

BOGDAN KLUCZYŃSKI

## Wpływ związków fluoru na stan zdrowotny drzew i krzewów przy Hucie Aluminium „Konin”

### WSTĘP

Wyziewy fluorowe znane są ze swej wysokiej toksyczności. Mówi o tym sama nazwa pierwiastka fluor (F) pochodząca od greckiego słowa *ftorios*, co znaczy „niszczący”. Przemysł emituje fluor w postaci gazów (głównie fluorowodoru HF), pyłów (fluorków) i par. Roślinność absorbuje go z powietrza oraz z gleby i kumuluje w organach, zwłaszcza asymilacyjnych. Powoduje to w konsekwencji jej uszkodzenie, zahamowanie wzrostu, zniekształcenie, częstokroć zaś całkowite zamieranie. Permanentne spożywanie skażonych roślin przez zwierzęta wywołuje groźną chorobę zwaną fluorozą. Ten i wiele innych stanów patologicznych wywołuje fluor w organizmie człowieka (Dziubek, 1963, 1970, 1973; Paluch i Szalonek, 1970; Matusiewicz, 1973).

W przeciwieństwie do pyłów czy dwutlenku siarki, najpospolitszych zanieczyszczeń powietrza, emisja fluoru ma charakter lokalny, ograniczony praktycznie do następujących gałęzi wytwórczości: hutnictwo aluminium, szkła i stali, produkcja nawozów fosforowych, cegieł, materiałów ogniotrwałych, emalii. Najbardziej uciążliwe dla otoczenia są huty aluminium i fabryki nawozów fosforowych. Jest to spowodowane największą ilością wyzwolonego fluoru na tonę gotowego produktu oraz olbrzymią mocą przerobową tych zakładów.

Produkcja aluminium, a także nawozów fosforowych na skalę techniczną sięga połowy XIX wieku (Mormul i Olszewski, 1969); można więc mówić o ponad stuletnim problemie szkód wyrządzanych przez emisję fluoru. Od tego czasu hutnictwo aluminium rozwija się szybko. Świadczy o tym duża liczba i ogromna moc przerobowa powstających zakładów. Gdy jeszcze w latach pięćdziesiątych naszego stulecia budowano huty o zdolności produkcyjnej 25 000 ton aluminium na rok, to obecnie ze względów ekonomicznych jednostki takie powiększają swą produkcję do co najmniej 50 000 ton na rok (Filas, 1972).

Otrzymywanie aluminium odbywa się głównie na drodze termoelektrolizy tlenku glinu —  $Al_2O_3$  rozpuszczonego w stopionym kryolicie —  $Na_3[AlF_6]$  (Mormul i Olszewski, 1969; Trzebiatowski, 1971). W zależności od stosowanej technologii (Filas, 1972; Nowakowski, 1973) zużycie fluoru na tonę wyprodukowanego aluminium wynosi 15 - 50 kg, z czego 2/3 wydalane jest z gazami głównie w postaci fluorowodoru (HF) i pyłów fluorowych (fluorki: sodu, glinu, węgla itp.). Zatem

huta o wspomnianej mocy produkcyjnej 50 000 ton aluminium w roku wydziela w przybliżeniu 1300 - 4000 kg fluoru na dobę, to jest 500 - 1670 ton na rok, w zależności od stosowanej technologii. Sprawność urządzeń wychwytyjących pyły i oczyszczających gazy determinuje tę ilość fluoru, która przedostaje się do atmosfery. Świeboda (1964) podaje, że choć w większości hut aluminium i zakładów nawozów fosforowych prowadzi się obecnie oczyszczanie gazów odlotowych ze sprawnością 85 - 90% gazowych związków fluoru, to ulatniające się do atmosfery ilości są wystarczająco wysokie, aby spowodować w okolicy zanikanie roślinności.

Emisja fluoru jest w Polsce duża. Produkcja superfosfatu (Paluch i Szalonek, 1970) daje u nas emisje 4000 - 5000 ton tego gazu w ciągu roku (po uwzględnieniu jego odzysku), hutnictwo aluminium około 2500 ton, a emaliernie, stalownie i huty szkła — łącznie około 1800 ton.

Aktualnie pracują w Polsce dwie huty aluminium: w Skawinie i w Koninie. Stec (1973) podaje, że obecnie skawińska Huta wydała rocznie w powietrze 1020 ton fluoru. Według Filasa (1972) Huta w Koninie emituje około 400 ton fluoru i 500 ton pyłów rocznie. Zasięg rozprzestrzenianych zanieczyszczeń zależy od wielu czynników: usytuowania i wysokości źródła emisji, ukształtowania oraz pokrycia terenu roślinnością i zabudowaniami, warunków pogodowych, a zwłaszcza od częstotliwości i siły wiatrów na poszczególnych kierunkach. Paluch i Szalonek (1970) przyjmują, że przy emisji fluoru strefą największego zagrożenia jest rejon o promieniu 0,5 - 1,5, a nawet 3 km. Obszary odległe o 5 - 10 km od większych źródeł zalicza się już do stref niewielkiego zagrożenia, choć na przykład w glebie położonej w odległości powyżej 30 km od Huty Aluminium „Konin” Mucha i inni (1973) stwierdzali koncentrację fluoru rzędu 5,7 mg<sup>0</sup>/o (przy domniemanej zawartości naturalnej od 0 do 2 - 3 mg<sup>0</sup>/o). Liczne są czynniki wywołujące choroby roślin w rejonie emisji; są one trudne do jednoznacznego określenia, zwłaszcza na większych odległościach od źródła skażenia.

Różne aspekty szkód wyrządzanych przez Hutę Aluminium „Konin” w Koninie-Malińcu zostały przedstawione w wielu ekspertyzach, a także w pracach naukowych (Dziubek, 1963, 1970 i 1973; Dziubek i inni, 1970; Jabłońska i Matuszewski, 1970; Paluch i Szalonek, 1970; Miciński i inni, 1971; Figiel, 1972; Filas, 1972; Gostyńska, 1972; Mucha i inni, 1973; Nowakowski, 1973). Niniejsza praca przedstawia stan zdrowotny zadrzewienia na obszarze zajęтым przez obiekty produkcyjne i administracyjne tej huty. Przeprowadzone w tym celu w 1972 r. obserwacje dotyczyły cech zewnętrznych roślin. Analiza zebranych materiałów w zależności od gatunków roślin, ich położenia względem źródła emisji (odległość, częstotliwość i siła wiatrów na danym kierunku) prowadzi do pewnych wniosków ogólnych. Zasadniczym celem pracy jest uszeregowanie zinwentaryzowanych gatunków drzew i krzewów według stopnia ich odporności na działanie fluoru, co w praktyce może być pomocne przy planowaniu zadrzewienia dla terenów o scharakteryzowanym wyżej zagrożeniu.

#### CHARAKTERYSTYKA ODDZIAŁYWANIA FLUORU NA ROŚLINY NA PODSTAWIE LITERATURY

Pierwsze wzmianki na temat uszkodzeń roślin przez ekshalaty przemysłowe (Dziubek, 1970) pojawiły się w piśmiennictwie fachowym

pod koniec ubiegłego wieku. Do tej pory liczba prac z tego zakresu bardzo wzrosła. Wnoszą one wiele cząstkowych wyjaśnień skomplikowanych mechanizmów oddziaływania związków fitotoksycznych na roślinę.

Konsekwencją oddziaływania zanieczyszczeń powietrza na rośliny są uszkodzenia i szkody. Pod terminem „uszkodzenia” (Godzik i Piskornik, 1969) rozumie się najczęściej wszystkie reakcje roślin, które są wynikiem oddziaływania zanieczyszczeń atmosfery (zmiany w procesach fizjologicznych, nekrozy, chlorozy lub inne zmiany barwy liści, zahamowany wzrost, zmiany składu chemicznego komórek, tkanek itp.). Do „szkod” kwalifikują się uszkodzenia, które obniżają wartość roślin pod względem gospodarczym, biocenotycznym lub dekoracyjnym. Uszkodzenia roślinności spowodowane emisją zanieczyszczeń (Godzik i Piskornik, 1969; Zimny, 1971) dzieli się umownie na: niewidoczne albo fizjologiczne, chroniczne oraz ostre. Te pierwsze dotyczą głównie chloroplastów (do ich rozpadu włącznie) i są makroskopowo trudne do uchwycenia, drugie obniżają zwłaszcza zdolności produkcyjne roślin (początkowo bez wyraźnych objawów zewnętrznych, później z objawami chlorozy), a uszkodzenia ostre powstają najczęściej podczas krótkiego działania stosunkowo wysokich stężeń związków fitotoksycznych, powodując zauważalne nekrozy międzyżyłkowe lub brzeżne. Zmiany zachodzące w roślinie mogą być w przypadku uszkodzeń niewidocznych odwracalne, uszkodzeń chronicznych częściowo odwracalne (niektóre chlorozy), a ostrych — nieodwracalne.

Zbliżone albo takie same objawy uszkodzeń może powodować wiele związków fitotoksycznych, a także cały szereg czynników nie związanych z zanieczyszczeniami powietrza, jak zbyt niska lub zbyt wysoka temperatura, przesuszenie rośliny, nieodpowiednia gleba, jej wilgotność oraz zasobność w składniki pokarmowe, wreszcie drobnoustroje lub owady. Stąd wyłaniają się trudności w jednoznacznym określeniu czynnika sprawczego uszkodzeń roślinności.

Różne gatunki roślin, a wewnątrz populacji różne ekotypy lub genotypy, niejednakowo reagują na zanieczyszczenia powietrza. Prócz tego (Kisser, 1968) zróżnicowaną wrażliwość na rozmaite składniki zanieczyszczeń, ich stężenia oraz czas oddziaływania wykazuje każdy gatunek rośliny. Wrażliwość tę modyfikują: stadium rozwojowe rośliny oraz czynniki ekologiczne nie tylko w szerokim, długofalowym ujęciu, ale także układy pogodowe w ciągu doby.

Uszkodzenia i szkody wywołane fluorem (Cormis, 1970; Dässler i inni, 1972) są podobne do szkód spowodowanych działaniem dwutlenku siarki, chloru i innych gazów (poza ozonem i związkami organicznymi). Podobieństwa te są porównywalne przy 10 - 1000 razy mniejszej zawartości fluoru niż  $\text{SO}_2$  w powietrzu, przy czym objawy uszkodzeń fluorowych występują po dłuższym okresie czasu.

Sumaryczne stężenie związków fluorowych (gazów, pyłów i par) w ciągu doby nie powinno przekraczać  $0,01 \text{ mg/m}^3$  (Just, 1972). Fluorowódor HF (Godzik i Piskornik, 1969; Dziubek, 1973) oddziałuje toksycznie na tkankę roślinną już od stężenia  $0,1 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  powietrza ( $0,0001 \text{ mg/m}^3$ , czyli  $0,0000001 \text{ mg/l}$ ). Stężenia gazowych związków fluoru w emitowanych zanieczyszczeniach (Szalonek, 1967) wynoszą od kilku do ponad  $100 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ , przeciętnie zaś kilka  $\mu\text{g/m}^3$ , przy czym nawet w krótkich odstępach czasu występują znaczne ich wahania. Wykonane metodą aspiracyjną w sąsiedztwie fabryki nawozów fosforowych pomiary Dziubka (1973) wykazały stężenia do  $0,0027 \text{ mg F/l}$  powietrza, a w są-

siedztwie huty aluminium do 0,009 mg/l. Nawet bardzo wysoka norma dopuszczalnych stężeń (0,03 mg/m<sup>3</sup>) jest w praktyce znacznie przekraczana. Przekroczenia progu toksyczności fluorowodoru dla roślin (0,1 µg/m<sup>3</sup>) są w przypadkach przytoczonych wyżej pomiarów Dziubka co najmniej kilkadziesiąt tysięcy krotne!

