czystej i suchej atmosfery wynosi: azotu - 78,09 %, tlenu - 20,95 %, argonu - 0,93 %, dwutlenku węgla - 0,03 % oraz znikome ilości wodoru i gazów obojętnych. Rola dwutlenku węgla bez względu na jego nieznaczną zawartość w atmosferze jest ogromna: przede wszystkim dlatego, że służy roślinom (zawierającym chlorofil) jako podstawowy materiał do budowy substancji organicznej. Prócz tego CO₂ jest prawdziwym "ogrzewaczem" kuli ziemskiej, przepuszcza z łatwością ku Ziemi krótkofalowe (świetlne) promieniowanie Słońca, utrudnia natomiast wypromieniowanie ciepła Ziemi o długości fali 12,9 - 17,1 μ.

Oprócz powyższych składników, w atmosferze występują również para wodna oraz pył. Para wodna posiada wielką zdolność pochłaniania wypromieniowanych przez Ziemię fal o długości ponad 20 μ. W pochłanianiu promieniowania atmosfery główna rola przypada właśnie parze wodnej, gdyż zatrzymuje ona 60 % wypromieniowania Ziemi, a CO₂ - 18 %.

Duże znaczenie ma też pył w atmosferze. W skład pyłu atmosferycznego wchodzi najdrobniejsze cząsteczki mineralne uniesione przez wiatr z powierzchni Ziemi, cząsteczki soli pozostałe w powietrzu po wyparowaniu brzegów wody morskiej, produkty spalania meteorytów, popiół wulkaniczny, cząsteczki dymów, opary, bakterie i inne.

Dynamiczny rozwój przemysłu pociągnął za sobą wzrost emisji pyłów i gazów do atmosfery, stąd zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego tymi szkodliwymi substancjami stanowi jeden z ważniejszych problemów ochrony naturalnego środowiska człowieka. Emitorami pyłów i gazów są: ogrzewnictwo (kotłownie miejskie, paleniska domowe), transport (pojazdy mechaniczne), piece technologiczne zakładów przemysłowych.

Zanieczyszczenia zmieniają skład chemiczny powietrza atmosferycznego, wywierają różnorodny, na ogół szkodliwy wpływ na środowisko przyrodnicze i jego poszczególne elementy.

Szkodliwe oddziaływanie powietrza na zdrowie człowieka wyraża się w dwojakiej formie. Pierwsza to bezpośrednie działanie toksyczne chemicznych związków na organizm ludzki, druga zaś polega na osłabianiu działania promieni słonecznych i ubytku promieni ultrafioletowych, jonizacji powietrza, wytwarzaniu się mgły, sprzyjając kondensacji zanieczyszczeń itp. Nagłe i wieloskalowe zaburzenia procesów np. fotosyntezy modyfikuje zawartość np. dwutlenku węgla, którego nadmiar w atmosferze, jako gazu trującego jest szkodliwy dla człowieka. Proces fotosyntezy może być utrudniony zmętnieniem atmosfery, nie dopuszczającym do powierzchni czynnej Ziemi wystarczającej

ilości promieniowania słonecznego, a więc przez naruszenie bilansu cieplnego w jakimś miejscu, szczególnie w miastach oraz w ogóle przez cały zespół czynników atmosferycznych, właściwych miastom, w których wytwarza się specyficzny typ klimatu lokalnego - klimatu miasta.

W obecnej dobie powietrze jest stosunkowo najczystsze nad morzem. W porównaniu z nim powietrze osiedli wiejskich jest 10-krotnie gorsze, w małych miasteczkach 35-krotnie brudniejsze, a w wielkich miastach 150-krotnie bardziej zanieczyszczone niż nad morzem.

Wiele polskich miast przekracza już obecnie dopuszczalne normy opadu pyłów - 250 t/km^2 . Wielkość rocznego opadu pyłów w niektórych miastach naszego kraju wynosi: Warszawa - 400 ton/km^2 , Wałbrzych - 1500 t/km^2 , Katowice - 3000 t/km^2 , Łódź - 4000 t/km^2 , Gliwice - 5000 t/km^2 , Chorzów - ponad $10\,000 \text{ t/km}^2$, Opole - 300 t/km^2 , Nowa Huta - 1200 t/km^2 , Bydgoszcz - 200 t/km^2 .

Województwo bydgoskie jest dotychczas zaliczane do terenów średnio zagrożonych w kraju pod względem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Jednakże istnieją w województwie miasta i tereny, gdzie stężenie pyłów i gazów przekracza dopuszczalne normy ustalone przepisami (Dz.U. Nr 42, 1966, tab. 3). Do takich miast należą: Bydgoszcz, Świecie, Inowrocław, Nakło, Janikowo, Barcin i Solec Kujawski. Wyjątkowo duże zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego stwierdza się na terenie uzdrowiska w Inowrocławiu (w 1972 r. emisja pyłów przekraczała 2,5 razy normę).

Miasto Bydgoszcz odznacza się najwyższymi wskaźnikami emisji pyłów i SO_2 w województwie. Ponadto dzielnice miasta leżące w samej dolinie Brdy posiadają znacznie gorszą higienę atmosfery, co wiąże się z warunkami topoklimatycznymi, tj. znacznym odsetkiem pogody bezwietrznej.

Na terenie Bydgoszczy zlokalizowanych jest obecnie ponad 430 zakładów przemysłowych emitujących do atmosfery łącznie ponad 44 000 ton pyłów w ciągu roku. Przeciętny opad pyłu wynosi około 200 ton/km^2 na rok. Najwyższe ilości opadów pyłu notuje się w rejonie elektrociepłowni EC I na Jachcicach - ponad 700 ton/km^2 na rok, śródmieście zachód (Dworzec Główny - ZNTK - ponad 300 ton/km^2 na rok, Brdyujście (nowa gazownia - ponad 250 ton/km^2 na rok. Stąd wniosek, że okolice Zachemu nie stanowią jedyne rejonu o znacznej ilości opadu pyłu. Zakłady Zachem są natomiast największym emitentem SO_2 - wg obliczeń dopuszczalna wielkość emisji wynosi $78,6 \text{ kg/godz.}$, a wg pomiarów zakład emituje już 482 kg/godz. Główna ilość emitowanego SO_2 pochodzi ze spalania węgla.

2. Materiał obserwacyjny

Na bazie obserwacji wizualnych jasności gwiazd przeprowadzonych przez autora w 1986 r. na trzech różnych stanowiskach, wyznaczono ekstynkcję atmosferyczną w Bydgoszczy (stanowisko 1 zlokalizowane było w pobliżu placu przy Szpitalu Zakładów Chemicznych - wschodnia część Bydgoszczy oddalona od centrum 6 km, stanowisko 2 znajdowało się na placu szkolnym Szkoły Podstawowej Nr 14 przy ulicy Żmudzkiej) oraz w Prądocieniu (teren ogrodów działkowych nad jeziorem jezuickim Chmielniki - 19 km od centrum Bydgoszczy). Wyniki obserwacji, dane meteorologiczne oraz metodologia badań została opublikowana w pracach Wegner (1989) - okres I-31 III 1986 r. oraz Wegner (1986) - okres I IV-31 XII 1986 r.

