

ZYGMUNT JAKUBCZAK, TERESA KOTER, JAN SIUTA

## WPŁYW EMISJI PRZEMYSŁOWYCH NA ROŚLINNOŚĆ LEŚNĄ W REJONIE PUŁAW

### *Charakterystyka drzewostanów leśnych*

Zakłady Azotowe otoczone są kompleksem lasów, z których większość zlokalizowana jest na siedliskach ubogich. Lasy te wykazują więc małe zróżnicowanie składu gatunkowego. Przeważają tu jednogatunkowe drzewostany sosny zwyczajnej, z niewielką tylko domieszką brzozy i dębu. Runo leśne budują przeważnie następujące rośliny: wrzos, borówka czernica, borówka brusznica, mchy, trawy i mącznica. W podszyciu występuje dość pospolicie jałowiec.

### *Pierwsze uszkodzenia drzewostanów*

Wyraźne objawy uszkodzeń sosny i jałowca zaobserwowano na przedwiośniu 1967 r. Uszkodzenia objawiały się przede wszystkim w postaci żółknięcia igieł sosny i jałowca. Zaobserwowano też zbrunatnienie pędów wrzosu. Nasilenie uszkodzeń lasu było niejednakowe i wykazywało strefowość. Masowy pojaw szybko postępujących zniszczeń był dla nas dużym zaskoczeniem, ponieważ miał on miejsce nie na obszarach przylegających bezpośrednio do Zakładów Azotowych, gdzie oczekiwano źródła emisji substancji fitotoksycznych, lecz w dalszych rejonach. Uszkodzenia, a miejscami nawet zupełne zniszczenie drzewostanów stwierdzono w rejonie: a) osadników, dokąd zrzucane są ścieki przemysłowe; b) żużłowiska, dokąd wypłukiwane są popioły z elektrocieplowni.

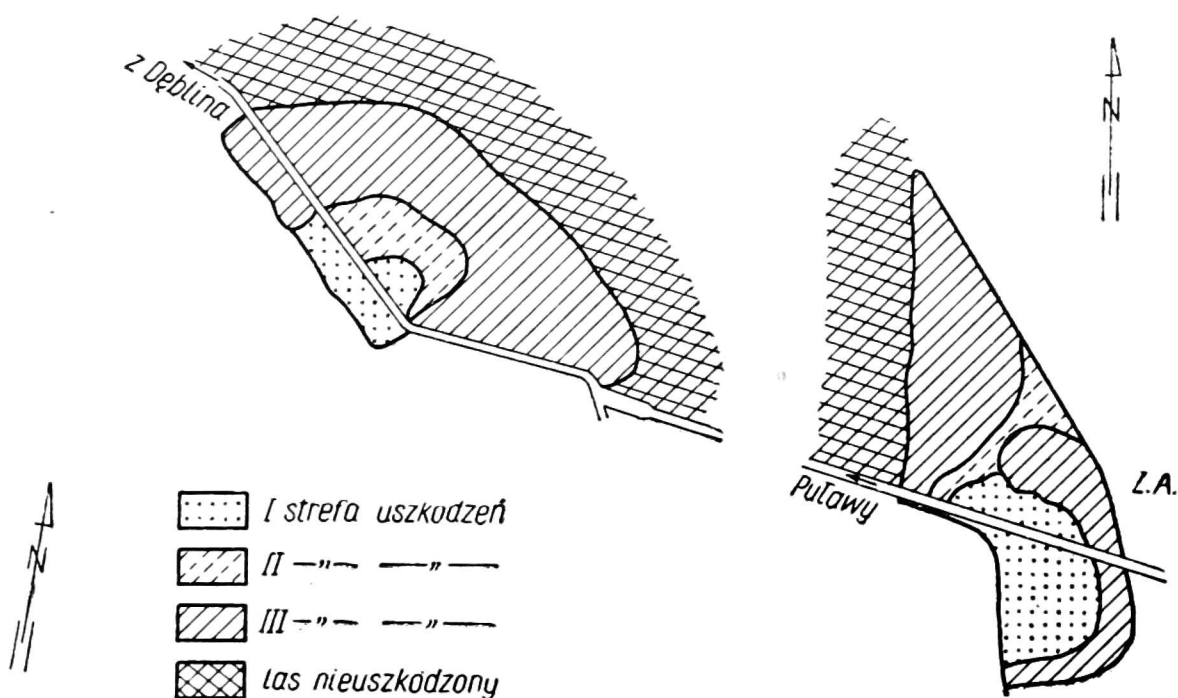
Osadniki znajdują się wystarczająco daleko od Zakładów Azotowych, aby uszkodzeń leśnych w tym rejonie nie wiązać z emisją komina elektrocieplowni. Szybko ustalono więc, że źródła uszkodzeń szukać należy w zbiornikach osadników i żużłowiska. Początkowo podejrzewano, że zniszczenia wynikają z dwóch następujących powodów: a) emisji substancji fitotoksycznych i niszczenia nadziemnej części roślin; b) przesuszenia gruntu wskutek obniżenia poziomu wód gruntowych. Przyczyna druga wysuwana była raczej przez osoby mało zorientowane w zagadnieniach hydrologii i uwilgotnienia gruntów. O poglądzie tym nie należałoby nawet