Gazowe związki fluoru są akumulowane w komórkach i w tkankach roślinnych. Stwierdzono (Godzik i Piskornik, 1970), że zawartość fluoru w liściach może być do miliona razy wyższa od jego stężenia w powietrzu. W normalnych warunkach rośliny zawierają nieznaczne ilości tego pierwiastka pobranego głównie z gleby, gdzie najczęściej występuje w formie niedostępnej dla nich. Należy zaznaczyć, że badania prowadzone we Francji (Cormis, 1970) podważają hipotezę o możliwości absorbowania przez rośliny fluoru z gleby jeśli nawet występuje w niej w dużych ilościach, a tym bardziej powodowania tą drogą nekrozy liści. Fluor z gleby praktycznie nie przenika do nadziemnych części rośliny. Zawartość F w roślinach wolnych od skażeń (Dziubek i inni, 1970) kształtuje się w granicach od ilości śladowych do 0,6 mg, wyjątkowo do 1 mg na 100 g suchej masy (0,6 - 1,0 mg<sup>0/0</sup> albo 6 - 10 ppm). Godzik i Piskornik (1970) podają za Garberem wyższą (0,05 - 2,0 mg<sup>0/0</sup>) naturalną koncentrację fluoru w roślinie. Tymczasem w skażonej paszy Dziubek (1970a) stwierdził zawartość fluoru w granicach 1,7 - 24,2 mg<sup>0/0</sup> (17 - 242 ppm) w przeliczeniu na suchą masę. Ten sam autor wspólnie z innymi (1970b) przeanalizował 119 próbek pobranych z poszczególnych części morfologicznych roślin łąkowych, pastwiskowych, zbóż, okopowych, warzyw i drzew rosnących w najbliższej okolicy huty aluminium. Odnotował wówczas zawartości fluoru w szerokich granicach 1,3 - 1000,0 mg<sup>0/0</sup> (13 - 10 000 ppm), przy czym na największą liczbę prób (31,1<sup>0/0</sup> i 21,0<sup>0/0</sup>) przypadła odpowiednio zawartość 100 i 210 ppm.

Nie ma korelacji między zmianami patologicznymi a stężeniem fluoru w roślinie. Świadczy o tym chociażby fakt odnalezienia liści (Cormis, 1970) zawierających silne, dochodzące niekiedy do 800 ppm, dawki F i nie zdradzających objawów nekrozy, podczas gdy liście *Gentiana lutea* L. są już bardzo uszkodzone przy zawartości 40 - 50 ppm. U jednych gatunków roślin odmienna odporność wynika z różnic w intensywności pobierania, u innych — z różnic w prędkości przenikania fluoru. W trakcie badań nad wpływem HF na mieczyki zaobserwowano, że zawartość fluoru jest większa u odmian odporniejszych na ten gaz niż u odmian bardziej wrażliwych. Stwierdzono także, że po pewnym czasie zawartość pobranego fluoru spada nawet do 50<sup>0/0</sup>. Wysłunięto przypuszczenie, że roślina może wyzalać fluor w postaci produktów lotnych, na przykład fluoroocetanu lub fluorku winylu.

Nie istnieje zbyt dużo roślin testowych na wpływy fluoru. Wyjątkową rolę pod tym względem (Cormis, 1970) spełnia flora alpejska. Z roślin także u nas uprawianych (Paluch i Szalonek, 1970) szczególnie

wrażliwe na fluor są: mieczyki, brzoskwinie, winorośl, kosańce, śliwy. Wysokie stężenia bez ostrych objawów uszkodzeń znosi kalarepa i jarmuż.

Pałuch i Szalonek (1970) zwracają uwagę na wyraźną korelację między stężeniem fluoru w roślinach i w powietrzu. Ze wzrostem odległości od źródła emisji zaznacza się wyraźny spadek zawartości fluoru w organach asymilacyjnych roślin, przy czym bywa on znaczny już przy niewielkim wzroście odległości.

Roślina absorbuje fluor głównie z powietrza za pomocą organów asymilacyjnych. Wnika on do komórek i tkanek roślinnych, choć może być akumulowany na powierzchni liści. Pojedyncza komórka zatrzymuje w swych ścianach największe ilości fluoru, nieco mniej w chloroplastach i we frakcji białek rozpuszczalnych w wodzie, najmniej w mitochondriach i we frakcji rybosomalnej. W organach asymilacyjnych (Godzik i Piskornik, 1970) większość zaabsorbowanego fluoru lokalizuje się w partiach wierzchołkowych i brzeżnych; stosunkowo nieznaczne jego ilości przypadają na łodygę i ogonki liściowe. Fluor odkłada się głównie w warstwie epidermy. Nekrozy szpilek drzew iglastych oraz organów asymilacyjnych roślin jednoliściennych obejmują zazwyczaj wierzchołkowe części tkanek a następnie rozszerzają się ku ich nasadzie. U dwuliściennych spotyka się najczęściej nekrozy międzyżyłkowych lub brzeżnych części liścia, przy czym przenikają one przez całą grubość blaszki liściowej.

Drogą wnikania czynnika toksycznego do rośliny są przede wszystkim szparki. Spadek wrażliwości roślin w nocy oraz w warunkach obniżonego turgoru (pogoda sucha i słoneczna) przypisuje się zamykaniu szparek. Wszystkie czynniki stymulujące otwieranie szparek zwiększają wrażliwość roślin na uszkodzenia. Zimmermann i Hitchcock (1956) stwierdzili brak korelacji między ilością szparek na powierzchni liści a wrażliwością na  $SO_2$  i HF. Według nich odmienna wrażliwość roślin wynika raczej z różnic w składzie chemicznym poszczególnych gatunków lub odmian a nie ze sposobu w jaki czynnik fitotoksyczny wnika do tkanek.

Fotosynteza i oddychanie są procesami szczególnie czułymi na zanieczyszczenia powietrza. Ujawnia się to wyraźnie przy stężeniach powodujących widoczne uszkodzenia liści. Badając wpływ HF na fotosyntezę, a zwłaszcza na oddychanie, uzyskiwano często sprzeczne wyniki (Godzik i Piskornik, 1970). Wyższe dawki HF powodowały najczęściej wzrost intensywności oddychania po pojawieniu się uszkodzeń. W innych badaniach, przy zastosowaniu wysokich stężeń fluorków, obserwowano początkowo stymulację oddychania, a po wystąpieniu zewnętrznych objawów uszkodzeń — zahamowanie procesu. Zastosowanie wysokich stężeń HF przez krótki okres czasu powoduje całkowite zahamowanie fotosyntezy a powrót do normalnego poziomu wymaga znacznie dłuższego czasu niż po działaniu  $SO_2$ . Zjawisko to tłumaczy się zróżnicowaną szybkością

dezaktywacji  $\text{SO}_2$  i HF (ulatnianie się oraz przemieszczanie fluoru do brzeżnych partii liści). Związki fluoru hamują również aktywność wielu enzymów.

Fluor wywiera niekorzystny wpływ na bilans wodny rośliny głównie z powodu wadliwej pracy szparek. W roślinie lub na jej powierzchni fluor zachowuje swą cechę rozpuszczalności w wodzie.

Ponieważ wiele badanych czynników fitotoksycznych zmniejsza syntezę celulozy i innych składników ścian komórkowych przypuszcza się, że w tym zjawisku może tkwić przyczyna obserwowanego zahamowania wzrostu całych roślin.

Szkodliwe działanie fluoru najwyraźniej zaznacza się na drzewach, zwłaszcza starszych, bowiem młode egzemplarze są odporniejsze. Nie bez wpływu na taki stan rzeczy jest fakt utrzymywania się wyższych koncentracji fluoru w warstwie powietrza powyżej 2,5 m. Szalonek (1968) stwierdziła, że w najbliższym rejonie źródła emisji poziom skażenia powietrza fluorem na wysokości 2,5 m nad powierzchnią ziemi był średnio o około 34% wyższy niż na wysokości 0,5 m. Natomiast zależność między położeniem rośliny nad powierzchnią gruntu a ilością zaabsorbowanego fluoru badał Knabe (1968). Stwierdził, że na przykład na wysokości 12,3 m zawartości fluoru w roślinach były od 168 do 360% wyższe aniżeli analogiczne wartości przy samej ziemi.

Warto wspomnieć o pracach (Świeboda, 1964), które podają możliwości nawet znacznego łagodzenia u roślin szkód od fluoru poprzez opryskiwanie ich specyficznymi środkami ochronnymi (wapnem, emulsją tłuszczową itp.).

Na podstawie badań terenowych oraz sztucznego gazowania fluorem przedstawiano niejednokrotnie różnicowanie odporności u wielu drzew, krzewów, roślin zielnych i uprawowych (Zimmerman i Hitchcock, 1956; Woropaj, 1962; Świeboda, 1964; Navara i Golub, 1968; Bossavy, 1970a i 1970b; Cormis, 1970; Dziubek i inni, 1970; Paluch i Szalonek, 1970; Miciński i inni, 1971; Dässler i inni, 1972). Przytoczenie na ich podstawie skompletowanej listy gatunków z podziałem na klasy odporności jest niemożliwe z uwagi na rozmiar niniejszej pracy. W dalszej części zostaną omówione jedynie charakterystyczne punkty zbieżne obserwacji własnych z wynikami zaczerpniętymi z literatury.

#### CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Obiektem badań jest zadrzewienie terenu Huty Aluminium w Koninie-Malińcu. Huta wydalająca do atmosfery różne zanieczyszczenia, z których najbardziej toksyczne są związki fluoru, jest głównym sprawcą skażenia tego terenu. Sytuację pogarszają pobliskie obiekty przemysłowe, jak Elektrownia Konin i Pątnów, Kopalnia Węgla Brunatnego i Brykietownia Marantów.

Huta Aluminium „Konin” uruchomiona została w 1966 r. (Filas, 1972). Otrzymywanie aluminium odbywa się w niej także na zasadzie termoelektrolizy tlenku glinowego rozpuszczonego w stopionym kryolicie. Procesowi elektrolizy towarzyszy wydzielanie się ogromnych ilości gazów, głównie  $\text{CO}_2$  i  $\text{CO}$  (odpowiednio: 55 - 65<sup>0</sup>/<sub>0</sub> i 28 - 40<sup>0</sup>/<sub>0</sub> ogólnej ilości) na skutek reakcji redukcji  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Ponadto w gazach tych znajdują się:  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{HF}$ , pary  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$  oraz w niewielkich ilościach  $\text{SO}_2$ ,  $\text{COS}$  a także  $\text{CF}_4$  i  $\text{C}_2\text{F}_6$ .  $\text{SO}_2$  i  $\text{COS}$  pochodzą ze spalania siarki zawartej w węglu masy anodowej. Wydzielające się gazy unoszą ze sobą pewne ilości pyłów pochodzących z masy anodowej (sadza, piana węglowa) i ze surowców pyłących podczas dozowania do elektrolizerów ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , fluorki). Zasadniczą postacią uchodzącego fluoru jest fluorowodór ( $\text{HF}$ ) powstający podczas termohydrolyzy lotnych składników kąpieli elektrolitycznej.

Oczyszczone do pewnego stopnia gazy wydalone są do atmosfery przez kominy o wysokości około 32 m. Część gazów anodowych przedostaje się (zwłaszcza podczas dozowania surowców) do atmosfery hal, skąd po przejściu przez dachowe urządzenia wentylacyjno-myjące uchodzą na zewnątrz. W halach odbywa się ciągła wymiana atmosfery dzięki wprowadzaniu zasysanego z zewnątrz powietrza.

Pomimo systematycznych prac nad zwiększeniem sprawności oczyszczania ekshalatów, emitowane do atmosfery stężenia fluoru są nadal bardzo groźne dla środowiska (pamiętając o ciągłym procesie „nawarstwiania się” szkód). Świadczą o tym cytowane w poprzednich rozdziałach dane liczbowe.

Rozmiar szkód wyrządzanych przez przemysłowe zanieczyszczenia powietrza (Świeboda, 1970) zależy w dużym stopniu od lokalnych warunków: klimatycznych, glebowych oraz od rzeźby terenu z jego przestrzennym zagospodarowaniem. Przyjrzyjmy się tym czynnikom w odniesieniu do terenu Huty.