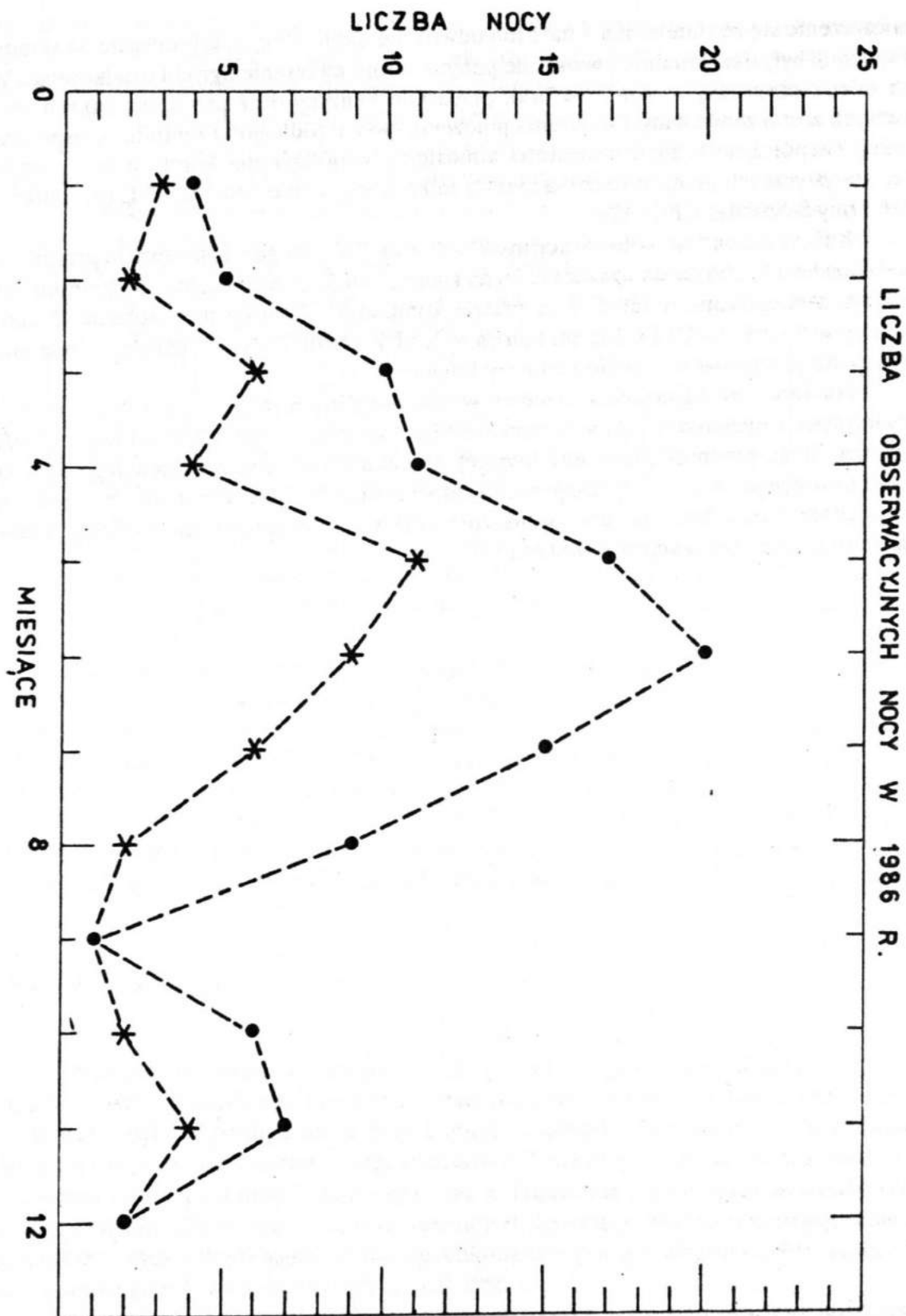
W Tabeli 1 zamieszczono zbiorcze dane dotyczące liczby obserwacji na poszczególnych stanowiskach i w poszczególnych miesiącach.

Łącznie przeprowadzono 205 obserwacji jasności wybranej grupy gwiazd znajdujących się w czterech stronach nieba na różnych odległościach zenitalnych. Liczba gwiazd o danej porze obserwacji, dla której szacowano metodą Argelandera jasności, wynosiła około 40, przeciętny czas przeprowadzenia i zanotowania obserwacji około 30 minut, przeciętny czas potrzebny na

przemieszczenie się ze stanowiska 1 na 2 lub odwrotnie około 30 min. Obserwacje na stanowisku 3 prowadzone były okazjonalnie - w okresie pobytu autora na terenie ogrodu działkowego. Wybór innych miejsc obserwacji z uwagi na brak przydziału benzyny oraz przydziału innych środków finansowych został zaniechany. Obliczenia położenia gwiazd (odległości zenitalne), współczynniki ekstynkcji (współczynniki przezroczystości atmosfery), współczynniki korelacji oraz weryfikacja hipotez statystycznych przeprowadzona była na mikrokomputerze Atari 800 XL oraz mikrokomputerze firmy Schneider CPC 6128.

Łączna liczba "nocy obserwacyjnych" wynosiła 107, z czego 63 obserwacje przeprowadzono na stanowisku 1, 106 na stanowisku 2, 36 na stanowisku 3. Dane o liczbie "pogodnych" nocy w Bydgoszczy zamieszczone w tabeli 1 są prawie kompletne. Z uwagi na nieobecność autora w Bydgoszczy w dniach 16-19 IX (udział autora w XXI Zjeździe PTA w Gdańsku), dwie możliwe obserwacje do przeprowadzenia nie zostały wykonane.

Na Rys.1 przedstawiono przebieg w poszczególnych miesiącach 1986 r. liczby nocy obserwacyjnych w Bydgoszczy oraz w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach k/Toruń. Uderza wielka zgodność charakteru krzywej, natomiast różnice są wynikiem tego, że wizualne obserwacje (w Bydgoszczy) mogły być przeprowadzone w czasie kilku minut, obserwacje fotograficzne względnie fotoelektryczne trwają znacznie dłużej i w przypadku niestabilnej pogody nie prowadzono takich obserwacji w Piwnicach.