wspominać, gdyby nie zyskał on sobie zwolenników, którzy jeszcze obecnie posługują się nim, zwłaszcza wtedy, gdy pragną pomniejszyć ujemny wpływ emisji przemysłowych.

Wykrycie zasadniczej przyczyny nie było wcale trudne, gdyż wystarczyło zbliżyć się do wymienionych już zbiorników, aby stwierdzić obecność znacznej ilości amoniaku w atmosferze. Przeprowadzony wywiad z przedstawicielami Zakładów Azotowych wyjaśnił w szczególności przyczyny wysokich stężeń amoniaku w osadnikach i żuźłowisku, jakie miały miejsce w okresie zimy lat 1966/67.

Dla zinventaryzowania uszkodzeń, jak też obrazowego przedstawienia skali zjawiska, opracowano mapę, dając opisową charakterystykę porażen ważniejszych gatunków roślin.

Na obszarze przylegającym do żuźłowiska stwierdzono silne uszkodzenie drzewostanu. Skutki porażenia drzewostanu przejawiały się ana-



logicznie u różnych gatunków. U sosny wystąpiło początkowo silne żółknięcie, a następnie opadanie igieł i przerzedzanie koron. Dotyczy to zwłaszcza drzew będących w II klasie wieku. Stwierdzono też silne osłabienie lub całkowite zahamowanie przyrostu pędów.

Te egzemplarze sosny, które zregenerowały częściowo, dały w wielu przypadkach wadliwe przyrosty.

Jałowiec zareagował najsilniej spośród występujących tu gatunków. Rośliny o żółtym igliwiu spotykamy dość daleko od źródła emisji substancji toksycznych. Ustalono, że silne porażenie jałowca (w bardziej odległych miejscach lasu) występuje od strony źródła emisji, podczas gdy igliwie zlokalizowane na zawietrznej (osłoniętej) części rośliny było niekiedy

całkiem zielone. W ten sposób jałowiec dostarczył cennych informacji odnośnie przyczyn uszkodzeń, sposobu i kierunków przenikania substancji fitotoksycznych.

Płaty silnie porażonego wrzosu nie wykazywały żadnych oznak życia, co mówi o dużej wrażliwości tej rośliny na opary amoniaku w atmosferze.

Analogiczna prawidłowość uszkodzeń roślin wystąpiła również w lesie przylegającym do osadników.

Przystępując do inwentaryzacji zjawiska wyróżniono trzy następujące strefy uszkodzeń drzewostanu:

a. Strefa silnego uszkodzenia — igliwie sosny całkowicie i prawie całkowicie żółte, korony silnie przerzedzone, przyrosty pojawiają się sporadycznie i są wadliwe, igliwie jałowca całkowicie żółte, pędy wrzosu brunatne i nie wykazujące oznak życia.

b. Strefa średniego uszkodzenia — igły sosny żółte w około 50% (większość igieł tylko częściowo żółta), niektóre igły jałowca są zielone, wrzos jest także miejscami zielony.

c. Strefa słabego uszkodzenia — końce szpilek sosny wykazują wyraźne żółknięcie, ale zjawisko to nie występuje masowo, dzięki czemu drzewostan pozostaje zielony; większe zmiany wykazuje jałowiec, zwłaszcza od strony nawietrznej i źródła emisji amoniaku.

Przedstawione na mapie strefy uszkodzeń drzewostanów nie malały w ciągu lata i jesieni, lecz wykazywały w niewielkim stopniu tendencję rozwojową. Postęp zniszczeń okazał się w tym rejonie znacznie mniejszy aniżeli wnioskować by można na podstawie obserwowanego wiosną zjawiska. Taki stan rzeczy uzasadnia się mniejszymi ładunkami amoniaku zrzuconego do osadników i częściowo neutralizacją ścieków oraz wstrzymaniem zrzutów amoniaku do żuźłowiska.