Koniński Okręg Przemysłowy (Gostyńska, 1972; Mucha i inni, 1973), którego ważnym ogniwem jest Huta Aluminium, zajmuje tereny z luźną zabudową wiejską na północ od miasta Konina. W skali makroregionu teren leży w płytkiej kotlinie Niziny Wielkopolskiej. Ma on jednak urozmaiconą rzeźbę wysoczyzny morenowej, ukształtowanej w czasie zlodowacenia warszawskiego II, stadiałów leszczyńskiego i środkowo-poznańskiego. Znajdują się tu liczne jeziora rynnowe i kanały. Północne części terenu cechuje duża lesistość. Charakterystyczną cechą krajobrazu są zadrzewienia przy zabudowaniach i ciekach wodnych oraz rozległe łąki i pastwiska na terasach zalewowych. Na południowym krańcu Okręgu płynie rzeka Warta.

Gleby omawianego obszaru wytworzyły się z utworów lodowcowych wymienionych stadiałów. Pod względem typologicznym są to różne stadia rozwojowe gleb brunatnoziemnych i bielicoziemnych. Geneza i budowa omawianych gleb powodują, że cechuje je duża zmienność właściwości

fizykochemicznych, w tym także zawartości fluoru (0 do 2 - 3 mg<sup>0</sup>/o form „przyswajalnych”).

Zabudowania huty położone są na gruntach porolnych. Wierzchnią warstwę do głębokości średnio 1,0 m tworzy glina piaszczysta na glinie lub też (do głębokości 0,6 - 3,0 m) piasek gliniasty na glinie. Na głębokości poniżej 1 m pH wynosi 8,0 - 9,0.

Ponieważ konińska stacja meteorologiczna dopiero od kilku lat wszechstronnie bada czynniki pogodowe klimat interesującego nas obszaru (tab. 1) zostanie scharakteryzowany na podstawie dziesięcioletnich danych (lata 1954 - 1963) stacji w Kole, położonej w odległości 25 km na południowy wschód od Huty. Różę wiatrów (prędkości i częstotliwości występowania) przedstawia rycina 1.

Roczne opady są w tym rejonie niskie (525,8 mm), a ich ilość w półroczach letnim i zimowym dość wyrównana. Na sezon wegetacyjny (kwiecień — wrzesień) przypada 64<sup>0</sup>/o opadów. Sprawa wielkości opadów, ich częstotliwości i rozkładu w roku nabiera w rejonie przemysłowym szczególnego znaczenia. Deszcz bowiem, a zwłaszcza śnieg, wybitnie oczyszcza atmosferę z zanieczyszczeń. Fluor wchodzi bardzo łatwo w reakcję z wodą i w ten sposób trafia do gleby. Liczne pomiary stężeń emitowanego fluoru pozwalają stwierdzić (Gostyńska, 1972), że już przy minimalnej mżawce lub przy silnej mgie stężenia fluoru znacznie maleją. W mniejszym nieco stopniu dotyczy to SO<sub>2</sub>.

Średnio w roku notuje się tutaj 42 dni z mgłą. Występowanie mgieł na terenach uprzemysłowionych i w miastach jest na ogół częstsze z uwagi na unoszące się w powietrzu liczne higroskopijne jądra kondensacji.

Opady i mgły oczyszczają atmosferę ze związków fluoru, ale jednocześnie podnoszą jej wilgotność. Zwiększa to z kolei wrażliwość roślin na działanie fluoru (mechanizm działania szparek). Średnia roczna względna wilgotność powietrza w Koninie wynosi 79<sup>0</sup>/o, czyli nieco powyżej przeciętnego poziomu dla Wielkopolski.

Duża liczba dni pochmurnych (średnio w roku 138) obniża wartość usłonecznienia przyczyniając się do pogorszenia klimatu lokalnego. Pomimo tego średnie temperatury oraz wartości dziennego usłonecznienia w sezonie wegetacyjnym (6,1 h) i w ciągu całego roku (4,2 h), a także liczba dni upalnych (temperatura maksymalna powietrza  $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ) w roku (38) pozwalają zaliczyć tereny Konina do najcieplejszych w kraju.

Dzięki specyficznej rzeźbie omawiany rejon posiada sprzyjające warunki do tworzenia się licznych inwersji i zakłóceń w ruchu powietrza. W warunkach inwersji zachodzi szczególne niebezpieczeństwo powstawania dużych koncentracji zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie powietrza. Wówczas pyły i dymy gromadzą się wewnątrz stosunkowo niewielkiej objętości powietrza i w miarę upływu czasu ich koncentracja silnie wzrasta. Najczęściej zjawisko inwersji notowane bywa w lipcu. G o s t y Ń



Tabela 1

Dane meteorologiczne dla miejscowości Koło za dziesięciolecie 1954 - 1963  
 Meteorological data for the years 1954 - 1963 from Koło

Czynnik meteorologiczny Meteorological factor	Miesiące okresu wegetacyjnego Months of the vegetation period						Średnie $\sigma$ lub sumy S Mean $\sigma$ or sums S	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV - IX	Rok Year
Roczne minimum absolutne temperatury [°C] Annual abs. temp. min. [°C]								-28,6
Roczne maksimum absolutne temperatury [°C] Annual abs. temp. max. [°C]								38,2
Średnia temperatura najzimniejszego miesiąca [°C] Mean temp. of the coldest month [°C]								$\sigma$ -5,1
Średnia temperatura najcieplejszego miesiąca [°C] Mean temp. of the warmest month [°C]								$\sigma$ 18,8
Amplituda średnich temperatur rocznych [°C] Annual amplitude of mean temperatures [°C]								$\sigma$ 23,9
Średnia temperatura powietrza 2 m nad powierzchnią gruntu [°C] Mean air temp. 2 m above the ground [°C]	7,4	12,8	17,0	18,2	17,3	13,2	$\sigma$ 14,4	$\sigma$ 7,8
Dni upalnych: temp. maks. powietrza $\geq 25^\circ\text{C}$ No. of hot days: max. air temp. $\geq 25^\circ\text{C}$	1	2	9	12	9	4	S 37	S 38
Dni pochmurnych Cloudy days	11	9	8	10	7	7	S 52	S 138
Dni z mgłą Days with fog	1	1	1	2	1	3	S 9	S 42
Średnia dziennego uśłonecznienia [h]* Mean daily insolation [h]*	5,3	6,0	7,6	6,0	5,9	5,7	$\sigma$ 6,1	$\sigma$ 4,2
Średnia wilgotność względna powietrza [%] Mean relative air humidity [%]	75	71	69	74	76	80	$\sigma$ 74	$\sigma$ 79
Średni niedosyt wilgotności [mb] Mean moisture deficit [mb]	3,3	5,1	7,1	6,6	5,8	3,9	$\sigma$ 3,2	$\sigma$ 3,3
Opad [mm] Precipitation [mm]	36,5	43,8	51,3	97,7	60,6	45,8	S 335,7	S 525,8

\* Cecha wyliczona dla stacji meteorologicznej Kalisz za lata 1959 - 1963.

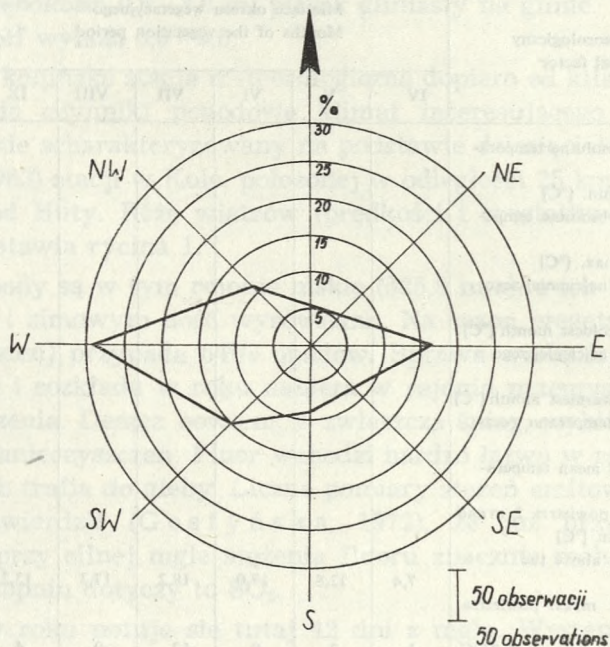
\* Character extrapolated from meteorological station in Kalisz for the years 1959 - 1963.

ska (1972) podaje, że w Koninie inwersja występuje średnio w ciągu 150 dni rocznie.

Jednym z głównych czynników lokalnego oczyszczania atmosfery są prądy wstępujące, które unoszą aerozole na wysokość kilkuset, a nawet kilku tysięcy metrów. Aby powstał taki prąd wystarcza  $1^\circ\text{C}$  różnicy temperatur. Po uzyskaniu pewnej wysokości prądy wstępujące przemieszczają się w poziomie i opadają jako prądy zstępujące.

Na obszarze Konina (ryc. 1) zdecydowanie przeważają wiatry z kierunku zachodniego, szczególnie w okresie wegetacyjnym (29,3% rocznej

liczby ruchów powietrza i 38,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> w okresie wegetacyjnym). Z pozostałych 7 kierunków wiatry wieją znacznie rzadziej, a ich procentowo wyrażone częstotliwości zawierają się w interwale 16,5 - 5,5 w skali roku oraz 12,5 - 4,7 w okresie wegetacyjnym. W podanych interwałach poszczególne kie-



Ryc. 1. Prędkość ( $v$ ) w m/s i częstotliwość ( $n$ ) występowania wiatrów z poszczególnych kierunków w Koło

N ( $v=1,9$ ;  $n=41,1$ ), NE ( $v=1,9$ ;  $n=42,0$ ), E ( $v=2,2$ ;  $n=123,4$ ), SE ( $v=1,9$ ;  $n=59,6$ ), S ( $v=1,8$ ;  $n=68,1$ ), SW ( $v=2,5$ ;  $n=111,3$ ), W ( $v=3,2$ ;  $n=218,4$ ), NW ( $v=3,0$ ;  $n=82,9$ ), Cisza ( $n=276,6$ ).

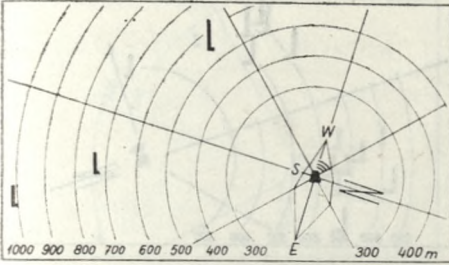
Fig. 1. Velocity ( $v$ ) in m/s and frequency ( $n$ ) of the occurrence of winds in the different direction as measured in Koło

N ( $v=1.9$ ;  $n=41.1$ ), NE ( $v=1.9$ ;  $n=42.0$ ), E ( $v=2.2$ ;  $n=123.4$ ), SE ( $v=1.9$ ;  $n=59.6$ ), S ( $v=1.8$ ;  $n=68.1$ ), SW ( $v=2.5$ ;  $n=111.3$ ), W ( $v=3.2$ ;  $n=218.4$ ), NW ( $v=3.0$ ;  $n=82.9$ ), quiescence ( $n=276.6$ )

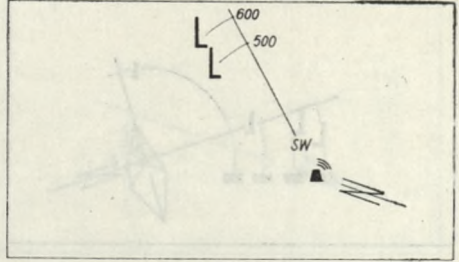
runki można uszeregować następująco (w kolejności malejącej częstotliwości): E (16,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — SW (14,9<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — NW (11,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — S (9,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — SE (8,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — NE (5,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — N (5,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) w skali roku oraz: SW (12,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — NW (12,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — E (12,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — S (7,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — SE (6,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — N (6,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) — NE (4,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) w skali sezonu wegetacyjnego. Nieco odmienna kolejność uszeregowanych w obu przypadkach kierunków spowodowana jest, jak widać, niewielkimi różnicami w częstotliwości występowania wiatrów i nie ma praktycznego znaczenia. Średnia roczna i dla okresu wegetacyjnego prędkość wiatru wynosi odpowiednio: 2,09 i 1,9 m/sek. Podobne wartości dla całego obszaru Wielkopolski (Gostyńska, 1972) są w przybliżeniu dwukrotnie wyższe. Siła wiatrów na poszczególnych kierunkach jest dość zróżnicowana; prędkości 3,2 i 1,8 m/s, a w okresie wegetacyjnym 3,0 i 1,7 m/s, są prędkościami skrajnymi i dotyczą odpowiednio kierunków: W i S.

