

Wojciech GRODZKI

Zakład Gospodarki Leśnej Regionów Górskich,
Instytut Badawczy Leśnictwa
ul. Fredry 39, 30-605 Kraków
e-mail: zxgrodzk@cyf-kr.edu.pl

**WYBRANE OBJAWY STRESU W ŚWIERCZYNACH
SUDETÓW ZACHODNICH W ASPEKCIE
ODDZIAŁYWANIA CZYNNIKÓW ABIOTYCZNYCH
I SKUTKÓW MASOWEGO POJAWU WSKAŹNICY
MODRZEWIANCEZKI *ZEIRAPHERA GRISEANA* HB.
(*LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE*)**

SELECTED STRESS SYMPTOMS IN THE NORWAY SPRUCE STANDS
OF THE WESTERN SUDETY MOUNTAINS IN THE ASPECT
OF THE EFFECT OF THE ABIOTIC FACTORS AND THE LARCH BUD MOTH
ZEIRAPHERA GRISEANA HB. (*LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE*) OUTBREAK

Abstract: *The paper presents the selected symptoms of the vitality reduction of the Norway spruce stands in the Western Sudety, due to the hydrothermic conditions, air pollution and damage caused by the larch bud moth larvae, based on the estimation of the defoliation level and the analysis of the radial diameter increment of stands.*

Key words: *stress, Picea abies, abiotic factors, Zeiraphera griseana, defoliation, diameter of breast height increment.*

1. WPROWADZENIE

Na skutek szeregu negatywnych procesów zachodzących w środowisku przyrodniczym, problematyka oceny zdrowotnego stanu lasu zyskała w ostatnim czasie na znaczeniu. Mimo mnogości stosowanych metod tej oceny, brak obiektywnych narzędzi i kryteriów pozwalających na szacowanie zdrowotności drzewostanów, a całe zagadnienie otacza szereg nieścisłości interpretacyjnych.

W przebiegu procesów chorobowych lasu istotną rolę odgrywają zewnętrzne lub wewnętrzne czynniki sprawcze (stresory), wywołujące stan stresu. Według SIEROTY (1995a) stresem określa się krótko- lub długoterminowe oddziaływanie tych czynników (lub ich kombinacji) prowadzące do powstawania zmian funkcjonalnych w istniejących układach biologicznych. W konsekwencji dochodzi do zachwiania układów homeostatycznych, czyli choroby ekosystemu. Stresorem o działaniu długoterminowym mogą być zanieczyszczenia przemysłowe, mroźne wiatry na eksponowanych stanowiskach górskich lub wieloletnia susza, stresorem o działaniu krótkoterminowym – np. uszkodzenia spowodowane przez szkodniki liściożerne. Wywołane ich działaniem obniżenie żywotności drzew (określane często jako osłabienie), objawia się m.in. w ograniczeniu ich zdolności wzrostowych i osłabieniu reakcji odpornościowych. Niektóre z objawów stresu, takie jak obniżenie przyrostu pierśnicowego drzew oraz defoliacja (przerzedzenie koron), będąca często zarazem źródłem stresu (SIEROTA 1995b), mogą być przedmiotem oceny lub pomiaru i dawać informację o zdrowotnym stanie lasu (SIEROTA 1995a).

Na tle osłabionych lasów w całych polskich górach drzewostany Sudetów Zachodnich przedstawiają się szczególnie niekorzystnie. Już w latach pięćdziesiątych ZOLL (1958), wskazując na zły stan tamtejszych lasów, podkreślał znaczenie czynników natury historyczno-gospodarczej, a zwłaszcza nieprawidłowych zmian w składzie gatunkowym i strukturze drzewostanów oraz zaniedbań sanitarnych z okresu wojennego. JEWUŁA (1978) wskazując na znaczne obniżenie odporności świerczyn na szkody atmosferyczne, zalicza drzewostany Gór Izerskich i Karkonoszy do uszkodzanych przez wiatr w stopniu katastrofalnym. Zmiany w strukturze i rozluźnienie zwarcia drzewostanów sprzyjały powstawaniu powtarzających się szkód od czynników abiotycznych i biotycznych, w tym zanieczyszczeń przemysłowych, wywołujących dalszy wzrost osłabienia, a nawet zamieranie świerczyn (CAPECKI 1989, CAPECKI i in. 1989).

Symptomy uszkodzeń lasów uwidoczniły się najwcześniej w najwyższych położeniach Gór Izerskich (JUREK i in. 1983) i Karkonoszy (OLSZOWSKI, JUREK 1983; ZWOLIŃSKI, ZIMNY 1983). Na efekty działania wiatrów i zanieczyszczeń przemysłowych nałożyły się tam silne uszkodzenia koron świerków spowodowane przez wskaźnicę modrzewianeczkę (PILAWA i in. 1979). W osłabionych drzewostanach doszło następnie do masowego pojawu szkodników wtórnych

i zamarcia lasów na znacznych powierzchniach (CAPECKI i in. 1989; GRODZKI 1993, 1994). W latach następnych podejmowane były próby określenia stanu środowiska leśnego na terenach pokłeskowych, m.in. przy wykorzystaniu obserwacji bioindykacyjnych (KWAPIS, MATUSZCZYK 1994; KWAPIS i in. 1995), oceny w ramach monitoringu stanu zdrowotnego lasów (DOBROWOLSKA 1993; MAŁACHOWSKA, WAWRZONIAK 1994) i obserwacji nad charakterem uszkodzeń świerka w zamierających drzewostanach (RAJMAŃSKI 1993). Próbę podsumowania procesu zamierania lasów w Sudetach zawiera ekspertyza Instytutu Badawczego Leśnictwa (Stan lasów w Sudetach 1991) i obszerne opracowanie pod redakcją Paschalisa i Zajączkowskiego (1994), a ocenę ich stanu – wieloczynnikowa analiza zagrożenia chorobowego lasów górskich (SIEROTA i in. 1994). Zagadnieniem wpływu osłabienia drzewostanów sudeckich na zagrożenie ze strony szkodników wtórnych zajmował się szczegółowo autor niniejszego opracowania (GRODZKI 1992, 1995, 1996).

Działanie zewnętrznych czynników stresowych znajduje odbicie w dynamice przyrostu grubości drzew. ČAPEK (1962) stwierdził znaczne obniżenie przyrostu drzewostanów w Niskich Tatrach w następstwie żerowania larw wskaźnicy modrzewianeczki; podobne zjawisko stwierdzono także w polskiej części Sudetów (GRODZKI 1994). Badania porównawcze nad przyrostem świerków silnie uszkodzonych przez emisje prowadził ATHARI (1983), zaś ALEKSEEV (1991) zaobserwował spadek przyrostu w świerczynach osłabionych przez zakłady produkujące detergenty, wykluczając jednocześnie wpływ czynników klimatycznych. FERLIN (1991) wykazał, że istotne obniżenie przyrostu promienia pierśnicy w świerczynach górskich następuje przy silnej (przekraczającej 55%) defoliacji, zaś PETRAS, NOCIAR i PAJTIK (1993) opisali związek między stopniem defoliacji drzew a obniżeniem ich przyrostu, formułując odpowiednie równania regresji. Związek taki zaznacza się już przy słabszej defoliacji i zawartości siarki w igłach przekraczającej 0,18% s.m. (KUPKA 1993). Zdaniem ZAWADY (1983, 1992) w pierwszej połowie lat osiemdziesiątych nastąpiło powszechne załamanie przyrostu świerczyn górskich w Polsce, związane głównie z negatywnym wpływem zanieczyszczeń przemysłowych. Stan drzewostanów w strefie powyżej 800 m npm określony został wówczas jako katastrofalny, natomiast w strefie do 800 m npm stwierdzono silne zagrożenie drzewostanów. Ostatnie pomiary świadczą o zahamowaniu tego procesu (ZAWADA 1994).

2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było określenie wpływu wybranych czynników abiotycznych (warunków hydrotermicznych, wiatru i zanieczyszczeń przemysłowych) oraz biotycznych (uszkodzenia koron świerków spowodowanego żerowaniem larw

wskaźnicy modrzewianeczki), będących źródłami stresu, na stan zdrowotny drzew i drzewostanów. Jako wskaźniki tego stanu (objawy stresu) przyjęto stopień defoliacji koron drzew w latach 1992-94 oraz dynamikę przyrostu pierśnicy drzewostanów, które przeanalizowano w ujęciu przestrzennym i czasowym w odnienieniu do położenia drzewostanów, nasilenia oddziaływania emisji przemysłowych oraz czasu trwania i intensywności żerowania wskaźnicy podczas masowego pojawu w latach 1977-83.

3. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Na obszarze Gór Izerskich i Karkonoszy dominują siedliska borowe, zajmujące w Nadleśnictwie Świeradów 85%, a w obrębach Nadleśnictwa Szklarska Poręba 83-88% powierzchni leśnej (CAPECKI 1989). Lasy tworzy w głównej mierze świerk, występujący przeważnie w litych drzewostanach o słabo zróżnicowanej strukturze, powstałych w większości z nasion obcego pochodzenia (KOEHLER 1971). W roku 1946 Nunberg zaliczył je do strefy okresowego zagrożenia, później zaś KOEHLER (1971) – do obszarów największego zagrożenia, zwłaszcza przez szkodniki wtórne. Szczegółowa ocena materiałów z lat 1974-78 wykazała bardzo wysoki stopień zagrożenia drzewostanów: niemal cały omawiany obszar znalazł się w rejonie o trwale obniżonej zdrowotności, a w całych Sudetach Zachodnich do kategorii tej zakwalifikowane zostało 30% powierzchni leśnej (CAPECKI 1989). W 1982 roku zaliczono drzewostany na wysokościach do 800 m n.p.m. do strefy średnich, a powyżej 800 m n.p.m. – silnych zagrożeń przez ujemny wpływ zanieczyszczeń przemysłowych (ZAWADA, TWARÓG 1983); w latach 1989-90 udział drzew w klasach defoliacji 0-1 (ubytek uiglenia do 25%) wynosił tu około 46% (DOBROWOLSKA 1993). SIEROTA i in. (1994) dokonując oceny wpływu czynników środowiskotwórczych i stresowych na zagrożenie chorobowe lasów górskich przy zastosowaniu analizy wieloczynnikowej, zaliczyli teren Sudetów Zachodnich do stref zagrożenia o stopniu wysokim i bardzo wysokim.

Występowanie patogenów korzeni – opieńki i huby korzeni – wydaje się nie wpływać na żywotność drzewostanów. Według danych z 1952 roku notowano tu co najwyżej nieznaczne szkody powodowane przez chorobę opieńkową (TWAROWSKI, TWAROWSKA 1959); w 1991 roku udział powierzchniowy drzewostanów uszkodzonych przez patogena w nadl. Świeradów i Szklarska Poręba nie przekraczał 5% (SIEROTA i in. 1994). Szkody powodowane przez hubę korzeni, pospolicie występującą w całych Sudetach (CAPECKI 1989), notowano tu natomiast na mniej niż 3% powierzchni leśnej (SIEROTA i in. 1994). Obserwacje własne autora wskazują, że drzewostany w górach, zwłaszcza w wyższych położeniach, wydają się być wolne od epifitozy obu patogenów.

4. METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono w latach 1992-94 w Górach Izerskich i Karkonoszach (Sudety Zachodnie) na terenie nadleśnictw Kamienna Góra, Szklarska Poręba i Świeradów, na 12 stałych powierzchniach o wymiarach 25x50 m, przylegających do otwartych ścian drzewostanów. Powierzchnie zlokalizowano w zróżnicowanych warunkach wysokości npm i ekspozycji. Uzupełniające badania przyrostowe przeprowadzono także na 5 stanowiskach czasowych w Górach Izerskich, po 2 w Pienińskim i Bieszczadzkim Parku Narodowym oraz 1 w Nadl. Ustroń w Beskidzie Śląskim. Lokalizację powierzchni w Sudetach przedstawia rycina 1.