### *Stale oddziaływanie emisji przemysłowych na drzewostan leśny*

Lasy będące pod wpływem stałego oddziaływania emisji przemysłowych przylegają bezpośrednio do Zakładów Azotowych, a częściowo znajdują się także na terenie Kombinatu. Wiosną roku 1967, kiedy bardzo szybko postępowało niszczenie drzewostanów w sąsiedztwie żuźłowiska i osadników, na terenie Zakładów Azotowych i w bezpośrednim ich sąsiedztwie obserwowano tylko niewielki stopień porażenia lasu. Wkrótce okazało się jednak, że stopień porażenia roślin i strefa niszczonego lasu rosła w bardzo dużym tempie. Niszczenie lasu postępowało najszybciej w rejonie położonym na północ i północny wschód od Zakładów Azotowych, czyli w kierunku dominujących wiatrów. W rejonie tym stężenia

amoniaku są często bardzo duże. Amoniak jest tu nie tylko wyczuwalny, ale w przyływie fali drażni intensywnie przewody oddechowe.

W ciągu lata i jesieni zniszczenia sosny osiągnęły już tak duży stopień, że powstała konieczność zlikwidowania znacznej części drzewostanu na terenie Zakładów Azotowych. Występująca tu brzoza i dąb nie uległy zniszczeniu nawet w tych strefach, gdzie sosna obumarła zupełnie, co pozwala mieć nadzieję na możliwość ponownego zalesienia terenu przez wprowadzenie drzew liściastych.

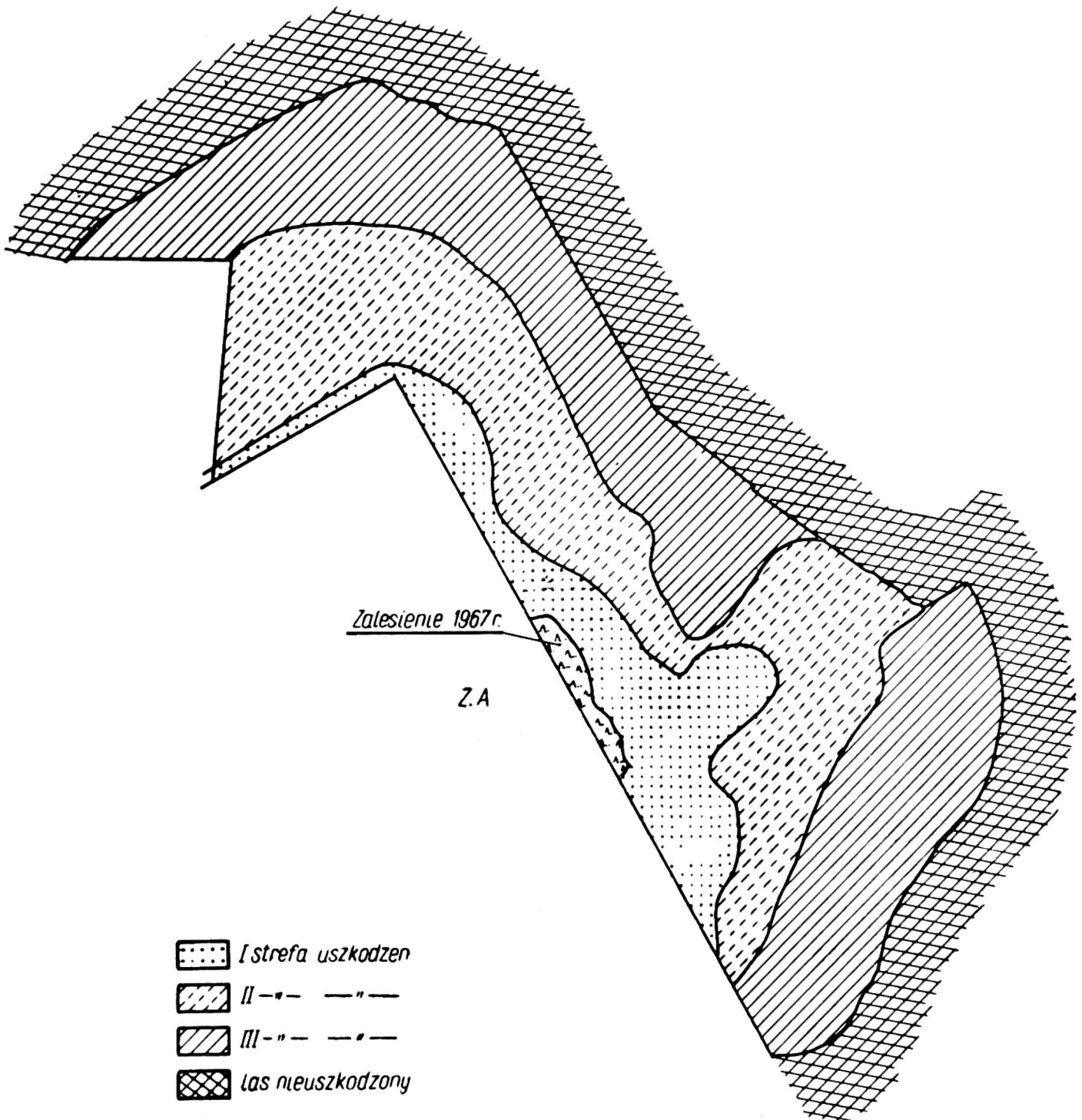
Przedstawione wyżej zniszczenia były dziełem Kombinatu I. Po uruchomieniu produkcji w Kombinacie II powstało nie tylko nowe źródło emisji przemysłowych, lecz rozszerzył się skład chemiczny zanieczyszczeń w atmosferze. Produkcja kwasu azotowego dostarcza pewnych ilości tlenków azotu, a produkcja saletry amonowej jest powodem wydzielania się do atmosfery dużych ilości  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  w postaci tak zwanych „wyparków”. Aerozole saletry amonowej (wyparki) mają charakter mgły, która osiada na powierzchni roślin, powodując plazmolizę komórek, zwłaszcza u młodych liści i pędów.