Cisza jest w Koninie zjawiskiem częstym (w przybliżeniu 27<sup>0</sup>/<sub>0</sub> ogólnej

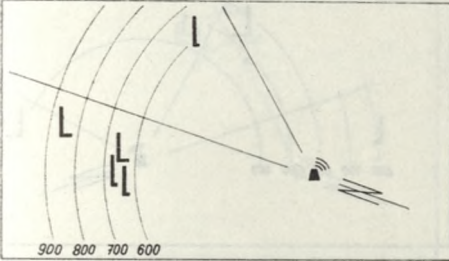
(2) *Picea abies*



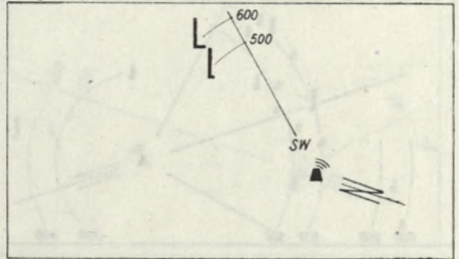
(7) *Juniperus communis* 'Hebertica'



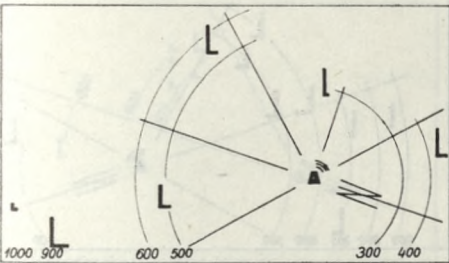
(3) *Picea pungens* 'Argentea'