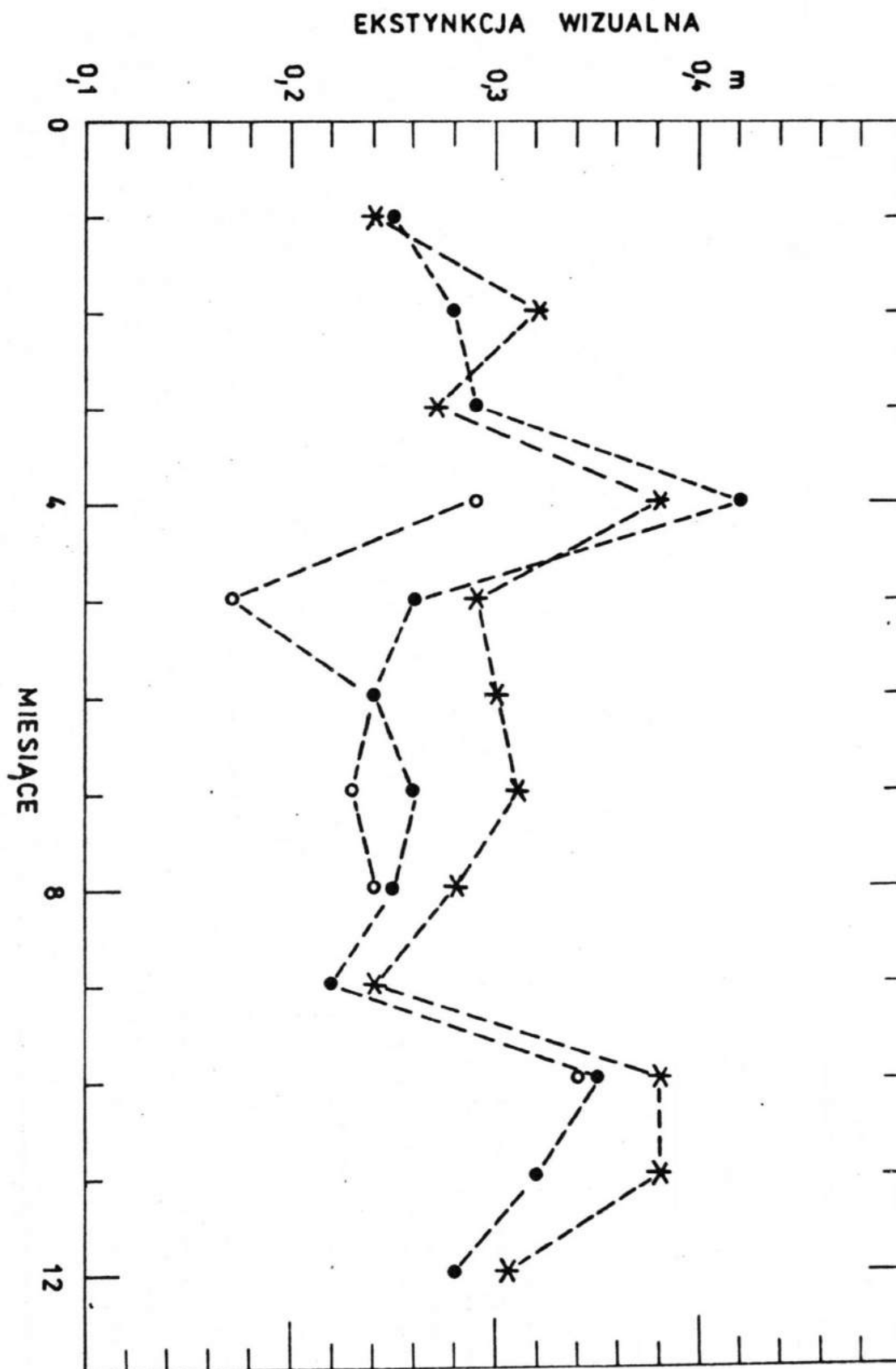


RYS. 1. Wykres ilustrujący liczbę obserwacyjnych nocy w 1986 r. w Bydgoszczy (zaczernione kółka) oraz w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach k. Torunia (gwiazdki). Liczba możliwych nocy obserwacyjnych w Bydgoszczy w miesiącu wrześniu mogłaby być o 2 większa.

Tabela 1. Rozkład liczebności nocy obserwacyjnych w poszczególnych miesiącach 1986 r w Bydgoszczy oraz w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach

Miesiąc 1986	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Liczba nocy obserwacyjnych	4	5	10	11	17	20	15	9	1	6	7	2
Liczba obserwacji na stanowisku	1	4	5	6	13	6	6	6	1	2	3	1
	2	7	6	12	17	18	10	8	1	7	8	2
	3	-	1	5	5	10	10	3	-	2	-	-
Obs.Astronom. UMK Toruń w Piwnicach	3	2	6	4	11	9	6	2	1	2	4	2

Na Rys. 2 przedstawiono przebieg ekstynkcji wizualnej w poszczególnych miesiącach w Bydgoszczy wyznaczonej na stanowisku 1 i 2 oraz wyznaczonej w Prądociu (stanowisko 3). Na wszystkich trzech stanowiskach zaobserwowano dwa maksima: w kwietniu oraz w październiku. Ma to niewątpliwie związek z terminem rozpoczęcia i zakończenia okresu ogrzewczego. Najniższą wartość osiągnął współczynnik ekstynkcji atmosferycznej w maju na stanowisku 3. Szczegółowe dane dotyczące wartości współczynnika ekstynkcji atmosferycznej k_v oraz ich średnich błędów w poszczególnych miesiącach i na poszczególnych stanowiskach zawiera Tabela 2.



RYS. 2. Średni współczynnik ekstynkcji atmosferycznej w zakresie wizualnym w poszczególnych miesiącach 1986 r. w Bydgoszczy na stanowisku 1 (zaczerńnione kółka), na stanowisku 2 (gwiazdki) oraz w Prądocinie (stanowisko 3 - otwarte kółka).

Tabela 2. Średni współczynnik wizualnej ekstynkcji atmosferycznej w Bydgoszczy na poszczególnych stanowiskach oraz jego średni błąd w poszczególnych miesiącach