Duża przyczepność aerozolowej mgły i wysokie w niej stężenie saletry jest głównym powodem szybko postępującej dewastacji lasu, przylegającego do Zakładów Azotowych od strony północnej i północno-wschodniej. W rejonie tym obok drzew szpilkowych niszczone są intensywnie również takie drzewa liściaste, jak brzoza i dąb. Na uwagę zasługuje to, że brzoza najsilniej porażona jest w części wierzchołkowej jeżeli wyrasta ponad drzewostan szpilkowy. W partiach niższych, czyli w strefie koron sosny, utrzymują się najdłużej liście brzozy. Oznacza to, że z chwilą usunięcia obumarłych już obecnie sosen zniszczeniu ulegną także nieliczne egzemplarze brzozy i dębu.

Zlikwidowanie drzewostanu w strefie silnego i całkowitego zniszczenia, co jest koniecznością z uwagi na niebezpieczeństwo pożaru, odsłoni dalsze obszary leśne, które są już obecnie w stadium poważnego uszkodzenia.

Strukturę przestrzennego rozmieszczenia uszkodzeń drzewostanu w okresie wiosny roku 1968 (na omawianym terenie) przedstawia rys. 2. Rysunek ten wskazuje wyraźnie kierunek i zasięg głównego natarcia substancji fitotoksycznych. Strefa silnego i całkowitego zniszczenia drzewostanu i podszycia wynosi około 27 ha. Obszar strefy o średnim stopniu uszkodzenia osiąga już około 60 ha, a strefa porażenia słabego około 95 ha lasu. Na podstawie dotychczasowych obserwacji reakcji drzew liściastych przypuszczać należy, że w strefie najsilniejszego naporu aerozoli, wdzierających się jęzorem w głąb drzewostanu, zmuszeni będziemy do zrezy-





gnowania z ponownego zalesienia. Obszar ten powinien być wtedy przeznaczony pod uprawę traw, których części nadziemne mogą szybko regenerować.

#### *Szczegółowe pomiary i obserwacje ważniejszych gatunków roślin*

W jesieni 1967 r. przeprowadzono pomiary i obserwacje roślinności leśnej na terenie głównych obszarów przemysłowych, uwzględniając trzy strefy zniszczeń drzewostanów.

W każdej strefie uszkodzeń wyznaczono parcele o powierzchni 150 m<sup>2</sup>, na których oznaczono stopień porażenia i regeneracji sosny oraz jałowca.

Celem stwierdzenia czy istnieje zależność pomiędzy wiekiem a stopniem porażenia sosny, drzewa podzielono według obwodów pnia na grupy: do 25; 25—50; 50—75; 75—100 i ponad 100 cm.

Jałowiec rozpatrywano w grupach według wysokości roślin: do 25; 25—50; 50—75; 75—100 i ponad 100 cm.

Porażenie sosny i jałowca określono w pięciostopniowej skali, stosując następujące kryteria:

- 1 — całkowite, porażenie roślin wynosi ponad 90 (80)%;
- 2 — bardzo duże, porażenie roślin wynosi 50—80 (90)%;
- 3 — duże, porażenie roślin wynosi 25—50%;
- 4 — średnie, porażenie roślin wynosi 10—25%;
- 5 — słabe, porażenie roślin wynosi do 10%.

Regenerację określono w skali trzystopniowej, które rozumie się jako stopień zazielenienia roślin: 1 — regeneracja słaba, 2 — regeneracja średnia, 3 — regeneracja duża.