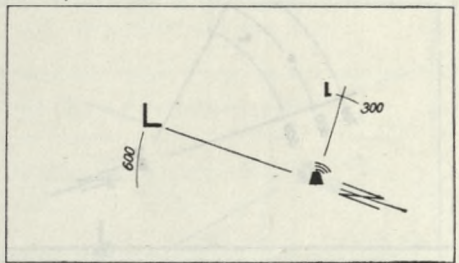
(8) *Juniperus sabina*



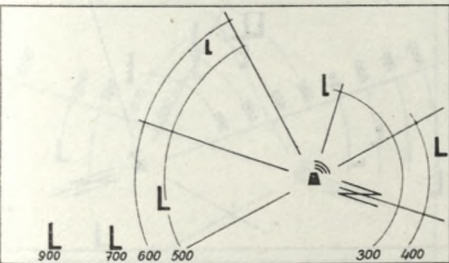
(4) *Larix decidua*



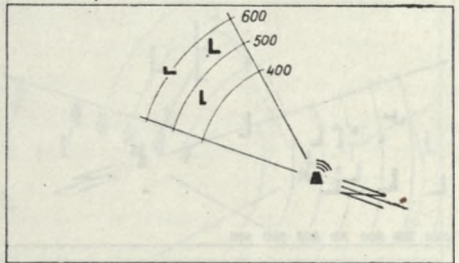
(9) *Populus tremuloides*



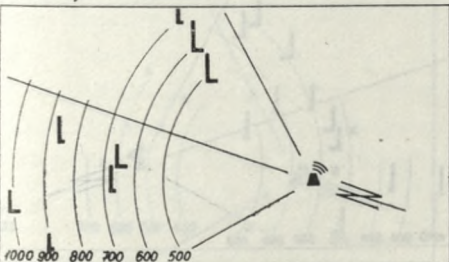
(5) *Pinus silvestris*



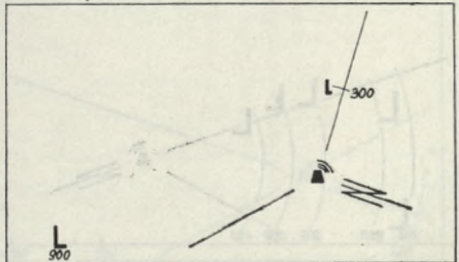
(10) *P. 'Hybrida'*



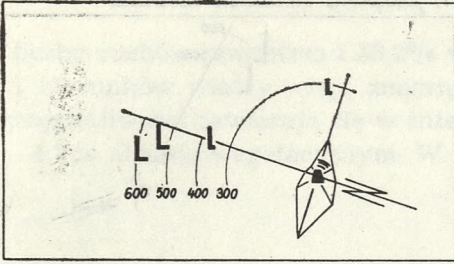
(6) *Thuja occidentalis*



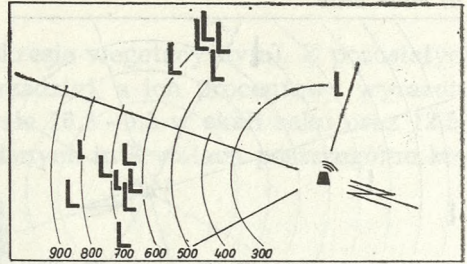
(11) *P. 'Hybrida 194'*



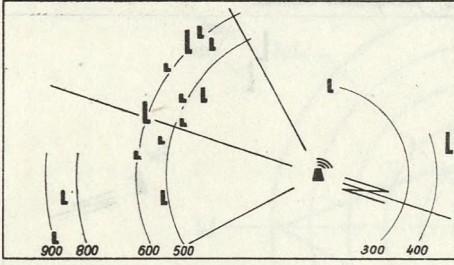
(13) *P. 'Hybrida 277'*



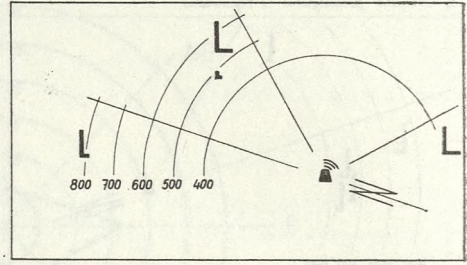
(20) *Salix alba*



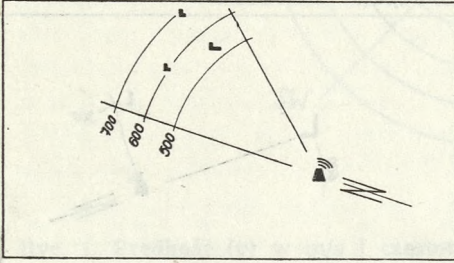
(15) *P. X canadensis*



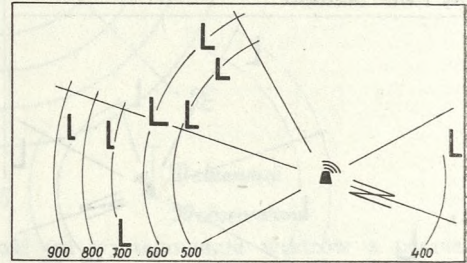
(23) *Salix cinerea*



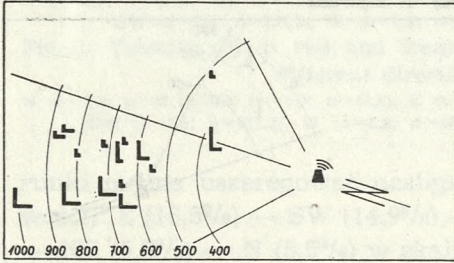
(17) *P. X canadensis 'Marilandica'*



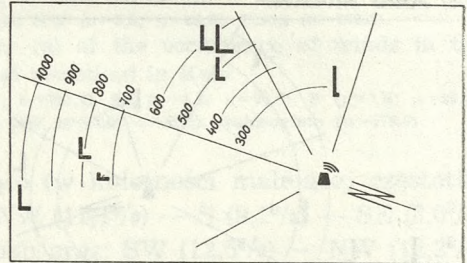
(24) *Salix acutifolia*



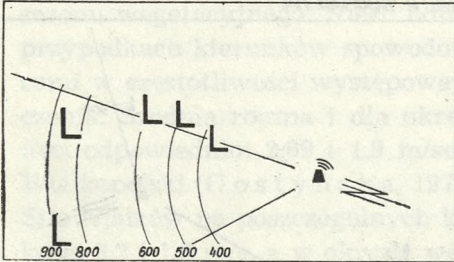
(18) *P. X canadensis 'Robusta'*



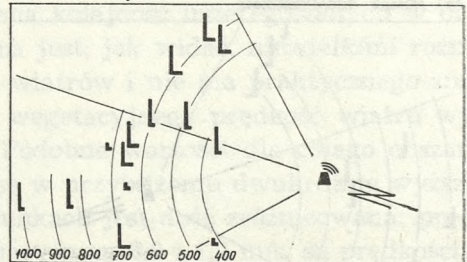
(25) *Betula verrucosa*



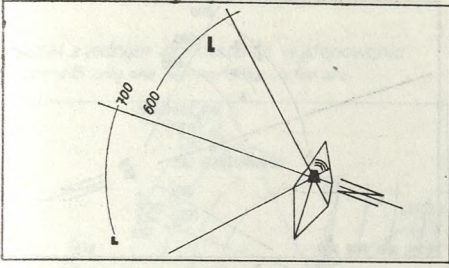
(19) *Salix matsudana 'Tortuosa'*



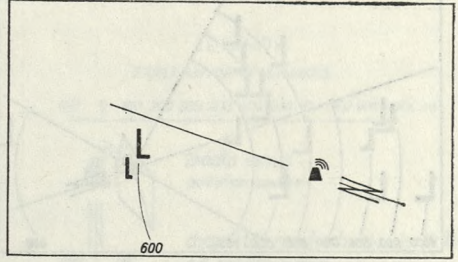
(26) *Alnus glutinosa*



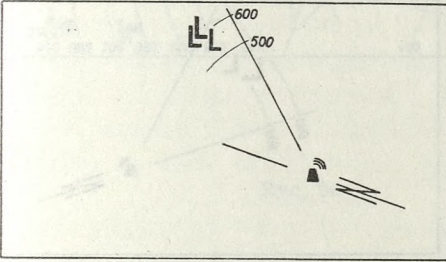
(29) *Quercus robur*



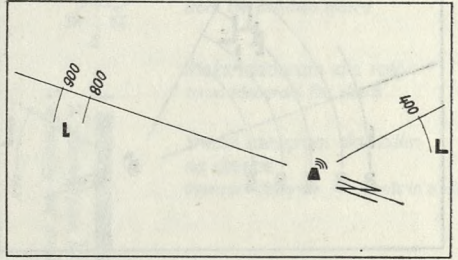
(37) *Sorbus intermedia*



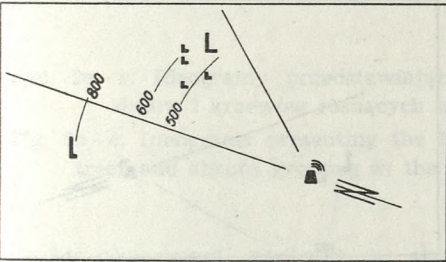
(31) *Spiraea x arguta*



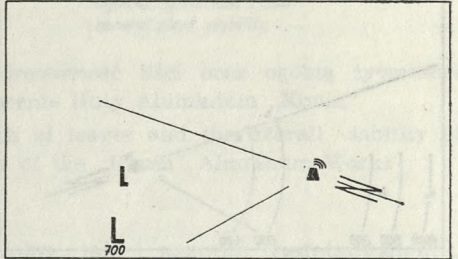
(38) *Malus sp.*



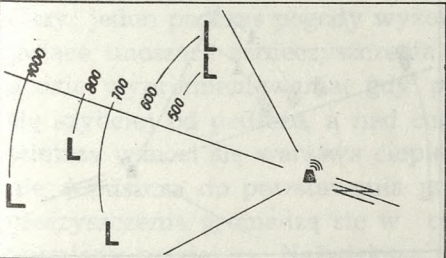
(34) *Cotoneaster sp.*



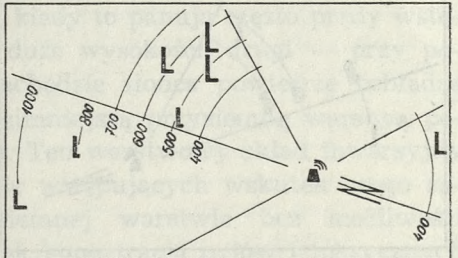
(39) *Pyrus communis*



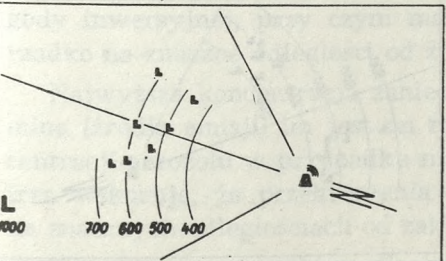
(35) *Crataegus oxyacantha*



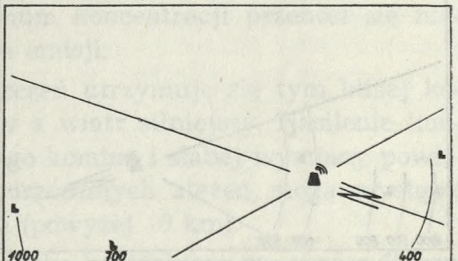
(41) *Rosa rugosa*



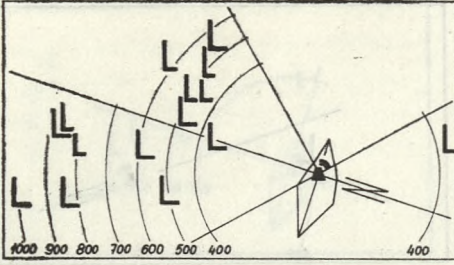
(36) *Sorbus aucuparia*



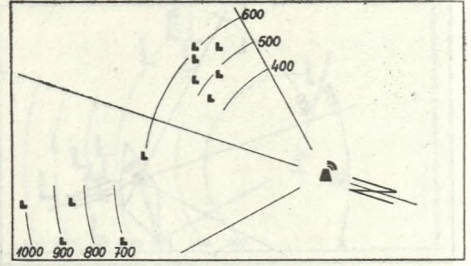
(42) *Prunus spinosa*



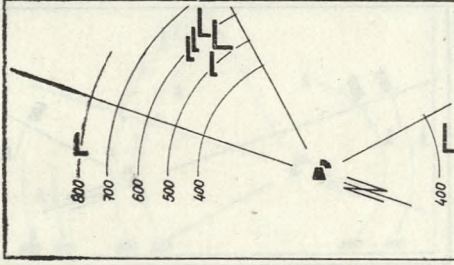
(47) *Robinia pseudacacia*



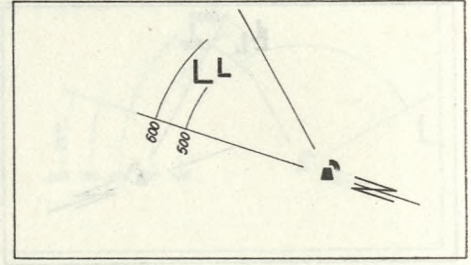
(55) *Tilia cordata*



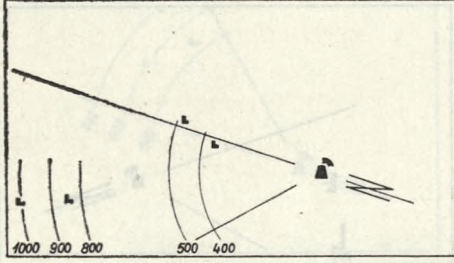
(49) *Caragana arborescens*



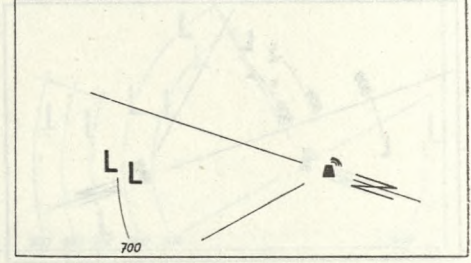
(57) *Tamarix gallica*



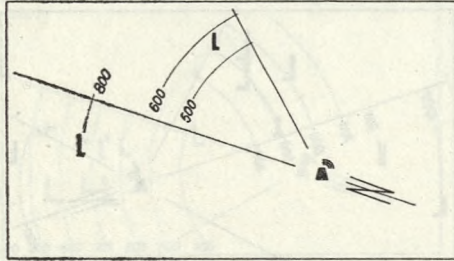
(51) *Acer platanoides*



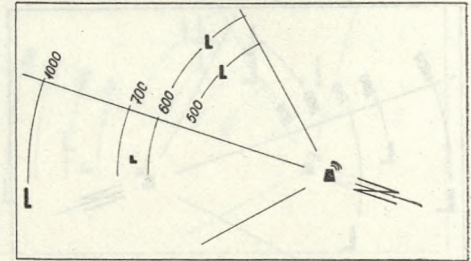
(58) *Cornus alba*



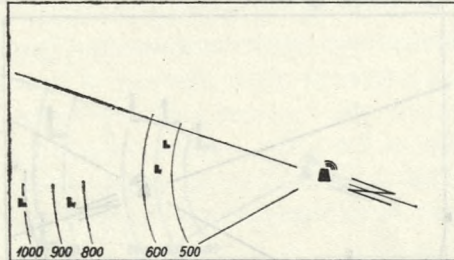
(52) *Acer campestre*



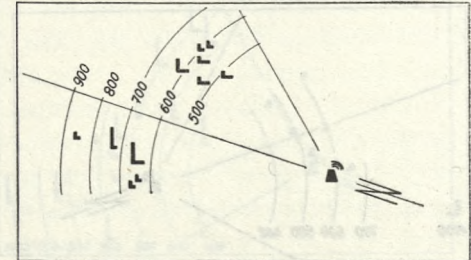
(61) *Syringa sp.*



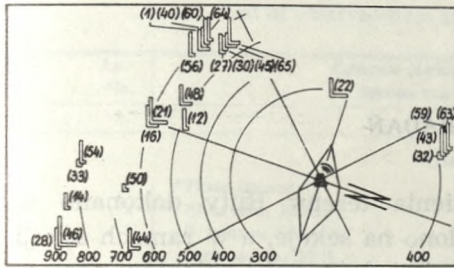
(53) *Acer pseudoplatanus*



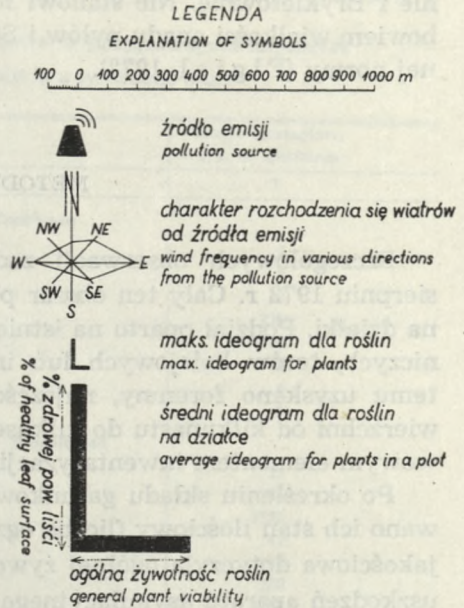
(62) *Ligustrum vulgare*



Gatunki z jednym stanowiskiem występowania  
Species with only one representative on the site



Ryc. 2e



Ryc. 2a - e. Ideogramy przedstawiające zdrowotność liści oraz ogólną żywotność drzew i krzewów rosnących na terenie Huty Aluminium „Konin”

Fig. 2a - e. Ideograms presenting the health of leaves and the overall viability of trees and shrubs growing in the area of the „Konin” Aluminum Works

liczby obserwacji zarówno w skali roku, jak i sezonu wegetacyjnego). Przy rozważaniu rozchodzenia się zanieczyszczeń ważne są dwa rodzaje ciszy: jeden podczas pogody wyżowej, kiedy to panują często prądy wstępujące unoszące zanieczyszczenia na duże wysokości, drugi — przy pogodzie wypromieniowania, gdy po zachodzie słońca powietrze ochładza się szybciej od podłoża, a nad coraz zimniejszą przyziemną warstwą powietrza wznosi się warstwa cieplejsza. Ten warstwowy skład inwersyjny nie dopuszcza do powstawania prądów wstępujących wskutek czego zanieczyszczenia gromadzą się w przyziemnej warstwie bez możliwości wymiany powietrza. Największa jednak koncentracja pyłów i toksycznych gazów występuje przy prawie zupełnej ciszy zwłaszcza w warunkach pogody inwersyjnej, przy czym maksimum koncentracji przenosi się nierzadko na znaczne odległości od źródła emisji.

Najwyższa koncentracja zanieczyszczeń utrzymuje się tym bliżej komina (źródła emisji) im jest on niższy a wiatr silniejszy. Nasilenie koncentracji aerozolu w przypadku niskiego komina i słabej wymiany powietrza wskazuje, że przekroczenia dopuszczalnych stężeń mogą wystąpić na znacznych odległościach od zakładu (powyżej 10 km).

Szkodliwym czynnikiem dla środowiska konińskiego są, oprócz fluoru, pyły i SO<sub>2</sub> wyzwalane przez Hutę, a zwłaszcza przez pobliskie Elektrow-

nie i Brykietownię. Nie stanowi to jednak problemu pierwszoplanowego, bowiem wielkości opadu pyłów i  $\text{SO}_2$  nie przekraczają na ogół dopuszczalnej normy (Figiel, 1972).

#### METODYKA BADAŃ

Szczegółowych obserwacji zdrzewienia terenu Huty dokonano w sierpniu 1972 r. Cały ten obszar podzielono na sekcje, a w ramach sekcji na działki. Podział oparto na istniejącej sieci dróg, hal i obiektów pomocniczych, torów kolejowych lub innych jednostek wydzielonych. Dzięki temu uzyskano foremny, najczęściej prostokątny kształt działek o powierzchni od kilkunastu do kilkuset arów. Zieleń działki stała się podstawowym elementem inwentaryzacji.

Po określeniu składu gatunkowego drzew i krzewów na działce notowano ich stan ilościowy (liczba egzemplarzy żywych) i jakościowy. Ocena jakościowa dotyczyła ogólnej żywotności (zdrowotności) oraz powierzchni uszkodzeń aparatu asymilacyjnego każdej rośliny (Kluczyński, 1973). Stopień tego uszkodzenia określono za pomocą 5-stopniowej skali:

- A = brak na roślinie uszkodzeń liści,
- B = wszystkie lub większość uszkodzonych liści można zaliczyć do klasy słabo uszkodzonych (uszkodzenie obejmuje do 10% powierzchni liścia),
- C = wszystkie lub większość uszkodzonych liści można zaliczyć do klasy średnio uszkodzonych (uszkodzenie obejmuje 11 - 50% powierzchni liścia),
- D = wszystkie lub większość uszkodzonych liści można zaliczyć do klasy silnie uszkodzonych (uszkodzenie obejmuje powyżej 50% powierzchni liścia),
- F = liście opadły przedwcześnie z powodu toksycznych wpływów środowiska.

