

KAZIMIERZ SPOREK

## Odczyn kory sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wskaźnikiem zanieczyszczeń atmosfery pyłami alkalicznymi

The Reaction of *Pinus sylvestris* Bark  
as Indicator of Atmosphere Pollution with Alkaline Dust

### Wstęp

**W**ieloletnie obserwacje i badania wskazują, że cementownia jako zakład emitujący zanieczyszczenia zmienia warunki jego otoczenia. Również układ warunków ekologicznych zmienia się i różnie przebiega oddziaływanie emisji na rośliny konieczne jest zatem prowadzenie indywidualnych badań i ocen.

Odczyn kory (*Pinus sylvestris* L.) do tej pory wykorzystywano jako biowskaźnik zanieczyszczeń atmosfery związkami siarki (Zimny 1977, Grodzińska 1983) brak jest natomiast opracowań, które wskazywałyby korę jako biowskaźnik zanieczyszczeń atmosfery pyłami alkalicznymi.

### Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest wykazanie przydatności kory drzew (*Pinus sylvestris* L.) do indykacji stopnia zanieczyszczenia atmosfery pyłami alkalicznymi w środowisku leśnym w szczególności zaś penetracji ekosystemów leśnych tymi zanieczyszczeniami.

### Metoda

#### Zbiór danych

Dane doświadczalne zebrano według standardowej metody (Czarnowski 1971) z borów opolskich (Nadleśnictwo Prószków), wieluńskich (Nadleśnictwo Wieluń) i kujawskich (Nadleśnictwo Gołębki). Łącznie pobrano i poddano analizie ponad 4300 prób kory z przeszło 132 różnych populacji monokultur sosny. Z drzew stojących próby kory pobierano

na wysokości 1,5 m od ziemi zdejmując ośnikiem korę w kształcie opaski 20 cm w dół i 20 cm w górę od wysokości 1,5 m .

### **Oznaczenie odczynu**

Przed oznaczeniem odczynu, próby kory suszono w temperaturze 65°C w ciągu 3 godzin, a następnie, rozdrobniono w moździerzu i zmielono je na pylisty proszek w młynku udarowym. Przed każdym rozdrabnianiem próby, pojemnik młynka myto wodą destylowaną i suszono. Z każdej próby odważano na wadze analitycznej po 4 g sproszkowanej kory z dokładnością do 0,01, zalano 40 ml wody destylowanej w zlewce o pojemności 50 ml, dokładnie mieszano szklanym prętem i odstawiano na 48 godzin w temperaturze +15°C. Po 48 godzinach zawartość zlewek ponownie wymieszano i dokonano pomiaru pH metrem typu N-517 z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku, kalibrację elektrody przeprowadzono przy użyciu roztworu buforowego o pH 7,0 i 4,0 .

### **Obliczenia**

Zależność między zmiennymi ilościowymi badano metodą analizy regresji i korelacji. Zbiorami punktów są miejsca pobrania próbek kory, których wartości  $y$  (pH w H<sub>2</sub>O) są wartościami odczynu kory zmieniające się wraz ze zmianą wartości  $x$  (odległość w [m]), tj. położeniem względem źródła emisji pyłów alkalicznych.