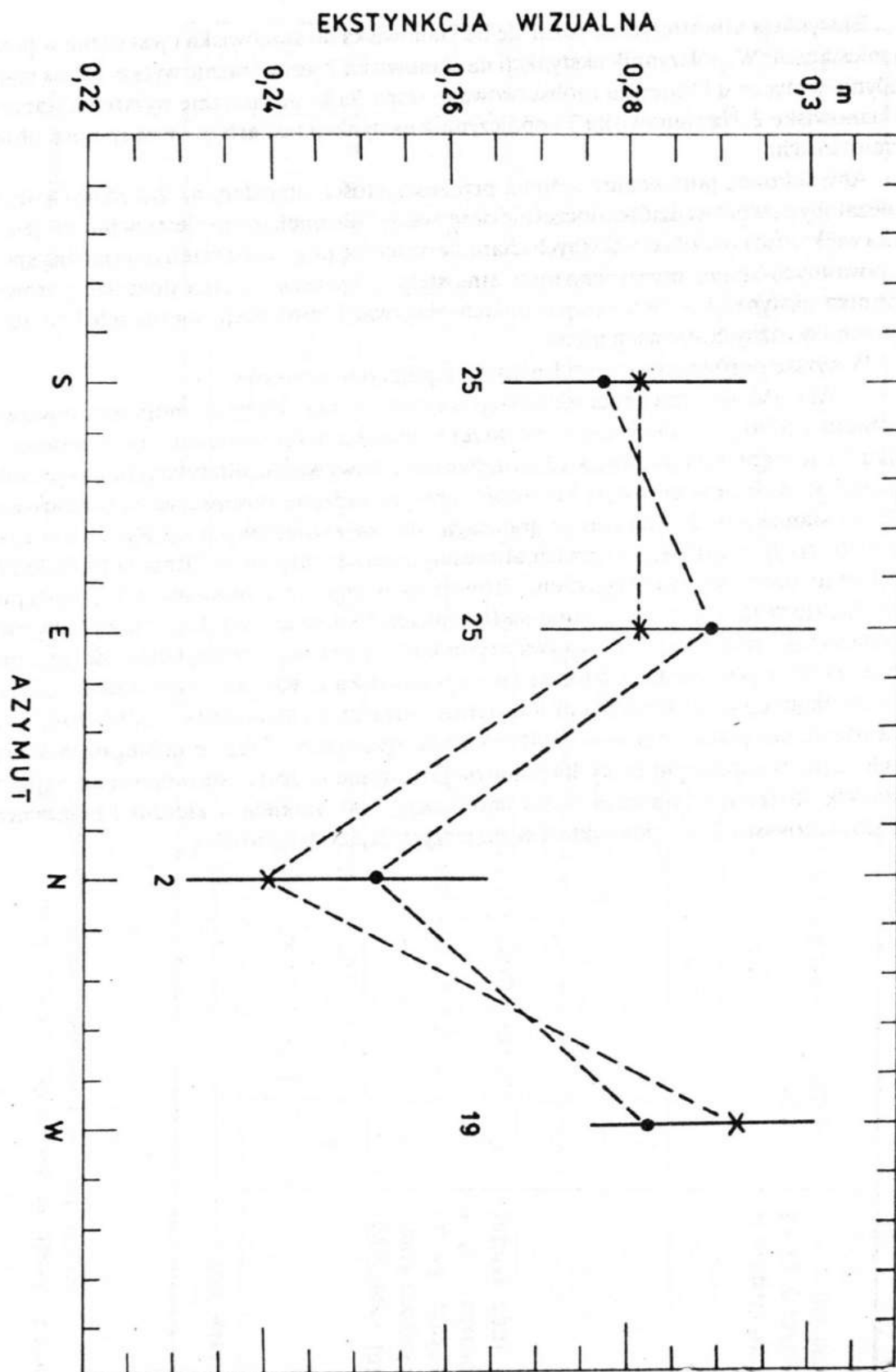
Miesiąc 1986 r	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Średni współczynnik ekstynkcji atmosferycznej -kv na stanowisku 1, 2, 3 oraz jego średni błąd	1	0.248	0.286	0.239	0.417	0.262	0.240	0.253	0.218	0.350	0.317	0.278
	2	0.243	0.320	0.271	0.377	0.293	0.303	0.278	0.237	0.380	0.303	0.310
	3	0.038	0.027	0.057	0.027	0.025	0.018	0.031	0.017	0.037	0.035	0.014
Wartość średnia w Bydgoszczy (1+2 stanowisko)		-	-	0.452	0.292	0.168	0.241	0.233	-	0.350	-	-
		0.245	0.305	0.255	0.390	0.288	0.288	0.293	0.228	0.373	0.365	0.300
	0.029	0.019	0.034	0.025	0.017	0.016	0.021	0.021	0.022	0.030	0.029	0.015

Ekstynkcja atmosferyczna różni się od stanowiska do stanowiska i jest różna w poszczególnych miesiącach. Współczynnik ekstynkcji na stanowisku 2 jest wyraźnie wyższy niż na stanowisku 1, jedynie w styczniu i kwietniu zaobserwowano wartości k_v nieznacznie wyższe na stanowisku 1 niż na stanowisku 2. Na stanowisku 3 współczynnik ekstynkcji jest niższy we wszystkich obserwacyjnych miesiącach.

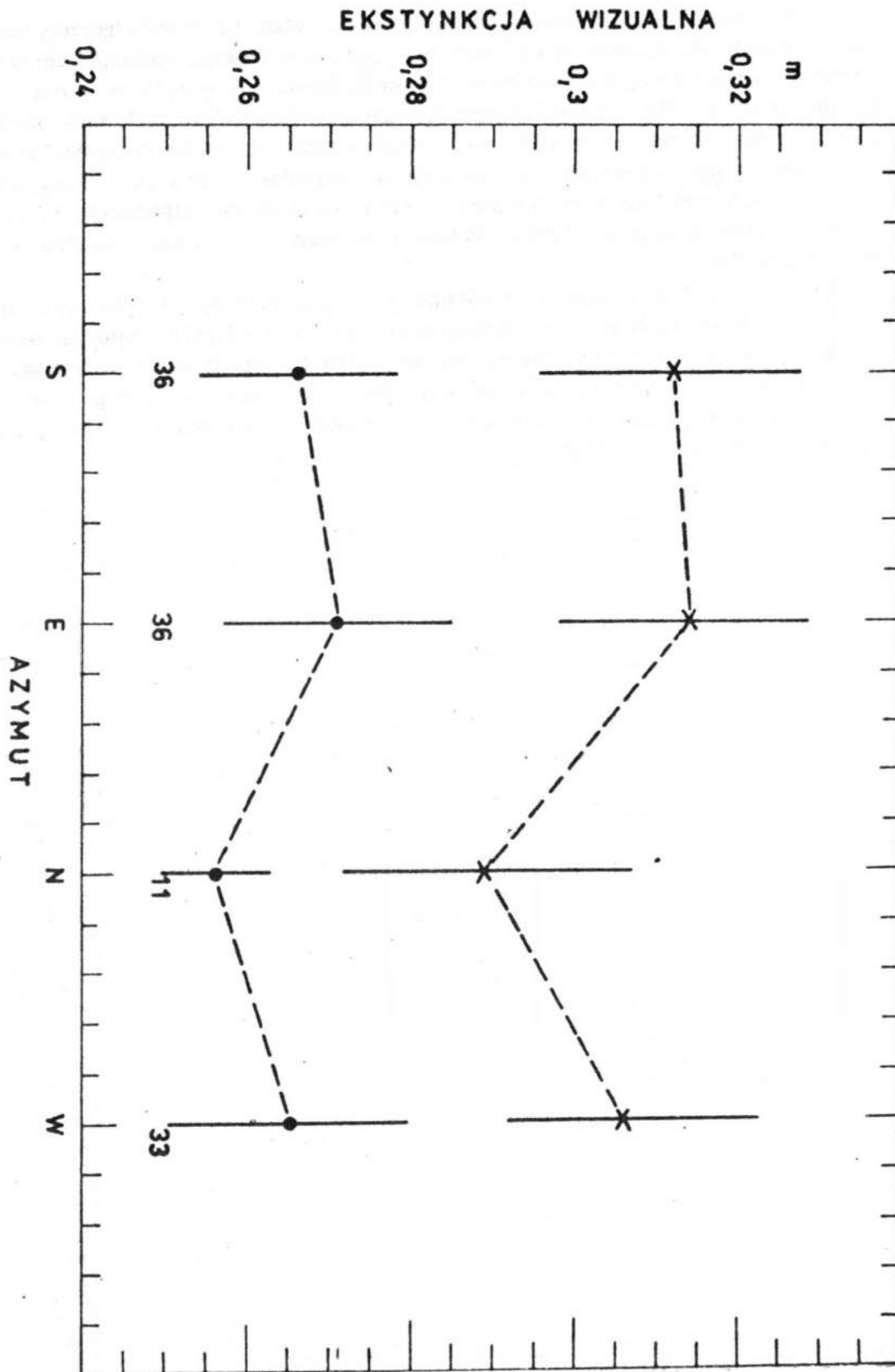
Aby dokonać porównania stopnia przezroczystości atmosfery na 2-3 różnych stanowiskach należałoby przeprowadzić jednocześnie obserwacje. Warunek ten nie jest spełniony, jednakże znakomita większość nocy obserwacyjnych charakteryzuje się pogodą bezwietrzną (można spodziewać się powolnych zmian przezroczystości atmosfery) i wówczas można dokonać porównania współczynnika ekstynkcji w tych samych dniach obserwacji w różnych miesiącach i na różnych stanowiskach i w różnych stronach nieba.