W odniesieniu do klas B, C i D ustalono szacunkowo procent liści uszkodzonych (z dokładnością do 10%) w stosunku do ogólnej liczby liści na roślinie (100% aktualnego stanu ulistnienia). I tak na przykład zapis 60B oznacza, że na roślinie jest 60% liści uszkodzonych w klasie B (uszkodzenie do 10 powierzchni liścia). Zaznaczyć należy, że nie spotkano żywych roślin w klasie F (100% powierzchni uszkodzeń), a zakwalifikowanie rośliny do klasy A (0% powierzchni uszkodzeń aparatu asymilacyjnego) zdarzało się rzadko. Zredukowana powierzchnia uszkodzeń liści w procentach wynika z iloczynu ustalonego procentu uszkodzonych na roślinie liści i powierzchni ich uszkodzeń zdeterminowanej klasą B, C lub D. Powierzchnię tę przedstawia współczynnik będący średnią interwału uszkodzeń w danej klasie. W przypadku klasy B współczynnik ten przyjmuje wartość 0,05 (0 - 10% powierzchni uszkodzeń liścia), klasy C — 0,3 (interwał procentowy 11 - 50), klasy D - 0,75 (51 - 100% powierzchni uszkodzeń). W tym ujęciu podany wyżej jako przykład zapis uszkodzeń 60B oznacza 3% powierzchni (60  $\times$  0,05) całego aparatu asymilacyjnego rośliny. Tego typu przeliczenia dotyczą każdej zinwentaryzowanej rośliny. Posłużyły one do wyliczenia, oddzielnie dla każdego stanowiska (działki) na terenie Huty, średnich wartości powierzchni uszkodzeń aparatu asymilacyjnego sadzonek poszczególnych gatunków.

Obraz żywotności (zdrowotności) sadzonek uzyskano za pomocą 3-stopniowej skali wzrokowej:

1 = żywotność dobra: dynamiczny wzrost, sadzonka obficie ulistniona, liście jędrne;



Tabela 2

Wykaz zinwentaryzowanych drzew i krzewów w porządku systematycznym  
List of observed trees and shrubs in a systematic order

Lp. No.	Gatunek (odmiana) Species (variety)	Liczba egzemplarzy No. of specimens
1	2	3
Iglaste – Coniferous		
1	* <i>Taxus baccata</i> L.	2
2	<i>Picea abies</i> Karst.	8
3	<i>P. pungens</i> 'Argentea'	10
4	<i>Larix decidua</i> Mill.	239
5	<i>Pinus silvestris</i> L.	4600
6	<i>Thuja occidentalis</i> L.	60
7	<i>Juniperus communis</i> 'Hibernica'	6
8	<i>J. sabina</i> L.	6
Liściaste – Broadleaved		
9	<i>Populus tacamahaca</i> Mill.	59
10	<i>P.</i> 'Hybrida'	280
11	<i>P.</i> 'Hybrida 194'	1650
12	* <i>P.</i> 'Hybrida 275'	47
13	<i>P.</i> 'Hybrida 277'	196
14	* <i>P. nigra</i> L.	280
15	<i>P. X canadensis</i> Moench s. l.	1951
16	* <i>P. X canadensis</i> 'Serotina'	20
17	<i>P. X canadensis</i> 'Marilandica'	177
18	<i>P. X canadensis</i> 'Robusta'	994
19	<i>Salix matsudana</i> 'Tortuosa'	677
20	<i>S. alba</i> L.	45
21	* <i>S. alba</i> 'Tristis'	10
22	* <i>S. caprea</i> L.	10
23	<i>S. cinerea</i> L.	86
24	<i>S. acutifolia</i> Willd.	330
25	<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	70
26	<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	209
27	* <i>Quercus rubra</i> L.	1
28	* <i>Q. patraea</i> Liebl.	20
29	<i>Q. robur</i> L.	1107
30	* <i>Physocarpus opulifolius</i> Maxim.	5
31	<i>Spiraea</i> × <i>arguta</i> Zab.	7
32	* <i>S. salicifolia</i> L.	235
33	* <i>S. menziesii</i> Hook.	25
34	<i>Cotoneaster</i> sp.	71
35	<i>Crataegus oxyacantha</i> L.	35
36	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	260
37	<i>S. intermedia</i> Pers.	2
38	<i>Malus</i> sp.	32
39	<i>Pyrus communis</i> L.	12
40	* <i>Rosa polyantha hybrida</i> Hort	90
41	<i>R. rugosa</i> Thunb.	431
42	<i>Prunus spinosa</i> L.	154
43	* <i>P. cerasifera</i> var. <i>divaricata</i> Bailey	115
44	* <i>P. mahaleb</i> L.	1
45	* <i>P. serotina</i> Ehrh.	9
46	* <i>Cytisus scoparius</i> Link	1
47	<i>Robinia pseudacacia</i> L.	346
48	* <i>Colutea media</i> Willd.	15
49	<i>Cavagana arborescens</i> Lam.	298
50	* <i>Rhus typhina</i> L.	2
51	<i>Acer platanoides</i> L.	48
52	<i>A. campestre</i> L.	9
53	<i>A. pseudoplatanus</i> L.	72

1	2	3
54	* <i>A. negundo</i> L.	1
55	<i>Tilia cordata</i> Mill.	272
56	* <i>Tamarix tetrandra</i> Pall.	2
57	<i>T. gallica</i> L.	30
58	<i>Cornus alba</i> L.	6
59	* <i>C. sanguinea</i> L.	25
60	* <i>Rhododendron</i> sp.	9
61	<i>Syringa</i> sp.	65
62	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	379
63	* <i>Viburnum opulus</i> L.	116
64	* <i>Symphoricarpos albus</i> Blake	21
65	* <i>Weigela</i> sp.	7
Ogółem sztuk — Total no. of specimens:		16 358

2 = żywotność średnia: wzrost mniej dynamiczny, ulistnienie niezbyt obfite, jędrność (turgor) liści słaba;

3 = żywotność nieodpowiednia: skarłały wzrost, skąpe i więdnące ulistnienie.

Podobnie dla tej cechy wyliczono średnie arytmetyczne zaokrąglając je do wartości pełnej klasy.

Tabela 2 przedstawia odnotowane w czasie obserwacji gatunki drzew i krzewów. Gatunki z pojedynczym stanowiskiem występowania oznaczono gwiazdką.

Ponieważ zebrane materiały nie pozwalają na przeprowadzenie analizy stytycznej (różnice w wieku oraz w liczebności sadzonek i stanowisk poszczególnych gatunków), absolutne i relatywne wartości oszacowanych cech zdrowotności liści oraz ogólnej żywotności roślin przedstawiono graficznie za pomocą ideogramów (ryc. 2). Każdemu gatunkowi drzewa i krzewu poświęcono oddzielny szkic (z wyjątkiem gatunków z jednym stanowiskiem występowania przedstawionych na rysunku zbiorczym). Umieszczenie na szkicu stanowisk występowania sadzonek dokonano przy pomocy planu sytuacyjnego zakładu. Jako punkt przyłożenia ideogramu przyjęto każdorazowo środek geometryczny działki, zaś jako punkt odniesienia — położenie źródła emisji. Na szkicach zaznaczono strony świata (charakter róży wiatrów) oraz strefy odległości od źródła emisji.

Celem przedstawienia dwóch cech jednocześnie ideogram składa się z dwóch części i kształtem przypomina literę „L”. Pionowa część znaku przedstawia zdrowotność liści, a pozioma — żywotność (zdrowotność) ogólną roślin. Określenie „zdrowotność liści” oznacza w tym przypadku zdrową, nie porażoną powierzchnię aparatu asymilacyjnego roślin (różnica między powierzchnią całkowitą liści a powierzchnią ich uszkodzeń wyrażoną w procentach). Taki sposób przedstawienia cechy zwiększa pogłębienie rysunku (wysokość znaku maleje w miarę pogarszania się zdrowotności liści, a w przypadku braku jakichkolwiek makroskopowych ich zmian ta część znaku nie zanika). Sens cechy zostaje zachowany. Podobnie przy graficznym ujęciu cechy żywotności roślin (pozioma część symbolu „L”) długość składowej maleje w miarę pogarszania się wartości cechy. Powyższe rozwiązania graficzne przedstawia legenda na rycinie 2.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W wyniku przeprowadzonych obserwacji stwierdzono obecność 65 gatunków i odmian drzew i krzewów na łączną liczbę 16 358 żywych egzemplarzy (tab. 2). Poszczególne gatunki reprezentowane są przez bardzo zróżnicowaną liczbę egzemplarzy (1 - 4600 sztuk). Dotyczy to również liczby stanowisk (1 - 16), na których występują.

Urozmaicona przynależność systematyczna zadrzewienia sprawia, że spełnia ono, obok funkcji estetycznej i rekreacyjnej, istotną rolę doświadczalną. Spośród 16 rodzin, do których należą zinwentaryzowane drzewa i krzewy, największa liczba gatunków przypada na topole i wierzby (*Salicaceae*) oraz na różowate (*Rosaceae*) i strączkowe (*Leguminosae*).

Wspomniano już, że podobne albo takie same objawy uszkodzeń może powodować wiele związków fitotoksycznych, a także cały szereg czynników nie związanych z zanieczyszczeniami powietrza, jak: klimat, gleba, różne patogeny, nieprawidłowo wykonane sadzenie, brak pielęgnacji itp. Ich splot oddziałują na każde zbiorowisko roślinne. Nie ulega jednak wątpliwości, że na terenie Huty Aluminium „Konin” najbardziej szkodliwym czynnikiem są wyloty fluorowe. Do takiego wniosku upoważnia specyfika oddziaływania, bliskość źródła emisji, nadmierne stężenia, a przede wszystkim typowe dla fluoru uszkodzenia roślin. Toteż na tle tego czynnika omówiono odnotowane uszkodzenia i szkody. Chodzi głównie o: 1) międzygatunkowe różnice w zdrowotności roślin, 2) zróżnicowanie zdrowotności drzew i krzewów poszczególnych gatunków w zależności od ich położenia względem źródła emisji (kierunki i odległości).

Jak wynika z wykresów ryciny 2 na łączną liczbę 252 stanowisk wszystkich gatunków 105 (czyli około 42%) leży w zasięgu kierunku południowego względem źródła emisji, 72 (29%) — południowo-zachodniego, 54 (21%) — południowo-wschodniego, 15 (6%) — północno-zachodniego oraz 6 (2%) — zachodniego. Na pozostałych kierunkach: N, NE i E nie spotkano roślinności drzewiastej, tak z powodu braku miejsca na zadrzewienie, jak i wymierania roślin na skutek częstych wiatrów wiejących z zachodu na wschód. Na największą liczbę stanowisk (92%) leżących w sektorze SW-S-SE napływa 22,2% wiatrów w skali roku i 23,2% w okresie wegetacyjnym („Charakterystyka terenu badań” wraz z ryciną 1). Znaczny udział wiatrów wiejących ze wschodu na zachód (16,5%) ma wpływ na rośliny rosnące na 6 stanowiskach (2% ogólnej ilości), a z południowego wschodu na północny zachód (8%) — na 15 stanowiskach (6%). Często cisza i liczne inwersje temperatur kształtują oddziaływanie zanieczyszczeń we wszystkich kierunkach.

Całe kilkudziesięciohektarowe zadrzewienie rozciąga się w promieniu 300 - 1000 m od źródła emisji (ryc. 2). Największe rozproszenie stanowisk dotyczy sektora S-SE i wynosi 700 m. Na pozostałych kierunkach stanowiska występowania roślinności są znacznie bardziej skupione (do 200 m odległości w skrajnych punktach).

Zarówno specyfika ruchów powietrza jak i wielkość oddalenia roślin od emitora ma istotny wpływ na powstawanie różnic w ich zdrowotności, we wzroście i w rozwoju. Prawidłowość tę wykazały liczne badania („Charakterystyka oddziaływania fluoru na rośliny na podstawie literatury”). Zachodzi pytanie, czy dotyczy ona opracowywanego zadrzewienia?

Powyższe zależności można jedynie rozpatrywać w odniesieniu do każdego gatunku drzewa lub krzewu oddzielnie, przy czym 25 gatunków z pojedynczym stanowiskiem występowania (tab. 2 i ryc. 2) nie może brać w tym udziału. Oprócz tego stanowiska 10 gatunków znajduje się w zasięgu tylko jednego kierunku (strony świata), natomiast stanowiska 4 gatunków nie wykazują istotnego zróżnicowania pod względem odległości od źródła emisji. Pozostałe gatunki wykazują najczęściej bądź to niewielkie, bądź też brak uchwytne zróżnicowania w wielkości powierzchni uszkodzeń (lub zdrowej) aparatu asymilacyjnego oraz w ogólnej żywotności roślin. To niewielkie zróżnicowanie (ryc. 2) może być nawet przypadkowe z powodu stosunkowo małych różnic czy to w częstotliwości występowania wiatrów na kierunkach rozmieszczenia stanowisk (zwłaszcza w sektorze: SW-S-SE), czy też w odległościach między nimi (maksymalnie 700 m). Przypuszczenie to potwierdzałyby występujący w wielu przypadkach brak prawidłowości w zróżnicowaniu. Omówione zależności ilustruje tabela 3.