## **Wyniki badań**

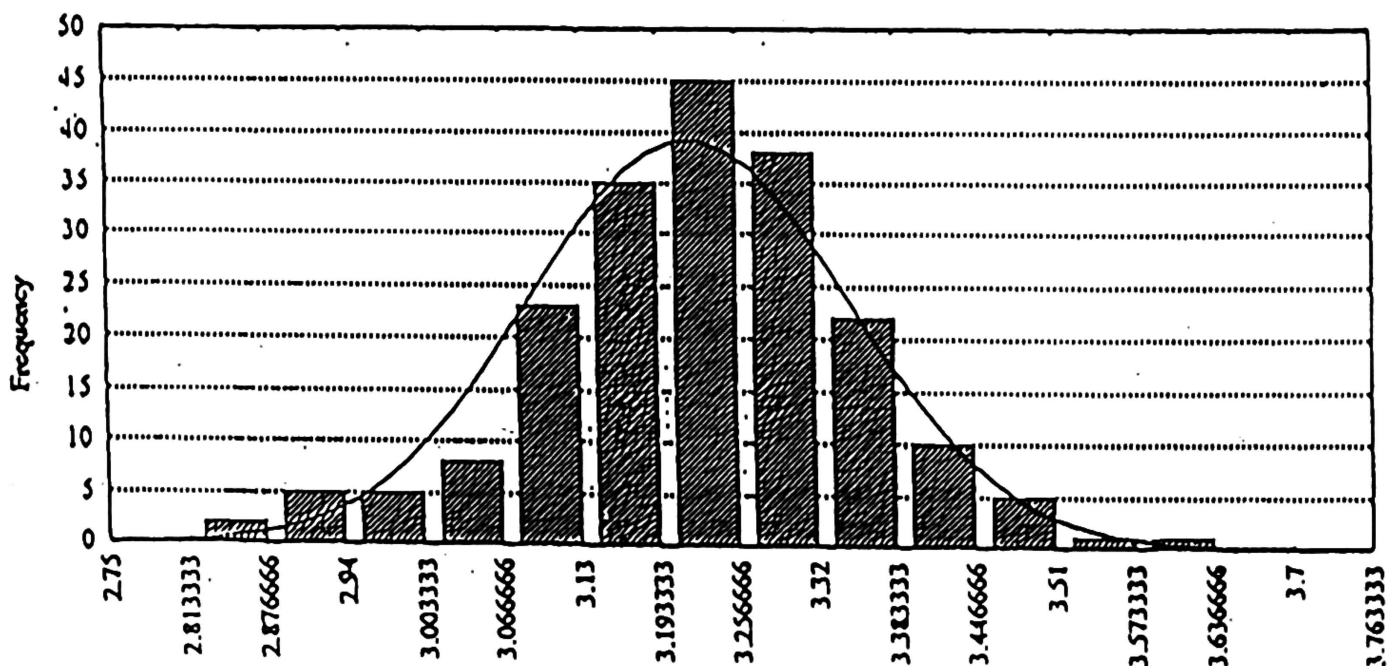
### **Kora drzew bez cech skażenia**

Na powierzchni kontrolnej ( w borach opolskich, Nadl. Prószków ) wolnej od zanieczyszczeń atmosfery pobrano korę i przeprowadzono pomiar odczynu w próbie obejmującej 200 sztuk drzew sosny zwyczajnej w wieku 35 lat. Rozstęp badanej cechy  $3,58-2,84=0,74$  pH w H<sub>2</sub>O . Wartość rzeczywista średniej z próby wynosi 3,22 pH w H<sub>2</sub>O. Mediana wynosi 3,24 pH w H<sub>2</sub>O. Modalna ukazuje, która z wartości w danej zbiorowości występuje najczęściej i wynosi 3.24 pH w H<sub>2</sub>O. Rozkład badanej próby jest lewostronnie skośny (ryc.1a).