Powyższe porównania prowadzą do następujących wniosków:

1^o Wartość współczynnika ekstynkcji atmosferycznej zależy od momentu obserwacji i miejsca obserwacji, to jest zależy, czy w pierwszej kolejności przeprowadzono oszacowania k_v na stanowisku 1, a następnie na stanowisku 2 lub odwrotnie. Powyższe rezultaty znajdują swoje odbicie na rysunkach 3 i 4. Jeśli w pierwszej kolejności przeprowadzono obserwacje na stanowisku 1, a następnie na stanowisku 2, wówczas w granicach błędów zaznaczonych na Rys. 3 i w różnych stronach nieba średnie wartości ekstynkcji atmosferycznej są takie same. Oznacza to, że kurz, pył, aerozole i inne składniki zanieczyszczenia atmosfery w rejonie stanowiska 1 i 2 występują w zbliżonych ilościach (liczby zamieszczone na Rysunkach 3 i 4 oznaczają ilości "nocy" obserwacyjnych). Diametralnie różny wniosek wypływa z rysunku 4 - jeżeli w pierwszej kolejności przeprowadzimy obserwacje na stanowisku 2, a następnie na stanowisku 1, wówczas stopień zanieczyszczenia atmosfery wielkomijskimi składnikami jest bardzo wyraźny na stanowisku 2 (obliczony poziom istotności różnic nie przekracza $\alpha = 0.001$). Na obu rysunkach wyraźnie odbiegają w kierunku mniejszych wartości współczynniki k_v dla północnej strony nieba. Jest to spowodowane po pierwsze selektywnością obserwacji (mniejsza liczba obserwacji) oraz brakiem w kierunku północnym (w stosunku do stanowiska 2) dużych zakładów zanieczyszczających atmosferę.



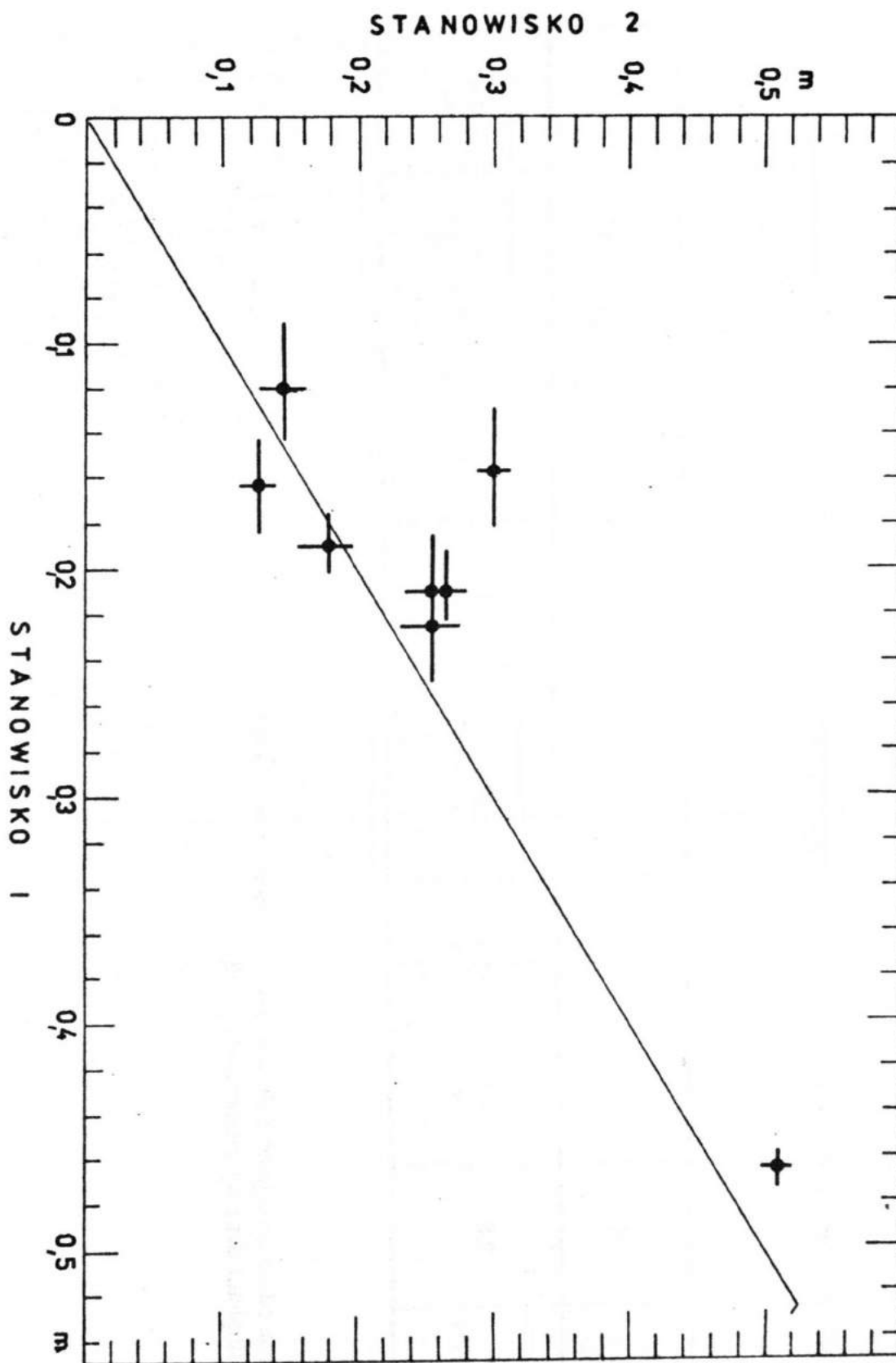
RYŚ. 3. Wartość współczynnika ekstynkcji atmosferycznej zależy od azymutu obserwacji i od kolejności dokonywania pomiarów na różnych stanowiskach. Na rysunku przedstawiono przebieg wartości ekstynkcji atmosferycznej w zależności od azymutu obserwacji gdy pomiaru dokonywano w pierwszej kolejności na stanowisku 1 (zaczernione kółka) a następnie na stanowisku 2 (gwiazdki). Liczby na rysunku przedstawiają ogólną ilość obserwacji w 1986 r. w danym kierunku nieba. Na rysunku zaznaczono również średnie błędy średniego współczynnika ekstynkcji atmosferycznej.