Wyróżniono ponadto grupę roślin wykazujących zupełny brak regeneracji. Duży stopień regeneracji odpowiada najczęściej słabemu porażeniu.

Las przylegający do żużłowiska zbadano na pięciu parcelach, przy czym w strefach silnego i średniego uszkodzenia drzewostanu zlokalizowano po dwa punkty.

W strefie słabego uszkodzenia lasu jeden egzemplarz sosny był porażony całkowicie, który nie wykazał też oznak regeneracji. Dominują natomiast drzewa o porażeniu słabym i średnim. Słabą regenerację stwierdzono w dwóch przypadkach. Ogólnie biorąc, stopień porażenia sosny ocenia się na około 15% (tab. 1). Większy stopień uszkodzeń, bo wynoszący około 25%, wykazał jałowiec. Jeden egzemplarz został porażony całkowicie, a dwa bardzo silnie. Tylko osiem na trzynaście roślin było porażonych słabo. One też odznaczają się dużą regeneracją.

W strefie średniego uszkodzenia lasu wybrano parcele o mniejszym (40%) i większym (50—60%) stopniu porażenia drzewostanów. W obu przypadkach stwierdzono znaczny procent roślin porażonych całkowicie, a więc niezdolnych do regeneracji. Bardzo duży stopień porażenia sosny, niezależnie od średnicy pnia, wystąpił w drugim punkcie badań omawianej strefy (tab. 1).

Jałowiec był porażony w około 20—30% silniej niż sosna (tab. 2), toteż w drugim punkcie pomiarowym pełnię życia zachowała tylko jedna na dwadzieścia siedem roślin.

W strefie silnego uszkodzenia lasu większość drzew została zniszczona całkowicie. Miejsce drugie zajmują sosny o dużym stop-

Tabela 1

## Uszkodzenie sosny w lesie przylegającym do żużłowiska

Uszkodzenie lasu	Porażenie sosny	Liczba egzemplarzy sosny według stopnia porażenia					Regeneracja sosny	Liczba egzemplarzy sosny według stopnia regeneracji				
		obwód w cm						obwód w cm				
		< 25	25-50	50-75	75-100	> 100		< 25	25-50	50-75	75-100	> 100
Słabe około 15%	całkowite	1					brak	1				
	bardzo duże		1	1			słaba		1	1		
	duże		1				średnia		1	1		
	średnie		2	1	1		duża	1	3	5	4	
	słabe	1	1	5	3							
Średnie około 40%	całkowite	1	1	1			brak	1	1	1		
	bardzo duże				2		słaba		2	3		
	duże		3	2	1		średnia		1	5	2	
	średnie				5	1	duża			1	2	
	słabe					2						
Średnie około 50-60%	całkowite	2	2	2			brak	2	2	2		
	bardzo duże		17	5	1		słaba		17	5	1	
	duże		10	1	1		średnia		11	1	1	
	średnie		2				duża		3	1		
	słabe		2	1								
Silne około 90%	całkowite	4	12	2	3		brak	4	12	2	3	
	bardzo duże	3	9	5			słaba	3	9	5		
	duże			2			średnia			2		
	średnie		1	1			duża		1	2		
	słabe				1							
Silne około 90%	całkowite	5	4	1	1		brak	5	4	1	1	
	bardzo duże	1	4	4	1		słaba	1	4	4	1	
	duże	1	1		2		średnia	1	1		2	
	średnie						duża	1	2			
	słabe	1	2									

niu porażenia i słabej regeneracji. Tylko sporadycznie spotyka się tu sosny porażone słabo. Zniszczenie drzewostanu ocenia się na około 90%, przy czym jałowiec nie wykazuje już żadnych oznak życia. Brak objawów schorzeń stwierdzono u brzozy niezależnie od wieku i wysokości. Jest to

zupełnie uzasadnione, ponieważ największa emisja amoniaku (ulatniającego się z żużłowiska) przypadła na okres zimy.

Analizując liczby zawarte w tabeli 1 dostrzegamy, że sosny o mniejszych obwodach pni, a więc młodsze i niższe, są w większym stopniu porażone niż sosny o obwodach większych. Z prawidłowości tej nie wynika bynajmniej, że sosna młodsza jest bardziej wrażliwa na opary amoniaku. Do zagadnienia tego powrócimy jeszcze przy omawianiu drzewostanu na terenie Zakładów Azotowych.