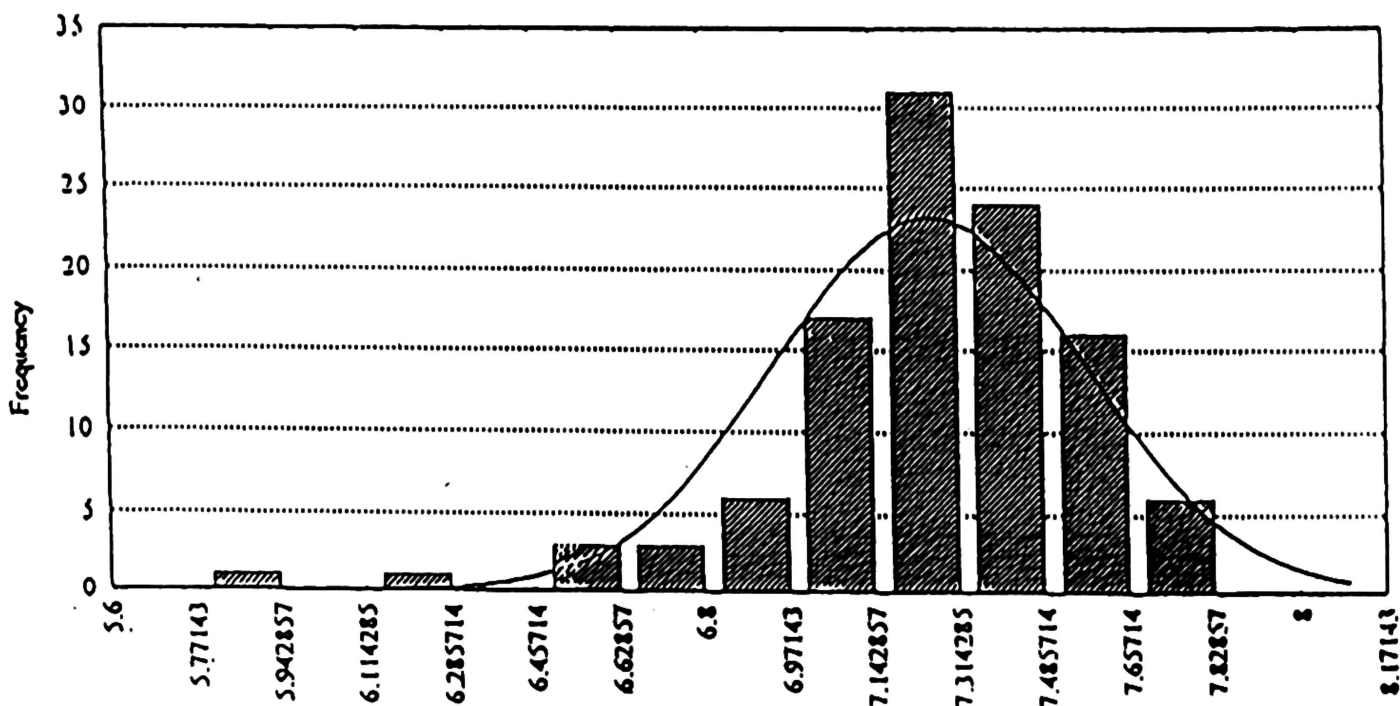
### **Kora drzew z cechami skażenia**

Powierzchnię silnie zanieczyszczoną pyłami alkalicznymi cechuje wysoki odczyn kory sosnowej, gdzie średnia wartość pH w H<sub>2</sub>O wynosi 7,38 (ryc.1b) i bardzo niski współczynnik zmienności  $v\%=2,64$ , oraz nieznaczne odchylenie standardowe (tab.1).

Porównanie powierzchni kontrolnej z zanieczyszczoną pyłami alkalicznymi (tab.1), utwierdza nas w przekonaniu, że odczyn kory sosny jest nie budzącym wątpliwości bio-wskaźnikiem zanieczyszczeń atmosfery pyłami alkalicznymi, i może być zastosowany do wyznaczania izolinii zasięgu oddziaływania tego typu zakładów na środowisko leśne [17]. Zarówno powierzchnia kontrolna, jak i powierzchnia zanieczyszczona, posiada wspólne cechy: bardzo niski współczynnik zmienności odczynu kory oraz niskie odchylenie standardowe. Natomiast różni je wartość odczynu ponad 4 jednostki.



RYC. 1a. Odczyn kory sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris L.*) na powierzchni wolnej od skażeń



RYC. 1b. Odczyn kory sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris L.*) na powierzchni skażonej pyłami alkalicznymi

### Odczyn kory jako wskaźnik regresji zanieczyszczeń

Przykładem są tu wykonane pomiary odczynu kory (pH w H<sub>2</sub>O) prób zebranych z 32 punktów z różnych odległości od centralnego źródła emisji cementowni (tab.2).