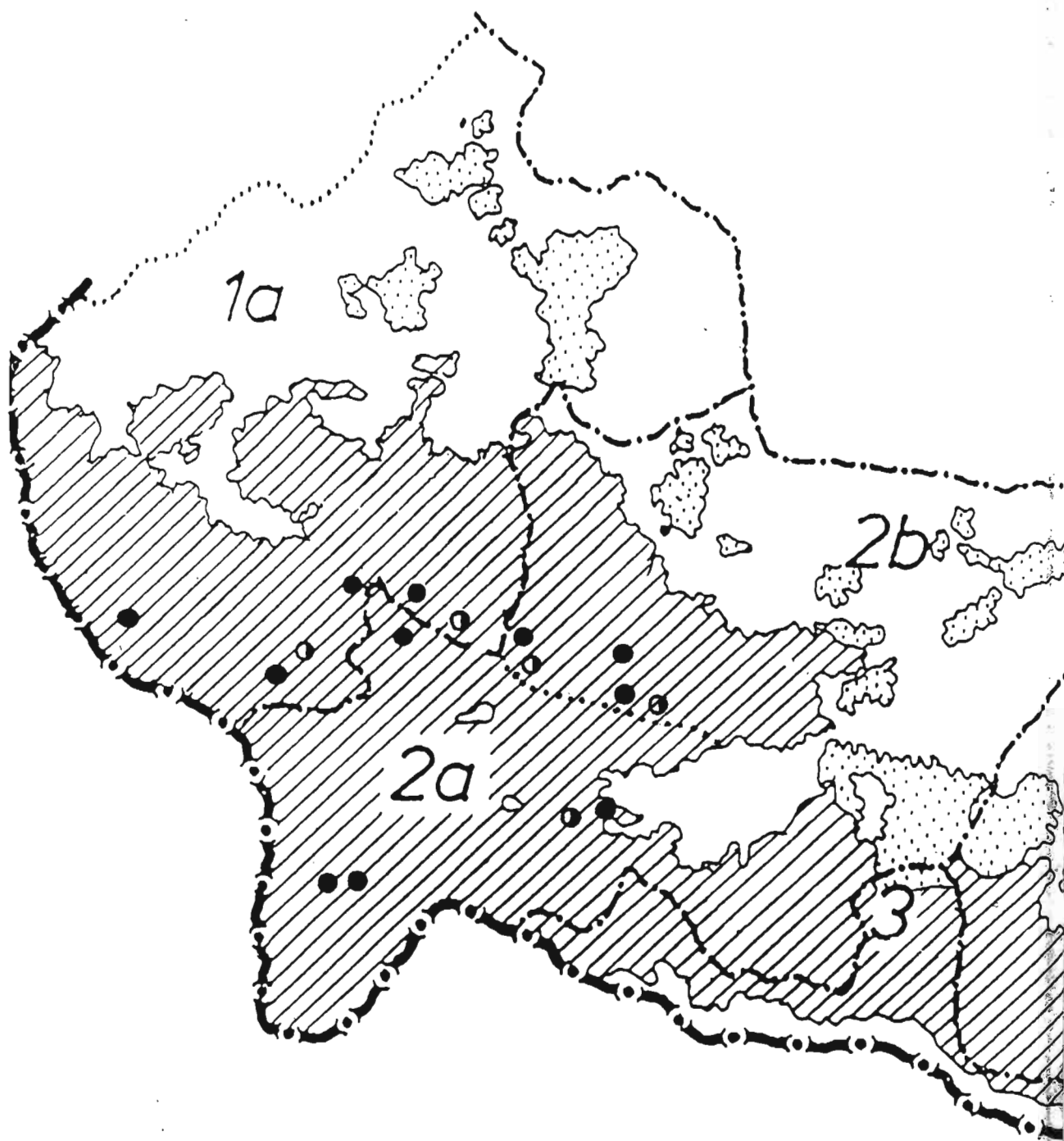
Charakterystykę źródeł stresu przeprowadzono na podstawie analizy nasilenia występowania wskaźnicy modrzewianeczki w latach 1977-82, poziomu skażeń środowiska leśnego przez imisje przemysłowe oraz warunków wilgotnościowo-termicznych w rejonie badań.




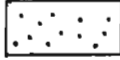



Dane dotyczące czasu trwania i nasilenia żerów wskaźnicy modrzewianeczki w Sudetach analizowano wykorzystując materiały źródłowe z okresu gradacyjnego pojawu szkodnika (szczegółowe mapy i zestawienia z inwentaryzacji uszkodzeń w nadleśnictwach Świeradów, Szklarska Poręba i Kamienna Góra). Odpowiednie dane zestawiono w tabeli 1, przyporządkowując odpowiednie wartości liczbowe kolejnym stopniom nasilenia uszkodzeń w danym roku, według skali: 0 - brak żerów, 1 - żery słabe do 30%, 2 - żery średnie do 60%, 3 - żery silne ponad 60% uszkodzonych tegorocznych przyrostów (CAPECKI i in. 1989). Dla każdej powierzchni obliczano średnią arytmetyczną wartości nasilenia uszkodzeń z lat 1977-82, na podstawie której pogrupowano powierzchnie w trzech klasach uszkodzenia według skali: 0-1,0 - klasa I, 1,1-2,0 - klasa II, ponad 2,1 - klasa III.

Dla wszystkich powierzchni sudeckich oraz dwu obiektów w Pienińskim Parku Narodowym wykonano analizy zawartości siarki ogólnej w igłach jednorocznych i dwuletnich, pochodzących z górnej części korony. Próbkę igieł z powierzchni stałych pobierano w jesieni 1992 i 1993 roku, a z powierzchni czasowych w jesieni 1993 roku, przy czym w 1993 roku pobierano po 1 próbce z drzew rosnących na skraju i w głębi drzewostanu. Analizy wykonane zostały w Zakładzie Gleboznawstwa i Nawożenia IBL w Sękocinie oraz w Zakładzie Gospodarki Leśnej Rejonów Przemysłowych IBL w Katowicach.

Celem scharakteryzowania warunków wilgotnościowo-termicznych panujących w rejonie badań, przeanalizowano dane dotyczące średnich temperatur i sum opadów, zarejestrowanych w latach 1966-90 przez stację pomiarową IMGW w Jeleniej Górze.

Charakterystykę objawów stresu oparto na wynikach oceny stopnia defoliacji drzew na powierzchniach obserwacyjnych oraz analizy dynamiki przyrostu promienia pierśnicy w wybranych, charakterystycznych przedziałach czasowych.



-  *granica państwa / state border*
-  *granice nadleśnictw / forest divisions*
-  *granice obrębów / forest subdivisions*
-  *lasy / forests*
-  *obszar gradacji / outbreak area*
-  *powierzchnie stałe / permanent plots*
-  *powierzchnie czasowe / temporary plots*

Obreby / Subdivisions

1a Świeradów

2a Szklarska Poręba

2b Piechowice

3a Karkonoski P.N.

4a Śnieżka

4b Kowary

5a Kamienna Góra



Ryc. 1. Obszar gradacji wskaźnicy modrzewianeczki w Sudetach Zachodnich w latach 1977-82. Zaznaczono lokalizację stałych i czasowych powierzchni obserwacyjnych
 Fig. 1. The area of *Zeiraphera griseana* Hb. outbreak in the Western Sudety in 1977-82 and the localisation of the permanent and temporal observation plots

Tabela 1
Table 1

Nasilenie żerów wskaźnicy modrzewianeczki *Zeiraphera griseana* Hb. w latach 1977-82 oraz podział na klasy uszkodzeń w rejonach stałych powierzchni (1-12) i czasowych stanowisk (PC1-5) badawczych

Intensity of damage caused by *Zeiraphera griseana* Hb. in 1977-82 and the estimation of the damage classes of the stands in the areas where the permanent (1-12) and temporal (PC1-5) observation plots were localised

Nr No	Obręb, oddział Subdivision, compartment	Wys. n.p.m. (m) Altitude (m)	Nasilenie uszkodzeń w roku Damage intensity in the year						Średnie uszkodzenie Mean damage	Klasa uszkodzenia Damage class
			1977	1978	1979	1980	1981	1982		
1	Świeradów, 394b	900	0	3	3	1	1	0	1,33	II
2	Piechowice, 121f	680	0	0	0	2	1	0	0,50	I
3	Świeradów, 428b	900	0	3	3	2	1	0	1,50	II
4	Kamienna Góra, 165g	800	0	0	1	2	3	1	1,17	II
5	Piechowice, 101a	800	0	1	3	2	2	0	1,33	II
6	Szklarska Poręba 31g	640	0	1	2	2	2	0	1,17	II
7	Świeradów, 214c	620	0	0	2	1	0	0	0,50	I
8	Szklarska Poręba, 161g	860	0	1	2	3	2	0	1,33	II
9	Piechowice, 216f	780	0	1	1	1	1	0	0,67	I
10	Świeradów, 270a	650	0	0	2	2	1	0	0,83	I
11	Szklarska Poręba, 234a	920	2	3	3	3	3	0	2,33	III
12	Szklarska Poręba, 234a	940	2	3	3	3	3	0	2,33	III
PC1	Świeradów, 426 d/f	900	3	3	3	3	1	0	2,17	III
PC2	Piechowice, 214c	750	0	1	1	1	1	0	0,67	I
PC3	Szklarska Poręba, 151c	900	0	1	2	1	3	0	1,17	II
PC4	Piechowice, 220b	750	0	1	3	2	2	0	1,33	II
PC5	Świeradów, 191d	700	0	1	3	1	0	0	0,83	I

Uszkodzenia: – brak, 1 – do 30%, 2 – 31-60%, 3 – ponad 60% tegorocznych przyrostów

Damage: – none, 1 – up to 30%, 2 – 31-60%, 3 – more than 60 of this year's shoots

Drzewa na powierzchniach stałych opisywano samodzielnie pod względem stanowiska biosocjalnego i długości korony (jednorazowo) oraz stopnia defoliacji (corocznie – wczesną wiosną i późną jesienią); w kolejnych opisach pomijano powstałe złomy i wywroty. Zastosowano następujące skale opisu:

- stanowisko biosocjalne: 0 – drzewo wolnostojące, I – drzewo górujące, II – drzewo panujące, III – drzewo współpanujące, IV – drzewo opanowane, V – drzewo przygłuszone;

- długość korony: 1 – korona długa (ponad 1/2 długości strzały), 2 – korona średnia (1/2-1/3 długości strzały), 3 – korona krótka (poniżej 1/3 długości strzały);

- defoliacja: 0 – brak lub nieznaczna (ubytek uiglenia 0-10%), 1 – słaba (ubytek uiglenia 11-25%), 2 – średnia (ubytek uiglenia 26-60%), 3 – silna (ubytek uiglenia ponad 60%), 4 – drzewo martwe. Ocenę defoliacji przeprowadzano szacunkowo. Ogółem oceniono 878 drzew.

Na każdej powierzchni wybrano 15 drzew panujących i pobrano z nich wywierty na wysokości pierśnicy świdrem przyrostowym Presslera, a następnie pomierzono przyrosty roczne przyrostomierzem Codima. Analizę przyrostu drzew przeprowadzono stosując cztery współczynniki przyrostowe, obliczane jako iloraz wielkości średniego przyrostu rocznego odłożonego w następujących okresach:

WP90 – w dziesięcioleciach 1971-80 i 1981-90, według metodyki Zawady (ZAWADA 1994),

WP_{wm} – w latach 1977-82 i 1970-76 (podczas i przed gradacją wskaźnicy),

WP_{pwm} – w latach 1983-92 i 1970-76 (po i przed gradacją wskaźnicy),

WP92 – w latach 1991-92 i 1981-92 (kierunek zmian przyrostu w okresie bezpośrednio poprzedzającym analizę).

Do analizy statystycznej wyników zastosowano analizę wariancji (test ANOVA), analizę regresji i testy nieparametryczne. Dane liczbowe opracowywano wykorzystując programy Microsoft Excel v. 4.0 i Statistica for Windows v. 4.3.

5. OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW BADAŃ

5.1. Źródła stresu

5.1.1. Nasilenie uszkodzeń spowodowanych żerowaniem wskaźnicy modrzewianeczki

W latach 1977-1982 w drzewostanach Sudetów Zachodnich miało miejsce gradacyjne wystąpienie wskaźnicy modrzewianeczki *Zeiraphera griseana* Hb. (Lepidoptera: Tortricidae), które rozpoczęło się w zachodniej części Sudetów –

Górach Izerskich, w najwyższej położonych drzewostanach. W ciągu trwania gradacji obszar występowania szkodnika przesuwał się w kierunku wschodnim, aż do rejonu Sudetów Środkowych, a nasilenie uszkodzeń stopniowo malało. Całkowita powierzchnia drzewostanów uszkodzonych przez szkodnika w nadleśnictwach Świeradów i Szklarska Poręba w kulminacyjnych latach 1979-80 wyniosła 16845 ha (ryc. 1), w tym 7102 ha w stopniu silnym. Skutkiem kilkuletnich powtarzających się żerów doszło do zamierania najslabszych drzewostanów i znacznego osłabienia pozostałych świerczyn (CAPECKI i in. 1989).