Tabela 2

## Uszkodzenie jałowca w lesie przylegającym do żużłowiska

Uszkodzenie lasu	Porażenie jałowca'	Liczba egzemplarzy jałowca według stopnia porażenia					Regeneracja jałowca	Liczba egzemplarzy jałowca według stopnia regeneracji				
		wysokość jałowca w cm						wysokość jałowca w cm				
		< 25	25—50	50—75	75—100	> 105		< 25	25—50	50—75	75—100	> 100
Słabe około 15%	całkowite				1		brak				1	
	bardzo duże			2			słaba		2		1	
	duże						średnia		1			
	średnie			1	1		duża	5			3	
	słabe		5			3						
Średnie około 40%	całkowite	1	1		2		brak	1	1		2	
	bardzo duże				2	3	słaba				2	3
	duże	1		1	1		średnia	1		2	1	
	średnie				1		duża	1	2	3		
	słabe			3								
Silne 50—60%	całkowite	3	6	8	7		brak	3	6	8	7	
	bardzo duże			1	1		słaba		1	1		
	duże						średnia					
	średnie	1					duża	1				
	słabe											

Las przyległy do osadników zbadano tylko na dwóch parcelach. Wyniki pomiarów układają się analogicznie, jak w rejonie żużłowiska, ale odchylenie stanowią tu sosny o małych obwodach pni, które są słabiej porażone od drzew większych (tab. 3). Podobne zjawisko obserwujemy także u jałowca (tab. 4). Nieco inna struktura porażen drzewo-



Tabela 3

## Uszkodzenie sosny w lesie przylegającym do osadników

Uszkodzenie lasu	Porażenie sosny	Liczba egzemplarzy sosny według stopnia porażenia					Regeneracja sosny	Liczba egzemplarzy sosny według stopnia regeneracji					
		obwód w cm						obwód w cm					
		< 25	25-50	50-75	75-100	> 100		< 25	25-50	50-75	75-100	> 100	
Słabe około 30%	całkowite	1	1	3			brak	1	1	3			
	bardzo duże	3		1	1		słaba	3		1	1		
	duże					3	średnia					4	
	średnie					1	duża	5	1				2
	słabe	5	1			3							
Silne około 90%	całkowite			6	4		brak			6	4		
	bardzo duże		2	2	2	4	słaba		2	2	2	4	
	duże				1	3	średnia	×	×	×	1	3	
	średnie						duża	4	1	1			
	słabe	2	1	1									

Tabela 4

## Uszkodzenie jałowca w lesie przylegającym do osadników

Uszkodzenie lasu	Porażenie jałowca	Liczba egzemplarzy jałowca według stopnia porażenia					Regeneracja jałowca	Liczba egzemplarzy jałowca według stopnia regeneracji					
		wysokość jałowca w cm						wysokość jałowca w cm					
		< 25	25-50	50-75	75-100	> 100		< 25	25-50	50-75	75-100	> 100	
Słabe około 30%	całkowite	1	1	1	7		brak	1	1	1	7		
	bardzo duże	1	2	2	4		słaba	1	3	3	4		
	duże			1	2	2	średnia	1	1	1	2		
	średnie	1	1				duża	1					
	słabe	1											
Silne około 90%	całkowite			2	4	11	brak			2	4	11	
	bardzo duże			2	1	5	słaba			2	1	5	
	duże			1			średnia			1		1	
	średnie			1		1	duża			2	3		
	słabe			2	3								

Tabela 5

Uszkodzenie sosny w lesie na terenie Zakładów Azotowych

Uszkodzenie lasu	Porażenie sosny	Liczba egzemplarzy sosny według stopnia porażenia					Regeneracja sosny	Liczba egzemplarzy sosny według stopnia regeneracji				
		obwód w cm						obwód w cm				
		< 25	25-50	50-75	75-100	> 100		< 25	25-50	50-75	75-100	> 100
Słabe około 15%	całkowite			1			brak			1		
	bardzo duże				3		słaba				3	
	duże					2	średnia					2
	średnie						duża	3		4	5	
	słabe	3			4	5						
Średnie około 60%	całkowite			2	1		brak				1	1
	bardzo duże		2	3	3		słaba		1	3	3	
	duże			1	1		średnia			1	2	
	średnie					1	duża	3		4	4	
	słabe	3			4	4						
Silne około 90%	całkowite	2		1	3	5	brak	2		1	3	5
	bardzo duże						słaba				2	2
	duże				2	2	średnia	2			4	
	średnie	2			2		duża	3				
	słabe	3			2							

stanu w tym obszarze wynika z odrębnych niż przy żuźłowisku warunków przenikania oparów amoniaku.

Las na terenie Zakładów Azotowych zbadano w trzech parcelach, wyznaczonych w obrębie poszczególnych stref uszkodzeń drzewostanu. Badań nie przeprowadzono natomiast w strefie całkowitego zniszczenia lasu.