Jest rzeczą zrozumiałą, że w miarę oddalania się od źródła zanieczyszczenia wartość opadu pyłu obniża się. Analiza zebranego materiału liczbowego wykazała, że w pierwszym przybliżeniu współczynniki regresji (*a*, *b*) wynoszą :

**TABELA 1**  
Zmienność odczynu (pH w H<sub>2</sub>O) kory sosny zwyczajnej płatu jednorodnego na powierzchni czystej (kontrolnej) i powierzchni zanieczyszczonej pyłami alkalicznymi

Lp.	Cecha	Powierzchnia	
		kontrolna	zanieczyszczona
1.	$n$	200	44
2.	$\bar{x}_{pH}$	3,22	7,38
3.	V% [pH]	3,95	2,64
4.	$x_n^\sigma$	0,1270	0,19464
5.	$x_{n-1}^\sigma$	0,1273	0,19689
6.	$\Sigma x^2$	643,64	324,89
7.	$\Sigma x$	2074,59	2400,610
8.	SO <sub>3</sub>	*	1,4%
9.	CaO	*	37,4

\* brak informacji

**TABELA 2**  
Działanie pyłów alkalicznych na korę sosny zwyczajnej w zależności od odległości drzewostanu od emitatorów

Tablica regresji i korelacji	
$n$	32
$a$	6,014 834 591
$b$	-2 135 604 059 E-04
$r$	0,80
$r^2$	0,64
$y$	4,37
$y_n^\sigma$	1,279 382 022
$y_{n-1}^\sigma$	1,299 853 435
$\Sigma y^2$	665,0532
$\Sigma y$	140,02
$\Sigma xy$	917 535,1
$x$	7675,625
$x_n^\sigma$	4796,219 825
$x_{n-1}^\sigma$	4872-964215
$\Sigma x^2$	2 621 406 200
$\Sigma x$	245 620

$n$  — liczba spostrzeżeń;  $a$ ,  $b$  — współczynnik regresji,  $r$  — współczynnik korelacji wielorakiej,  $r^2$  — współczynnik determinacji,  $y$  — średnia wartość pH w H<sub>2</sub>O,  $y_n^\sigma$  — odchylenie standardowe,  $x$  — zmienna niezależna odległość [m]

( $a < 6,01$ )

( $b < -0,00021$ )

Wskaźnik (odczyn kory sosny) pogorszenia jakości środowiska leśnego jest funkcją opadu pyłu i odległości od źródła emisji. Współczynnik determinacji wskazuje, że udział emitowanych pyłów z cementowni w zmianach jakościowych według tego wskaźnika wynosi 64% (tab. 2). Procent pogorszenia jakości środowiska leśnego oceniono na podstawie odbiegającego od normy w zbiorowiskach naturalnych odczynu kory mierzonego w wodzie.

Jak wiadomo, w Polsce środkowej najczęstsze są wiatry wiejące z południowego-zachodu, na północny-wschód, stąd tzw. róża wiatrów przybiera kształt nieregularnego półowalu wydłużonego w kierunku N oraz NE. Rozkład zanieczyszczeń odbiegający od charakterystyki róży wiatrów może być spowodowany położeniem w tym obszarze innych źródeł emisji niezorganizowanej np. hałd, wysypisk śmieci, kopalni, dróg dojazdowych do kopalni jak również brakiem zadrzewień izolujących te źródła emisji od otoczenia.

Analiza regresji i korelacji wykazała, że obszary leśne redukują przemieszczanie się zanieczyszczeń pyłowych z około 15 km do około 1,4 km. W związku z tym nasuwa się wniosek, że uciążliwość cementowni dla otoczenia spowodowana jest głównie emisją niezorganizowaną i można ją ograniczyć a nawet wyeliminować projektując i wykonując odpowiedni układ przestrzenny pasów zadrzewieniowych.