Uszkodzenia koron świerków wskutek żerowania larw były zróżnicowane tak pod względem przestrzennego rozkładu intensywności jak i czasu trwania, rozumianego jako ilość kolejnych lat powtarzających się żerów (tab. 1). Drzewostany na obecnych powierzchniach obserwacyjnych należały w okresie gradacji do wszystkich klas uszkodzenia: 6 z nich zaliczono do klasy I, 8 do klasy II i 3 do klasy III, przy czym średnie wskaźniki uszkodzenia były znacznie bardziej zróżnicowane. W miarę wzrostu wzniesienia nad poziom morza wzrastało uszkodzenie koron żerami – klasy uszkodzenia korelują z wysokością n.p.m. ($r=0,76$; $p<0,001$). Najsilniej uszkodzone zostały drzewostany w najwyższych położeniach górskich, gdzie wystąpienie wskaźnicy miało swój początek, przebiegało najgwałtowniej i spowodowało najostrejsze skutki, z zamieraniem drzewostanów włącznie (CAPECKI i in. 1989). Niewykluczone jest jednak, że przy ocenie intensywności żerowania szkodnika przez służby leśne nastąpiło zawyżenie stopnia uszkodzenia drzewostanów najwyższej położonych, wynikające ze złego stanu koron drzew już przed gradacją (CAPECKI 1989).

5.1.2. Zanieczyszczenia przemysłowe

W tabeli 2 zestawiono wyniki pomiaru zanieczyszczeń powietrza (monitoringu technicznego) z nadl. Świeradów i Szklarska Poręba oraz Pienińskiego Parku Narodowego z trzech sezonów grzewczych i trzech sezonów letnich, z lat 1985-86 (pierwsze pomiary) oraz 1992-94. W Sudetach w początkowym okresie wskaźniki SO₂ osiągały zimą górną strefę wartości średnich, a NO_x – dolną strefę wartości średnich, zaś latem z reguły były niższe. W tym samym czasie wskaźniki NO_x dla Pienińskiego Parku Narodowego nie odbiegały znacząco od uzyskiwanych dla Gór Izerskich, zaś wskaźniki SO₂ były zimą zbliżone lub wyższe, a latem niższe. Wartości wskaźnika opadu pyłu, z reguły wyższe w suchszym sezonie letnim, w początkowym okresie pomiarów osiągały wartości średnie, zarówno na terenie Gór Izerskich jak i Pienin. W ostatnich latach nastąpiło wyraźne zmniejszenie wartości wszystkich wskaźników, które w Sudetach w przypadku SO₂ latem, a NO_x także zimą, mieszczą się często w granicach wartości niskich. Na obszarze Pienin podobna tendencja występuje tylko w odniesieniu do zanieczyszczeń gazowych.

Tabela 2

Table 2

Porównanie wskaźników zanieczyszczeń gazowych i pyłowych z terenu Sudetów Zachodnich oraz Pienińskiego Parku Narodowego w wybranych okresach grzewczych i letnich z lat 1985-94 (DUNIKOWSKI i in. 1987; WAWRZONIAK, OSTALSKI 1987; LIWIŃSKA, WAWRZONIAK 1993; WAWRZONIAK i in. 1993, 1994; CHWOJKA i in. 1994)

Comparison of the air pollution indices (gas and dust pollutants) from the Western Sudety and the Pieniny National Park in the selected winter and summer periods in 1985-94 (DUNIKOWSKI et al. 1987; WAWRZONIAK, OSTALSKI 1987; LIWIŃSKA, WAWRZONIAK 1993; WAWRZONIAK et al. 1993, 1994; CHWOJKA et al. 1994)

Nadleśnictwo, Park Narodowy Forest District, National Park	Sezony grzewcze Winters			Sezony letnie Summers		
	1985/86	1992/93	1993/94	1986	1992	1993
SO₂ (mg/m²/dobę) mg/m²/24 hrs)						
Świeradów	28,211	9,380	10,254	16,807	9,166	9,125
Szklarska Poręba	14,126	13,222	14,575	24,186	11,262	13,877
Pieniński PN	45,695	14,477	13,531	7,237	3,449	6,563
No_x (mg/m²/dobę) mg/m²/24 hrs)						
Świeradów	0,215	0,065	0,093	0,175	0,087	0,022
Szklarska Poręba	0,106	0,100	0,123	0,149	0,112	0,049
Pieniński PN	0,280	0,030	0,193	0,099	0,086	0,060
pył* (g/m²/miesiąc) dust*(g/m²/month)						
Świeradów	3,552	1,317	.	4,782	2,037	0,778
Szklarska Poręba	1,974	.	.	4,191	1,329	.
Pieniński PN	2,811	1,241	.	3,817	1,704	5,257

* wskaźniki opadu pyłu za 1993 r. dotyczą całego roku
data from 1993 concerning entire year

Zmniejszanie się ilości zanieczyszczeń w Sudetach znajduje potwierdzenie w zawartości siarki w igłach świerka. W 1975 r. Stefan (za TRAMPLER i in. 1992) określił przedziały zawartości siarki ogólnej w różnych strefach zagrożenia imisjami. Wartości te podano w poniższym zestawieniu:

Drzewostany	Przedziały zawartości S w % suchej masy	
	igły 1-roczone	igły 2-letnie
wolne od imisji	0,05-0,11	0,05-0,11
słabo zagrożone	0,13-0,25	ok. 0,16
silnie zagrożone	0,29-0,30	ok. 0,42

Według tych kryteriów drzewostany w rejonach badań znajdowały się w roku 1983 w strefie słabo zagrożonej imisjami (KWAPIS i in. 1987). W tabeli 3 zestawiono wyniki badań własnych z danymi pochodzącymi z 1986 roku (Kwapis i in., 1990) z powierzchni położonych w sąsiedztwie (w 2 przypadkach nie znaleziono odpowiedników). Wyniki z roku 1992 i 1993 świadczą o znacznym zmniejszeniu, nawet o ponad 50% w stosunku do roku 1983, zawartości siarki, która niejednokrotnie mieści się w przedziale odpowiadającym drzewostanom wolnym od imisji. Wartości te są jednak wyższe od uzyskanych w tym samym czasie z terenu Pienińskiego Parku Narodowego.

Akumulacja siarki jest z reguły wyższa w igłach 2-letnich (KWAPIS i in. 1990), zaś jej zawartości w igłach 1-rocznych i 2-letnich są ze sobą skorelowane

Tabela 3

Table 3

Zawartość siarki ogólnej w 1-rocznych i 2-letnich igłach świerka na 12 stałych powierzchniach w Sudetach Zachodnich w latach 1986 (Kwapis i in. 1990), 1992 i 1993 (w % s.m.)

Total sulphur content in one- and two-year needles from 12 permanent observation plots in the Western Sudety in 1986 (Kwapis et al. 1990), 1992 and 1993 (% of dry weight)

Numer powierzchni No of locality	Igły 1-roczne 1-year needles			Igły 2-letnie 2-years needles		
	1986	1992	1993	1986	1992	1993
1	0,178	0,185	0,135	0,206	0,209	0,185
2	0,222	0,155	0,090	0,265	0,185	0,110
3	0,206	0,183	0,085	0,239	0,209	0,105
4	–	0,162	0,105	–	0,208	0,140
5	–	0,148	0,075	–	0,208	0,090
6	0,238	0,181	0,085	0,257	0,200	0,115
7	0,206	0,131	0,100	0,265	0,210	0,145
8	0,218	0,150	0,100	0,305	0,163	0,130
9	0,190	0,135	0,115	0,212	0,189	0,130
10	0,238	0,198	0,120	0,257	0,233	0,170
11	0,214	0,191	0,120	0,222	0,249	0,175
12	0,214	0,201	0,120	0,222	0,315	0,180
Średnia Mean	0,200 ¹⁾	0,168	0,104	0,240 ¹⁾	0,215	0,140

¹⁾ **średnie obliczone z większej ilości stanowisk w Sudetach Zachodnich**
mean values calculated from higher number of localities in the Western Sudety

– **nie znaleziono odpowiedników powierzchni**
no corresponding localities found

pozytywnie: $r=0,64$, $p<0,001$ przy $n=32$. Z przeprowadzonego testu ANOVA (tab. 4) wynika, że zawartości siarki w igłach pobranych z drzew rosnących na skraju i wewnątrz drzewostanu nie różnią się istotnie; nie stwierdzono także różnic związanych z wysokością n.p.m. Natomiast wynikające z ekspozycji różnice w odniesieniu do igieł 2-letnich (tab. 4) nie znalazły potwierdzenia w szczegółowych testach statystycznych.

Przedstawione dane wskazują na zmniejszanie się ilości zanieczyszczeń w lasach Gór Izerskich. Brak różnic między skrajem a wnętrzem drzewostanów oraz wpływu położenia na wielkość akumulacji siarki w igłach może wskazywać na brak bezpośredniego oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych na korony drzew. Wydaje się, że uszkodzenia aparatu asymilacyjnego w warunkach górskich przypisać należałoby raczej wspólnemu działaniu mroźnych wiatrów, które nawet przy niższych koncentracjach zanieczyszczeń mogą powodować przerzedzenie koron i utrzymujące się osłabienie świerków.

Tabela 4

Table 4

Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji dla zawartości S w igłach świerka na powierzchniach w Sudetach Zachodnich, w zależności od wysokości n.p.m., ekspozycji i miejsca pobrania próbki w drzewostanie (różnice istotne na poziomie $p<0,01$)**

The results of the One-way ANOVA for the sulphur content in the Norway spruce needles from the observation plots in the Western Sudety, related to the altitude, exposition and the sampling locality in the stand (**significant differences at $p<0,01$)

Źródło zmienności Source of variance	ANOVA	Zmienna: zawartość S w igłach (% s.m.) Variable: total sulphur content in needles	
		Igły 1-roczone 1-year needles	Igły 2-letnie 2-year needles
Wysokość n.p.m. Altitude	F	0,230	1,459
	p	0,635	0,237
Ekspozycja Exposition	F	2,058	5,709**
	p	0,129	0,004
Miejsce pobrania (skraj – wnętrze drzewostanu) Sampling locality (edge – interior of stand)	F	0,230	1,459
	p	0,635	0,237

5.1.3. Warunki wilgotnościowo-termiczne

Sudety Zachodnie są jednym z najchłodniejszych i najwilgotniejszych regionów Polski, co pociąga za sobą obniżenie granic pięter roślinnych o około 200-300 m w stosunku do Karpat. Teren objęty badaniami znajdował się w umiarkowanie chłodnym piętrze klimatycznym, o średniej temperaturze roku

6-9°C, znacznej częstości wiatrów fenowych, małych zasobach cieplnych okresu wegetacyjnego oraz wysokich opadach i częstej pokrywie śnieżnej w górnej jego strefie (GŁOWICKI 1989).