Tabela 3

Bezwzględny i procentowy udział gatunków w zróżnicowaniu cech roślin w zależności od częstotliwości wiatrów i odległości od emitora  
Absolute and percentage occurrence of species in the given degree of plant injury as affected by frequency of winds and the distance from the emission source

Zróżnicowanie cechy Character differentiation	Częstotliwość wiatrów Wind frequency		Odległość od emitora Distance from emission source	
	zdrowotność liści leaf viability	żywotność roślin plant viability	zdrowotność liści leaf viability	żywotność roślin plant viability
Prawidłowe Correct	14 (47%)	12 (40%)	7 (19%)	7 (19%)
Nieprawidłowe Incorrect	4 (13%)	5 (17%)	6 (17%)	9 (25%)
Brak zróżnicowania Lack of differentiation	12 (40%)	13 (43%)	23 (64%)	20 (56%)
Ogółem Total	30 (100%)	30 (100%)	36 (100%)	36 (100%)

Powyższa tabela ma wyłącznie orientacyjny charakter, bowiem sporządzono tylko ją na podstawie przeglądu wykresów ryciny 2. Z tabeli tej wynika, że zróżnicowanie zdrowotności liści i żywotności roślin zależy, w tym konkretnym przypadku, bardziej od strony świata (częstotliwość wiatrów) niż od różnic w ich odległości od źródła emisji. Zwraca uwagę udział zbliżonej liczby gatunków w zróżnicowaniu tak zdrowotności liści, jak i ogólnej żywotności ich roślin od częstotliwości wiatrów oraz oddzielnie od strefy odległości. Uzyskane wyniki (zestawione w celach orienta-

cyjnych) nie upoważniają do wyciągnięcia sprecyzowanych wniosków co do istnienia lub braku zależności pomiędzy zdrowotnością roślin a ich aktualnym usytuowaniem na terenie Huty Aluminium „Konin”.

Nie sprawdzono kształtowania się zawartości fluoru w glebach badanego obiektu. Mucha i inni (1973) stwierdzili, że zawartości te są uwarunkowane kierunkiem (częstotliwością wiatrów), mniej odległości od źródła emisji. Interesującym byłoby przeanalizowanie tych zależności pod kątem ich wpływu na zdrowotność drzew i krzewów, chociaż badania francuskie (Cormis, 1970) wykluczają taką możliwość („Charakterystyka oddziaływania fluoru na rośliny na podstawie literatury”).

Już podczas wstępnych obserwacji zadrzewienia terenu Huty dało się zauważyć pewne błędy popełnione w czasie sadzenia oraz brak odpowiedniej pielęgnacji roślin. Dotyczy to wszystkich drzew i krzewów. Należy podkreślić, że wszystkie ujemnie działające elementy tego środowiska (zatrucie gleby, błędy popełnione w czasie sadzenia i w pielęgnacji, szkodniki itp.) mogą wywierać, każdy z osobna oraz łącznie, zbliżony wpływ na zdrowotność całego zadrzewienia przy czym nie sposób ustalić rozmiaru tego wpływu. Dlatego też zdrowotność tę rozpatrzono na podstawie wyraźnie dominującego pod względem szkodliwości czynnika tego środowiska, jakim są ekshalaty fluorowe.

Pod tym kątem dokonano podziału występujących na terenie Huty drzew i krzewów na klasy odporności. Wyodrębniono 3 klasy gatunków: I — odpornych, II — średnio odpornych i III — wrażliwych na działanie fluoru. Obydwie obserwowane cechy: zdrowotność liści (wyrażona zdrową ich powierzchnią) i ogólna żywotność roślin, przedstawione na rycinie 2 tak w wartościach bezwzględnych jak i relatywnych, decydowały o przydziale poszczególnych gatunków do jednej z wymienionych klas. Podział ten zawiera tabela 4.

Ze względu na to, że ocenę oparto na dwu różnych cechach roślin trudno byłoby znaleźć ścisły wskaźnik dla jednoznacznego określenia stopnia ich odporności. Zatem dokonany podział, pochodzący w istocie z badań szacunkowych, może zawierać pewne niedokładności. Zaszeregowane do poszczególnych klas gatunki lub odmiany podano w kolejności systematycznej. W odniesieniu do podanych drzew i krzewów uzyskane rezultaty starano się skonfrontować z zaczerpniętymi z literatury wynikami badań terenowych lub gazowania w warunkach sztucznych („Charakterystyka oddziaływania fluoru na rośliny na podstawie literatury”). Wynikającą z porównań zgodność lub sprzeczność wyników przedstawiono w tabeli 4 za pomocą symboli. Okazuje się, że uzyskane rezultaty zgadzają się na ogół z wynikami innych badań, zwłaszcza w odniesieniu do gatunków z pierwszych dwu klas (odpornych i średnio odpornych). W tabeli zaznaczono również gatunki z jednym stanowiskiem występowania na terenie Huty, albowiem wynik oparty na jednej grupie roślin jest w zasadzie mniej miarodajny od pozostałych, zwłaszcza gdy w grę wchodzi niewielka

Tabela 4

Klasyfikacja zinventaryzowanych drzew i krzewów według stopnia ich odporności na działanie związków fluoru<sup>1</sup>

Classification of the listed trees and shrubs according to the degree of resistance to the action of fluor compounds<sup>1</sup>

I. Gatunki odporne – Resistant species	
* <i>Taxus baccata</i> L.	±
<i>Juniperus communis</i> 'Hibernica'	+
<i>Salix matsudana</i> 'Tortuosa'	+
<i>S. alba</i> L.	+
* <i>S. alba</i> 'Tristis'	+
* <i>S. caprea</i> L.	+
<i>S. cinerea</i> L.	+
<i>S. acutifolia</i> Willd.	+
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	+
<i>Spiraea</i> × <i>arguta</i> Zab.	+
<i>Crataegus oxyacantha</i> L.	+
* <i>Prunus mahaleb</i> L.	-
* <i>Cytisus scoparius</i> Link	+
<i>Robinia pseudacacia</i> L.	+
* <i>Colutea media</i> Willd.	
<i>Caragana arborescens</i> Lam.	
<i>Tamarix gallica</i> L.	
<i>Cornus alba</i> L.	+
* <i>Weigela</i> sp.	+
II. Gatunki średnio odporne – Medium resistant species	
<i>Picea abies</i> Karst.	±
<i>Picea pungens</i> 'Argentea'	±
<i>Larix decidua</i> Mill.	±
<i>Pinus silvestris</i> L.	±
<i>Thuja occidentalis</i> L.	+
<i>Juniperus sabina</i> L.	+
<i>Populus tacamahaca</i> Mill.	
<i>P. 'Hybrida'</i>	
<i>P. 'Hybrida 194'</i>	
* <i>P. 'Hybrida 275'</i>	
<i>P. 'Hybrida 277'</i>	
* <i>P. X canadensis</i> 'Serotina'	
<i>P. X canadensis</i> 'Marilandica'	
<i>P. X canadensis</i> 'Robusta'	
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	+
* <i>Quercus petraea</i> Liebl.	+
<i>Sorbus intermedia</i> Pers.	
<i>Malus</i> sp.	+
<i>Pyrus communis</i> L.	+
<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	+
* <i>Prunus cerasifera</i> var. <i>divaricata</i> Bailey	+
* <i>P. serotina</i> Ehrh.	+
<i>Acer campestre</i> L.	+
* <i>A. negundo</i> L.	+
* <i>Tamarix tetrandra</i> Pall.	+
* <i>Cornus sanguinea</i> L.	
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	+
* <i>Viburnum opulus</i> L.	+
* <i>Symphoricarpos albus</i> Blake	+

## III. Gatunki wrażliwe – Susceptible species

* <i>Populus nigra</i> L.	±
<i>P. X canadensis</i> Moench s. l.	
* <i>Quercus rubra</i> L.	–
<i>Q. robur</i> L.	–
* <i>Physocarpus opulifolius</i> Maxim.	
* <i>Spiraea salicifolia</i> L.	–
* <i>S. menziesii</i> Hook.	–
<i>Cotoneaster</i> sp.	–
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	+
* <i>Rosa polyantha hybrida</i> Hort.	±
<i>Prunus spinosa</i> L.	+
* <i>Rhus typhina</i> L.	
<i>Acer platanoides</i> L.	–
<i>A. pseudoplatanus</i> L.	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	±
* <i>Rhododendron</i> sp.	+
<i>Syringa</i> sp.	±

<sup>1</sup> Zastosowano systematyczne uporządkowanie gatunków w grupach. Znak (+) oznacza zgodność lub podobieństwo a znak (–) sprzeczność wyników własnych z informacjami z piśmiennictwa. Gatunki z jednym stanowiskiem występowania zaznaczono za pomocą gwiazdek.

<sup>1</sup> Within groups a systematic order of the species has been used. The sign (+) indicates agreement and the sign (–) disagreement of the results obtained in this study with those found in the literature. Species represented by only one specimen in the area have been marked with an asterisk.

liczba egzemplarzy oraz brak potwierdzenia lub sprzeczność osiągniętego wyniku z danymi w piśmiennictwie. Dotyczy to głównie następujących gatunków: *Taxus baccata* L., *Quercus rubra* L., *Physocarpus opulifolius* Maxim., *Prunus mahaleb* L., *Cytisus scoparius* Link, *Colutea media* Willd., *Rhus typhina* L., *Cornus sanguinea* L. Wśród roślin odpornych na działanie fluoru na szczególną uwagę zasługują różne gatunki i odmiany wierzby oraz *Robinia pseudacacia* L.

Już te pierwsze wyniki, ukształtowane na podstawie szczegółowych obserwacji z 1972 r. (poprzedzonych kilkuletnimi ogólnymi obserwacjami zadrzewienia w związku z prowadzeniem przez Instytut Dendrologii PAN doświadczeń selekcyjnych w otoczeniu Huty) dostarczają praktycznych wskazówek co do celowości stosowania (rośliny klasy I oraz warunkowo, to znaczy na dalszych odległościach od źródła emisji i na kierunkach rzadko wiejących wiatrów, klasy II) lub nie stosowania (rośliny klasy III) drzew i krzewów wymienionych gatunków, zarówno na terenie Huty Aluminium „Konin”, jak i na terenach o podobnym zagrożeniu.

Instytut Dendrologii  
Kórnik k. Poznania

## LITERATURA

1. Bossavy J. — 1970a. Les polluants atmosphériques leurs effets sur la végétation. *Revue Forestière Française*, 5: 533 - 544.
2. Bossavy J. — 1970b. Wpływ zanieczyszczenia atmosfery na lasy iglaste. *Ochrona Powietrza*, 5 (19): 14 - 16.