## Dyskusja

Cementownia wprowadza do środowiska substancje gazowe i pyłowe. Substancje te włączone do obiegu materii podlegają w środowisku licznym przemianom fizykochemicznym, zmieniając swoje właściwości, stają się ostatecznie chemicznie obojętne. Niemniej cementownia wprowadza do powietrza atmosferycznego substancje stałe w takich ilościach, że w pewnych obszarach wokół zakładu powoduje przekroczenia konwencjonalnych norm stanu środowiska. Substancje emitowane przez cementownię wywołują, przy określonych koncentracjach, negatywne zmiany środowiska (czynników ekologicznych). (Sporek 1985a 1985b 1985c, 1986a, 1986b, 1987a, 1987b, 1988, 1990, 1992, 1994).

Układ warunków ekologicznych wokół cementowni jest dynamiczny, zmieniający się w czasie i przestrzeni. Zmiany te determinowane są głównie skupiskami rozwijającej się roślinności drzewiastej oraz porą roku (okresy bezlistne późną jesienią, zimą czy wczesną wiosną, oraz ulistnieniem w okresie letnim). Przejawem tej dynamiki jest zmiana koncentracji zanieczyszczeń pyłowych w otoczeniu zakładu. Opad pyłu powoduje, "zabrudzenie" aparatu asymilacyjnego drzew co stanowi przedmiot roszczeń o odszkodowanie w związku z utraconymi korzyściami. Prawo cywilne, obliguje do wyrównania strat wynikłych z naruszenia stanu środowiska i w miarę możliwości przywrócenia go do stanu właściwego. Jeżeli szkoda polega na uszkodzeniu upraw emisjami przemysłowymi, naprawianie jej następuje w trybie cywilnej odpowiedzialności odszkodowawczej za szkodę w mieniu.

Szacowanie pogorszenia jakości środowiska leśnego w związku z działalnością sąsiadującego przemysłu cementowego polega na określeniu zasięgu opadu pyłu i jego wielkości ponadnormatywnej oraz zmian jakościowych i ilościowych w badanym ekosystemie.

Jeżeli cementownia jest czynna ponad 20 lat, to jest to wystarczająco długi okres (z klimatologicznego punktu widzenia: róża wiatrów, liczba dni bezwietrznych, liczba dni z mgłą, częstotliwość opadów), aby skutek jej działania na przyległe obszary leśne odzwierciedlał dokładnie przeciętne rozprzestrzenianie się pyłów odlotowych pochodzących z emitorów cementowni, jak i z emisji niezorganizowanej. Akumulacja alkaliów w korze odbywa się przy udziale opadów atmosferycznych, a w szczególności przy udziale opadów poziomych przy dużej wilgotności powietrza. Możemy uznać, że oddziaływanie (praktycznie rzecz biorąc) kończy się tam, gdzie kora po 20 latach działalności cementowni nie przekroczyła progu pH w H<sub>2</sub>O = 3,3, uznawanego za odczyn naturalny. Jest rzeczą oczywistą, że opad pyłu i koncentracja gazów mają zasadniczy wpływ na wielkość obliczonego procentowego pogorszenia jakości środowiska leśnego przy uwzględnieniu odległości tych upraw od źródła emisji. Ona bowiem w sposób niewątpliwy determinuje wielkość opadu i koncentrację gazów w postaci zasady, że im dalsza odległość tym mniejszy jest opad pyłu i koncentracja gazów.

Ta jednoznaczna z pozoru zasada naruszana być może przez jeszcze jeden dodatkowy czynnik a mianowicie nasilenie, częstotliwość i kierunek wiatrów w okresie awarii urządzeń odpylających, powodując zrzut zanieczyszczeń przemysłowych w dalszej odległości od źródła emisji niżby wskazywały na to obliczenia. Zanieczyszczenia w środowisku leśnym, spowodowane sytuacjami awaryjnymi w zakładach przemysłowych w czasie anomalii pogodowych, są jednak wykrywalne przez wykorzystanie do tego celu bioindykacyjnych właściwości kory sosny zwyczajnej.