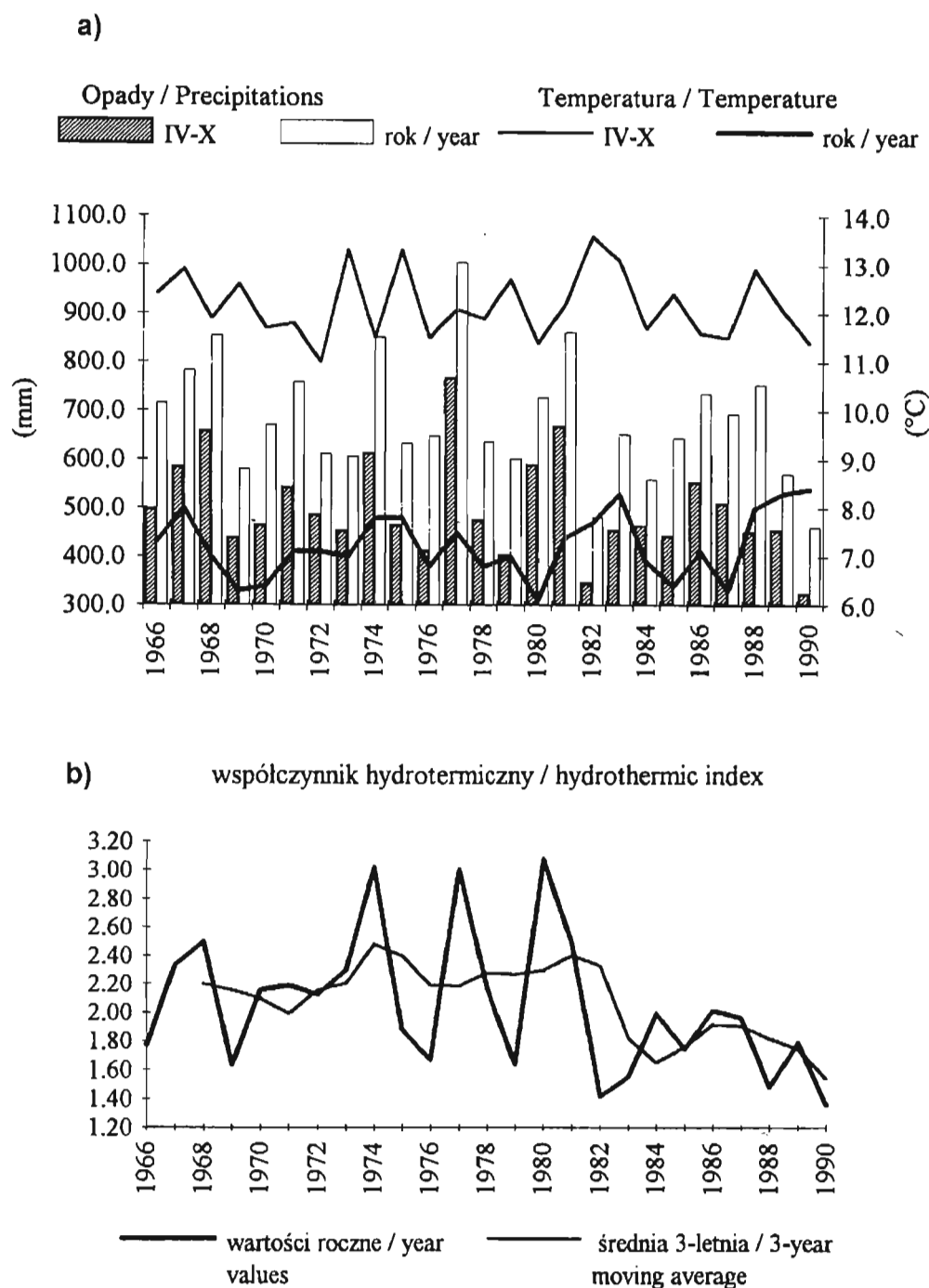
DUBICKI i GŁOWICKI (1994) stwierdzili, że w okresie 1984-93 w Sudetach Zachodnich doszło do gwałtownego obniżenia sum opadów w lecie przy wzrostowej tendencji średnich temperatur rocznych, rejestrowanej zarówno w Świeradowie Zdroju (na wysokości regła dolnego) jak i na Śnieżce (powyżej górnej granicy lasu). Zmiany te spowodowały wystąpienie znacznego deficytu wilgoci, który przy obserwowanej tendencji ocieplania klimatu będzie prawdopodobnie ulegał dalszemu pogłębieniu. Znajduje to potwierdzenie w danych dotyczących temperatur i opadów w latach 1966-90, zarejestrowane w stacji pomiarowej IMGW w Jeleniej Górze (ryc. 2a). Przebieg średnich temperatur powietrza i sum opadów zarówno w skali roku jak i sezonu wegetacyjnego (dla uproszczenia rozumianego jako okres od kwietnia do października) cechowała w tym czasie znaczna zmienność warunków hydrotermicznych, znajdująca wyraźne odzwierciedlenie w wartościach współczynnika hydrotermicznego Sieljaninova (ryc. 2b). Po okresie znacznych wahań w latach 1972-80 z ekstremalnie suchymi latami 1976 i 1979, nastąpił wyraźny spadek wartości współczynnika w latach osiemdziesiątych, przy czym kolejny suchy sezon wegetacyjny miał miejsce w roku 1982, a deficyt wodny utrzymywał się następnie aż do końca dekady. Spadek wartości współczynnika widoczny jest także w przebiegu ruchomej średniej trzyletniej, świadcząc o długotrwałym znacznym pogorszeniu warunków wilgotnościowo-termicznych. Wpłynęło to na pogorszenie żywotności i zdolności przyrostowych drzewostanów, bowiem deficyt wodny uważany jest za jeden z głównych czynników inicjujących procesy chorobowe w lasach (SIEROTA i in. 1994).

5.2. Objawy stresu

5.2.1. Stopień defoliacji drzewostanów

Średni stopień defoliacji stwierdzony w całej obserwowanej populacji 878 drzew na powierzchniach był bardzo wysoki: odsetek drzew w klasach 2-4 wynosił w kolejnych latach 70-76%.

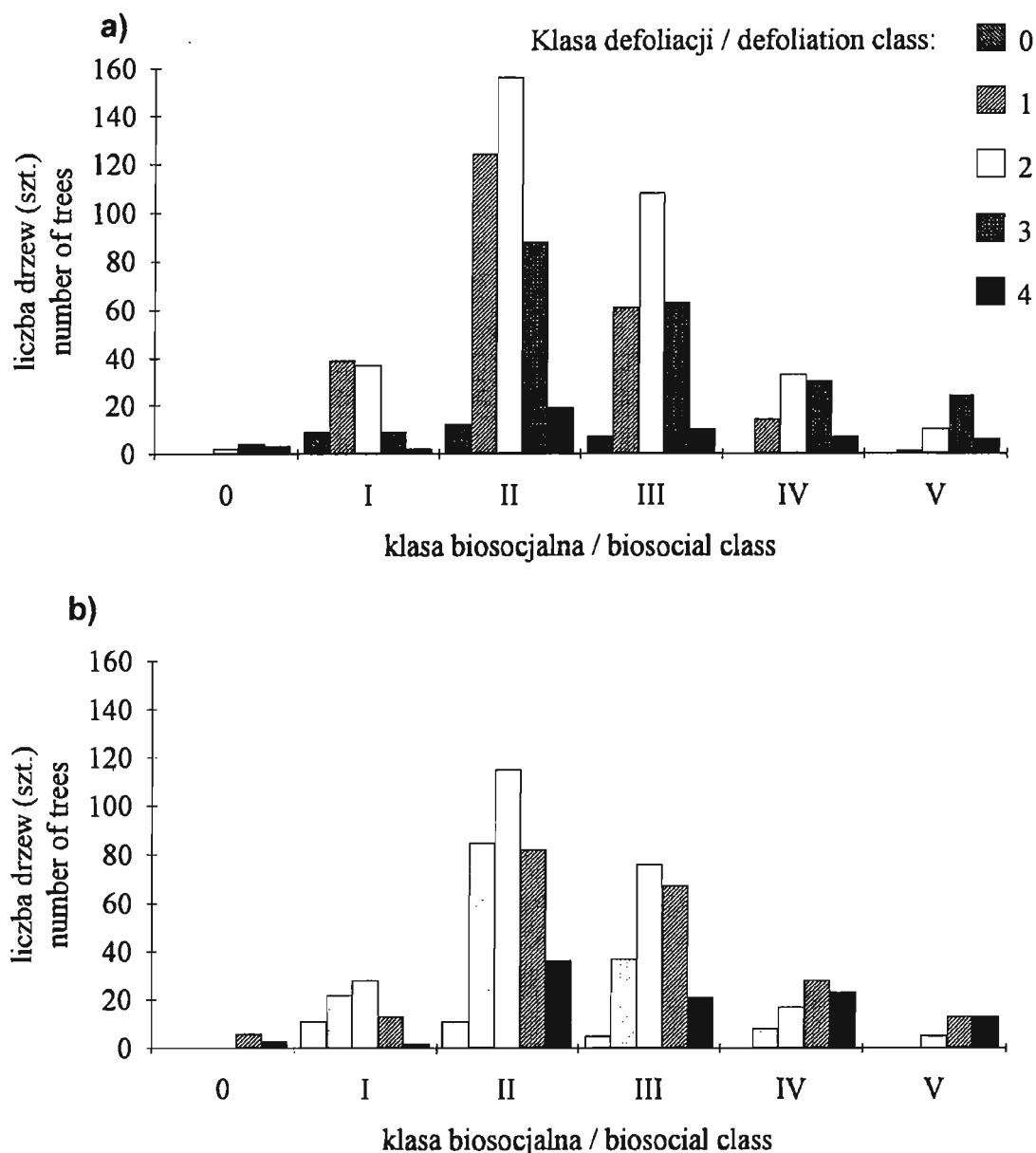
MAŁACHOWSKA i WAWRZONIAK (1994), analizując wyniki oceny defoliacji drzew ze stałych powierzchni obserwacyjnych monitoringu biologicznego w świerczynach według poszczególnych RDLP, obliczali udziały procentowe, przyjmując za 100% liczbę drzew w klasach 0-3 (z wyłączeniem klasy 4 – drzew martwych). Według tego schematu, powierzchnie obserwacyjne cechuje znacznie podwyższony odsetek drzew o bardzo silnej defoliacji (klasa 3) w stosunku do średniej dla kraju oraz dla regionalnych dyrekcji LP Krosno, Kraków, Katowice



Ryc. 2. Wybrane dane meteorologiczne ze stacji pomiarowej IMGW w Jeleniej Górze dla lat 1966-90: a – średnie temperatury i sumy opadów w roku i sezonie wegetacyjnym, b – wartości roczne i ruchome średnie trzyletnie współczynnika hydrotermicznego

Fig. 2. Selected meteorological data from the measurement station in Jelenia Góra for the period 1966-90: a – mean temperatures and precipitation sums per year and vegetation period, b – values of the hydrothermic index (year values and 3-years moving average)

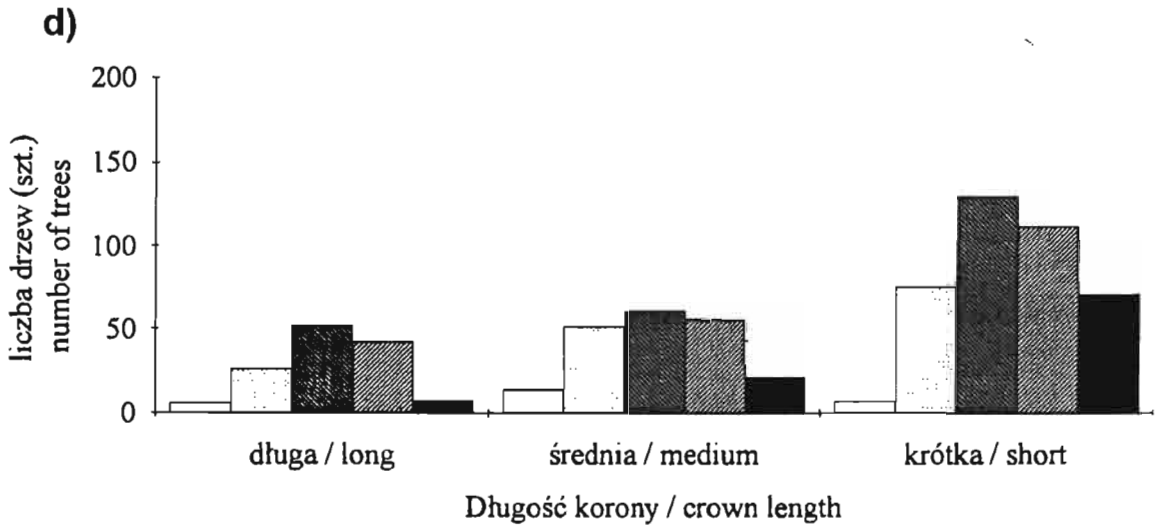
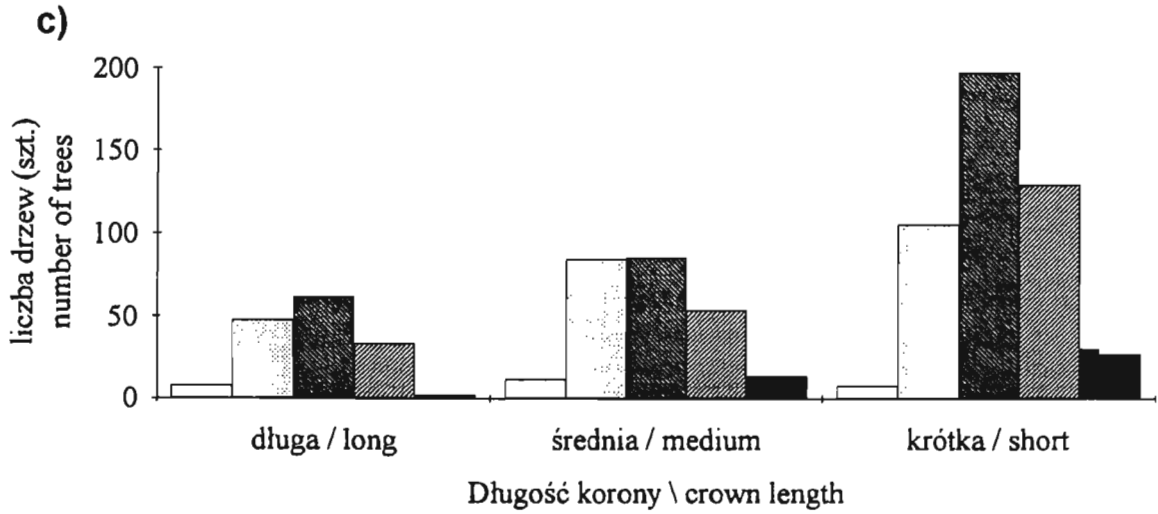
i Wrocław (tab. 5). Związane jest to z wzmożonym oddziaływaniem czynników abiotycznych na aparat asymilacyjny drzew na otwartych ścianach lasu, przy których zlokalizowane były powierzchnie obserwacyjne: w brzegowej, nagle odsłoniętej strefie drzewostanów, świerki o silnych uszkodzeniach koron występowały najliczniej. Udział drzew o średniej defoliacji (klasa 2) w obserwowanej populacji świerków jest stosunkowo niski, natomiast udział w klasie 1



Ryc. 3. Liczba drzew w klasach defoliacji według stanowiska biosocjalnego (a, b) i długości korony (a) i bez długości korony (b).
 Fig. 3. The number of trees in the defoliation classes, regarding their biosocial class (a, b) and crown length (a) and without crown length (b).