RYS. 4. Obserwacji dokonywano w pierwszej kolejności na stanowisku 2 (gwiazdki) a następnie na stanowisku 1 (zaczernione kółka).

2^o Analiza wieloletnich badań Hohendorfa (1952) wskazuje, że w Bydgoszczy większość wiatrów wieje w kierunkach równoleżnikowych, przy czym zdecydowana większość dni charakteryzuje się bardzo groźną w skutkach dla mieszkańców Bydgoszczy pogodą bezwietrzną. Podobny wniosek zanotowano w 1986 r., jednakże powyższe dane dotyczą jedynie tych nocy, dla których prowadzono pomiary ekstynkcji atmosferycznej (107 nocy obserwacyjnych). Szczupłość zebranego materiału obserwacyjnego nie pozwala na kateryczne stwierdzenie, że nawet w nocy, gdy wieją wiatry wschodnie lub południowo-wschodnie to z kierunku Zachemu (stanowisko 1) napływają warstwy powietrza wyraźnie powiększające wartość ekstynkcji atmosferycznej na stanowisku 2 - patrz Tabela 4 oraz Rys. 5.

Wniosek ten zapewne słuszny o dziennej porze powinien być zweryfikowany dalszymi badaniami. Analiza korelacyjna przedstawionego materiału w Tabeli 4 jest następująca: współczynnik korelacji Pearsona r między wartością współczynnika ekstynkcji k_v na stanowisku 1 i na stanowisku 2 wynosi $r = +0.899$ (znak + oznacza, że na stanowisku 2 ekstynkcja atmosferyczna jest wyższa), a równanie prostej obliczone wg metody najmniejszych kwadratów dla tych danych jest następujące $k_2 = 1.016k_1 + 0.036$.



RYS. 5. Na stanowisku 2 jest wyższa wartość współczynnika ekstynkcji atmosferycznej w odniesieniu do stanowiska 1 gdy wiatr wieje z kierunku E lub SE (kierunek na Zachem).

Tabela 3. Procentowy rozkład częstości kierunku "skąd wieje wiatr" dla Bydgoszczy (1986)

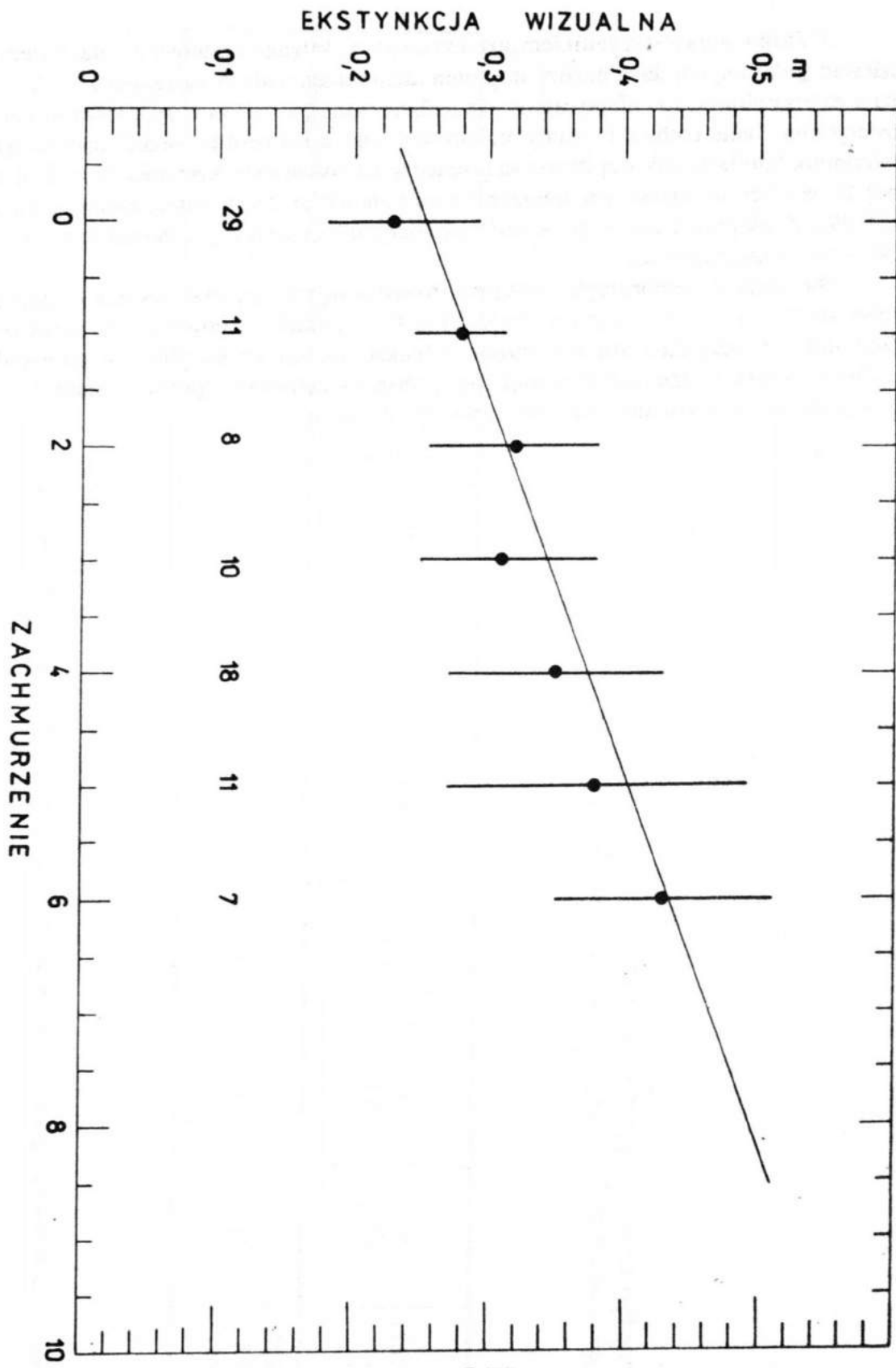
Wiatr wieje z kierunku	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
% 1986 * 1945-1951 (**)	2.8 4	4.5 8	8.4 11	2.8 8	1.9 5	1.9 15	1.9 19	1.9 10	73.9 20

* Dane odnoszą się jedynie dla dat "nocy obserwacyjnych" 1986 r

** Kompletne dane wg. Hohendorfa (1952)

3^o Para wodna jest czynnikiem powiększającym ekstynkcję atmosferyczną. Należy się więc spodziewać dodatniej korelacji między stopniem zachmurzenia nieba wyrażanej w skali od 0 do 10 (0 oznacza brak chmur, 10 - niebo całkowicie zachmurzone), a wartością współczynnika ekstynkcji atmosferycznej. Takie rachunki zostały przeprowadzone, a ich rezultat przedstawiono na Rys. 6. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wartością współczynnika ekstynkcji atmosferycznej k_v w zakresie wizualnym mierzonym na stanowisku 2 a stopniem zachmurzenia wynosi $r = +0.967$. Znak plus oznacza, że wartość współczynnika ekstynkcji atmosferycznej rośnie, gdy wzrasta stopień zachmurzenia.