Jakkolwiek problematyce tej poświęcono szereg analitycznych rozważań uwzględniających wzajemne korelacje tych czynników to jednak, uwzględnienie tych kryteriów w zasadach szacowania wymaga obszernej pracy studialnej. Konieczne jest ustalenie zależności między charakterystycznymi parametrami "róży wiatrów" a opadem rzeczywistym w okresie rocznym. Ponadto praca ta wymaga również szczegółowej wizji w terenie nie po 10 letnim okresie, jak to dotychczas wykonują BULiGL ale również w okresie rocznym. Jak już wcześniej zaznaczono, uprawy wymagają jednak indywidualnej nieschematycznej oceny przez biegłych dokonujących szacunku uwzględniającej wiek ocenianych upraw. W sprawie odszkodowania w lasach obliczanego metodą kosztowo-dochodową określając wartość użytkową należy uwzględnić:

- poziom prowadzenia plantacji,
- przydatność produkcyjną roślin,
- stanowisko-siedlisko,
- warunki glebowe,
- nadmierne zagęszczenie roślin,
- rzeczywistą zdolność produkcyjną,
- rażąco złe prowadzenie upraw,
- plantacje szczególnie cenne przy udokumentowaniu dowodami.

## Wnioski

- Kora sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) jest niebudzącym wątpliwości bio-wskaźnikiem zanieczyszczeń alkalicznych środowiska leśnego.

- Naturalny odczyn kory martwicowej sosny zwyczajnej wynosi około 3,3 pH mierzony w H<sub>2</sub>O (próby pobrane na wysokości 1,3 do 1,7 m od podłoża) oraz 4,8 próby pobrane z 1-3 letnich pędów głównych (z części wierzchołkowej korony).
- W warunkach zanieczyszczeń pyłami alkalicznymi odczyn kory martwicowej sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wynosi około 7,0–7,8 pH w H<sub>2</sub>O (próby pobrane na wysokości 1,3 do 1,7 m od podłoża).
- Obszary leśne redukują przemieszczanie się zanieczyszczeń pyłowych z ok. 15 km do ok. 1,4 km. Uciążliwość cementowni dla otoczenia można ograniczyć, a nawet wyeliminować, wykonując odpowiedni układ pasów zadrzewieniowych.
- Oceniając stopień zanieczyszczeń środowiska leśnego pyłami alkalicznymi stosując wskaźnik odczynu kory martwicowej pobieranej od 1,3 do 1,7 m od podłoża należy przyjąć następujące kryterium:

pH w H <sub>2</sub> O	wynik reakcji chemicznej kory na zanieczyszczenia alkaliczne
3,3–4,0	brak zanieczyszczeń alkalicznych
4,1–4,9	ślady zanieczyszczeń alkalicznych optymalne warunki rozwojowe dla sosny zwyczajnej
5,0	zanieczyszczenia alkaliczne eutrofizujące siedliska borowe

*IBL w Warszawie, Sudecka Stacja Doświadczalna  
w Szklarskiej Porębie*

## Literatura

1. **Czarnowski M.S.** 1971; Investigation of the potential productive capacity of forest sites as a function of soil, climate and ecological properties of tree species (A proposal of the standardized method for the world-wide gathering action). Acta Universitatis Wratislaviensis, 1971, nr 134, Prace Botaniczne, T.XII, s.127–151.
2. **Grodzińska K.** 1983, Mchy i kora drzew jako czułe wskaźniki skażeń środowiska gazami i pyłami przemysłowymi. Bioindykacja skażeń przemysłowych i rolniczych - praca zbiorowa pod redakcją J.Fabiszewskiego. PAN Wrocław; 67–86
3. **Sawicki F.** 1982, Elementy statystyki dla lekarzy. PZWL. Warszawa.
4. **Sporek K.** i in. 1985, Oddziaływania pyłu emitowanego z KCW "Warta" na okoliczne lasy. Opole, ZEiOŚ, IKŚ, maszynopis. s 133, Temat 51/D2.
5. **Sporek K.** 1985. Opinia w postępowaniu sądowym sygn.akt.IC 29/85 sygn.akt. IC 31/85 o wyrządzenie szkody pyłami cementowni w produkcji roślinnej. s. 5. Sąd Wojewódzki w Radomiu.
6. **Sporek K.** 1985. Opinia w postępowaniu sądowym o wyrządzenie szkody pyłami z Cementowni "Przyjaźń" w Wierzbicy w produkcji roślinnej. Sąd Rejonowy w Radomiu I Wydział Cywilny sygn. akt. IC 29/85, sygn.akt. IC 31/85. Opole, maszynopis, s.6.