(słabych uszkodzeń) – zbliżony zarówno do średniej krajowej jak i wyników spoza terenu RDLP Wrocław. Przedstawione porównania, z uwagi na znaczne zróżnicowanie drzewostanów świerkowych w obrębie poszczególnych regionalnych dyrekcji, mają jedynie charakter orientacyjny.

Stopień defoliacji drzew na powierzchniach różnicuje się w odniesieniu do stanowisk biosocjalnych oraz klas długości korony (ryc. 3). Wyniki uzyskane jesienią 1992 roku wskazują, że największy odsetek drzew o silnych uszkodzeniach (klasa 3) występował w obrębie drzew wolnostojących (44%) i przygłuszonych (59%), gdzie nie stwierdzono świerków bez uszkodzeń. Wśród drzew górujących przeważały egzemplarze o uszkodzeniach słabych i średnich (41 i 39%) a drzewa silnie uszkodzone stanowiły zaledwie 9%. W środkowych klasach biosocjalnych (II-IV) najwięcej drzew zaliczono do klasy uszkodzeń średnich (39-43%).



korony (c, d), stwierdzona na powierzchniach obserwacyjnych w jesieni 1992 i 1994 r.
the crown length (c, d), found on the observation plots in the autumn 1992 and 1994

Dla zobrazowania tendencji zmian stopnia defoliacji posłużono się średnim wskaźnikiem, obliczonym jako średnia arytmetyczna wyników klasyfikacji wszystkich drzew na powierzchniach (bez wywrotów). Stopień defoliacji wzrasta w kolejnych klasach biosocjalnych, od wartości 1,54 dla drzew górujących do 2,85 dla drzew przygłuszonych i 3,11 dla wolnostojących (ryc. 4), co potwierdza spostrzeżenia DOBROWOLSKIEJ (1991). Wyniki obserwacji z jesieni 1994 roku wskazują natomiast, że w okresie od jesieni 1992 do jesieni 1994 roku nastąpił wzrost średniego wskaźnika uszkodzeń we wszystkich klasach biosocjalnych, największy w obrębie klas IV-V i drzew wolnostojących, gdzie oprócz drzew martwych pozostały wyłącznie świerki o silnej defoliacji. Wydaje się to być związane przede wszystkim z oddziaływaniem wiatru i zanieczyszczeń prze-

Tabela 5
Table 5

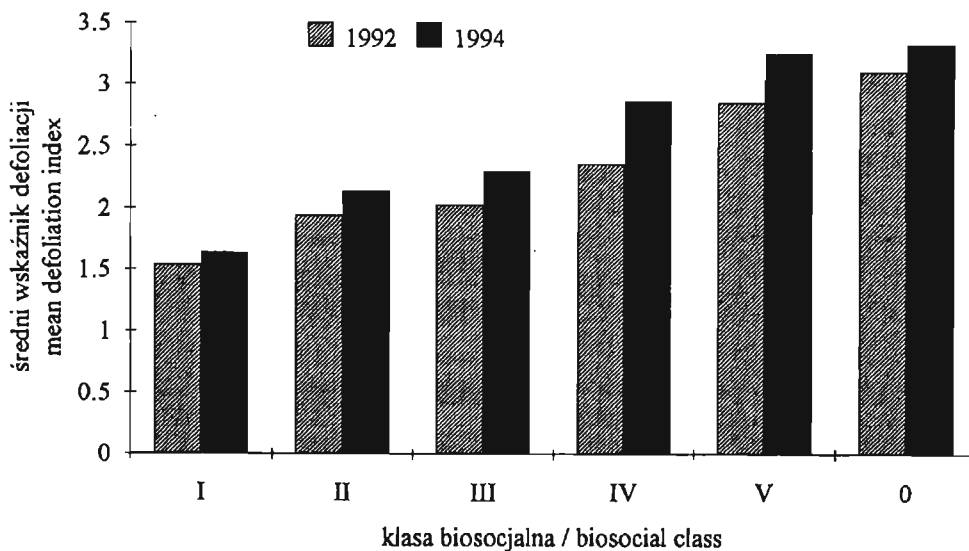
Udział drzew żywych w klasach defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu biologicznego w świerczynach w roku 1993 (Małachowska, Wawrzoniak 1994) i na powierzchniach obserwacyjnych w Sudetach Zachodnich w latach 1992-94
Percentage of the living trees in the defoliation classes on the permanent observation plots of the biological monitoring in Norway spruce stands in 1993 (Małachowska, Wawrzoniak 1994) and on the observation plots in the Western Sudety in 1992-94

Klasa defoliacji Defoliation class	Rejon (RDLP) Region (Directorate of State Forests)					
	Sudety	Polska	Wrocław	Katowice	Kraków	Krosno
0 (def. 0-10%)	3,4	7,6	0,2	2,5	2,5	0,0
1 (def. 11-25%)	26,0	24,9	9,2	19,5	23,8	39,0
2 (def. 26-60%)	40,7	61,7	83,3	68,8	57,5	58,0
3 (def. 60%)	29,9	5,8	7,3	9,2	16,3	3,0

mysłowych na otwarte ściany drzewostanów, na których zlokalizowane były powierzchnie obserwacyjne.

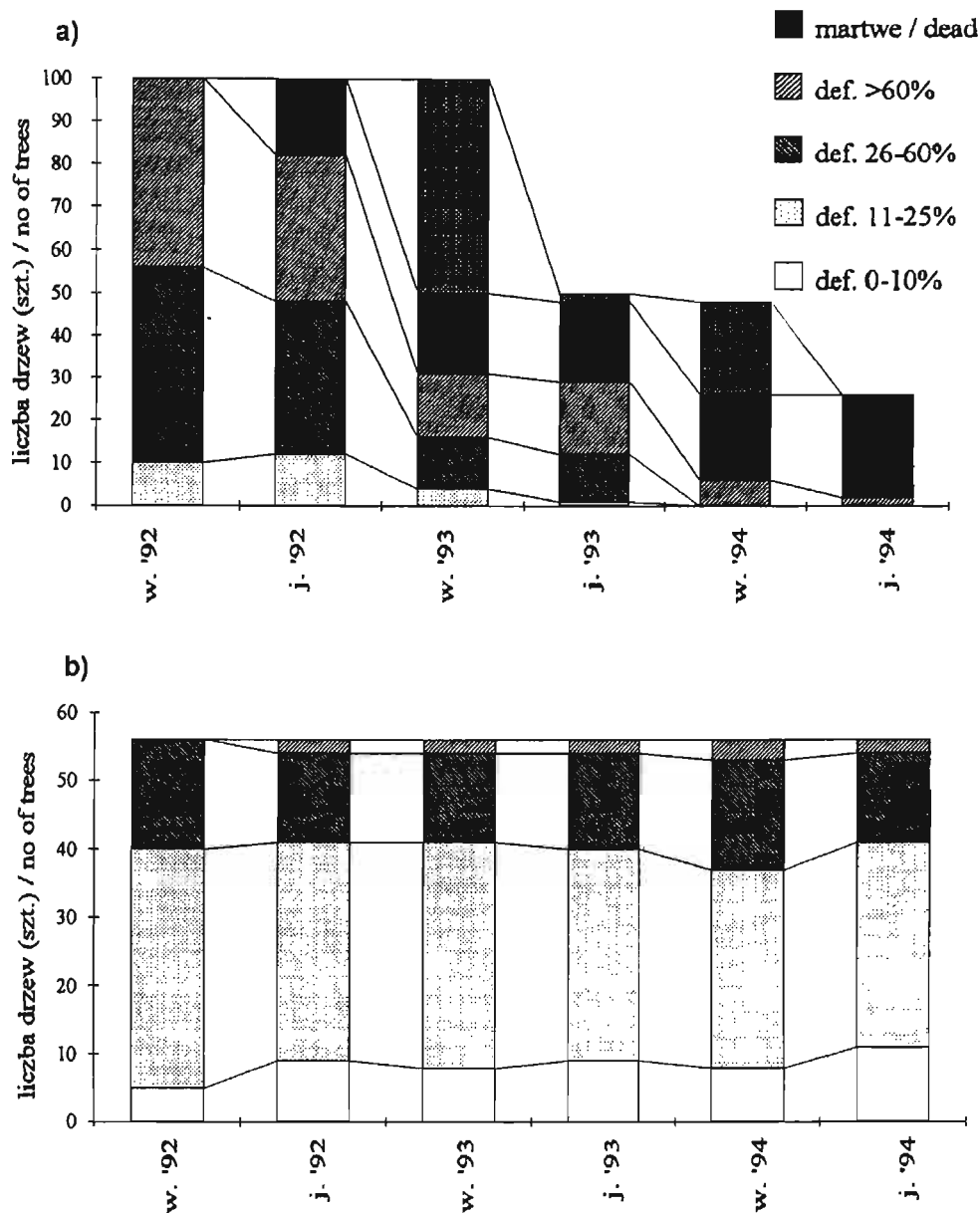
Wartości średniego wskaźnika defoliacji z roku 1992 są odwrotnie proporcjonalne do długości korony i cechują się stosunkowo niewielkim zróżnicowaniem (1,83-2,15). Po dwu latach obserwacji nastąpił wzrost wartości wskaźnika (2,14-2,41), stosunkowo najmniejszy w grupie drzew o koronach długich, natomiast najwięcej drzew martwych przybyło w grupie drzew o krótkich koronach.

Obserwowane drzewostany cechowała zróżnicowana dynamika zmian stop-



Ryc. 4. Średni wskaźnik defoliacji drzew na powierzchniach obserwacyjnych według klas biosocjalnych w jesieni 1992 i 1994 r.

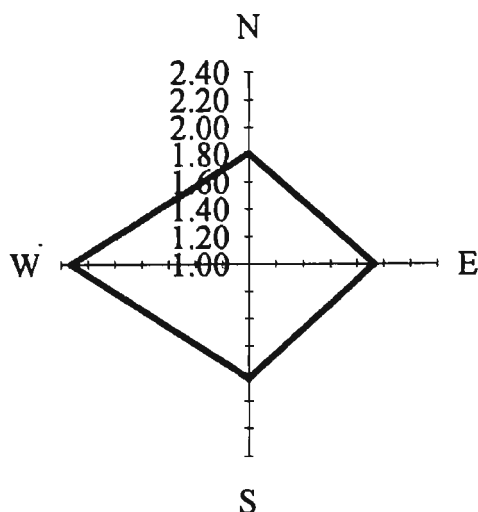
Fig. 4. Mean defoliation index of trees, related to their biosocial classes, estimated on the observation plots in the autumn 1992 and 1994.