Porównując wyniki zawarte w tabelach 5 i 6 z wynikami tabel 1 i 2 stwierdzić możemy łatwo, że mniejsze rośliny sosny i jałowca są słabiej porażone na terenie Zakładów Azotowych niż w rejonie żuźłowiska. Różnica w strukturze porażen wyodrębnionych grup roślin zaznacza się wyraźnie na przykładzie sosny. Idzie tu nie tyle o średnicę pnia, która była wielkością mierzoną, ile o wysokość umieszczenia korony drzewa.

W przedstawionych trzech obszarach leśnych, będących pod wpływem oddziaływania trzech różnych źródeł emisji, mamy inne warunki przestrzennego rozmieszczenia się substancji fitotoksycznych. Otóż, żuźłowi-

Tabela 6

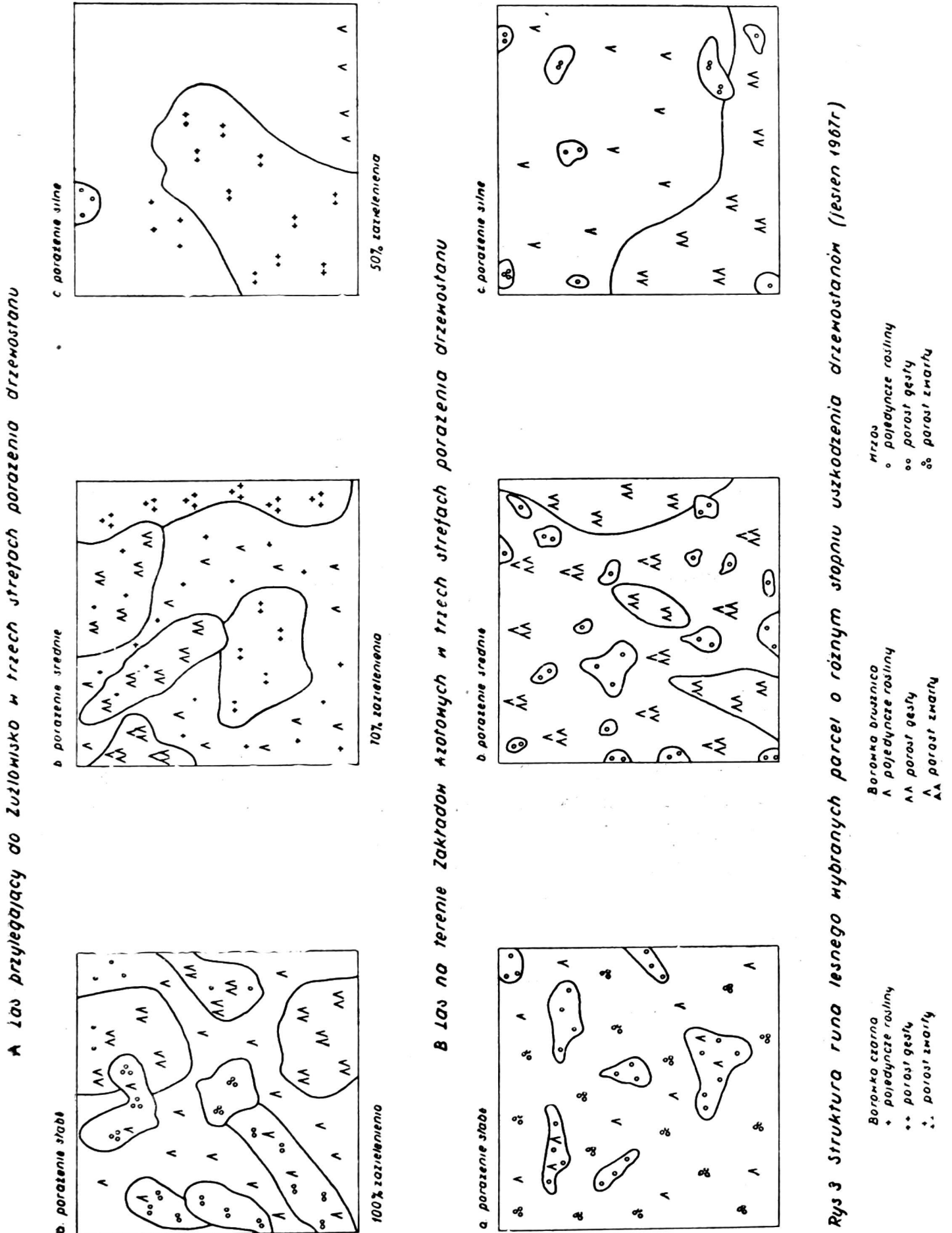
## Uszkodzenie jałowca w lesie na terenie Zakładów Azotowych