7. **Sporek K.** 1986. Opinia w postępowaniu sądowym w przedmiocie ustalenia natężenia emisji pyłów z Cementowni "Przyjaźń" w Wierzbicy i ich wpływu na uprawy roślinne. SR w Radomiu I Wydz. Cywil. sygn.akt. IC 31/85 (poz.297). Opole, maszynopis, s. 6.
8. **Sporek K.** 1986. Opinia w postępowaniu sądowym, sygn.akt IC 31/85 o ustalenie natężenia emisji pyłów cementowych i ich wpływu na uprawy roślinne na działki powoda. s. 8. Sąd Wojewódzki w Radomiu.
9. **Sporek K.** 1987. Opinia w postępowaniu sądowym sygn. akt. IC 28/87 ustalenie wpływu emitowanych pyłów z cementowni na uprawy polowe, s 9. Sąd Wojewódzki w Radomiu.
10. **Sporek K.** 1987. Opinia w postępowaniu sądowym, sygn.akt.IC 27/87 ustalenie wpływu emitowanych zanieczyszczeń pyłowych z cementowni na uprawy polowe prowadzone przez powoda w latach 1982/85, s.22. Sąd Wojewódzki w Radomiu.
11. **Sporek K.** 1988. Koreferat do opinii Dr Franciszka Gajka z Instytutu Upraw Nawożenia i Gleboznawstwa z Puław z dnia 1988.01.20 o ustalenie wpływu emitowanych pyłów z cementowni na gleby i uprawy polowe. sygn. akt. IC 28/87, s.6. Sąd Wojewódzki w Radomiu.
12. **Sporek K.** 1990. Opinia biegłego, w postępowaniu sądowym, sygn. akt IC 33/90, o ustalenie "wpływu opadu pyłu cementowego na uprawy polowe..." w ilości i jakości plonów". s. 3. Sąd Wojewódzki w Radomiu.
13. **Sporek K.** 1992. Wyznaczanie zasięgu rozprzestrzeniania się emisji pyłowych z KCW "Kujawy" na podstawie biotestu kory *Pinus sylvestris* L. Temat. 253/90, Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska w Opolu. s. 25.
14. **Sporek K.** 1994, Ocena zanieczyszczeń środowiska leśnego pyłami alkalicznymi w oparciu o indykacyjne właściwości kory sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Temat 47/92, Instytut Ochrony Środowiska O/Wrocław. s.43.
15. **Zimny.H., D. Żukowska-Wieszczak, M.Soroczyńska, J.Staniszevska.** 1977, Próba oceny niektórych metod stosowanych przy ustalania szkód dymowych w drzewostanach sosny zwyczajnej. Człowiek i Środowisko. Instytut Kształtowania Środowiska Warszawa T.1, Nr. 2: 85–94.
16. Wyrok Sądu Apelacyjnego w Łodzi z dnia 19 listopada 1992 r. I ACr 257/92. Sprawa: "Odszkodowanie z tytułu strat spowodowanych przez szkodliwe emisje pyłów i gazów na terenie Nadleśnictwa Wieluń — Obręb Kraszkowice".
17. Definicje pojęć z zakresu ochrony środowiska. Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Statystyki Departament Rolnictwa, Leśnictwa i Ochrony Środowiska. Warszawa 1993.