Ryc. 5. Liczba drzew w klasach defoliacji, stwierdzony podczas kolejnych opisów wiosennych (w.) i jesiennych (j.) w latach 1992-94, na powierzchniach obserwacyjnych w Nadl. Szklarska Poręba: a – obr. Piechowice, oddz. 101a (800 m n.p.m., eksp. W); b – obr. Szklarska Poręba oddz. 31g (640 m n.p.m., eksp. N)

Fig. 5. Number of trees in the defoliation classes during the successive spring (w.) and autumn (j.) estimations in 1992-94 on the observation plots in the Szklarska Poręba Forest District: a – Piechowice, 101a (alt. 800 m, exp. W); b – Szklarska Poręba 31g (alt. 640 m, exp. N)

nia defoliacji. Na powierzchniach zlokalizowanych w resztkach świerczyn otoczonych obszarami wylesionymi oddziaływanie czynników abiotycznych (w formie gwałtownej lub długotrwałej) było silniejsze. Jednocześnie w najwyższych klasach defoliacji miało miejsce najsilniejsze wydzielanie posuszu. Ekstremalnym przykładem jest powierzchnia położona na eksponowanej na zachód ścianie przegęszczonego drzewostanu w rejonie Rozdroża Izerskiego, która w ciągu 3 lat obserwacji przestała istnieć wskutek działania wiatru i szkodników wtórnych (ryc. 5a). Natomiast najmniejsze zmiany stopnia defoliacji nastąpiły w drze-



Ryc. 6. Średni wskaźnik defoliacji drzewostanów na powierzchniach obserwacyjnych, obliczony względem ekspozycji

Fig. 6. Mean defoliation index of stands on the observation plots, related to the exposition

wostanach na powierzchniach osłoniętych zwartymi kompleksami leśnymi, położonych na stosunkowo niewielkich wysokościach, gdzie udział drzew w niższych klasach defoliacji był znaczny (ryc. 5b). Wartości średniego wskaźnika defoliacji obliczone względem ekspozycji ściany drzewostanu wskazują na wyższy stopień uszkodzenia koron drzew wystawionych ku zachodowi (ryc. 6). Można przypuszczać, że jest to efekt oddziaływania na aparat asymilacyjny drzew zachodnich wiatrów i niesionych przez nie zanieczyszczeń przemysłowych (GRODZKI 1995). Także średni wskaźnik defoliacji świerków na powierzchniach położonych powyżej 800 m n.p.m. był wyższy niż poniżej tej wysokości (odpowiednio 2,24 i 1,89). Wpływ wysokości n.p.m. i ekspozycji wyraża się bowiem w istotny sposób w powstawaniu uszkodzeń aparatu asymilacyjnego świerków (BORECKI, WÓJCIK 1996; MODRZYŃSKI, PETER 1996).

5.2.2. Dynamika przyrostu

Zestawione w tabeli 6 wartości współczynnika WP90 wskazują, że we wszystkich obserwowanych drzewostanach sudeckich miał miejsce spadek przyrostu w dziesięcioleciu 1981-90, przy czym wielkość redukcji wynosiła od 7 do 59% w stosunku do lat 1971-80. Niskie wartości współczynnika WP90 (0,30-0,66), oznaczające znaczne załamanie średniego przyrostu, stwierdzono w tych przypadkach, w których jednocześnie przyrosty z poszczególnych okresów różnią się wysoce istotnie (ANOVA, $p < 0,01$), przy wartościach współczynnika około 0,70 stwierdzano różnice istotne (ANOVA, $p < 0,05$), przy wyższych wartościach współczynnika (0,73-0,93) nie stwierdzano istotnych różnic przyrostu (tab. 6). Natomiast wartości współczynnika WP90 dla pięciu drzewostanów karpaccich (w Beskidzie Śląskim, Pieninach i Bieszczadach), gdzie żery szkodników

Tabela 6
Table 6

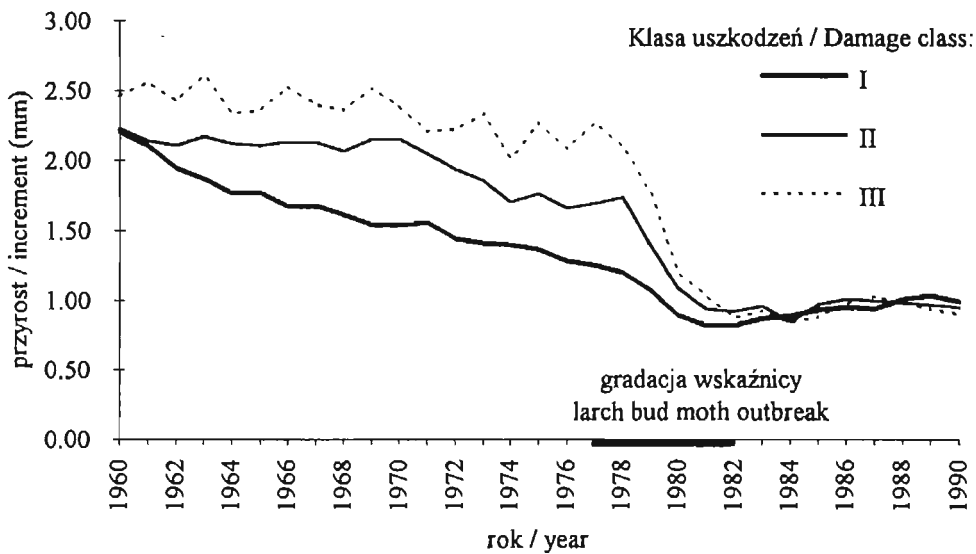
Wartości współczynników przyrostowych dla drzewostanów na powierzchniach badawczych w Sudetach Zachodnich i Karpatach oraz istotność różnic między średnim przyrostem rocznym w okresach, dla których obliczono współczynniki przyrostowe (jednoczynnikowa analiza wariancji – test ANOVA)

The values of the increment indices for the stands on the observation plots in the Western Sudety and in the Carpathians and the significance of differences between the mean annual increment in the periods for which the increment index was calculated (One-way ANOVA)

Nr pow. Loc. No	WP90	ANOVA		WP _{wm}	ANOVA		WP _{pwm}	ANOVA		WP92
	<u>1981–90</u> 1971–80	F _{obl.}	p	<u>1977–82</u> 1970–76	F _{obl.}	p	<u>1983–92</u> 1970–76	F _{obl.}	p	<u>1990–92</u> 1981–92
1	0,43	35,15	***	0,64	15,67	***	0,35	51,50	***	0,78
2	0,66	16,31	**	0,72	10,48	**	0,57	26,87	***	0,84
3	0,48	27,19	***	0,62	16,89	***	0,40	30,84	***	0,85
4	0,63	11,72	**	0,80	3,26		0,53	15,439	***	0,62
5	0,60	12,27	**	0,77	4,12		0,52	15,68	***	0,77
6	0,80	2,54		0,69	6,80		0,85	1,38		1,34
7	0,93	0,45		0,88	1,65		0,83	3,34		0,61
8	0,70	5,04	*	0,72	9,38	**	0,60	10,79	**	0,60
9	0,56	16,28	***	0,68	7,81	**	0,54	16,65	***	1,27
10	0,70	05,82	*	0,60	10,24	**	0,62	9,20	**	0,94
11	0,30	62,77	***	0,65	11,50	**	0,23	84,55	***	0,55
12	0,58	13,81	***	0,73	6,60	*	0,51	20,40	***	0,75
PC1	0,41	36,50	***	0,67	10,80	**	0,37	48,87	***	1,02
PC2	0,64	8,47	**	0,74	6,15	*	0,66	7,40	*	1,35
PC3	0,73	3,67		0,72	6,44	*	0,64	10,11	**	0,75
PC4	0,54	13,94	***	0,53	14,79	***	0,45	18,65	***	0,94
PC5	0,55	20,02	***	0,56	18,70	***	0,50	32,66		1,03
Beskid Śląski	0,81	1,65		1,01	0,00		0,77	2,61		0,77
Pieniny 1	0,71	3,44		0,92	0,29		0,57	9,77	**	0,54
Pieniny 2	0,72	6,63	*	0,94	0,25		0,64	10,04	**	0,82
Bieszczady 1	0,70	4,43	*	0,85	1,34		0,59	10,71	**	0,52
Bieszczady 2	0,60	7,53	*	0,87	0,55		0,54	12,42	**	0,84

Poziom istotności różnic: * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Significance level:



Ryc. 7. Średni przyrost roczny promienia pierśnicy świerków na powierzchniach o różnym nasileniu uszkodzeń żerem wskaźnicy modrzewianeczki w Sudetach Zachodnich
 Fig. 7. Mean annual radial increment of the Norway spruce trees on the observation plots in varied larch bud moth damage classes in the West Sudety

liściożernych nie miały miejsca w badanym okresie, zawierały się w przedziale 0,60-0,81; tylko w 3 przypadkach różnice między dziesięcioleciami były istotne.

Stwierdzone załamanie przyrostu związane jest z gradacyjnym wystąpieniem wskaźnicy modrzewianeczki z lat 1977-82 (GRODZKI 1994). Opracowany według klas uszkodzeń diagram przyrostowy (ryc. 7) wskazuje, że we wszystkich obserwowanych drzewostanach nastąpił wyraźny spadek przyrostu rocznego w latach 1978-1980, tj. od 1-3 lat po rozpoczęciu gradacji wskaźnicy, zaś wielkość redukcji była proporcjonalna do klasy uszkodzeń (korelacja rang Spearmana między wskaźnikiem uszkodzenia koron przez wskaźnicę a wielkością współczynnika WP90: $r_s = -0,50$; $p < 0,001$). Nierównomierność zjawiska w czasie związana jest z "mozaikowością" żerów oraz przemieszczaniem się obszaru gradacji (CAPECKI i in. 1989). Wraz ze wzrostem wysokości npm zmniejszała się wartość współczynnika WP90 świadcząc o wzrastającym obniżeniu przyrostu ($r_s = -0,59$; $p < 0,01$).

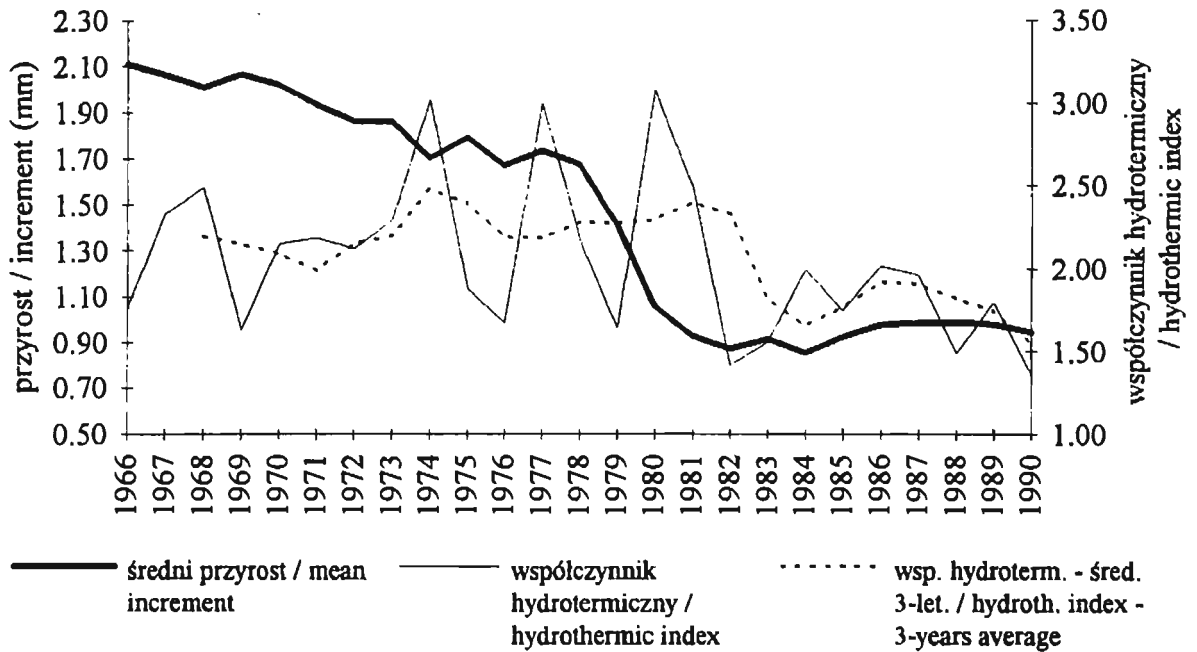
Obniżenie to nie nastąpiło jednak bezpośrednio po powstaniu uszkodzeń w koronach świerków. Wskazują na to wartości współczynnika WP_{wm} , obrazującego przyrost drzew w okresie żerowania wskaźnicy, zawierające się w przedziale 0,53-0,88 (tab. 6). W większości wypadków wartości te są wyższe niż odpowiadające im wartości współczynnika WP90, opartego na przyroście w pełnych dekadach. Jednocześnie różnice w średnim rocznym przyroście pierśnicy drzew w okresach bezpośrednio przed oraz w czasie trwania gradacji wskaźnicy tylko w czterech przypadkach są statystycznie wysoce istotne, zaś w trzech przypadkach, przy wartości współczynnika przekraczającej 0,77, nie stwierdzono takich różnic. Wynika z tego, że załamanie przyrostu nastąpiło albo

z pewnym opóźnieniem w stosunku do czasu powstania uszkodzeń w koronach, albo nie wynikało wyłącznie z oddziaływania tych uszkodzeń. Jednakże w tym samym czasie w innych regionach górskich istotne załamanie przyrostu nie miało miejsca ($0,85 < WP_{wm} < 1,01$).