Uszkodzenie lasu	Porażenie jałowca	Liczba egzemplarzy jałowca według stopnia porażenia					Regeneracja jałowca	Liczba egzemplarzy jałowca według stopnia regeneracji							
		wysokość jałowca w cm						wysokość jałowca w cm							
		< 25	25-50	50-75	75-100	> 100		< 25	25-50	50-75	75-100	> 100			
Słabe około 15%	całkowite						brak								
	bardzo duże						słaba							2	
	duże					2	średnia							1	
	średnie					1	duża			2	4	4			
	słabe		2	4	4										
Średnie około 60%	całkowite		2	1			brak		2	1					
	bardzo duże				1	1	słaba				1	1			
	duże			1		4	średnia		2	1	5				
	średnie			1	1	1	duża	3	3			2			
	słabe	1	3		2										
Silne około 90%	całkowite				1	7	brak				1	7			
	bardzo duże			1	1	6	słaba			1	1	6			
	duże		1			4	średnia	1				4			
	średnie						duża	1	1						
	słabe	1	1												

sko położone jest w terenie płaskim, a jego lustro wody znajduje się około 2 m od powierzchni gruntu. W bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika znajdował się las sosnowy, do którego opary przenikały swobodnie poniżej koron zasadniczego drzewostanu. W sytuacji tej najbardziej narażone na działanie oparów amoniaku było podszycie, w tym głównie jałowiec i młodsze sosny.

Osadniki znajdują się w dolinie Wisły, a więc w znacznym obniżeniu terenowym. Ponadto osadniki te mają otwartą przestrzeń. Tak więc opary z tego źródła emisji mogą być unoszone przez wiatr w górę i transportowane na znacznie większe odległości. Kontakt oparów z roślinnością leśną rozpoczyna się nie od podszycia, lecz od koron. Daje to większą możliwość przetrwania roślinom znajdującym się pod osłoną okapu drzew wysokich. Tym tłumaczy się właśnie mniejszy stopień uszkodzeń jałowca i sosen młodszych niż ma to miejsce w rejonie żużłowiska.

Emisja amoniaku, a ostatnio także saletry amonowej i tlenków azotu, w Kombinacie dokonuje się na znacznych wysokościach, toteż substancje fitotoksyczne spadają (w przeważającej mierze) bezpośrednio na korony drzew powodując ich niszczenie. Nic też dziwnego, że najbardziej cierpią





tu drzewa wysokie. Podszycie niszczone jest w mniejszym stopniu lub z pewnym opóźnieniem.

Zjawisko wyrastania nieprzeciętnie długich i miotłkowato skupionych szpilek stwierdzono u drzew porażonych silnie w okresie zimy, a regenerujących częściowo późną wiosną i latem 1967 r. W wyniku pomiarów i obserwacji przeprowadzonych w różnych strefach lasu stwierdzono, że:

- drzewa silnie porażone, ale częściowo regenerujące, miały igły długości 16—18 cm;
- drzewa porażone dały mniejsze przyrosty od drzew zdrowych;
- drzewostany będące pod wpływem stałego oddziaływania emisji przemysłowych wykazują miotłkowate skupienie igieł na nowych przyrostach.

Stopień uszkodzenia runa leśnego jest na ogół mniejszy od zniszczeń sosny i jałowca. Borówka czernica i borówka brusznica utrzymują się jeszcze przy życiu nawet w strefie całkowitego zniszczenia drzewostanu szpilkowego. Dużą wrażliwość na zanieczyszczenia wykazuje natomiast wrzos. Tam gdzie borówka wykazuje tylko niewielki stopień porażenia, wrzos jest silnie lub całkowicie zniszczony.

Flora mszysta jest na omawianym terenie bardzo słabo reprezentowana. Stwierdzono tu zaledwie 16 gatunków mchów, których wykaz przedstawia rys. 3. Stwierdzono wyraźną zależność pomiędzy stopniem uszkodzenia drzewostanu a ilością gatunków i żywotnością mchów. Porażenie mchów objawia się w postaci plazmolizy komórek i zanikania chlorofilu.

### Wnioski

Jeżeli ładunek emisji przemysłowych pozostanie na tym samym co obecnie poziomie, należy liczyć się z dość szybko postępującym zniszczeniem dalszych obszarów lasu. Przypuszczać należy jednak, że ładunek aerozoli będzie wzrastał w miarę zbliżania się do planowego poziomu produkcji przemysłowej. W sytuacji tej nie można czekać spokojnie na wyniki lat przyszłych, lecz należy przystąpić już obecnie do podjęcia takich rozwiązań praktycznych, które mogłyby uchronić przed zagładą dalsze obszary lasów.