3. Cormis L. — 1970. Zanieczyszczenie atmosfery a roślinność. *Ochrona Powietrza*, 5 (19): 10 - 13.
4. Dässler H. G. i inni — 1972. Zur Widerstandsfähigkeit von Gehölzen gegenüber Fluorverbindungen und Schwefeldioxid. *Flora*, Bd. 161: 289 - 302.
5. Dziubek T. — 1963. Wpływ środowiska zanieczyszczonego związkami fluoru na organizm przeżuwaczy. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych PTPN*, XVI, 1: 64.
6. Dziubek T. — 1970. Wpływ paszy skażonej fluorkami na organizm świnki morskiej. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych PTPN*, XXIX: 103 - 117.
7. Dziubek T. i inni — 1970. Wstępne badania nad szkodliwym oddziaływaniem związków fluoru na vegetację roślin w najbliższej okolicy huty aluminium. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych PTPN*, XXIX: 119 - 140.
8. Dziubek T. — 1973. Fluor jako czynnik destrukcyjny w środowisku przyrodniczym. *Ochrona Środowiska Przyrodniczego w Wielkopolsce* (referaty na sesję naukową). *PTPN i Akademia Rolnicza*, Poznań: 72 - 77.
9. Figiel J. — 1972. Ochrona powietrza atmosferycznego przed szkodliwym działaniem Elektrowni Pątnów i Konin. Referaty na konferencję naukowo-techniczną pt. „Ochrona środowiska człowieka Konińskiego Okręgu Przemysłowego”. *SNT-NOT*, Konin: 53 - 75.
10. Filas S. — 1972. Ochrona środowiska przed szkodliwym oddziaływaniem Huty Aluminium „Konin”. Referaty na konferencję naukowo-techniczną pt. „Ochrona środowiska człowieka Konińskiego Okręgu Przemysłowego”. *SNT-NOT*, Konin: 29 - 48.
11. Godzik S., Piskornik Z. — 1969. Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na rośliny. Część I. *Wiadomości Botaniczne*, XIII, z. 4: 239 - 248.
12. Godzik S., Piskornik Z. — 1970. Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na rośliny. Część II. *Wiadomości Botaniczne*, XIV, z. 2: 91 - 102.
13. Gostyńska J. — 1972. Charakterystyka rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń atmosfery w rejonie Konińskiego Okręgu Przemysłowego na tle rzeźby terenu i warunków klimatyczno-meteorologicznych. Referaty na konferencję naukowo-techniczną pt. „Ochrona środowiska człowieka Konińskiego Okręgu Przemysłowego”. *SNT-NOT*, Konin: 1 - 28.
14. Jabłońska J., Matuszewski T. — 1970. Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego ze szczególnym uwzględnieniem Wielkopolski. Materiały na sesję popularnonaukową na temat: „Ochrona środowiska człowieka ze szczególnym uwzględnieniem regionu Wielkopolski” *LOP*, Poznań: 21 - 30.
15. Just J. — 1972. Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego jako problem gospodarczy, przyrodniczy i zdrowotny. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, XLVI, 6: 195 - 198.
16. Kissler J. — 1968. Physiologische Probleme der Einwirkung von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Materiały VI Międzynarodowej Konferencji „Wpływ zanieczyszczeń powietrza na lasy”. Katowice: 27 - 43.
17. Kluczyński B. — 1973. Rozwój siewek wybranych gatunków drzew i krzewów na popiołach energetycznych z Elektrowni Halemba w doświadczeniu wazonowym. *Arboretum Kórnickie*, 18: 199 - 221.
18. Knabe W. — 1968. Experimentelle Prüfung der Fluoranreicherung in Nadeln und Blättern von Pflanzen in Abhängigkeit von deren Expositionshöhe über Grund. Materiały VI Międzynarodowej Konferencji „Wpływ zanieczyszczeń powietrza na lasy”. Katowice: 101 - 116.
19. Matusiewicz E. (red.) — 1973. *Ochrona Środowiska Przyrodniczego w Wielkopolsce* (referaty na sesję naukową). *PTPN i Akademia Rolnicza*, Poznań.
20. Miciński B. i inni — 1971. Szkodliwość związków fluoru emitowanych do



- atmosfery dla roślinności najbliższego otoczenia na przykładzie Huty Aluminium w Koninie. Biuletyn Instytutu Ochrony Roślin, 50: 463 - 485.
21. Mormul R., Olszewski H. (red.) — 1969. Encyklopedia „Przyroda i Technika”. Zagadnienia wiedzy współczesnej. Wydanie III. Wiedza Powszechna, Warszawa.
  22. Mucha W. i inni — 1973. Kumulacja fluoru w glebie w związku z emisją przemysłową w rejonie Konina. Ochrona Środowiska Przyrodniczego w Wielkopolsce (referaty na sesję naukową). PTPN i Akademia Rolnicza, Poznań: 41 - 47.
  23. Navara J., Gołub Z. — 1968. Zagadnienia wpływu fluoru na rośliny. Materiały VI Międzynarodowej Konferencji „Wpływ zanieczyszczeń powietrza na lasy”. Katowice: 95 - 99.
  24. Nowakowski K. — 1973. Stan zanieczyszczenia atmosfery w Wielkopolsce. Ochrona Środowiska Przyrodniczego w Wielkopolsce. (referaty na sesję naukową). PTPN i Akademia Rolnicza, Poznań: 62 - 66.
  25. Paluch J., Szalonek I. — 1970. Zanieczyszczenie powietrza związkami fluoru. Ochrona Powietrza, 5 (19): 1 - 5.
  26. Stec E. M. — 1973. Skawina bez fluoru? *Aura*, 9: 24 - 25.
  27. Szalonek I. — 1968. Die durch Fluor hervorgerufene Luftverunreinigung, und die Pflanzenbeschädigung in der Nähe eines Emailierwerk. Materiały VI Międzynarodowej Konferencji „Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na lasy”. Katowice: 117 - 125.
  28. Świeboda M. — 1964. Niektóre zagadnienia wpływu na lasy zanieczyszczeń powietrza związkami fluoru. *Sylvan*, CVIII, 6: 45 - 54.
  29. Świeboda M. — 1970. Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na roślinność w otoczeniu Fabryki Supertomasyny „Bonarka” w Krakowie. *Ochrona Przyrody*, 35: 161 - 220.
  30. Trzebiatowski W. — 1971. *Chemia Nieorganiczna*. Wydanie VI. PWN, Warszawa.
  31. Woropaj R. — 1962. Badania wstępne nad wpływem aerozolu przemysłowego na florę lasów w otoczeniu Poznańskich Zakładów Nawozów Fosforowych w Luboniu. Praca magisterska. Zakład Dendrologii WSR, Poznań.
  32. Zimmerman P. W., Hitchcock A. E. — 1956. Susceptibility of plants to hydrofluoric acid and sulfur dioxide gases. *Contributions from Boyce Thompson Institute*, 18: 263 - 279.

BOGDAN KLUCZYŃSKI

*The effect of fluor compounds on the health condition of trees and shrubs near the aluminum smelting works „Konin”*

Summary

Under investigation were the trees and shrubs growing within the production and administrative boundaries of „Konin” Aluminum Works. It emits into the atmosphere besides various other impurities, certain important quantities of fluor compounds. The climatic conditions in the area are presented in Table 1 and in Fig. 1.

In 1972 detailed observations were conducted on the state of health of the woody plants. A quantitative and qualitative inventarization of the trees and shrubs was conducted for each plot into which the whole area was divided. The

presence of 65 species and varieties of woody plants has been established among the 16 358 living specimens (Tab. 2), distributed within a radius of 300 - 1000 m from the emission source. In the SW-S-SE direction there were 92% of plants, in the NW direction 6% and in the W direction 2%. Various species are represented by a very diverse number of specimens (from 1 to 4600 individuals) and plots (1 - 16) on which they are found. The qualitative estimation concerns the overall viability of each plant (a scale from 1 to 3), and the percentage area of the injured assimilation apparatus (on a 5 point scale).

The data collected are unsuited for statistical analysis due to differences in plant age, numbers of individuals in each stand and within each species. Absolute and relative values of the estimated characters are presented graphically in the form of ideograms (Fig. 2 with an explanation of signs).

The injuries observed have been discussed in terms of the destructive influence of fluor. The other pollutants have been ignored since it is not possible to establish the magnitude of their influence. It is possible that they exert singly or jointly a similar influence on the health of the whole dendroflora.

Table 3 illustrated the influence of the pattern of air movements and the distance from the emission source on the health of the plants. It appears that the generally small differentiation in leaf viability and in the viability of the plants as a whole within individual species appears to depend in individual circumstances more on the wind frequencies than on the differences in distance from the emission source (Fig. 1 and 2). However the results obtained do not permit the formulation of precise conclusions.

It would be necessary to check whether the concentration of fluor in the soil correlates with the observations of characters on the studied plants. The French studies on a similar problem (Cormis, 1970) exclude such a possibility.

All the listed species of trees and shrubs have been grouped into 3 classes in their resistance to fluor (Tab. 4): I — resistant species, II — medium resistant species and III — susceptible species. The degree of resistance of representatives of different species have been compared with the published results obtained elsewhere. The agreement and disagreement resulting from this comparison with data in the literature is presented in table 4 by various symbols. The results obtained in this work generally agree with the results of other studies, particularly in relation to species from class I and II. Among the plants resistant to the action of fluor (class I) one should mention in particular the various species and varieties of willows and *Robinia pseudacacia* L.

Plants from class II can be used but with limitations, that is at larger distances from the emission source and in the lee-ward direction. The use of plants from class III within the limits of „Konin” Aluminum Works and in regions with similar pollution problems is pointless.

БОГДАН КЛЮЧИНСКИ

### *Влияние соединений фтора на состояние здоровья деревьев и кустарников на алюминиевом заводе „Конин”*

Резюме

Объектом исследования являются деревья и кустарники, произрастающие на производственной и административной территории алюминиевого завода „Конин”. Завод этот выделяет в атмосферу, кроме ряда других загрязняющих веществ, значительные количества соединений фтора. Климатические условия представлены на табл. 1 и рис. 1.

В 1972 г. были проведены детальные наблюдения за состоянием древесных насаждений. Была осуществлена количественная и качественная инвентаризация деревьев и кустарников в соответствии с принятым делением территории на участки. Установлено наличие 65 видов и разновидностей деревьев и кустарников, представленных 16 358 живыми экземплярами (табл. 2), размещенными в радиусе 300 - 800 м от источника загрязнения в следующих направлениях: ЮВ-Ю-ЮЗ (92% участков), СВ (6%), В (2%). Отдельные виды представлены очень различным числом экземпляров (от 1 до 4600) и произрастают на разном количестве участков (от 1 до 16). Качественная оценка касалась общей жизнеспособности каждого экземпляра (по шкале 1 - 3) и доли поверхности с поврежденным ассимиляционным аппаратом в процентах (шкала 1 - 5).

Собранные материалы не позволяют провести статистический анализ (из-за различия в возрасте и в количестве саженцев отдельных видов и участков, на которых они отмечены). Абсолютные и относительные величины оцененных признаков представлены графически (рис. 2 и легенда к нему).

Обнаруженные повреждения связываются в обсуждении с разрушающим действием фтора. Остальные вредно действующие факторы среды не принимались во внимание, так как нельзя было определить размеры их влияния. Они могут при этом оказывать, по отдельности или вместе, сходное влияние на санитарное состояние всех зеленых насаждений.

Табл. 3 иллюстрирует связи между особенностями воздушных токов и расстоянием растений от источника газов, с одной стороны, и их состоянием, с другой. Из нее следует, что встречающиеся различия (в общем незначительные) в состоянии здоровья листьев и в жизнеспособности растений определенных видов в этом конкретном случае зависят в большей степени от частоты ветров, чем от расстояния (рис. 1 и 2). Однако полученные результаты не дают возможности прийти к окончательным выводам.

Следовало бы проверить — коррелируются ли концентрации фтора в почве с особенностями исследованных признаков растений. Французские исследования (Cormis, 1970) отвергают такую возможность.

Все инвентаризированные виды деревьев и кустарников разделены на три класса по их сопротивляемости фтору (табл. 4): I — устойчивые, II — средне устойчивые, III — чувствительные. Степень устойчивости отдельных видов сопоставлена с литературными данными других аналогичных исследований. Результаты этого сопоставления (имеет ли место совпадение или противоречие) представлены на табл. 4 с помощью условных знаков. В целом наши результаты согласуются с итогами других исследований, особенно в отношении видов, отнесенных к классам I и II. Среди растений класса, устойчивых к фтору, особого внимания заслуживают различные виды и разновидности ив, а также белая акация. Растения II класса можно использовать условно, то есть на большем расстоянии от источника фтора и на тех направлениях, в которых редко дуют ветры. Использование растений класса III на территории алюминиевого завода „Конин” и на других аналогичных территориях нецелесообразно.