Potwierdzeniem tej hipotezy zdają się być wartości współczynnika WP_{pwm} , będącego porównaniem przyrostu przed i po gradacji wskaźnicy (tab. 6). Wartości współczynnika obliczone dla drzewostanów sudeckich zawierały się w przedziale 0,23-0,85, przy czym w 10 przypadkach różnice między średnim przyrostem rocznym w badanych okresach były wysoce istotne ($WP_{pwm} < 0,54$), a tylko na 2 powierzchniach nie stwierdzono istotnych różnic w przyroście ($WP_{pwm} < 0,83$). Mogłoby to wskazywać na opóźnioną o kilka lat reakcję drzew na uszkodzenia koron przez żerujące larwy, tym bardziej, że wartość współczynnika WP_{pwm} jest negatywnie skorelowana ze średnim wskaźnikiem uszkodzeń ($r_s = 0,70$, $p < 0,01$). W tym samym jednak czasie także w czterech spośród pięciu obserwowanych drzewostanów karpackich zaznaczyło się wyraźne obniżenie rocznego przyrostu świerków (tab. 6).

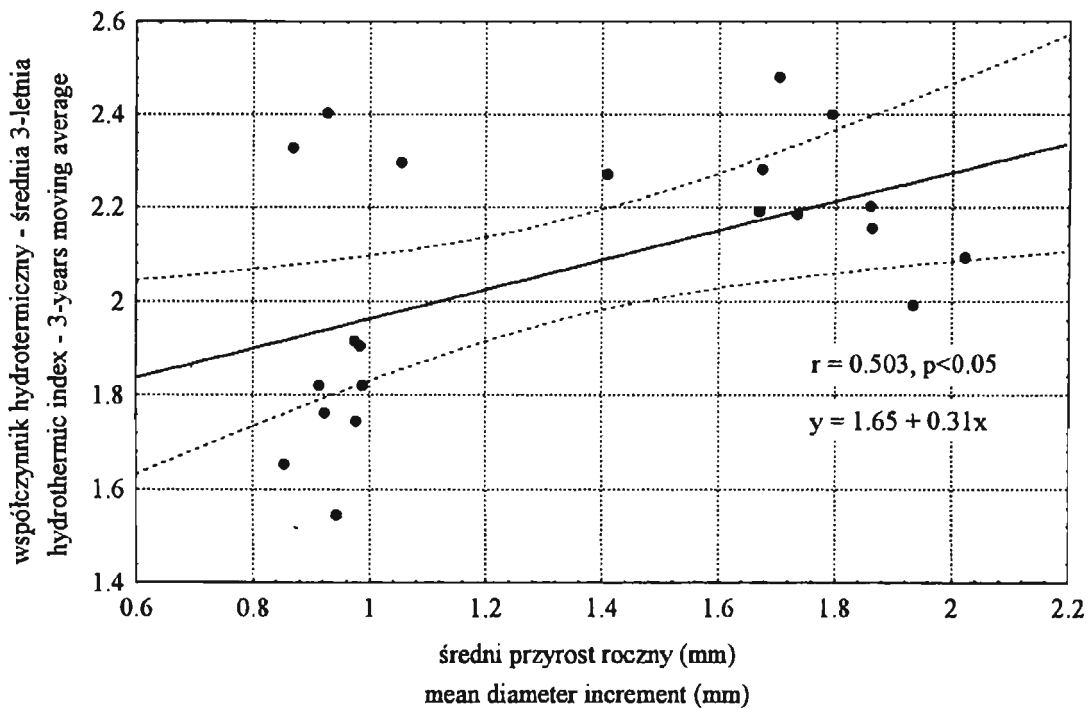
Jak już wcześniej wspomniano, od pierwszej połowy lat osiemdziesiątych nastąpiło na terenie Sudetów Zachodnich znaczne pogorszenie warunków wilgotnościowo-termicznych, przy czym począwszy od ekstremalnie suchego roku 1982 aż do końca dekady utrzymywał się stan deficytu wodnego, którego skutki obserwowano także w innych regionach górskich. Prawdopodobnym jest zatem, że na uszkodzenia koron wskutek zerowania wskaźnicy nałożyły się skutki niedoboru wilgoci, wzmagając osłabienie drzewostanów i wpływając na ograniczenie możliwości przyrostowych drzew. Świadczy o tym zbieżność przebiegu krzywej średniego przyrostu pierśnicy wszystkich analizowanych drzew z Sudetów Zachodnich z przebiegiem wartości współczynnika hydrotermicznego, wyraźna zwłaszcza od połowy lat siedemdziesiątych (ryc. 8). Reakcja przyrostowa drzew nie była jednak bezpośrednim skutkiem stresu wodnego, na co wskazuje istnienie istotnej korelacji ($r = 0,503$; $p < 0,05$) między średnim przyrostem rocznym a ruchomą średnią trzyletnią współczynnika hydrotermicznego (ryc. 89) i brak takiej zależności w odniesieniu do jego wartości rocznych.

Prawdopodobnie także na skutek deficytu wodnego regeneracja obniżonego przyrostu w okresie po gradacji była wszędzie stosunkowo słaba i przebiegała nierównomiernie, jednak w świerczynach słabiej uszkodzonych była ona wyraźniejsza. Wydaje się, że w drzewostanach o pełnych zdolnościach regeneracyjnych współczynnik WP_{92} powinien osiągać wartości zbliżone do 1 lub wyższe. Tymczasem dla powierzchni zachodniosudeckich zawierały się one w przedziale 0,60-1,35, przy czym najwyższe wartości (bliskie 1 lub większe), stwierdzono w drzewostanach zwartych i nisko położonych (tab. 6). Nie stwierdzono zależności między wartościami współczynnika WP_{92} a wartościami pozostałych współczynników przyrostowych ($-0,23 < r_s < 0,12$) oraz nasileniem uszkodzeń spowodowanych przez larwy wskaźnicy ($r_s = 0,17$). Z wartością



Ryc. 8. Średni roczny przyrost pierśnicy świerków na powierzchniach obserwacyjnych oraz wartości roczne i ruchome średnie 3-letnie współczynnika hydrotermicznego dla Jeleniej Góry w latach 1966-90

Fig. 8. Mean annual diameter increment of the Norway spruces on the observation plots, and the year and 3-years moving average values of the hydrothermic index in Jelenia Góra in 1968-90



Ryc. 9. Korelacja między średnim rocznym przyrostem pierśnicy świerków na powierzchniach obserwacyjnych a 3-letnią ruchomą średnią wartością współczynnika hydrotermicznego dla Jeleniej Góry w latach 1968-90

Fig. 9. Correlation between the mean annual diameter increment of the Norway spruces on the observation plots, and 3-years moving average values of the hydrothermic index in Jelenia Góra in 1968-90

współczynnika WP92 skorelowany był natomiast negatywnie średni wskaźnik defoliacji drzew na powierzchniach obserwacyjnych w latach 1992-94 ($r_s = -0,64$; $p < 0,05$), co wskazywać może na istnienie związku między ubytkiem aparatu asymilacyjnego drzew a ich zdolnościami do regeneracji w warunkach stresowych.

Omówione wyniki świadczą o znacznym, aczkolwiek zróżnicowanym obniżeniu żywotności drzewostanów zachodniosudeckich. Na ich osłabienie, wyrażające się zwłaszcza redukcją aparatu asymilacyjnego i obniżeniem przyrostu, wpłynęły głównie czynniki abiotyczne oraz uszkodzenia spowodowane przez wskaźnicę modrzewianeczkę. Defoliacja drzew jest tu zatem jednocześnie źródłem i skutkiem stresu (SIEROTA 1995b), powodując utrzymywanie się stanu obniżonej żywotności i wysokiego zagrożenia świerczyn ze strony szkodników i chorób. Potęgują je powtarzające się szkody atmosferyczne, powodujące postępujące rozluźnienie zwarcia i zwiększające podatność drzew na dalsze uszkodzenia koron. Na odsłoniętych ścianach i w rozluźnionych fragmentach drzewostanów istotnym zmianom ulegają także warunki mikroklimatyczne i troficzne w kierunku sprzyjającym występowaniu owadów kambiofagicznych, powodujących wydzielanie posuszu (GRODZKI 1995). Obniżenie progów naturalnej odporności drzewostanów wpływa bowiem stymulująco na populacje szkodników wtórnych, zaś drzewa o silnym ubytku aparatu asymilacyjnego są częściej zasiedlane przez te owady, decydujące obecnie o zagrożeniu tamtejszych drzewostanów (ALTHOFF 1985, GRODZKI 1996).

6. WNIOSKI

1. Świerczyny Sudetów Zachodnich znajdują się w stanie znacznego obniżenia żywotności, spowodowanego oddziaływaniem zespołu czynników stresowych. Wśród nich istotną rolę odgrywają wiatry i zanieczyszczenia przemysłowe, czynniki klimatyczne oraz skutki żerowania wskaźnicy modrzewianeczki w latach 1977-82. Stan stresu polega w głównej mierze na zakłóceniu mechanizmów regulujących funkcjonowanie ekosystemów, prowadzącym do obniżenia ich odporności na działanie dalszych czynników szkodotwórczych, zwłaszcza chorób i szkodników owadzich.

2. Żerowanie wskaźnicy modrzewianeczki w latach 1977-82 spowodowało powstanie uszkodzeń w koronach drzew i stanowiło stosunkowo krótkotrwały, silny czynnik stresowy, objawiający się zwłaszcza obniżeniem przyrostu promienia pierśnicy drzewostanów. Wielkość redukcji średniego przyrostu rocznego w dziesięcioleciu 1981-90 wynosiła 7-59% w stosunku do dziesięciolecia 1971-80 i była proporcjonalna do nasilenia uszkodzeń spowodowanych żerem wskaźnicy.

3. Redukcja przyrostu drzew nie miała charakteru bezpośredniego i natychmiastowego, nastąpiła z kilkuletnim opóźnieniem i była dodatkowo indukowana czynnikami klimatycznymi, zwłaszcza utrzymującym się w okresie po wystąpieniu wskaźnicy znacznym deficytem wodnym, ograniczającym zdolności regeneracyjne drzewostanów.

4. Rewitalizacja drzewostanów po żerach wskaźnicy była nierównomierna i stosunkowo słaba, a dynamika przyrostu promienia pierśnicy w latach 1990-92 była skorelowana z ówczesnym stopniem defoliacji drzewostanów, wpływającej na zdolności regeneracyjne drzew. Nie stwierdzono związku między regeneracją przyrostu a nasileniem uszkodzeń spowodowanych przez wskaźnicę i wielkością redukcji przyrostu w wyniku tych uszkodzeń.

5. Istotnym objawem długotrwałego stresu jest defoliacja, której stopień, stwierdzony w 10 lat po wystąpieniu wskaźnicy, był znaczny w całej obserwowanej populacji drzew, wzmagając się na wystawach zachodnich, na eksponowanych stanowiskach oraz na odsłoniętych ścianach drzewostanów, co wskazuje na wpływ zespołu czynników abiotycznych. Nie stwierdzono natomiast związku stopnia defoliacji w latach 1992-94 z uszkodzeniami spowodowanymi 10 lat wcześniej przez wskaźnicę modrzewianeczkę.

6. Ilość zanieczyszczeń przemysłowych docierających do drzewostanów ma w ostatnich latach tendencję malejącą. Ich działanie jako źródła stresu ma w warunkach górskich charakter pośredni, w ramach kompleksu abiotycznych czynników szkodotwórczych.

7. Przerzedzenie i obniżenie zdrowotności drzewostanów wpływa na zwiększenie ich podatności na dalsze szkody powodowane przez czynniki abiotyczne i biotyczne a w konsekwencji na wzrost zagrożenia ze strony chorób i szkodników, zwłaszcza owadów kambiofagicznych.