Na stacjach meteorologicznych przeprowadza się również oszacowania stopnia przezroczystości atmosferycznej notując tzw. "widzialność". Wielkość ta powinna być skorelowana ze współczynnikiem ekstynkcji atmosferycznej, jednakże analiza korelacyjna nie potwierdza tego faktu. Oszacowania "widzialności" są więc zbyt grubym oszacowaniem przezroczystości atmosferycznej, względnie nie wykonano tych pomiarów zbyt starannie.

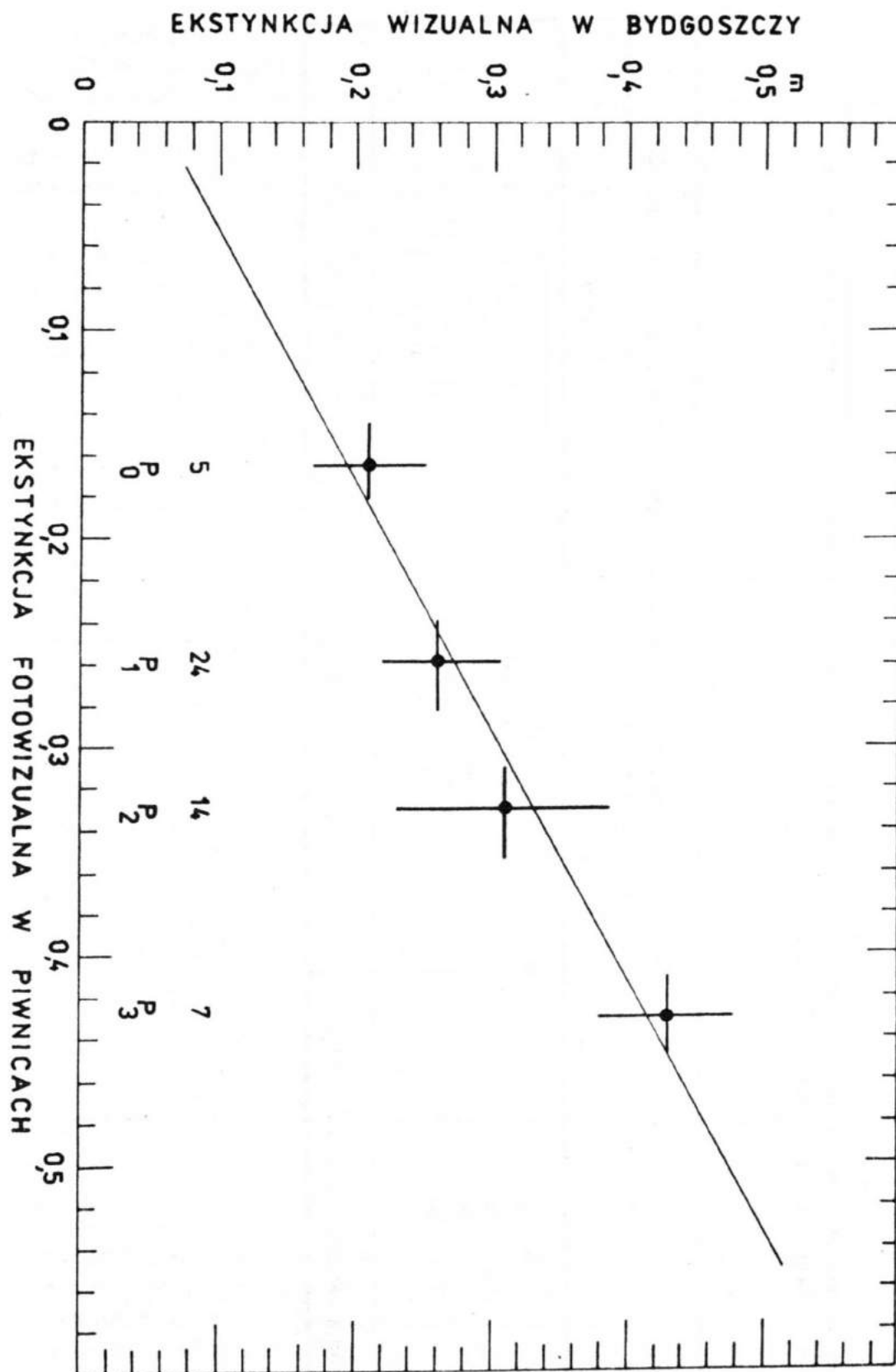


RYŚ. 6. Zależność między wartością współczynnika ekstynkcji wyznaczonym na stanowisku 2 a stopniem zachmurzenia. Na rysunku zaznaczono również średnie błędy oraz liczby "nocy obserwacyjnych".

Tabela 4. Wpływ kolejności obserwacji na wartość średnią wizualnej ekstynkcji atmosferycznej w Bydgoszczy.
Kierunek E lub SE oznacza kierunek na Zachem

Data obserwacji 1986 r	Azymut i prę- kość wiatru m/s	kv + śr. błąd Stanowisko 1 Azymut obserw. E	kv + śr. błąd Stanowisko ob- serw.	Kolejność obser- wacji na stanow.	Odstęp czasu między obserwa- cjami
1.III	E 1SE 1	$0^m.122 + 0^m.015$	$0^m.156 + 0^m.015$	1 - 2	4 ^h
4.III	E 1	0.157 0.029	0.300 0.017	1 - 2	4 ^h
18.III	E 1	162 0.022	0.133 0.014	1 - 2	4 ^h
4.V	E 1	0.212 0.012	0.253 0.011	1 - 2	1
6.V	SE 1	0.186 0.010	0.176 0.019	1 - 2	1
13.V	E 1	0.464 0.009	0.512 0.009	2 - 1	1
10.VI	E 1	0.205 0.019	0.272 0.023	2 - 1	0h.5
3.VIII		0.222 0.016	0.248 0.026	1 - 2	0h.5
		$kv = 0^m.256 \pm$ $0^m.039$	$kv = 0^m.256 \pm$ $0^m.039$		

4° Na Rysunku 7 przedstawiono zależność między średnią ekstynkcją atmosferyczną mierzoną na stanowisku 2 w Bydgoszczy a oszacowaniem przez różnych pracowników Obserwatorium Astronomicznego w Piwnicach k.Torunia stopnia przezroczystości atmosferycznej. Dla poszczególnych stopni przezroczystości atmosfery średnie współczynniki ekstynkcji atmosferycznej w zakresie fotowizualnym (efektywne długości fal dla zakresu wizualnego i fotowizualnego są bardzo bliskie) zostały wyznaczone przez autora - Wegner (1965). Otrzymano bardzo wysoką korelację: $r = +0.940$. Oznacza to, że przezroczystość atmosferyczną nieba można szacować przy użyciu skali stopniowej, gdzie P_0 oznacza niebo z gwiazdami widocznymi aż po horyzont i ciemnym tłem nieba, P_3 - są widoczne jaśniejsze gwiazdy i tylko do odległości zenitalnej około 60° . Błąd oszacowania stopnia przezroczystości atmosferycznej wynosi około 1 stopnia co pociąga za sobą w przypadku pojedynczej obserwacji błąd oszacowania współczynnika ekstynkcji atmosferycznej około 0.1.



RYS. 7. Zależność między średnią wartością ekstynkcji atmosferycznej wyznaczonej na stanowisku 2 w Bydgoszczy a średnią ekstynkcją wyrażaną w stopniach przezroczystości P₀ - P₃ - Wegner (1965) mierzoną w Obserwatorium Astronomicznym w Piwnicach k. Torunia. Na rysunku zaznaczono liczby obserwacji oraz średnie błędy.

Tabela 5. Średnie współczynniki wizualnej ekstynkcji atmosferycznej oraz ich średnie błędy w Bydgoszczy na różnych stanowiskach i w różnych stronach świata

Azymut	Średni współczynnik ekstynkcji atmosferycznej kv i jego średni błąd	
	stanowisko 1	stanowisko 2
S	$0^m.275 + 0^m.007$	$0^m.309 + 0^m.004$
E	$0.282 + 0.007$	$0.312 + 0.004$
N	$0.261 + 0.013$	$0.310 + 0.009$
W	$0.280 + 0.008$	$0.318 + 0.004$
Średnia wartość kv oraz średni błąd	$0^m.277 + 0^m.006$	$0^m.313 + 0^m.004$

5^o Ekstynkcja atmosferyczna zależy również od stron świata - patrz Tabela 5. Dane w niej zawarte zostały wyrównane pod względem selektywności (liczebności) obserwacji. Bardzo małe średnie błędy wskazują, iż poziom istotności różnicy między wartościami współczynnika ekstynkcji atmosferycznej między kierunkami S, E, W a N na stanowisku 1 jest bardzo wysoki ($\alpha < 0.001$), natomiast na stanowisku 2 różnice są niewielkie. Wyższa wartość współczynnika ekstynkcji atmosferycznej w kierunku W świadczy o zlokalizowaniu zakładów zanieczyszczających miasto właśnie w tym kierunku względem stanowiska 2.

Znając współczynnik ekstynkcji atmosferycznej k_v można wyznaczyć przezroczystość atmosferyczną p_v z zależności

$$p_v = e^{-k_v F/z}$$

gdzie F/z nosi nazwę funkcji mas powietrza wg Bemporada. Wielkość ta jest równa $\frac{1}{\cos z}$ (do odległości zenitalnej z nie przekraczającej 60°).

W Tabeli 6 zamieszczono wyniki wyliczeń współczynnika przezroczystości atmosferycznej dla średniej (rocznej) wartości k_v na stanowisku 1, 2 oraz średniej wartości obliczonej łącznie i dla różnych odległości zenitalnych z .

Tabela 6. Średnie współczynniki wizualnej przezroczystości atmosferycznej w Bydgoszczy w funkcji odległości zenitalnej

Odległość zenitalna z	Funkcja mas powietrza $F(z)$	Współczynnik przezroczystości atmosferycznej powietrza p		
		stanowisko 1	stanowisko 2	stanowisko 1 + 2
0°	1.000	$0^m.76$	$0^m.73$	$0^m.74$
20°	1.064	0.74	0.72	0.73
40°	1.304	0.70	0.66	0.68
50°	1.553	0.65	0.62	0.63
60°	1.995	0.58	0.54	0.55
70°	2.904	0.45	0.40	0.42
75°	3.816	0.35	0.30	0.32

4. Podsumowanie

Przedstawiony materiał wskazuje, iż pomiary wartości ekstynkcji atmosferycznej w zakresie wizualnym przy pomocy zaproponowanej metody są możliwe do przeprowadzenia. Katedra Ochrony Środowiska powinna uczestniczyć więc w kompleksowych badaniach stopnia zanieczyszczenia środowiska atmosferycznego. W programie dalszych badań należałoby zweryfikować możliwość zastosowania kliszy fotograficznej (aparatu fotograficznego) do pomiarów ekstynkcji atmosferycznej. Tym sposobem wyznaczono by współczynniki ekstynkcji atmosferycznej w zakresie fotograficznym (λ_{eff} zakresu wizualnego względnie fotowizualnego wynosi około 5560 Å, λ_{eff} zakresu fotograficznego wynosi około 4300 Å).

LITERATURA

- [1] Kopcewicz T.: Fizyka atmosfery, cz. II - O metodach i technice pomiarów meteorologicznych, wyd. II. Warszawa PWN 1956
- [2] Łachowski J.: Problemy Ochrony Naturalnego Środowiska Człowieka w województwie bydgoskim, Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Bydgoszczy. Bydgoszcz 1979
- [3] Hohendorf E.: Klimat Kujaw i przyległej części pradoliny Wisły w świetle potrzeb rolnictwa. Przegląd geofizyczny, zeszyt 2, Rocznik IV (XII). Warszawa Instytut Geografii PAN 1959
- [4] Paszyński J.: Wstępne wyniki badania przezroczystości atmosfery w Bydgoszczy. Przegląd geofizyczny, zeszyt 2, Rocznik IV (XII). Warszawa Instytut Geografii PAN 1959
- [5] Podogrodzki J.: Przebieg roczny promieniowania całkowitego w Polsce, Prace PIHM, 100, 1970
- [6] Stasiak J., Stasiak K.: Problemy środowiska przyrodniczego. Warszawa PWN 1983
- [7] Strauch E.: Metody i przyrządy pomiarowe w meteorologii i hydrologii. Warszawa PWN 1972
- [8] Stacja meteorologiczna IMUZ w Bydgoszczy, informacja prywatna
- [9] Wegner W.: The atmospheric Extinction in Photographic and Photovisual Ranges at the Astronomical Observatory in Piwnice - Toruń, Bull. astr. Obs. Toruń 34, 1965
- [10] Wegner W.: Ekstynkcja atmosferyczna w Bydgoszczy cz. I - Zeszyty Przyrodnicze Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Bydgoszczy 7, 1988
- [11] Wegner W.: Ekstynkcja atmosferyczna w Bydgoszczy cz. II - Zeszyty Przyrodnicze Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Bydgoszczy 8, 1989
- [12] Wójcicka I.: Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na klimat miast, "Ochrona powietrza", 6, 1970