Podziękowanie.

Pragnę złożyć serdeczne podziękowanie pracownikom nadleśnictw Kamienna Góra, Szklarska Poręba i Świeradów za pomoc w utrzymaniu obiektów badawczych i realizacji badań terenowych.

SELECTED STRESS SYMPTOMS IN THE NORWAY SPRUCE STANDS OF THE WESTERN SUDETY MOUNTAINS IN THE ASPECT OF THE EFFECT OF THE ABIOTIC FACTORS AND THE LARCH BUD MOTH *ZEIRAPHERA GRISEANA* HB. (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) OUTBREAK

Summary

In 1992-94 in the Western Sudety the investigations were carried out on the selected symptoms of the stress in the Norway spruce stands, which are related to the abiotic factors - wind, air pollution and hydrothermic conditions, as well as the biotic ones - crown damage caused by the larch bud moth *Zeiraphera griseana* Hb. larvae during the outbreak in 1977-82. The stress symptoms – defoliation level and the dynamics of the radial increment of trees were analysed on the basis of the data collected on 12 permanent and 5 temporal observation plots in the Sudety Mts., and compared with the data from 5 localities in chosen stands in the Carpathians.

Norway spruce stands in the Western Sudety are in the state of the considerable decrease of vitality, due to the influence of the complex of stress factors. The state of stress consists in the disturbance of the mechanisms regulating the function of the ecosystems, following to the reduction of their resistance to the next noxious factors - forest diseases and insect pests.

The crown damage caused by the larch bud moth larvae was brief but strong stress factor, which appeared mainly in the reduction of the radial increment of trees. The reduction of the mean stand increment in the decade 1981-90 was 7-59% in comparison with the decade 1971-80 and was proportional to the larch bud moth damage intensity. The reduction was delayed some years in relation to the crown damage, and was additionally induced by the climatic factors, especially water deficiency in the stands after the larch bud moth outbreak, limiting the regeneration abilities of stands.

The regeneration of stands after the larch bud moth outbreak was unequal and relatively low; the dynamics of the radial increment in 1990-92 was correlated with the defoliation level of the stands in 1992-94, which indicates the influence of the defoliation on the regeneration ability of trees. No relationship was found between the increment regeneration and the intensity of damage caused by the larch bud moth, and the increment reduction due to this damage.

The important symptom of the long-term stress is the defoliation, which level, estimated 10 years after the defoliator outbreak, was considerable in all observed population of trees. The higher defoliation level found on the western slopes, on exposed localities and on the open borders of stands, indicates the influence of the complex of the abiotic factors. No relationship was found between the defoliation level in 1992-94 and the damage caused by the larch bud moth larvae 10 years before.

The action of the air pollution as the stress source is probably indirect, as one of the factors composing the complex of the abiotic stress factors. The quantity of the pollutants in the stands shows decreasing tendency in the last years.

The reduction of the stand vitality influence on its susceptibility to damage caused by other abiotic and biotic factors, but especially on the increase of threats from the secondary insect pests.

(transl. W. G.)

PIŚMIENICTWO

- ALEKSEEV A. C. 1991: Radial'nyj prirost drevostoev *Picea abies* (*Pinaceae*) v uslovijach atmosfer-nogo zagraznenija. Bot. Zur. 11: 1498-1502.
- ALTHOFF J. 1985: Zur Disponierung von immissionsgeschädigten Fichtenbeständen gegenüber dem Buchdruckerbefall. Allg. Forstz., 13: 277.
- ATHARI S. 1983: Zuwachsvergleich von Fichten mit unterschiedlich starken Schädssymptomen. Allg. Forstz. 38, 26/27: 653-655.
- BORECKI T., WÓJCIK R. 1996: Stopień uszkodzenia drzewostanów Parku Narodowego Gór Stołowych. Materiały Sympozjum Naukowego "Środowisko przyrodnicze Parku Narodowego Gór Stołowych". Wyd. PNGS, Kudowa Zdr. 1996: 167-171
- CAPECKI Z. 1989: Rejony zdrowotności lasów sudeckich. Prace Inst. Bad. Leśn. 688: 1-95.
- CAPECKI Z., GRODZKI W., ZWOLIŃSKI A. 1989: Gradacja wskaźnicy modrzewianeczki *Zeiraphera griseana* Hb. (*Lepidoptera, Tortricidae*) w Polsce w latach 1977-1983. Prace Inst. Bad. Leśn., 689: 95-152.
- CAPEK M. 1962: Über den Einfluß des Kahlfraßes von *Zeiraphera diniana* Guen. auf den Jährlichen Zuwachs der Fichte. Schweiz. Z. Forstw. 11: 635-642.
- CHWOJKA M., LIWIŃSKA A., WAWRZONIAK J., 1994: Zanieczyszczenia powietrza w lasach. Okres zimowy 1993/94 (zanieczyszczenia gazowe), rok 1993 (zanieczyszczenia pyłowe). Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- DOBROWOLSKA D. 1993: Stan zdrowotny lasów w Sudetach na podstawie monitoringu środowiska leśnego. Materiały konferencji "Geoekologiczne problemy Karkonoszy" Karpacz 1991, Wyd. Uniw. Wrocław.: 315-321.
- DUBICKI A., GŁOWICKI B. 1994: Tendencje zmian warunków klimatycznych na obszarze Sudetów Zachodnich w bieżącym stuleciu. Prace Inst. Bad. Leśn. S. B, 21/1: 85-104.
- DUNIKOWSKI S., WAWRZONIAK J., OSTALSKI B., MAŁACHOWSKA J., LIWIŃSKA A. 1987: Pomiar zanieczyszczeń powietrza w lasach – monitoring techniczny. Sprawozdanie za okres ogrzewczy 1985/86. Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- FERLIN F. 1991: Nekatere znacilnosti pojava umiranja smreke in njenega prirastnega odzivanja na imisijske strese. Zb. Gozd. Les. 37: 125-156
- GŁOWICKI B., 1989: Charakterystyka pięter klimatycznych w Sudetach. Sprawozdanie naukowe, IMiGW Wrocław.
- GRODZKI W. 1992: Influence of air pollution on the menace by bark beetles in spruce stands of Sudety Mts. in Poland. W: Air Pollution and Interactions between Organisms in Forest Ecosystems. Proceedings (eds.: M. Tesche, S. Feiler). Tharandt/Dresden: 271-275.
- GRODZKI W. 1993: Przyczyny obecnego stanu lasów w Górach Izerskich. Prace Inst. Bad. Leśn. S. B, 17: 44-49.
- GRODZKI W. 1994: Consequences of the larch bud moth (*Zeiraphera griseana* Hb.) outbreak in Norway spruce stands of the Izerskie Mts. in Poland. W: Ecological stability, diversity and productivity of forest ecosystems (eds.: E. Bublinec, J. Kontris, O. Kontrisoiva). Slovak Academy of Sciences, Zvolen: 297-304.
- GRODZKI W. 1995: Wpływ osłabienia świerka przez zanieczyszczenia przemysłowe w Sudetach Zachodnich na zagrożenie ze strony szkodników wtórnych. Prace Inst. Bad. Leśn. S. B, 25/1: 145-162.
- GRODZKI W. 1997: Changes in the occurrence of bark beetles on Norway spruce in a forest decline area in the Sudety Mountains in Poland. W: Integrating cultural tactics into the management of bark beetle and reforestation pests (eds.: J. C. Gregoire, A. Liebhold, F. M. Stephen, K. R. Day., S. M. Salom). USDA Forest Service General Technical Report NE-236: 105-111.
- JEWUŁA E. 1978: Ustalenie obszarów leśnych najbardziej zagrożonych przez wiatr. Prace Inst. Bad. Leśn., 564: 119-154.

- JUREK E., OLSZOWSKA G., OLSZOWSKI J. 1983: Zamieranie drzewostanów świerkowych w rejonie Gór Izerskich. Sylwan 9-10: 13-20.
- KOEHLER W. 1971: Hylopatologiczna charakterystyka lasów Polski. PWRiL Warszawa.
- KUPKA I., 1993: Vliv stupne olišteni a obsahu širy v jehlici na prirust smrkových porostu. Lesnictvi-Forestry 39 (10): 402-407.
- KWAPIS Z., MATUSZCZYK I., CHŁODNY J., BARTKIEWICZ-KWAPIS B. 1990: Wpływ emisji przemysłowych na górskie drzewostany świerkowe. Sprawozdanie naukowe, Inst. Bad. Leśn. Katowice.
- KWAPIS Z., MATUSZCZYK I., MAJEWSKA L., SYREK D., CHŁODNY J., BARTKIEWICZ B. 1987: Wpływ emisji przemysłowych na górskie drzewostany świerkowe. Sprawozdanie naukowe, Inst. Bad. Leśn. Katowice.
- KWAPIS Z., MATUSZCZYK I. 1994: Bioindykacja skażeń środowiska leśnego w Sudetach Zachodnich. Prace Inst. Bad. Leśn. S. B, 21/1: 59-70.
- KWAPIS Z., MATUSZCZYK I., BARTKIEWICZ-KWAPIS B. 1995: Ocena degradacji drzewostanów świerkowych w Sudetach Zachodnich i Wschodnich oraz w Beskidzie Śląskim. Prace Inst. Bad. Leśn. S. B, 25/1: 87-110.
- LIWIŃSKA A., WAWRZONIAK J. 1993: Zanieczyszczenia powietrza w lasach, okres letni 1992. Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- LIWIŃSKA A., WAWRZONIAK J. 1994: Zanieczyszczenia powietrza w lasach, okres letni 1993. Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- MAŁACHOWSKA J., WAWRZONIAK J. 1994: Ocena uszkodzenia lasu na Stałych Powierzchniach Obserwacyjnych Monitoringu Biologicznego w 1993 r. Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- MODRZYŃSKI J., PETER A. 1996: Stopień defoliacji wybranych drzewostanów świerkowych w Górach Bialskich i masywie Śnieżnika Kłodzkiego. Sylwan 12: 31-40.
- OLSZOWSKI J., JUREK E. 1983: Wpływ zanieczyszczeń powietrza na stan sanitarny lasów w Sudetach Zachodnich. Las Pol. 9: 14-15.
- PASCHALIS P., ZAJĄCZKOWSKI S. (red.), 1994: Protection of Forest Ecosystems. Selected Problems of Forestry in Sudety Mountains. Fundacja "Rozwój SGGW", Warszawa.
- PETRAS R., NOCIAR V., PAJTIK J. 1993: Changes in increment of spruce damaged by air pollution. Lesnictvi-Forestry 39 (3-4): 116-122.
- PILAWA J., ZWOLIŃSKI A., ZIMNY J. 1979: Wskaźnica modrzewianeczka (*Zeiraphera griseana* Hb.) – nowy szkodnik świerczyn górskich w Polsce. Sylwan 12: 34-45.
- RAJMAŃSKI M. 1993: Objawy zamierania drzewostanów świerkowych (uszkodzenia korony) na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego. Las Pol. 4: 6-9.
- SIEROTA Z. 1995a: Zdrowotność a żywotność – próba definicji. Sylwan 2: 105-118.
- SIEROTA Z. 1995b: Przerzedzenie koron jako efekt stresu i źródło stresu. Sylwan 8: 5-24.
- SIEROTA Z., MAŁECKA M., LECH P. 1994: Czynniki kształtujące zagrożenie chorobowe lasów w regionach górskich i Górnym Śląskim Okręgu Przemysłowym. Prace Inst. Bad. Leśn. S. B, 19: 113-128.
- TRAMPLER T., DMYTERKO E., KLICKOWSKA A., KLUDKA J. 1992: Wpływ stanu uszkodzenia na produktywność drzewostanów świerkowych. Sprawozdanie naukowe, Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- TWAROWSKI Z., TWAROWSKA I. 1959: Studia i obserwacje nad opieńką miodową *Armillaria mellea* (Vahl.) Quéł. jako przyczyną masowego zamierania drzewostanów. Prace Inst. Bad. Leśn., 192: 1-62.
- WAWRZONIAK J., LIWIŃSKA A., CHWOJKA M. 1993: Zanieczyszczenia powietrza w lasach. Okres zimowy 1992/93. Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- WAWRZONIAK J., OSTALSKI B. 1987: Pomiar zanieczyszczeń powietrza w lasach – monitoring techniczny. Sprawozdanie za okres letni 1986. Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- ZAWADA J. 1983: Metoda oceny stanu zdrowotnego drzewostanów znajdujących się pod wpływem emisji przemysłowych. Las Pol. 10: