

## **Funkcjonowanie *Abies alba* (Pinaceae) w warunkach silnej antropopresji w Sudetach**

MACIEJ FILIPIAK

FILIPIAK, M. 2006. Life of *Abies alba* (Pinaceae) under the conditions of intense anthropopressure in the Sudety Mountains. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 13(1): 113–138. Kraków. PL ISSN 1640-629X.

**ABSTRACT:** In the Polish part of the Sudety Mts, the *Abies alba* Mill. (European silver fir) is rare, scattered, and severely affected by industrial pollution, but in recent years the process of its revitalization is observed. The present work describes resources of this species in respect of its genetic structure (basing on isoenzymatic research), total number of its localities and individuals, occurrence in varied site conditions, growth rate and degree of defoliation in various conditions, growth pattern in the last few decades (basing on dendrochronological research), soil properties in its localities, degree of roots mycorrhization, effects of former and current human economic activity. The presented data have enabled formulation of guidelines for a programme of its restitution in the study area.

**KEY WORDS:** *Abies alba*, dieback, industrial pollutions, revitalization, restitution, life strategy

M. Filipiak, Instytut Dendrologii, Polska Akademia Nauk, ul. Parkowa 5, PL-62-035 Kórnik, Polska; e-mail: mfil@man.poznan.pl

### WSTĘP

*Abies alba* Mill. (jodła pospolita) jest gatunkiem środkowoeuropejskim, górskim. Jej współczesny zasięg jest porozrywany na wyspy obejmujące pasma górskie i ma charakter reliktowy co, jak się przyjmuje, zostało w znacznej mierze spowodowane gospodarką człowieka. Występuje przeważnie w dolnym piętrze lasów górskich, od Pirenejów na zachodzie po Karpaty Wschodnie na wschodzie, często razem z bukiem i świerkiem. Najwyżej notowano ją na około 2000–2100 m n.p.m. w Pirenejach, Alpach, Apeninach i w górach Bułgarii, poza tym dociera do około 1800 m w rumuńskich Karpatach Południowych. W Polsce jodła osiąga północną granicę występowania, na północ od łuku Sudetów i Karpat. Naturalny zasięg *A. alba* ukształtował się u nas prawdopodobnie w okresie subatlantyckim, przed około 2000 laty, podobnie jak pionowy zasięg gatunku, który swoje najwyższe stanowiska osiąga u nas na wysokości 1450 m w Tatrach. W innych pasmach górskich dociera do 1322 m na Babiej Górze, 1260 m w Bieszczadach, około 1200 m na Policy i w Beskidzie Sądeckim (RALSKA-JASIEWICZOWA 1983; HUNTLEY & BIRKS 1983; BORATYŃSKI 1983).

Obszary leśne Sudetów były obiektem silnej, różnorodnej i trwającej od kilku stuleci presji ze strony człowieka. W rejonie tym najpierw wystąpiły praktycznie wszystkie negatywne czynniki związane z wczesnymi formami intensywnej gospodarki rolnej i przemysłowej, charakterystycznej dla wysoko rozwiniętych państw zachodnich. Później odcisnęła swe piętno mało wydajna, energochłonna i silnie ingerująca w środowisko gospodarka socjalistyczna. Efektem tego była jedna z największych klęsk ekologicznych, jakie wystąpiły w Polsce na obszarach leśnych.

Niniejsze opracowanie podejmuje próbę odpowiedzi na pytanie: jaki wpływ miała opisana wyżej sytuacja na zasoby jodły pospolitej – drzewa zaliczanego do najbardziej wrażliwych na zmiany zachodzące w jego środowisku naturalnym? Drugim ważnym zadaniem postawionym przed prezentowanymi tu badaniami było wykonanie kompleksowej, ilościowej i jakościowej oceny zasobów jodły, która w Sudetach jest gatunkiem zanikającym. Ocena ta miała być bazą dla działań związanych z ochroną i restytucją badanego drzewa na objętym pracami obszarze.

W Sudetach, gdzie uprawa jodły przez dłuższy czas stała pod znakiem zapytania (BARZDAJN i in. 1999), nie prowadzono zbyt wielu badań, chociaż w ostatnim czasie jest ich zdecydowanie więcej w związku z pracami nad jej restytucją (np. DOBROWOLSKA 2000; FARFAL 2000; SUSZKA 2000). Więcej jest też prac dotyczących ogólnych właściwości jodły, np. jej ekofizjologii (ROBAKOWSKI & WYKA 2003; ROBAKOWSKI i in. 2003; ROBAKOWSKI 2004), które bazują na materiale pochodzącym z Sudetów. Z prac dotyczących funkcjonowania jodły w specyficznych warunkach Sudetów na uwagę zasługują prace WILCZKIEWICZA (1974, 1976), BORATYŃSKIEGO i FILIPIAKA (1997), BARZDAJNA i in. (1999) oraz BARZDAJNA (2000). Szerzej zagadnienie to traktują prace powstałe w oparciu o badania autora niniejszego opracowania oraz współpracujących z nim badaczy.

W pracy przedstawiono wyniki badań oceniających zasoby jodły pod kątem: jej zróżnicowania genetycznego (badania izoenzymowe), ogólnej liczby stanowisk i egzemplarzy, występowania w różnych warunkach siedliskowych, tempa wzrostu i stopnia uszkodzenia korony w różnych warunkach, przebiegu wzrostu w ostatnich dziesięcioleciach (badania dendrochronologiczne), właściwości gleby w obrębie miejsc występowania, stopnia rozwoju symbioz z grzybami mikoryzowymi, wpływu obecnej i przeszłej gospodarki człowieka na badany gatunek.

## METODYKA

W pierwszej kolejności dokonano wstępnego przeglądu dostępnych danych dotyczących lokalizacji badanego gatunku. Analizowane dane pochodziły z publikacji florystycznych, głównie BORATYŃSKIEGO (1991), własnych obserwacji prowadzonych w latach 1995–1996, opisów taksacyjnych lasu, a przede wszystkim z badań ankietowych przeprowadzonych w latach 1995–1996 przy udziale Rejonowej Dyrekcji Lasów Państwowych we Wrocławiu. Zebrane w ten sposób dane zweryfikowano w oparciu o wyniki drugiej, rozszerzonej ankiety rozesłanej do pracowników nadleśnictw z terenu Sudetów w 1998 r. oraz w wyniku bezpośredniej lustracji terenowej. W opracowaniu wykorzystano również dane z kompleksowych inwentaryzacji przeprowadzonych w Karkonoskim Parku Narodowym (Barzdajn i Raj 2001, materiały niepublikowane) i Parku Narodowym Gór Stołowych (SZNAJDER 2001). W trakcie prac terenowych odwiedziono wszystkie leśnictwa, które wykazały jodłę na swoim terenie. Bezpośrednio zlustrowano ponad 800 z ogólnej liczby 2575 stanowisk. Stanowiska te wybrano tak, by reprezentowały wszystkie pasma górskie i różne warunki występowania *Abies alba* w Sudetach.

W trakcie badań terenowych notowano między innymi dane dotyczące pionowego i poziomego rozmieszczenia jodły, jej występowania w ramach poszczególnych pasm górskich oraz warunków topograficznych. Notowano też dane dotyczące siedliskowego typu lasu, składu, zwarcia i struktury drzewostanu, rozwoju odnowienia naturalnego oraz składu i stopnia rozwoju roślin runa. Uaktualnione dane dotyczące wszystkich stanowisk wprowadzono do bazy danych programu ACCESS, a miejsca występowania jodeł naniesiono na używane przez służbę leśną mapy obrębów leśnych w skali 1:25000. Szczegóły metodyczne tego etapu prac podano w pracy FILIPIAKA i BARZDAJNA (2004).

W przypadku 500 bezpośrednio lustrowanych stanowisk wykonano pomiary i obserwacje wykorzystane następnie do oceny bonitacji wzrostowej oraz stopnia uszkodzenia koron drzew. Na każdym badanym stanowisku oceniano do 30 (jeśli tyle było) losowo wybranych drzew, określając między innymi ich wysokość oraz cechy korony. Szczegóły podano w pracy FILIPIAKA (2005a).

Do badań izoenzymowych wybrano 8 izolowanych populacji z terenu Sudetów oraz po jednej z Beskidu Makowskiego i Bieszczad. W ramach tych populacji wybrano 312 drzew, z których zebrano pędy z pąkami i poddano analizie, stosując rozdziały elektroforetyczne ekstraktów białkowych na żelu skrobiowym. Analizowano zmienność 9. systemów enzymatycznych kodowanych w 13 loci allozymowych. Szczegóły metodyczne tego etapu opisano w publikacji LEWANDOWSKIEGO i in. (2001).

Analizy przyrostu grubości pnia oparto o próby pochodzące z ponad 350 drzew reprezentujących 42 stanowiska badanego gatunku z różnych części Sudetów. Analizowane drzewa pochodziły głównie z II. klasy Krafca (drzewa panujące). Szczegóły dotyczące pomiaru i analizy danych podano w pracy FILIPIAKA i UFNALSKIEGO (2004).

W trakcie terenowego przeglądu wybrano też 10 stanowisk do badań mikoryz, 12 do szczegółowych badań fitosocjologicznych oraz 60 do badań wierzchnich warstw gleby (warstwa humusowa i poziom mineralny). Wybrane stanowiska odznaczały się w miarę dużym udziałem jodły i reprezentowały różne części Sudetów, różne siedliska i różne typy drzewostanu. Stanowisko „Zagnańsk” z terenu Gór Świętokrzyskich potraktowano jako porównawcze. Charakterystykę wybranych stanowisk oraz szczegółową metodykę prac przedstawiono w opracowaniach FILIPIAKA i NAPIERAŁY-FILIPIAK (2002), FILIPIAKA i KOSIŃSKIEGO (2002), FILIPIAKA i in. (2003) oraz FILIPIAKA i KOMISAREK (2005). W latach 1999–2000 wybrano i założono 10 stałych, ogrodzonych powierzchni doświadczalnych do oceny struktury i przebiegu odnawiania się jodeł. Opis powierzchni i metody prowadzenia badań opisano w pracy FILIPIAKA (2002b).

## WYNIKI

### Wyniki analiz izoenzymowych

W przeciwieństwie do wcześniejszych opinii (np. KANTOR & VINCENT 1970; OBMIŃSKI 1977), jodła w Europie uważana jest obecnie za gatunek o dosyć dużej zmienności genetycznej, co wiąże się z jej historią migracji w holocenie (ŚRODOŃ 1983; HUNTLEY & BIRKS 1983; OBIDOWICZ i in. 2004). Dystanse genetyczne między poszczególnymi regionami występowania opisywanego drzewa są na ogół niezbyt duże, ale wyraźne (KORMUTAK i in. 1982; LONGAUER 1994; KONNERT & BERGMANN 1995; BREITENBACH-DORFER i in. 1997; FADDY i in. 1999; HUSSENBACHER 1999; GOMORY i in. 2004; BALLIAN & KAJBA 2005).

Szczegółowe przedstawianie wyników badań przeprowadzonych na materiale zebranym przez autora niniejszego opracowania oraz ich dyskusja znajduje się w pracy LEWANDOWSKIEGO i in. (2001).

Najważniejszy wynik to odnotowanie istotnego dystansu genetycznego między populacjami z Sudetów i dwoma porównawczymi populacjami z Karpat. Na możliwość istnienia takiego dystansu, pośrednio wskazywały prace MEJNARTOWICZA (1979), LONGAUERA (1994),

GUNII (1999) oraz SKRZYSZEWSKIEJ (1999a, b), a prezentowane badania kwestię tę jednoznacznie rozstrzygają. Otrzymane wyniki korespondują z sugestią o istnieniu w przeszłości co najmniej dwóch centrów, z których jodła rozprzestrzeniła się na obszar dzisiejszej Polski (ŚRODOŃ 1983; HUNTLEY & BIRKS 1983; BORATYŃSKI & FILIPIAK 1997).

Niski poziom zmienności genetycznej jodły oraz niski poziom genetycznego zróżnicowania stwierdzony w przypadku populacji sudeckich wydaje się potwierdzać przypuszczenia, że w odróżnieniu od świerka zdecydowana większość populacji jodły w Sudetach jest miejscowego pochodzenia.

Heterozygotyczność sudeckich populacji jest na ogół nieco niższa niż badanych populacji karpackich oraz znacznej części populacji ocenianych w innych badaniach (KORMUTAK i in. 1982; LONGAUER 1994; KONNERT & BERGMANN 1995; BREITENBACH-DORFER i in. 1997; FADDY i in. 1999; HUSSENBACHER 1999; BALLIAN & KAJBA 2005). Jeżeli jednak weźmiemy pod uwagę, że te ostatnie liczyły po kilkanaście tysięcy osobników, a sudeckie zazwyczaj kilkadziesiąt, maksymalnie kilkaset osobników, to wspomniana heterozygotyczność drzewostanów sudeckich wydaje się dosyć wysoka. LONGAUER (1994) sugeruje, że niższa heterozygotyczność cechuje populacje na obrzeżach zasięgu, a do takich można zaliczyć populacje jodły z Sudetów. Stwierdzenie odrębności genetycznej jodły z Sudetów oraz małego zróżnicowania populacji na tym obszarze ma bardzo duże znaczenie dla działań, które powinny doprowadzić do zwiększenia jej udziału w lasach na tym terenie. Oznacza to bowiem, że wszelkie prace odnowieniowe i zalesieniowe należy prowadzić bazując na nasionach miejscowego pochodzenia i bezwzględnie przestrzegać zakazu sprowadzania nasion i sadzonek z terenu Karpat, co się niekiedy niestety zdarza.

## Występowanie

### *Dane ogólne*

Sporządzony w programie ACCESS rejestr stanowisk jodły zawiera obecnie 2575 pozycji, z których 2008 to stanowiska jodeł w wieku powyżej 50 lat, które obejmują około 32,5 tys. jodeł. Pozostałe 567 pozycji rejestru to drzewostany młodsze, głównie w fazie uprawy lub podrostu. Widać z tego, że badany gatunek jest obecnie w Sudetach drzewem silnie rozproszonym (około 30 tys. starszych drzew przypada na ponad 2 tys. stanowisk) i występuje najczęściej w formie małych grup lub pojedynczych drzew. Często są to resztki większych populacji. Uwagę zwraca mała liczba jodeł w młodszych klasach wieku. Stanowiska te to zaledwie 18% ogólnej liczby. Poza tym znaczną część stanowisk stanowią drzewostany w tzw. KO (klasa odnowienia) lub KDO (klasa do odnowienia), czyli drzewostany silnie przerzedzone, z bardziej lub mniej zaawansowanym odnowieniem (na ogół niestety nie jodłowym). W takich przypadkach wysoki udział i duża powierzchnia wydzielienia sugerować mogą znaczną liczbę jodeł, tymczasem w praktyce jest ich tylko kilka lub kilkanaście. Obliczono, że aż 59% drzewostanów, w których występuje jodła odznacza się mniej lub bardziej rozluźnionym zwraciem (brak zwracania, zwracanie luźne, zwracanie przerywane). Na zwracanie umiarkowane przypada 36%, a na pełne 5% stanowisk.

Z przeglądu terenowego stanowisk jodłowych w wieku powyżej 50 lat pod kątem ich liczebności wynika, że przeciętna liczba jodeł na stanowisku to zaledwie 14,5. Przy liczbie

2008 stanowisk daje to 29116 egzemplarzy badanego drzewa we wszystkich pasmach Sudetów. Taka liczba drzew odpowiada zaledwie około 50 hektarom litego drzewostanu jodłowego w wieku 100 lat (CZURAJ 1997). Drzewostany, w których starszych jodeł jest więcej niż 100 to zaledwie jeden procent wszystkich stanowisk. Stanowiska z jedną jodłą stanowią aż 12% wszystkich lustrowanych, a 63% stanowisk to drzewostany z mniej niż 10 egzemplarzami badanego drzewa (FILIPIAK & BARZDAJN 2004).

#### *Rozmieszczenie poziome*

Występowanie badanego drzewa w poszczególnych pasmach Sudetów nie jest równomierne. Najwięcej jodeł na jednostce powierzchni występuje w Górach Bardzkich, a następnie w Górach Stołowych i Górach Bystrzyckich. Liczebność jodeł w obrębie Sudetów zwiększa się w kierunku z północnego-zachodu na południowy-wschód (FILIPIAK & BARZDAJN 2004). Podobny trend w rozmieszczeniu jodeł obserwujemy na mapach izopolowych OBIDOWICZA i in. (2004) dla okresów najbliższych naszym czasom. Być może jest to związane z faktem, że w Sudetach Wschodnich gleby pod lasami są przeciętnie nieco żyzniejsze i bardziej zasobne w wapń i magnez, na co wskazują między innymi analizy glebowe materiału zebranego w drzewostanach z udziałem jodły (FILIPIAK & KOMISAREK 2005). Jednym z czynników pogłębiających wspomniany wyżej trend, może być zmniejszanie się poziomu zanieczyszczeń gleby i powietrza z zachodu na wschód (KULASZKA & KWIATKOWSKA-SZYGULSKA 1999). Pewne znaczenie mogły też mieć czynniki historyczno-etniczne (FILIPIAK 2002a; FILIPIAK & BARZDAJN 2004).

#### *Rozmieszczenie pionowe*

W przypadku pionowego rozmieszczenia jodeł obserwuje się duże różnice w zależności od pasma i części Sudetów. Jak się wydaje, decydujące znaczenie ma ogólny rozkład powierzchni leśnej w poszczególnych przedziałach wysokościowych w danym paśmie. W wielu pasmach do wysokości 800 m liczba stanowisk w obrębie 100-metrowych przedziałów wysokościowych jest proporcjonalna do ogólnej powierzchni leśnej objętej tymi przedziałami. Powyżej 800 m badany gatunek występuje obecnie bardzo rzadko. Współczesne rozmieszczenie i wyniki wzrostu sugerują pospolite występowanie jodły w Sudetach w przeszłości w przedziale wysokościowym 350–800 m (FILIPIAK 2005b).

#### *Ekspozycja*

Duże różnice w zależności od pasma i części badanego obszaru obserwuje się również w przypadku ekspozycji stoków. Ogólnie przyjmuje się, że jodła preferuje ekspozycje północne i wschodnie. W Sudetach ekspozycje takie przeważają w przypadku Karkonoszy i Gór Stołowych, ale już w przypadku Sudetów Wschodnich (Krowiarki, Góry Białskie i Żłote, Masyw Śnieżnika) zaznacza się przewaga stanowisk południowych i zachodnich. Prawdopodobnie duże znaczenie ma tu przewaga ogólnej ekspozycji stoków w danym paśmie. Należy też wziąć pod uwagę fakt, że naturalny rozkład zacierają w dosyć silnym stopniu czynniki antropogeniczne. Ogólnie, bardzo nieznacznie zaznacza się przewaga ekspozycji północnej, jednak różnice we frekwencji stanowisk w ramach głównych ekspozycji nie są istotne statystycznie (FILIPIAK 2005b).

### *Nachylenie stoków*

Także pod tym względem występują znaczne różnice w zależności od ukształtowania terenu na danym obszarze. Duże znaczenie ma przeciętny stopień nachylenia stoków w danym paśmie. Względnie wysoką frekwencję stanowisk na stokach o stosunkowo dużym nachyleniu należy, być może wiązać z ich mniejszą dostępnością, a w związku z tym z mniejszą intensywnością gospodarowania w takich miejscach.

Ogólnie można stwierdzić, że badany gatunek występuje z podobną częstością na stokach o różnym nachyleniu i ekspozycji (FILIPIAK 2005b).

### *Ukształtowanie terenu*

Jodła często preferuje wklęsłe formy terenu, w szczególności głębokie doliny rzek i strumieni. Miejsca takie z jednej strony zapewniają jodle większą wilgotność, z drugiej, często hamowały w przeszłości intensywność gospodarki leśnej preferującej świerk. Ponad 50% stanowisk związanych jest z wklęsłymi formami terenowymi (dolina, stok wklęsły) tymczasem w badaniach florystycznych prowadzonych w różnych częściach Sudetów (BORATYŃSKI 1991; KOSIŃSKI 2001) częstość notowania takich form wynosi tylko od 20 do 30% (FILIPIAK 2005b).

### *Siedliskowy typ lasu*

Wśród stanowisk badanego drzewa wyraźnie przeważa LMG (las mieszany górski), który jednocześnie zajmuje zdecydowanie największą część powierzchni leśnej w Sudetach. Następne miejsca zajmują LG (las górski) i BMG (bór mieszany górski), LMwyż (las mieszany wyżynny) i BG (bór górski), w znacznej mierze proporcjonalnie do ogólnego udziału w powierzchni leśnej badanego obszaru (FILIPIAK 2005b).

### *Zbiorowiska leśne z udziałem jodły w Sudetach*

Wśród stanowisk jodły w Sudetach przeważają zbiorowiska potencjalnie kwaśnych buczyn (*Luzulo luzuloidis-Fagetum*) z roślinnością silnie przekształconą w kierunku borowym w wyniku uprawy świerka. Drugie miejsce zajmują typowe, głównie kwaśne buczyny, a na trzecim miejscu znajdują się zespoły grądowe (*Galio sylvatici-Carpinetum betuli*). Według WOJTERSKIEGO (1983) w Karpatach optymalne warunki wzrostu znajduje jodła w zespole żyznej buczyny karpackiej (*Dentario glandulosae-Fagetum*). W porównaniu z nią, żyzna buczyna sudecka (*Dentario enneaphylli-Fagetum*) jest zbiorowiskiem rzadko występującym i zajmuje stosunkowo niewielką powierzchnię, dlatego jej rzeczywiste znaczenie jako zespołu występowania jodły jest dużo mniejsze, niż mogłoby to wynikać z analizy zdjęć fitosocjologicznych tego obszaru, a ponadto jodła rośnie tu mniej licznie (FILIPIAK & KOSIŃSKI 2002). Największe powierzchnie siedlisk odpowiadających potencjalnie temu zespołowi występują we wschodniej części masywów otaczających Kotlinę Kłodzką. Z porównania map leśnych Nadleśnictwa Łądek z mapą roślinności potencjalnej MATUSZKIEWICZA i in. (1995) wynika, że siedliska takie zajmują na danym terenie około 3,8 tys. ha powierzchni leśnej i występują w ich obrębie 52 stanowiska jodły powyżej pięćdziesiątego roku życia (młodsze pochodzą z sadzenia, czasem z nasion sprowadzanych z Karpat, dlatego nie brano ich pod uwagę). Siedliska potencjalnie przypisane kwaśnej buczynie sudeckiej zajmują



około 11,2 tys. ha, obejmując 156 stanowisk jodły. Liczby stanowisk przypadające na jednostkę powierzchni są w obu przypadkach praktycznie jednakowe i wynoszą odpowiednio 0,0137 i 0,0139 stanowiska na 1 ha. Podobne wyniki uzyskano na obszarze Gór Bardzkich porównując w podobny sposób reglową formę grądu z kwaśną buczyną (odpowiednio 0,0135 i 0,0145 stanowiska na 1 ha). Wyraźnie mniej jodeł przypadało na tym obszarze na podgóorską formę grądu (0,002 stanowiska na 1 ha).

Poza wymienionymi zbiorowiskami jodła dość często występuje w pozostałościach dolnoreglowych borów jodłowo-świerkowych (*Abieti-Piceetum*) i ogólnie w zbiorowiskach ze związku *Vaccinio-Abietenion*. Ponadto sporadycznie spotyka się ją na uboższych siedliskach borowych (*Leucobryo-Pinetum*) oraz w dąbrowach acydofilnych (*Calamagrosti arundinaceae-Quercetum petraeae* i *Luzulo luzuloidis-Quercetum petraeae*). Na uwagę zasługuje także domieszka jodły w ciepłolubnych buczynach storczykowych (*Cephalanthero-Fagenion*) pasma Krowiarek w Sudetach Wschodnich (FILIPIAK & KOSIŃSKI 2002).

Ogólnie można stwierdzić, że jodła występuje w Sudetach w szerokim spektrum siedlisk. Obecnemu jej występowaniu wyraźnie sprzyjają powierzchnie leśne mniej intensywnie zagospodarowane, a przede wszystkim nie eksploatowane w przeszłości rębnią zupełną. Kompleksy leśne w wymienionych miejscach wyróżnia na ogół (lub wyróżniał w przeszłości) długi okres odnowienia lasu, co sprzyjało odnawianiu się jodły. O wyjątkowości lasów z jodłą w Sudetach może świadczyć fakt, że większość z nich (86%) zaliczono do lasów ochronnych.

Jodły spotyka się często na obecnej, a częściej na dawnej granicy polno-leśnej, co może świadczyć o obsiewaniu się badanego drzewa na obrzeżach pól.

Do niedawna, pojedyncze drzewa i małe grupy jodeł nie figurowały na ogół w żadnej dokumentacji leśnej, a zabiegi hodowlane nie uwzględniały wymagań potrzebnych do naturalnego odnowienia się badanego drzewa.

Analiza danych z operatów urzędzeniowych z lat 60. i 90., a więc okresu szczególnie silnego oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych wskazuje, że w przedziale czasowym, o którym mowa, liczba stanowisk jodły zmniejszyła się o 34%, a liczba osobników w ich obrębie o około 38%.

### Bonitacja wzrostowa

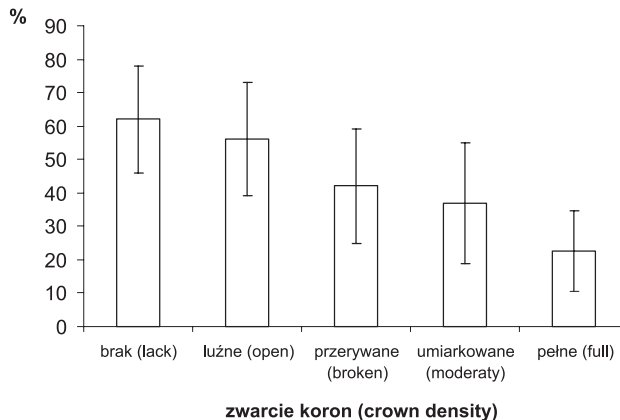
Z danych oceniających produktywność (bonitację wzrostową drzewostanu) badanego gatunku wynika, że jego wzrost jest wyraźnie lepszy na stanowiskach związanych z wklęsłymi formami terenowymi, zwłaszcza dolinami rzek. Przeciętny wzrost w przypadku innych wyróżnionych form terenu uznać należy za dobry i uzasadniający uprawę. Wyjątkiem są szczyty wzniesień, gdzie jodła nie powinna być sadzona. Uwagę zwraca stosunkowo mała różnica bonitacji (0,6 stopnia) w przedziale wysokościowym 300–800 m. Średnie wartości dla wszystkich wysokości z tego przedziału mieszczą się w granicach bonitacji drugiej. Powyżej 800 m bonitacja jodły wyraźnie się pogarsza. Przeciętna bonitacja dla wszystkich badanych stanowisk wynosi 2,04 i, jak się szacuje, jest o 0,52 stopnia niższa od średniej bonitacji jodły w Karpatach. Można to tłumaczyć przeciętnie lepszymi siedliskami w Karpatach oraz silnym i długotrwałym załamaniem przyrostu w Sudetach pod wpływem zanie-

czyszczeń przemysłowych. Ogólnie jednak wyniki dotyczące bonitacji jodły w Sudetach są lepsze od spodziewanych (FILIPIAK 2005a).

### Stopień uszkodzenia koron

Z badań prowadzonych w latach 1999–2001 wynika, że większość drzew charakteryzowała się koronami uszkodzonymi, przy czym ponad 30% z nich miało korony silnie i bardzo silnie uszkodzone, podczas gdy tylko około 25% drzew miało korony zdrowe lub słabo uszkodzone. Wyliczono, że przeciętna jodła w drzewostanach sudeckich miała koronę właściwą o długości zajmującej około 19% wysokości całkowitej drzewa i uszkodzoną w mniej więcej 36%. Na blisko 23% długości pnia wykształciła się korona odroślowa. Wynika z tego, że starsze jodły w Sudetach miały na ogół silnie zredukowane i dość mocno uszkodzone korony (FILIPIAK 2005a). U znacznej liczby drzew zaobserwowano procesy regeneracji koron, najsilniej zaznaczające się w drzewostanach przerzedzonych. Regeneracja koron przez rozwój pędów odroślowych przedłuża życie drzew, jednak przez długi czas nie wpływa na zwiększenie kwitnienia i obradanie nasion. W drzewostanach sudeckich przeważają drzewa o płaskich i szerokoparaboloidalnych wierzchołkach koron, co ma niewątpliwie związek z ich wiekiem, ale świadczy także o nienajlepszym wzroście. Na ogół w lepszej kondycji zdrowotnej są drzewostany rosnące w dolinach potoków i w dolnych partiach stoków większych wzniesień, na stanowiskach osłoniętych, na glebach głębokich i lepiej zaopatrzonych w wodę. Zdecydowanie gorzej prezentują się drzewostany rosnące na szczytach wzniesień, na glebach płytkich i suchych (FILIPIAK 2005a).

Stwierdzono bardzo wyraźną zależność stopienia uszkodzenia drzew od zwarcia drzewostanu. Zależność tę ilustruje rycina 1. Należy dodać, że w drzewostanach o zwarciu pełnym udział drzew zdrowych wynosił 59%, w drzewostanach o zwarcu umiarkowanym 39%, a w drzewostanach silnie przerzedzonych tylko 5,7%. Drzewostany rosnące w luźnym zwarcu i na wierzchołkach wzniesień narażone są w większym stopniu na działanie



Ryc. 1. Wpływ zwarcia na stopień uszkodzenia jodeł w Sudetach

Fig. 1. Effect of forest stand density on the extent of defoliation of fir trees in the Sudety Mts



zanieczyszczeń niesionych przez wiatr i mgły. Szczególnie źle wypadły oceny drzewostanów w klasie odnowienia (KO) i w klasie do odnowienia (KDO). Jodły, rosnące tu w bardzo luźnym zwarciu, mają najczęściej silnie zredukowane korony właściwe lub nie mają ich wcale, a żyją jedynie dzięki rozwiniętym koronom regeneracyjnym.

Drzewa, które w okresie wykonywania pomiarów rosły w otoczeniu świerków były uszkodzone przeciętnie w 36%, a rosnące w otoczeniu buków aż w 58%.

Wyniki ocen stopnia uszkodzenia koron z lat 1996, 2000 oraz 2005 wykonane w 10 drzewostanach, w których założono stałe powierzchnie obserwacyjne (FILIPIAK 2002b) wskazują na systematyczną poprawę jakości koron, co dotyczy zwłaszcza okresu 2000–2005 (FILIPIAK 2005a).

### Odnawianie się jodeł

Obserwacje dotyczące odnawiania się jodeł prowadzono przy okazji przeglądu terenowego stanowisk w latach 1999–2001. Notowano na ogół więcej młodych siewek niż w latach 1995–1996 (BORATYŃSKI & FILIPIAK 1997). Tym niemniej w opisie, aż 20% stanowisk znajduje się wzmianka „brak odnowienia”, a w przypadku 61% stanowisk adnotacja „pojedyncze siewki”. Bardziej szczegółowe badania prowadzone na stanowiskach z taką adnotacją, m.in. na stałych powierzchniach obserwacyjnych wskazują, że na jedno starsze drzewo przypada tu od 1 do 4 siewek. Przyjmując za tablicami CZURAJA (1997), że w litym, 100-letnim drzewostanie rośnie przeciętnie 600 jodeł, daje to w przeliczeniu od 500 (600) do 2500 siewek na 1 ha. Są to wartości stanowczo za małe nawet dla reprodukcji prostej, nie mówiąc już o rozprzestrzenianiu się gatunku. W dobrze odnawiających się drzewostanach karpaccich badanych przez JAWORSKIEGO (1979b) notowano do 60 tys. 2–5-letnich siewek na 1 ha. „Zasady Hodowli Lasu” (1988) zalecają przy odnowieniach posadzenie 8–10 tys. sztuk sadzonek, których przeżywalność w porównaniu z jednorocznymi siewkami jest znacznie wyższa. O dobrym odnowieniu, z dużą szansą na zachowanie w następnym pokoleniu dotychczasowej liczby jodeł, można mówić w przypadku 38 z blisko 800 lustrowanych stanowisk jodły. Mamy tu do czynienia albo z w miarę zwartym podrostem starszym, albo z dużym udziałem jodły w II lub III piętrze, bądź z młodnikiem pochodzącym z naturalnego odnowienia, ewentualnie bardzo obfitym i zdrowym nalotem (20 i więcej siewek na jedno drzewo). Powierzchnia stanowisk, o których mowa wyżej, rzadko przekracza kilka arów. Jest więc, niestety, niewielka. W przypadku 19% stanowisk adnotacja dotycząca odnowienia brzmi „odnowienie średnie”. Oznacza to, że na jedno drzewo przypada tu więcej niż 4, a mniej niż 20 siewek (w przeliczeniu 2500–12000 sztuk na hektar litego 100-letniego drzewostanu). Stanowiska te mają szansę na pełną reprodukcję w przypadku aktywnej ochrony odnowień (np. gradzenie) i zachowania dotychczasowej intensywności obsiewu. Nieco lepiej wygląda sytuacja w przypadku jodeł rosnących na siedliskach borowych, głównie boru mieszanego górskiego (BMG). Na 112 odwiedzonych stanowisk 38 opatrzone adnotacją „odnowienie średnie”. W grupie tej znalazło się też 16 (na ogólną liczbę 112) stanowisk z dobrym odnowieniem. Na siedliskach borowych runo jest zazwyczaj słabiej rozwinięte, co sprzyja odnawianiu się jodły.

Optymistycznym faktem jest niewątpliwie odnotowanie w ostatnich latach lepszego na ogół obradzania szyszek. Na znacznej części stanowisk jodły obradzają corocznie, chociaż na ogół różne egzemplarze w różnych latach. Większe urodzaje szyszek jodłowych odnotowano ostatnio w latach 1996, 1998, 2003 i 2005. Objęły one większą część Sudetów. Na ogół poprawia się też kondycja siewek, o czym świadczą duże przyrosty roczne pędów. W ostatnim okresie polepszyła się udatność i kondycja upraw sztucznych, w czym znaczny udział ma upowszechnianie się praktyki gradzenia upraw oraz innych form ochrony odnowień. Problemem jest natomiast niekontrolowane sprowadzanie w Sudety sadzonek z terenu Karpat. W ramach prowadzonej inwentaryzacji stanowisk prowadzono rejestr upraw z jodłą pochodzącą spoza Sudetów.

Słabe odnawianie się Sudeckich jodeł potwierdzają również szczegółowe badania prowadzone w obrębie gradzonych powierzchni doświadczalnych (FILIPIAK 2002b). Na żadnej z badanych powierzchni nie stwierdzono liczby młodych jodeł, która gwarantowałaby zwiększenie jej udziału w składzie przyszłego drzewostanu. Szansę na utrzymanie dotychczasowego, niskiego na ogół udziału odnotowano tylko w przypadku trzech na dziesięć ocenianych powierzchni. Sytuacja ta utrzymała się do chwili obecnej, chociaż praktycznie na wszystkich powierzchniach odnotowano wzrost liczby siewek przypadających na jedną starszą jodłę, który waha się od 10 do nawet 50%.

Wyniki dotyczące struktury wiekowej siewek zwracają uwagę na dużą rolę lat nasienych w procesie naturalnego odnawiania się badanego gatunku. Na większości powierzchni proces ten rozkłada się na wiele lat. Należy zaznaczyć, że w żadnym z badanych przypadków nie został jeszcze zakończony, a na większości powierzchni jest dopiero w fazie początkowej (FILIPIAK 2002b).

Samosiewy są na ogół bardzo nierównomierne i wyraźnie częściej występują w miejscach pozbawionych pokrywy roślin zielnych. Odnawianiu sprzyja też odsłonięcie gleby mineralnej lub tylko wzruszenie warstwy ściółki, np. w miejscach zrywki drewna. Na założonych w 1999 r. powierzchniach w Rębiszowie, Dobromyślu i Lubawce wykonano po kilkadziesiąt talerzy (odsłonięcie próchniczno-mineralnej warstwy gleby na powierzchni kwadratu o boku od 0,5 do 1 m). Wiosną 2001 r. liczba siewek na talerzach była od 2,5 (maksymalnie 5) (talerze wykonane w miejscach z pokrywą z martwej ściółki) do 12 (maksymalnie 30) (talerze wykonane w miejscach zadarnionych) razy wyższa niż w ich otoczeniu. Negatywny wpływ pokrywy zielnej na odnawianie się jodeł potwierdzają badania wykonane na starych powierzchniach obserwacyjnych w Parku Narodowym Gór Stołowych (FILIPIAK i in. 2005). Stwierdzono, że w warunkach w miarę zwartej pokrywy traw (pokrycie 70–100%) liczba młodych siewek jest o połowę mniejsza niż w przypadku, gdy pokrywają one od 0 do 35% powierzchni gruntu. Według danych z opisów taksacyjnych lasu z terenu Gór Bardzkich (najzasobniejsze w jodłę pasmo Sudetów) w drzewostanach z udziałem jodły przeważają pokrywy powierzchni gruntu niekorzystne dla odnawiania się drzew: „zadarniona” 44%, „silnie zadarniona” 22% i „zdziczała” 17%. Sprzyjająca odnowieniu „martwa ściółka” występuje tylko na 11%, a „pokrywa zazieleniona” na 19% stanowisk. Wyniki prezentowane w cytowanej wyżej pracy (FILIPIAK i in. 2005) zwracają uwagę na rolę *Deschampsia flexuosa*. Gatunek ten może często ograniczać obsiew jodły nawet w przypadku „pokrywy zazielenionej” (uważanej przez hodowców lasu za korzystną dla odnawiania się drzew).

Sytuacja taka powstaje w drzewostanach o dominacji świerka, a w takich znajduje się 87% stanowisk jodły w Sudetach. Na słabe odnawianie się jodły w warunkach silnie rozwiniętej pokrywy roślin zielnych zwrócił też ostatnio uwagę PALUCH (2004).

Jak się wydaje, główny problem z odnawianiem się jodły w Sudetach związany jest z uszkodzeniem górnych części koron, a także z rozproszeniem i małą liczbą drzew na stanowisku. U jodeł szyszki wykształcają się w szczytowej partii koron. Występujące na wielu stanowiskach silne uszkodzenie tej części koron sprawia, że brakuje pędów zdolnych do ich wytworzenia. Dodatkowym czynnikiem ograniczającym obradanie w okresie silnej presji zanieczyszczeń, było zapewne szczególne narażenie wierzchołków drzew na działanie kwaśnych osadów i związane z tym uszkodzanie delikatnych kwiatów. Suszka i Lewandowski, (informacja ustna) badali w 1999 r. nasiona drzew rosnących w Karkonoskim Parku Narodowym. Badania te wykazały na niektórych stanowiskach bardzo niski odsetek zdolnych do kiełkowania nasion (średnio 24%) i wysoką wsobność (70–80%). To ostatnie mogło być jedną z przyczyn wysokiej śmiertelności siewek, odnotowanej przez DOBROWOLSKĄ (2000) w trzech największych populacjach tego drzewa w Karkonoskim Parku Narodowym. Z podobną sytuacją mieliśmy zapewne do czynienia na wielu sudeckich stanowiskach jodły, co bardzo ograniczało ogólną liczbę zdrowych siewek powstających w kolejnych latach obsiewu. MEJNARTOWICZ i in. (1994) badali zmienność izoenzymową jodeł w dwóch zachowanych jeszcze w miarę dobrym stanie populacjach w Międzygórzu i Łądku Zdroju i odnotowali mniejszą heterozygotyczność nowego pokolenia w porównaniu z rodzicielskim.

W ostatnim okresie jodły na wielu stanowiskach wytwarzają więcej szyszek. Liczba wschodów otrzymywanych z nasion w latach dobrego urodzaju (np. 2003 r.) wzrosła ze wspomnianych 24% do 50–55%.

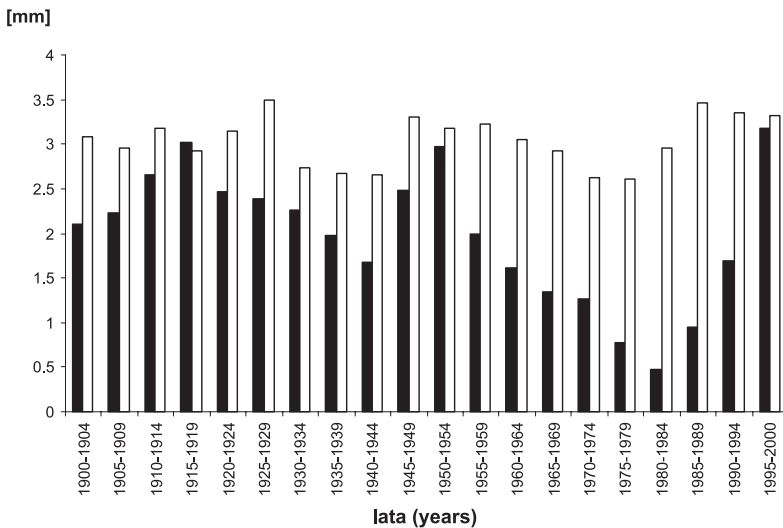
Odnowienia jodły w Sudetach, przy braku grodzień były, a w wielu miejscach są nadal poddane niezwykle silnej presji ze strony zwierzyny, która szczególnie chętnie zgryza to czego jest mało, a więc jodłę. Praktycznie wszystkie lustrowane odnowienia naturalne i sztuczne uprawy, które nie były w żaden sposób zabezpieczone wykazały znaczny stopień uszkodzenia przez zwierzynę. Procent uszkodzonych młodych jodeł wahał się od 32% do 97% (przeciętnie 57%), z czego ponad połowę stanowiły uszkodzenia silne. Należy zauważyć, że uszkodzenia siewek obserwuje się głównie w przypadku siewek starszych (4–5-letnie i starsze). Siewki młodsze zwierzyna na ogół zjada w całości tak, że nie pozostaje po nich żaden ślad.

JAWORSKI (1979b) zwrócił uwagę na większą liczbę podrostów jodły na siedliskach borowych (*Vaccinio-Piceetalia*), niż w kwaśnych buczynach (*Luzulo-Fagetum*). Również w naszych badaniach stanowiska na siedlisku borowym wypadły najlepiej. Gorzej pod względem odnowienia wypadły powierzchnie reprezentujące kwaśne buczyny, a najslabiej stanowiska łąkowe. Zdaniem JAWORSKIEGO (1979b) odnawianiu się jodły sprzyja próchnica o charakterze butwinowym, związana ze słabszymi siedliskami. Odnowienia opisywanego gatunku na takim podłożu wolne są na ogół od negatywnego wpływu grzyba *Cylindrocarpon destructans* oraz okresowych kumulacji manganu w igłach. W świetle naszych badań duże znaczenie może też mieć fakt, mniejszej w stosunku do siewek jodły konkurencji ze strony roślin runa na siedlisku borowym (FILIPIAK 2002b).

### Analizy przyrostowe

Jednym z elementów oceny zasobów jodły była analiza przyrostów średnicy pnia na wysokości 1,3 m (pierśnica), przeprowadzona w oparciu o pomiary nawiertów wykonanych świdrem przyrostowym. Na większości wykresów przedstawionych w pracy FILIPIAKA i UFNALSKIEGO (2004) uwagę zwraca wyraźny wzrost wartości przyrostu w latach 1985–2000 następujący po okresie wyraźnego i długiego spadku. Jedynie u 8% analizowanych drzew przyrost nie uległ zwiększeniu. Nierzadko przyrost ostatnich lat osiąga wartości najwyższe dla całego okresu życia drzewa. Wyraźną tendencję wzrostową obserwuje się nie tylko u drzew górujących i panujących, ale i współpanujących, a nawet opanowanych. Na wielu stanowiskach intensywnie przyrastają drzewa o silnie uszkodzonej koronie właściwej. W tym przypadku jej rolę przejmuje korona wtórna utworzona przez pędy odroślowe (FILIPAK & UFNALSKI 2004).

Rycina 2 przedstawia kształtowanie się przeciętnych przyrostów u 30 analizowanych drzew z koroną najsilniej uszkodzoną i 30 z koroną uszkodzoną najłagodniej. Kształtowanie się przyrostu w obu grupach sugeruje, że w Sudetach w mniejszym stopniu mamy obecnie do czynienia z ogólnym zwiększeniem przyrostu, a raczej z jego regeneracją i powrotem do stanu sprzed załamania.



**Ryc. 2.** Przeciętna szerokość słojów rocznych jodeł silnie uszkodzonych (czarne słupki) i słabo uszkodzonych (białe słupki) przez zanieczyszczenia powietrza w Sudetach

**Fig. 2.** Mean annual ring width in fir trees severely affected (black bars) and slightly affected (white bars) by industrial air pollution in the Sudety Mts

Słabsze reakcje przyrostowe w ostatnim okresie obserwuje się też u jodeł starszych, ponad 200-letnich. Dotyczy to zwłaszcza tych egzemplarzy, które w młodości rosły stosunkowo szybko, najprawdopodobniej w pełnym świetle (FILIPAK & UFNALSKI 2004). Koresponduje to z poglądem, że takie jodły szybciej się starzeją, a zdolność dynamicznej

reakcji na poprawę warunków wzrostu ulega u nich osłabieniu (JAWORSKI & ZARZYCKI 1983). Regeneracja przyrostu na ogół wcześniej wystąpiła na wschodzie Sudetów, gdzie suma zanieczyszczeń była niższa, a później w Sudetach Środkowych i Zachodnich, gdzie zanieczyszczeń było więcej (FILIPIAK & UFNALSKI 2004).

### Badania glebowe

Według JAWORSKIEGO i ZARZYCKIEGO (1983) w Karpatach północno-zachodnich jodła preferuje podłoża ilaste, gliniaste i tylko pewną część gleb piaszczysto gliniastych z większym udziałem frakcji ilastej. Z naszych badań wynika, że spektrum warunków, w jakich badany gatunek występuje w Sudetach przesunięte jest wyraźnie w kierunku gleb lżejszych. Znaczny jest szczególnie udział glin piaszczystych oraz pyłów piaszczystych, a prawie zupełnie brakuje podłoży ilastych (FILIPIAK i in. 2003). Według JAWORSKIEGO i ZARZYCKIEGO (1983) w Karpatach warunki takie lepiej odpowiadają wzrostowi buka niż jodły. Konkurencja buka może więc na obszarze Sudetów mieć większe znaczenie niż na terenie Karpat, zwłaszcza, że ma on również mniejsze wymagania pod względem wilgotności gleby, a opadów jest w Sudetach przeciętnie mniej niż w Karpatach (np. MATUSZKIEWICZ 2002). Na odnotowanie zasługuje też fakt słabszego odnawianie się jodeł na glebach pylastych (FILIPIAK i in. 2003). Gleby te występują głównie na pogórzach, na potencjalnie grądowych siedliskach.

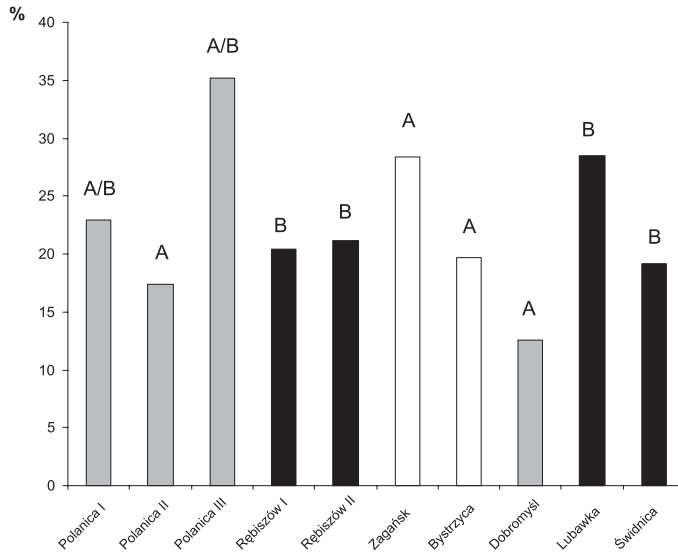
Dominacja glinu i wodoru pośród kationów wymiennych sprawia, że badane gleby wykazują często bardzo silnie kwaśny odczyn, który niejednokrotnie obniża się do pH 2,5 (w KCl). Bardzo silnie kwaśny odczyn nie jest jednak czynnikiem ograniczającym odnawianie się jodły, która wykazuje również dużą tolerancję na znaczne różnice w składzie chemicznym podłoża. Gleby wschodniej części Sudetów, gdzie badany gatunek jest częściej spotykany, są przeciętnie zasobniejsze w wapń i magnez, a stanowiska jodły z lepszym odnowieniem naturalnym są na ogół lepiej zaopatrzone w potas (FILIPIAK & KOMISAREK 2005).

Badane gleby wykazują dużą zmienność pod względem składu chemicznego w poziomach 0 (warstwa humusowa) i A (poziom mineralny), jednak wartości stężeń odpowiadające poszczególnym elementom nie różnią się zdecydowanie od przyjętych norm. Jedynie zawartość ołowiu w przypadku kilkunastu badanych stanowisk przekracza normy przyjęte dla gruntów użytkowanych rolniczo. Odnotowane wartości są jednak wyraźnie niższe od norm przyjętych dla innych gruntów. W grupie stanowisk z większą zawartością ołowiu są też takie, w których obrębie stwierdzono lepsze od przeciętnego odnawianie się jodły, między innymi powierzchnia próbną z Zagnańska uważana za odnawiającą się optymalnie. Sugeruje to, że poziom zanieczyszczenia ołowiem nie miał w badanych przypadkach większego wpływu na odnawianie się jodeł (FILIPIAK & KOMISAREK 2005).

W podsumowaniu można stwierdzić, że pomimo dużego zróżnicowania w obrębie badanych stanowisk żaden z analizowanych czynników nie ma zdecydowanego wpływu na naturalną regenerację jodły, a czynnik skażenia gleb nie jest obecnie w Sudetach główną przyczyną niezadowolającego odnawiania się tego drzewa (FILIPIAK & KOMISAREK 2005).

### Stopień zmikoryzowania korzeni jodeł

Rycina 3 przedstawia fragment badań dotyczących zmikoryzowania korzeni jodeł wykonanych w 2000 r. na 9. powierzchniach próbnych w Sudetach i jednej porównawczej w Górach Świętokrzyskich. Nie odnotowano wyraźnej zależności między liczbą korzeni mikoryzowych a stopniem uszkodzenia koron starszych drzew oraz poziomem rozwoju odnowienia naturalnego jodeł (FILIPIAK & NAPIERAŁA-FILIPIAK 2002).



**Ryc. 3.** Procentowy udział korzeni mikoryzowych w ogólnej masie korzeni drobnych na wybranych stanowiskach jodeł. Starsze jodły uszkodzone: słabo – białe słupki; przeciętnie – szare słupki; silnie – czarne słupki. Odnowienie naturalne: A – dobre; A/B – średnie; B – słabe

**Fig. 3.** Percentage contribution of mycorrhizal roots to the total weight of fine roots in selected localities of European silver fir. Old trees damaged: slightly – black bars; medium – grey bars; strongly – black bars. Natural regeneration: A – good; A/B – medium; B – weak

Na stanowiskach prześwietlonych i w związku z tym zachwaszczonych stwierdzono przeciętnie mniej korzeni mikoryzowych. Może to sugerować, że bujny rozwój roślinności zielnej pod okapem jodeł ma negatywny wpływ na liczbę mikoryz powstających na korzeniach tego drzewa (FILIPIAK & NAPIERAŁA-FILIPIAK 2002).

Ogólna ilość żywych mikoryz na korzeniach starszych jodeł w Sudetach jest większa niż się spodziewano. Procent zmikoryzowanych wierzchołków korzeni jest zbliżony do tego jaki odnotowali KOWALSKI i in. (1996) w badaniach prowadzonych na terenie Karpat. Znalezione w Sudetach mikoryzy należą do różnych typów morfologicznych (FILIPIAK & NAPIERAŁA-FILIPIAK 2002). Nie można więc raczej obecnie mówić o braku mikoryz jodłowych na obszarze objętym badaniami. Podobne wyniki otrzymała FARFAL (2000), która prowadziła badania na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego. W przedstawianych tu badaniach najwyższą liczbę mikoryz dichotomicznych, uważanych za bardziej korzystne dla gospodarza (KOWALSKI i in. 1996) odnotowano na powierzchni porównawczej



w Zagnańsku. Może to sugerować, że ogólny poziom zmikoryzowania korzeni u rozproszonych sudeckich jodeł jest jednak nieco niższy niż u jodeł rosnących w dużych populacjach Gór Świętokrzyskich. Pięć czy dziesięć lat wcześniej, różnica mogła być większa. Nie można więc wykluczyć, że wysoki poziom zanieczyszczeń ograniczył liczbę mikoryz jodłowych w Sudetach, co z kolei mogło dodatkowo wpływać na osłabienie wzrostu tego drzewa. Obserwowane w ostatnich latach dynamiczne zmiany w przyroście jodeł sugerują jednak, że zachowały one stosunkowo duży i zdrowy system korzeniowy, a stopień jego uszkodzenia w okresie największej presji ze strony zanieczyszczeń był znacznie mniejszy niż w przypadku koron.

## DYSKUSJA

Trudno jednoznacznie określić jaki był udział jodły w lasach Sudetów przed ich zasiedleniem przez człowieka. Mapy izopolowe OBIDOWICZA i in. (2004) sugerują, że był on zbliżony do jej pierwotnego udziału w lasach Karpackich. Obecnie wynosi on ok. 26% (SABOR 1999), ale pierwotnie mógł dochodzić do 50–60% (BORATYŃSKI 1983; BERNADZKI 1983). Zdaniem JAWORSKIEGO i ZARZYCKIEGO (1983) pierwotny udział jodły w lasach sudeckich mógł być mniejszy w porównaniu z lasami karpackimi z uwagi na fakt, że gleby w pierwszym przypadku są wyraźnie lżejsze niż w drugim. Znaczenie mogła tu mieć wspomniana wyżej większa konkurencja ze strony buka (FILIPIAK i in. 2003). Z drugiej jednak strony wskazuje się na szeroką skalę ekologiczną gatunku i jego gromadne występowanie także na siedliskach uboższych (np. WOJTERSKI 1983; JAWORSKI & ZARZYCKI 1983). Badania przedstawiane w niniejszej pracy nie wykazały wyraźnej preferencji jodły „sudeckiej” w odniesieniu do żyzniejszych stanowisk, a lepsze jej odnowienia notowano raczej na mniej zasobnych glebach. Obecnie przyjmuje się dla Sudetów jako docelowy udział w granicach 18–20% (BARZDAJN 2000) chociaż udział pierwotny był na pewno wyższy. Tak czy inaczej różnica między tym udziałem a obecnym jest bardzo duża. Główną przyczyną takiego stanu jest działalność człowieka. Jak wynika z licznych opracowań (np. WALCZAK 1968; ZIENTARSKI i in. 1994; STAFFA 2001) obszar Sudetów, jak na teren górski, został stosunkowo wcześniej skolonizowany. Rozwijały się tu różne formy gospodarki, która wywierała bardzo silną presję na miejscowe lasy (BORATYŃSKI & FILIPIAK 1997; FILIPIAK 2002a). Wzmoczone nasilenie trzebieży lasów sudeckich zaczęło się już w XIII w. w związku ze wzmożonym osadnictwem. W XV w. pola uprawne dotarły do 800 m n.p.m., czyli w znacznej części przypadków do partii szczytowych. Już w XIII w. pojawiły się w Sudetach huty szkła, które miały na ogół charakter wędrujący, zmieniając położenie w miarę wyczerpywania się w okolicy zasobów drewna. Dewastacji dopełniały smolarnie, wytwórnie węgla drzewnego, różnego typu kopalnie, kuźnice, huty żelaza, piece wapiennicze, cegielnie, zwiększone zapotrzebowanie na potaż na potrzeby silnie rozwiniętego tkactwa, pasterstwo oraz kilka fal osadnictwa (WALCZAK 1968; ZIENTARSKI i in. 1994; STAFFA 2001; FILIPIAK 2002a).

Rabunkowe użytkowanie lasu miało na ogół charakter wielkoobszarowych wyrębów, często wywołujących procesy erozji wierzchnich warstw gleby. Wszystko to sprawiło, że dzisiaj niełatwo znaleźć obszar, nawet trudno dostępny, o którym można by powiedzieć z całą pewnością, że nie został w przeszłości wylesiony, a w wielu miejscach do wylesień

dochodziło kilkakrotnie. Biorąc pod uwagę fakt, że jodła pospolita uważana jest za drzewo szczególnie wrażliwe na zmiany zachodzące w miejscach jej bytowania, należy się raczej dziwić, że w połowie XVIII w. jej udział w niektórych rejonach Sudetów dochodził jeszcze do 10% (ZOLL 1958).

Wiek dziewiętnasty przyniósł planową gospodarkę leśną, bazującą na zalesianiu i sztucznym odnawianiu lasu. Strategia hodowlana oparta została o zasady najwyższej renty gruntowej (ZIĘTARSKI i in. 1994; BORATYŃSKI i in. 1998). Za najbardziej uzasadnione ekonomicznie uznano stosowanie dużych zrębów zupełnych, a następnie ich odnowienie wysoko wydajnym i stosunkowo szybko rosnącym świerkiem. Gatunki wymagające długiego okresu odnawiania, a więc buk a szczególnie jodła nie znalazły na ogół miejsca w składzie nowo powstających leśnych zbiorowisk zastępczych. Ewentualne odnowienie naturalne tych drzew, w warunkach otwartego zrębu i silnej konkurencji sadzonego świerka, rozwijało się przeważnie słabo, a często było świadomie usuwane jako element mało przydatny i spowalniający wzrost głównego gatunku. Dynamiczny rozwój przemysłu i spalanie dużych ilości węgla kamiennego przyniosły jeszcze w końcu XIX w. istotny wzrost zanieczyszczeń powietrza (WALCZAK 1968; ZIĘTARSKI i in. 1994; BORATYŃSKI i in. 1998). Z danych WILCZKIEWICZA (1976) wynika, że w przededniu II wojny światowej jodła zajmowała w Sudetach nie więcej niż 1–2% powierzchni leśnej, a w czasie wojny udział ten uległ zapewne jeszcze zmniejszeniu. Po wojnie dla drzewa o tak małym udziale nie stosowano odrębnych zasad hodowlanych traktując jodłę jak świerk i usuwając wszystkie drzewa z objawami uszkodzeń, co skutkowało dalszą redukcją jej zasobów. I tak w połowie lat 60. jej udział powierzchniowy oceniono na 0,5% (WILCZKIEWICZ 1976), w 1978 r. na 0,4% (ZIĘTARSKI i in. 1994), a w 1983 r. już tylko na 0,2% (BORATYŃSKI 1983) powierzchni leśnej, przy czym dane te były zapewne nieco zawyżone. Tak szybki przebieg zmniejszania się zasobów jodły związany był niewątpliwie ze zjawiskiem zamierania lasu, które zaczęło się w końcu lat 70. ubiegłego wieku, zwłaszcza w wyższych partiach Karkonoszy i Gór Izerskich (ZIĘTARSKI i in. 1994). Zjawisko to było związane z bardzo silnym wzrostem poziomu zanieczyszczeń powietrza emitowanych przez wielkie elektrownie opalane węglem brunatnym. Odnotowano szczególnie silny wzrost emisji  $\text{SO}_2$ , która osiągnęła maksimum w połowie lat siedemdziesiątych. Po tym okresie, pomimo wzrostu spalania węgla (poza krótkim spadkiem w latach kryzysu ekonomicznego), wzrost emisji został zahamowany, a jej poziom nawet nieznacznie zmalał, utrzymując się jednak na wysokim poziomie. Po polskiej stronie największym źródłem emisji było Zagłębie Turosszowskie, a więc rejon sąsiadujący z Sudetami od zachodu. Blisko czterokrotnie większe emisje notowano w tym samym czasie w przyległych rejonach Czech i Niemiec (ABRAHAM i in. 1999). W związku z przewagą zachodnich wiatrów większość zanieczyszczeń z wymienionych obszarów kierowana była w rejon Sudetów, które na początku lat 90. włączono do tzw. „czarnego trójkąta” obejmującego tereny Czech, Niemiec i Polski, szczególnie zagrożone wysokim poziomem emisji przemysłowych. Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych większość monitorowanych zanieczyszczeń znacznie przekraczała dopuszczalne normy oscylując wokół wielkości: dla  $\text{SO}_2$  –  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dla  $\text{NO}_2$  –  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dla pyłu zawieszonego –  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ABRAHAM i in. 1999; ANONIM 2000; FILIPAK 2002a; FILIPIAK & UFNALSKI 2004).

Przedstawione wyżej wyniki potwierdziły wcześniejsze doniesienia o silnym, a nawet bardzo silnym uszkodzeniu koron jodeł w Sudetach (np. BORATYŃSKI 1991; BORATYŃSKI & FILIPIAK 1997). Pod koniec lat 90. uszkodzenia te były znacznie większe niż w Karpatach, gdzie również odnotowano zamieranie jodeł (JAWORSKI & SKRZYŻEWSKI 1986; JAWORSKI i in. 1995). Stan taki wiązać należy niewątpliwie z bardzo wysokim stopniem zanieczyszczeń na terenie Sudetów. Dodatkowym czynnikiem sprzyjającym uszkodzeniu jodeł było ich częste występowanie w drzewostanach przerzedzonych (około 60% stanowisk). Według JAŁY i BŁASIA (2000) szczególna koncentracja zanieczyszczeń, zwłaszcza niesionych przez osad mgielny występuje na brzegu drzewostanu, dotyczy to również drzew rosnących w bardzo luźnym zwarciu. Szczególnie dużo szkód powodowały epizody, czyli krótkotrwałe okresy szczególnie dużej koncentracji zanieczyszczeń w danym miejscu stoku w wyniku specyficznego układu warunków atmosferycznych (ZWOŹDZIAK i in. 1998; ANONIM 2000). Z badań przeprowadzonych w Karkonoszach w 1995 r. (ZWOŹDZIAK i in. 1998), a więc w czasie, gdy emisje uległy już istotnemu ograniczeniu wynika, że często dochodziło tam do sytuacji, kiedy w czasie 2–4 godzin stężenie  $\text{SO}_2$  w powietrzu przekraczało  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  w partiach szczytowych i  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  w niższych położeniach. W tym samym czasie po czeskiej stronie Karkonoszy zanotowano jednorazowy wzrost stężenia do poziomu  $194 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (KUBIZŃAK & KUBIZŃAKOVÁ 1998). Badania prowadzono w jesieni, tymczasem maksymalne stężenia zanieczyszczeń i nasilenie szkód przez nie powodowanych występuje najczęściej w zimie (np. DAVISON & BARNES 2004; MILLS 2004; FABISZEWSKI 2005). W okresie tym wzrasta poziom emisji zanieczyszczeń w związku z większym zapotrzebowaniem na energię cieplną i elektryczną. Jest więc prawie pewne, że podane wyżej wartości stężeń nie są maksymalnymi, jakie wystąpiły. Poza tym kwaśne opady obniżają odporność roślin na niskie temperatury, co najprawdopodobniej związane jest z „wymywaniem” wapnia z membran komórkowych (FABISZEWSKI 2005). Wyraźne zwiększenie szkód mrozowych u świerka obserwowano już przy dłuższym oddziaływaniu stężeń w granicach  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (DAVISON & BARNES 2004), a jodła uważana jest powszechnie za gatunek bardziej od świerka wrażliwy na mróz (np. JAWORSKI & ZARZYCKI 1983). Za występowaniem u jodły w Sudetach silnych szkód mrozowych przemawia odnotowanie przez autora niniejszej pracy, blisko dwukrotnie większych uszkodzeń jej koron w przypadku, gdy rosła ona w otoczeniu bezlistnych w zimie buków niż świerków. Stwierdzono, że kwaśne mgły wymywają 10 razy więcej wapnia przy pH 3 niż pH 5 (FABISZEWSKI 2005). Sudety należą do pasm górskich o dużej liczbie dni z mgłami, stąd częstsze niż gdzie indziej występowanie silnie zakwaszonych osadów (SOBIK i in. 1998; BŁAS & SOBIK 2000). Destrukcyjny wpływ kwaśnych osadów mgielnych na jodły wykazał między innymi IGAWA i in. (1997). Omawiane tu zjawiska atmosferyczne występują częściej w górnych częściach stoku, tu też łatwiej docierały zanieczyszczenia dalekiego zasięgu, stąd też większe uszkodzenia koron na wyższych wysokościach i w górnych partiach stoków oraz w warunkach luźnego zwarcia. Podane wyżej fakty dosyć jednoznacznie wykazują, że zanieczyszczenia powietrza w okresie ich maksymalnego nasilenia musiały wywierać silny destrukcyjny wpływ na jodłę.

W ostatnich latach poziom zanieczyszczeń przemysłowych w Sudetach uległ znaczącej redukcji. Dotyczy to zwłaszcza tlenków siarki. Ich emisja zmniejszyła się z około 1,9 mln.

ton w 1989 r. do 200 tys. ton w 1999 r. (ABRAHAM i in. 1999; FILIPIAK & UFNALSKI 2004), a średnie stężenia z 50–60 do 5–6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (ANONIM 2000; FILIPIAK & UFNALSKI 2004). Jest to jedyny element środowiska, który uległ tak radykalnej zmianie i chociażby dlatego jego związki z dynamicznymi zmianami w przyroście jodeł wydają się oczywiste. Pierwszym zauważalnym symptomem rewitalizacji jodeł była regeneracja przyrostu grubości drzew na wysokości pierśnicy (1,3 m nad ziemią). Co ciekawe, regeneracja przyrostu grubości wystąpiła szybciej niż regeneracja koron (korona pierwotna). Podczas gdy w latach 1995–1996 w przypadku większości jodeł notowano silne uszkodzenia koron, przyrost grubości pnia był już znacznie lepszy niż w latach 1970–1984 (maksymalna depresja), a w latach 2000–2001, gdy stan koron uległ tylko nieznacznej poprawie, przeciętny przyrost pierśnicy drzew osiągnął już wartości z lat 50., a więc sprzed okresu załamania. JAWORSKI i in. (1995) odnotowali regenerację przyrostu grubości jodeł na obszarze południowej Polski przy prawie niezauważalnej poprawie stanu koron. Jest bardzo prawdopodobne, że w okresie maksymalnej depresji przyrostu grubości pnia, stan koron mógł być jeszcze gorszy niż przedstawiony wcześniej (BORATYŃSKI & FILIPIAK 1997). Korony właściwe już były silnie zredukowane, a pędy regeneracyjne jeszcze się nie wytworzyły. JAWORSKI (1979a) rozwój pędów odroślowych ocenia bardzo negatywnie. Ich powstawanie związane jest z procesem degeneracji korony właściwej, pogarszają też wartość hodowlaną drzew. Z drugiej jednak strony w warunkach silnej presji zanieczyszczeń w Sudetach rozwój takich pędów umożliwił wielu jodłom przeżycie. Maksymalne zwiększenie przyrostu grubości zanotowano w Sudetach w przypadku silnie uszkodzonych jodeł rosnących samotnie lub w luźnym zwarciu. Właśnie u takich drzew najlepiej wykształciła się korona odroślowa, zwiększając w istotny sposób powierzchnię aparatu asymilacyjnego.

Aparat asymilacyjny, zwłaszcza najbardziej eksponowanych części koron jodeł, był systematycznie uszkodzany przez kwaśne deszcze oraz mgły. Jodła należy do gatunków o największej intercepcji opadów i może zatrzymywać w koronach od 40 do 80% zawartej w nich wody (JAWORSKI & ZARZYCKI 1983). Według ASHENDENA (2004) koncentracje zanieczyszczeń we mgłę i chmurach mogą być nawet dziesięciokrotnie wyższe niż w opadzie. Po depozycji na powierzchni liści odczyn kropelek wody nie pozostaje stały, lecz na ogół zwiększa się nawet dziesięciokrotnie w wyniku parowania (ASHENDEN 2004). Wydaje się więc bardzo prawdopodobne, że w okresie maksymalnej presji ze strony zanieczyszczeń, wydajność fotosyntetyczna igieł jodły była wyraźnie ograniczona, a drzewa musiały ponosić znaczny wydatek energetyczny w związku z bieżącą regeneracją uszkodzeń aparatu asymilacyjnego. Przy pewnym, obniżonym poziomie zanieczyszczeń, igły przestały być uszkodzane, a jodły więcej energii zaczęły przeznaczać na wzmocnienie pnia (poprzez zwiększenie jego grubości) oraz stopniową rozbudowę korony. Aparat asymilacyjny jodły składa się z wielu roczników igieł, jego regeneracja nie może więc nastąpić szybko. Przy omawianiu wpływu zanieczyszczeń na jodły konieczne wydaje się zwrócenie szczególnej uwagi na rolę zwarcia drzewostanu w tym procesie. Jak wykazano wyżej wraz z jego rozluźnieniem wyraźnie wzrastał poziom uszkodzeń pierwotnej korony drzew. Wydaje się, że jest to ściśle związane z wrażliwością jodły na nagłe zmiany zachodzące w jej otoczeniu, a zwarcie należy do tych, na które jest ona szczególnie wrażliwa. W momencie przerwania zwarcia wiele gatunków drzew, w tym często porównywany z jodłą świerk zwiększa

wytwarzanie nasion. Nasiona świerka są małe, lekkie i wytwarzane w stosunkowo dużych ilościach. W przerzedzonym drzewostanie mają duże szanse na znalezienie odpowiednich warunków do wzrostu, zwłaszcza, jeśli chodzi o warunki świetlne. Nasiona jodły są większe i cięższe, podobnie jest z szyszkami, do ich wytworzenia potrzeba dużo energii, a efekt obsiewu, w warunkach przerwanego sklepienia koron i dużej konkurencji roślin światłochłonnych może być bardzo niepewny.

Kora jodły jest cienka i w warunkach otwartej przestrzeni narażona na uszkodzenia wywołane bezpośrednią insolacją. Przed takimi szkodami chroni rozwój pędów regeneracyjnych na pniu. Zabierają one koronie właściwej część składników odżywczych, co w połączeniu z wysuszającym działaniem wiatru, mrozem, szadzią i okiścią śnieżną prowadzi do jej redukcji, a czasem do całkowitego zaschnięcia. Taka sytuacja traktowana jest często jako zamieranie drzewa, co pociąga za sobą jego wycięcie. Starszy świerk z takimi uszkodzeniami na ogół szybko zamiera. Z jodłą jest jednak inaczej, można podać wiele przykładów drzew, które z silnie zredukowaną koroną żyją w niezmienionej formie przez dziesiątki lat by w korzystnych warunkach zareagować wzmożonym przyrostem. Redukcja szerokiej i ciężkiej, zatrzymującej dużo wody korony, na której wierzchołku pojawia się co jakiś czas dodatkowe kilkadziesiąt kilogramów w postaci szyszek może być w warunkach otwartego terenu warunkiem przeżycia, zwłaszcza że strzały jodeł należą do najbardziej „pełnych” wśród rodzimych iglastych (kształt pnia najbardziej zbliżony do walca), co oznacza wysokie położenie środka ciężkości i dodatkowe zwiększenie podatności na złamanie. Intensywny przyrost grubości pnia na wysokości 1,3 m nad ziemią odnotowany w Sudetach szczególnie w przypadku drzew rosnących w luźnym zwarciu zwiększa zapewne jego odporność na złamanie.

Redukcja korony właściwej drzewa w warunkach rozluźnionego zvarcia nie jest zjawiskiem obserwowanym tylko w Sudetach chociaż występuje, a właściwie występowało tu ono szczególnie wyraźnie w związku z dodatkowym stresem wywołanym wysokim poziomem zanieczyszczeń. Autor obserwował np. przerzedzanie się koron około stuletnich jodeł na ścianie lasu w okolicach rezerwatu Dobroński Pralas na Słowacji. Z kolei w górnej części, położonego na stoku rezerwatu, na wylesionej wierzchołkowej położonej ok. 1000 m n.p.m. można zobaczyć stare jodły ugałżone prawie do ziemi, o gęstych stożkowatych koronach przypominających pokrojem żywotniki. Prawdopodobnie jest to efekt kilkudziesięcioletniego przystosowywania się tych drzew do panujących warunków. W niższych położeniach, rosnące w zvarciu jodły mają pokrój typowy dla tego drzewa.

Na rozpoczęcie i przebieg procesu rewitalizacji jodeł w Sudetach miał więc zapewne też wpływ fakt, że po kilkunastu lub nawet kilkudziesięciu latach trwania w niekorzystnych warunkach znaczna część, głównie uszkodzonych jodeł, przebudowała (za sprawą pędów regeneracyjnych) korony na bardziej zwarte i odporne na działanie zanieczyszczeń.

Pośredni wpływ zanieczyszczeń na badany gatunek w Sudetach polegał na powodowaniu rozluźniania się zvarcia drzewostanów, w wyniku zamierania uszkodzonych świerków.

Należy również wspomnieć, że w wielu rejonach Europy obserwuje się w ostatnich latach wzrost produktywności i przyrostu drzewostanów (np. SPIECKER 1999; INNES & SKELLY 2004). Wzrost taki odnotowano w przypadku jodły także w Polsce (JAWORSKI i in. 1995; ZAWADA 2001; JAWORSKI 2003a). Przyczyny tego zjawiska nie są do końca wyjaśnione.



Przypuszcza się, że może ono być związane ze zmianami klimatu, zwiększeniem zawartości CO<sub>2</sub> w powietrzu, czy zwiększoną depozycją azotu (np. SPIECKER 1999; JAWORSKI 2003b; INNES & SKELLY 2004). Nie ma podstaw by sądzić, że wspomniane wyżej zjawisko nie występuje także w Sudetach, wydaje się jednak, że nie może ono w całości odpowiadać za tak znaczne zmiany jakie odnotowano w przypadku jodeł z tego terenu. Skala zmian dotyczących wymienionych wyżej czynników jest nieporównywalna ze skalą zmian dotyczących zanieczyszczeń (np. CANNEL 1999; SPIECKER 1999; DUBICKA & GŁOWACKI 2000; FILIPIAK & UFNALSKI 2004; FILIPIAK & KOMISAREK 2005).

#### PODSUMOWANIE

Obecne rozmieszczenie i wyniki wzrostu sugerują pospolite występowanie *Abies alba* w Sudetach w przeszłości w przedziale wysokościowym 350–800 m n.p.m. W strefie tej badany gatunek osiąga obecnie przeciętnie II bonitację wzrostową przy stosunkowo niewielkim jej spadku ze wzrostem wysokości (0,6 stopnia w skali całego przedziału). Jodłą rośnie tu zadowalająco na stanowiskach o różnej ekspozycji reprezentujących szerokie spektrum zbiorowisk roślinnych i typów siedliskowych lasu.

Za wycofywanie się jodły z Sudetów odpowiada kompleks czynników z przewagą czynników antropogenicznych. Jedliny sudeckie, silnie zredukowane (o 70–80%) w wyniku intensywnej gospodarki leśnej XIX i pierwszej połowy XX w. (lansującej monokultury świerkowe) poddane zostały w latach 1960–1990 silnej presji zanieczyszczeń przemysłowych, szczególnie SO<sub>2</sub>, którego średni poziom w wielu miejscach przekraczał 60 µg/m<sup>3</sup>, a okresowo nawet 190 µg/m<sup>3</sup>. Stan ten w połączeniu z działaniami gospodarczymi nie uwzględniającymi specyficznych wymagań jodły doprowadził do sytuacji, w której jej udział w składzie lasów jest wyraźnie niższy od 1% stanu wyjściowego. Jest więc jodły na badanym obszarze niezwykle mało i powinna tu być traktowana jak drzewo chronione. U większości pozostałych przy życiu drzew przyrost uległ znacznej redukcji głównie w wyniku znacznych uszkodzeń korony. Uszkodzenia górnych części korony i redukcja liczby drzew na stanowiskach ograniczyła obradanie zdrowych nasion, co negatywnie wpłynęło na proces regeneracji. Odnowienia naturalne przy braku ogrodzeń były często silnie niszczone przez zwierzynę leśną. W mniejszym stopniu na reprodukcję jodły wpłynęły zmiany chemizmu gleb oraz zmniejszenie liczby i składu mikoryz. Aktualnie głównym czynnikiem hamującym odnawianie i rozprzestrzenianie się badanego drzewa w Sudetach jest bardzo duże rozproszenie jego osobników, co utrudnia wymianę materiału genetycznego (duże, mało lotne ziarna pyłku).

W ostatnich latach presja ze strony zanieczyszczeń uległa znacznemu zmniejszeniu. Obserwuje się zaskakująco silną rewitalizację jodeł, która przebiega przeważnie według następującego schematu: rozwój korony regeneracyjnej na pniu – regeneracja przyrostu grubości pnia – regeneracja korony pierwotnej w górnej części drzewa (głównie rozwój pędów bocznych) – zwiększenie kwitnienia i obradania szyszek.

Jak się okazuje badany gatunek uważany za bardzo wrażliwy na zmiany środowiska może przez długi okres żyć w niekorzystnych warunkach, ze zredukowaną koroną



oraz minimalnym przyrostem, by w momencie poprawy warunków wzrostu szybko zwiększyć przyrost. W okresie niekorzystnym dla wzrostu następuje często przebudowa korony z szerokiej na węższą i bardziej zwartą, a przez to odporniejszą na działanie zanieczyszczeń przemysłowych. Jodła źle znosi nagłe przerwanie zwarcia.

Z analiz izoenzymowych wynika, że występują różnice genetycznych między jodłą z Sudetów i Karpat. Większość jodeł w Sudetach to populacje rodzime (w odróżnieniu np. od świerka). Oznacza to, że zwiększenie udziału jodły w lasach Sudetów powinno być oparte na miejscowych populacjach. Przy ogólnie niskiej liczbie jodeł i bardzo małej liczbie drzew na stanowisku jest to zadanie trudne, ale możliwe do wykonania.

**Podziękowania.** Bardzo dziękuję wszystkim, którzy okazali mi pomoc w wykonaniu tej oraz wcześniejszych prac dotyczących jodły w Sudetach. W szczególności dziękuję Panu Profesorowi Adamowi Boratyńskiemu za ukierunkowanie badań oraz cenne uwagi w trakcie opracowywania wyników, współautorom wspomnianych wyżej prac, a także Żonie za wykonanie analiz stopnia zmikoryzowania korzeni jodeł, pomoc w pracach redakcyjnych oraz cierpliwość.

Praca dofinansowana ze środków KBN (granty nr: 6 P04 G04915 i 3 P06 L03924).

#### LITERATURA

- ABRAHAM J., CIECHANOWICZ-KUSZTAŁ R., DRUEKE M., JODŁOWSKA-OPYD G. & KALLWEIT D. 1999. Wspólny raport o jakości powietrza w obszarze Czarnej Trójkąta w 1999 r. s. 117. ČHMU, WIOŚ, FUG, UBA, Jelenia Góra.
- ANONIM 2000. Raporty miesięczne o stanie zanieczyszczenia środowiska w sieci monitoringu „czarnego trójkąta”. s. 123. WIOŚ, Wrocław.
- ASHENDEN T. W. 2004. Wpływ kwaśnej depozycji mokrej. – W: J. N. B. BELL & M. TRESHOW (red.), Zanieczyszczenie powietrza a życie roślin, s. 265–277. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- BALLIAN D. & KAJBA D. 2005. Estimation of the isoenzyme genetic variability of the silver-fir (*Abies alba* Mill.) from the area of Gorski Kotar (Croatia). – *Periodicum Biologorum* **107**(1): 67–72.
- BARZDAJN W. 2000. Strategia restytucji jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Sudetach. – *Sylvan* **144**(2): 63–77.
- BARZDAJN W., BORATYŃSKI A. & FILIPIAK M. 1999. Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) w lasach zarządzanych przez Regionalną Dyрекję Lasów Państwowych we Wrocławiu. – *Zesz. Nauk. Akad. Roln. im. H. Kołłątaja w Krakowie* **339**: 181–195.
- BERNADZKI E. 1983. Zamieranie jodły w granicach naturalnego zasięgu. – W: S. BIAŁOBOK (red.), Jodła pospolita *Abies alba* Mill. Nasze Drzewa Leśne. **4**, s. 483–501. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Poznań.
- BŁAŚ M. & SOBIK M. 2000. Mgła w Karkonoszach i wybranych masywach górskich Europy. – *Opera Corcontica* **37**: 35–46.
- BORATYŃSKI A. 1983. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. – W: S. BIAŁOBOK (red.), Jodła pospolita *Abies alba* Mill. Nasze Drzewa Leśne. **4**, s. 41–85. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Poznań.
- BORATYŃSKI A. 1991. Chorologiczna analiza flory drzew i krzewów Sudetów Zachodnich. s. 323. Polska Akademia Nauk, Instytut Dendrologii, Kórnik.
- BORATYŃSKI A. & FILIPIAK M. 1997. Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) w Sudetach – rozmieszczenie, warunki występowania, stan zachowania drzewostanów. – *Arbor. Kórnickie* **42**: 19–183.

- BORATYŃSKI A., KONCA B. & ZIENTARSKI J. 1998. Rozmiary i prognozy zamierania świerczyn górskich w Polsce. – W: A. BORATYŃSKI & W. BUGAŁA (red.), *Biologia świerka pospolitego*, s. 508–528. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- BREITENBACH-DORFER M., KONNERT M., PINSKER W., STARLINGEN F. & GEBUREK T. 1997. The contact zone between two migration routes of silver fir, *Abies alba* (Pinaceae), revealed by allozyme studies. – *Pl. Syst. Evol.* **206**: 259–272.
- CANELL M. G. R. 1999. Relative importance of increasing atmospheric CO<sub>2</sub>, N deposition and temperature in promoting European forest growth. – W: T. KARJALAINEN, H. SPIECKER & O. LAROUSSINIE (red.), *Causes and consequences of accelerating tree growth in Europe*. – *EFI Proceedings* **27**: 25–32.
- CZURAJ M. 1997. *Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów*. s. 166. Wydawnictwo Świat, Warszawa.
- DAVISON A. W. & BARNES J. D. 2004. Interakcje między substancją zanieczyszczającą a stresem abiotycznym. – W: J. N. B. BELL & M. TRESHOW (red.), *Zanieczyszczenie powietrza a życie roślin*, s. 403–424. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- DOBROWOLSKA D. 2000. Warunki powstawania odnowienia naturalnego jodły pospolitej w Karkonoskim Parku Narodowym. – *Opera Corcontica* **37**: 436–441.
- DUBICKA M. & GŁOWACKI B. 2000. Ekoklimat Karkonoszy w przekroju wieloletnim w świetle wskaźników kompleksowych. – *Opera Corcontica* **37**: 55–61.
- FABISZEWSKI J. 2005. Badania molekularne w służbie botaniki. – W: B. JACKOWIAK & Z. CELKA (red.), *Taksonomia, chorologia i ekologia roślin w dobie zagrożenia różnorodności biologicznej. Materiały konferencji naukowej dedykowanej Profesorowi dr hab. Waldemarowi Żukowskiemu z okazji 70-lecia urodzin*. s. 97–89. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Biologii, Zakł. Takson. Roślin.
- FADDY B., FOREST I., HOCHU I., RIBIOLLET A., DE BEAULIEU J. L. & PASTUSZKA P. 1999. Genetic differentiation in *Abies alba* Mill. Populations from Southeastern France. – *Forest Genet.* **6**: 129–138.
- FARFAŁ D. 2000. Żywotność systemów korzeniowych odnowień naturalnych jodły pospolitej w Karkonoskim Parku Narodowym. – *Opera Corcontica* **36**: 442–445.
- FILIPIAK M. 2002a. Kondycja i stan zachowania zasobów jodły pospolitej w warunkach silnej antropopresji w polskiej części Sudetów. – W: R. STWIECKI (red.), *Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe – materiały VI krajowego sympozjum Poznań – Kórnik 29 maj–1 czerwca 2001*. s. 503–512. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- FILIPIAK M. 2002b. Age structure of natural regeneration of European silver-fir (*Abies alba* Mill.) in the Sudety Mts. – *Dendrobiology* **48**: 9–14.
- FILIPIAK M. 2005a. Changes of silver fir (*Abies alba* Mill.) crown state and stand quality class in Sudety Mountains. – *Dendrobiology* **54**: 11–17.
- FILIPIAK M. 2005b. Distribution of silver-fir (*Abies alba* Mill.) resources in the Sudety Mts. – *Biodiversity Research and Conservation*. **1**(16) (w druku).
- FILIPIAK M. & BARZDAJN W. 2004. An assessment of natural resources of European silver-fir (*Abies alba* Mill.) in the Polish Sudeten Mts. – *Dendrobiology* **51**: 19–24.
- FILIPIAK M. & KOMISAREK J. 2005. Regeneration of the European silver-fir (*Abies alba* Mill.) in the Sudety Mountains on soils with different physico-chemical properties. – *Dendrobiology* **53**: 17–25.
- FILIPIAK M. & KOSIŃSKI P. 2002. Forest communities with European silver-fir (*Abies alba* Mill.) in the Sudety Mts. – *Dendrobiology* **48**: 15–22.
- FILIPIAK M. & NAPIERAŁA-FILIPIAK A. 2002. Stopień zmkoryzowania korzeni jodeł. – W: M. FILIPIAK (red.), *Raport Końcowy z realizacji projektu badawczego nr. 6 P04915. Sprawozdanie merytoryczne*. s. 72–87. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.

- FILIPIAK M. & UFNALSKI K. 2004. Growth reaction of silver-fir (*Abies alba* Mill.) associated with air quality improvement in the Sudeten Mountains. – Polish Journal of Environmental Studies **13**(3): 267–273.
- FILIPIAK M., ISZKUŁO G. & KORYBO J. 2005. Relation between photosynthetic photon flux density (PPFD) and growth of Silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings in a forest stand dominated by spruce in the Sudety Mts. (SW Poland). – Polish Journal of Ecology **53**(2): 177–184.
- FILIPIAK M., KOMISAREK J. & NOWIŃSKI M. 2003. Natural regeneration of the European silver fir in the Sudety Mountains on soils with different particle size distribution. – Dendrobiology **50**: 15–22.
- GOMORY D., LONGAUER R., LIEPELT S., BALLIAN D., BRUS R., KRAIGHER H., PARPAN V. I., PARPAN T. V., PAULE L., STUPAR V. I. & ZIEGENHAGEN B. 2004. Variation patterns of mitochondrial DNA of *Abies alba* Mill. in suture zones of postglacial migration in Europe. – Acta Soc. Bot. Pol. **73**(3): 203–206.
- GUNIA S. 1999. Zmienność niektórych cech jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z różnych części naturalnego zasięgu, szczególnie z Polski. – Zesz. Nauk. Akad. Roln. im. H. Kołłątaja w Krakowie **339**(61): 87–99.
- HUNTLEY B. & BIRKS H. J. B. 1983. An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0–13 000 years ago. s. 73–90. Cambridge University Press, Cambridge.
- HUSSENBREFFER E. 1999. Genetic variation of silver fir populations (*Abies alba* Mill.) in Switzerland. – Forest Genet. **6**: 101–113.
- IGAWA M., KAMEDA H., MARUYAMA F., KOCHI H. & OTSUKA I. 1997. Effect of simulated acid fog on needles of fir seedlings. – Environmental and Experimental Botany **38**: 155–163.
- INNES J. L. & SKELLY J. M. 2004. Degradacja lasów a zanieczyszczenie powietrza: ocena stanu zdrowotnego lasów Europy, płn.-wsch. Części USA i pld.-wsch. Kanady. – W: J. N. B. BELL & M. TRESHOW (red.), Zanieczyszczenie powietrza a życie roślin, s. 305–328. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- JAJA Z. & BŁAŚ M. 2000. Wybrane właściwości chemiczne gleb na tle mokrej depozycji zanieczyszczeń atmosferycznych w Sudetach. – Opera Corcontica **37**: 69–78.
- JAWORSKI A. 1979a. Charakterystyka hodowlana wybranych drzewostanów z udziałem jodły (*Abies alba* Mill.) w Karpatach i Sudetach. – Acta Agr. Silv., Ser. Silv. **18**: 19–60.
- JAWORSKI A. 1979b. Odnowienie naturalne jodły (*Abies alba* Mill.) w drzewostanach o różnej strukturze na podstawie wybranych powierzchni w Karpatach i Sudetach. – Acta Agr. Silv., Ser. Silv. **18**: 61–79.
- JAWORSKI A. 2003a. Zmiany tendencji wzrostowych głównych lasotwórczych gatunków drzew w Europie obszarach górskich Polski oraz ich przyczyny. Część I. Zmiany tendencji wzrostowych. – Sylwan **147**(6): 99–106.
- JAWORSKI A. 2003b. Zmiany tendencji wzrostowych głównych lasotwórczych gatunków drzew w Europie obszarach górskich Polski oraz ich przyczyny. Część II. Przewidywalne przyczyny zmiany tendencji wzrostowych. – Sylwan **147**(7): 69–74.
- JAWORSKI A. & SKRZYŻEWSKI J. 1986. Żywotność jodły w lasach karpackich. – Sylwan **2–3**: 37–52.
- JAWORSKI A. & ZARZYCKI K. 1983. Ekologia. – W: S. BIAŁOBOK (red.), Jodła pospolita *Abies alba* Mill. Nasze Drzewa Leśne. **4**, s. 317–430. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Poznań.
- JAWORSKI A., KACZMARSKI J., PACH M., SKRZYŻEWSKI J. & SZAR J. 1995. Ocena żywotności drzewostanów jodłowych w oparciu o cechy biomorfologiczne koron i przyrost promienia pierśnicy. – Acta Agr. Silv., Ser. Silv. **33**: 115–132.
- KANTOR J. & VINCENT G. 1970. Lze předcházet ústupu jedle z našich lesu? – Lesnictvi **16**(3): 235–246.
- KONNERT M. & BERGMANN F. 1995. The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, Pinaceae) in relation to its migration history. – Pl. Syst. Evol. **196**: 19–30.
- KORMUTAK A., BENECAT F., RUDIN D. & SEYEDYAZDANI R. 1982. Isoenzyme variation in the four Slovakian populations of *Abies alba* Mill. – Biologia **37**: 433–440.

- KOSIŃSKI P. 2001. Analiza chorologiczna dendroflory polskiej części Sudetów Wschodnich. s. 256. Mskr. pracy doktorskiej. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
- KOWALSKI S., OBŁOZA E. & KWIATKOWSKI G. 1996. Badania mikotrofizmu jodły (*Abies alba* Mill.) w różnych zbiorowiskach leśnych w wybranych drzewostanach górskich. – Zesz. Nauk. Akad. Roln. im. H. Kołłątaja w Krakowie **308**: 23–37.
- KUBIZŃAK J. & KUBIZŃAKOWÁ J. 1998. Kvalita ovzduši na labské v roce 1995. – W: J. SAROSIEK & J. ŠTURSA (red.), Geologiczne problemy Karkonoszy, s. 109–116. Materiały z Sesji Naukowej w Przesiece.
- KULASZKA W. & KWIATKOWSKA-SZYGULSKA B. 1999. Raport o stanie ochrony środowiska w województwie dolnośląskim w roku 1999. s. 156. WIOŚ, Wrocław.
- LEWANDOWSKI A., FILIPIAK M. & BURCZYK J. 2001. Genetic Variation of *Abies alba* Mill. in polish part of Sudety Mts. – Acta Soc. Bot. Pol. **70**(3): 215–219.
- LONGAUER R. 1994. Genetic differentiation and diversity of European silver fir in eastern part of its natural range. – W: W. EDER (red.), s. 155–163. 7. IUFRO-Tannensymposium, Altensteig.
- MATUSZKIEWICZ W. 2002. Zespoły Leśne Polski. s. 357. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- MATUSZKIEWICZ W., FALIŃSKI B., KOSTROWICKI A. S., MATUSZKIEWICZ A., OLACZEK R. & WOJTERSKI T. 1995. Potencjalna roślinność naturalna Polski. Mapa przeglądowa 1:300000. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- MEJNARTOWICZ L. 1979. Polymorphism at the LAP and GOT Loci in *Abies alba* Mill. Populations. – Bull. de l'Academie Polonaise des Sciences **27**(12): 1063–1070.
- MEJNARTOWICZ L., LEWANDOWSKI A. & BERGMAN F. 1994. Genetic structure and variation of the European Silver-fir population at man-made range disjunction. s. 110–126. 7. IUFRO-Tannensymposium, Altensteig.
- MILLS G. 2004. Modyfikujący wpływ warunków środowiskowych na reakcje roślin. – W: J. N. B. BELL & M. TRESHOW (red.), Zanieczyszczenie powietrza a życie roślin, s. 305–328. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- OBIDOWICZ A., SZCZEPANEK K., MADEYSKA E. & Nalepka D. 2004. *Abies alba* Mill. – Fir. – W: M. RALSKA-JASIEWICZOWA (red.), Late glacial and holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps, s. 31–38. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- OBMIŃSKI Z. 1977. Ekologia lasu. s. 623. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- PALUCH J. G. 2004. The influence of the spatial pattern of trees on forest floor vegetation and silver fir (*Abies alba* Mill.) regeneration in uneven-aged forests. – Forest Ecology and Management **205**: 283–298.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M. 1983. Isopollen maps for Poland: 0–11,000 years B.P. – New Phytol. **94**: 133–175.
- ROBAKOWSKI P. 2004. Growth, photosynthesis, and needle structure of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings under different canopies. – Forest Ecology and Management **201**(2–3): 211–227.
- ROBAKOWSKI P. & WYKA T. 2003. Acclimation of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings to irradiance conditions under canopies of different tree species on Sudety Mts. (Southern Poland). – Polish Journal of Ecology **51**(3): 323–337.
- ROBAKOWSKI P., MONTPIED P. & DREYER E. 2003. Plasticity of morphological and physiological traits in response to different levels of irradiance in seedlings of silver fir (*Abies alba* Mill.). – Trees: Structure and Function **17**(5): 431–441.
- SABOR J. 1999. Wartość genetyczna jodły karpackiej. – Zesz. Nauk. Akad. Roln. im. H. Kołłątaja w Krakowie **339**(61): 29–43.
- SKRZYŻEWSKA K. 1999a. Ocena struktury genetycznej jodły pospolitej markerami monoterpenowymi na powierzchni porównawczej Jd PL 86/90 w Nadleśnictwie Baligród. – Zesz. Nauk. Akad. Roln. im. H. Kołłątaja w Krakowie **339**(61): 67–86.

- SKRZYSZEWSKA K. 1999b. Wartość genetyczno-hodowlana jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) reprezentowanej w Ogólnopolskim Doświadczeniu Proweniencyjnym Jd PL 86/90. – Zesz. Nauk. Akad. Roln. im. H. Kołłątaja w Krakowie **339**(61): 43–66.
- SOBIK M., DORE A. J. & MIGAŁA K. 1998. Wpływ orografii na mokrą depozycję zanieczyszczeń atmosferycznych Sudetach. – W: J. SAROSIEK & J. ŠTRUSA (red.), Ekologiczne problemy Karkonoszy. **1**, s. 97–108. Materiały z sesji naukowej w Przesiece 15–18 X 1997.
- SPIECKER H. K. 1999. Growth trends in European forests – do we have sufficient knowledge? – W: T. KARJALAINEN, H. SPIECKER & O. LAROISSINIE (red.), Causes and consequences of accelerating tree growth in Europe. **27**, s. 157–170. EFI Proceedings.
- STAFFA M. 2001. Karkonosze. s. 303. Wydawnictwo Dolnośląskie, Wrocław.
- SUSZKA J. 2000. Przystosowanie do siewu nasion jodły z Karkonoskiego Parku Narodowego. – Opera Corcontica **36**: 517–523.
- SZNAJDER D. 2001. Jodła pospolita w Parku Narodowym Gór Stołowych. – Szczeliniec **5**: 3–31.
- ŚRODOŃ A. 1983. Jodła pospolita w historii naszych lasów. – W: S. BIAŁOBOK (red.), Jodła pospolita *Abies alba* Mill. Nasze Drzewa Leśne **4**, s. 9–39. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Poznań.
- WALCZAK W. 1968. Sudety. s. 383. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- WILCZKIEWICZ M. 1974. Jodła w Sudetach. – Las Polski **48**(18): 4–6.
- WILCZKIEWICZ M. 1976. Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) w Sudetach. – Sylwan **120**(1): 69–80.
- WOJTERSKI T. 1983. Lasy z udziałem jodły w Polsce. – W: S. BIAŁOBOK (red.), Jodła pospolita *Abies alba* Mill. Nasze Drzewa Leśne **4**, s. 431–482. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Poznań.
- ZASADY HODOWLI LASU 1988. Ministerstwo Rolnictwa, Leśnictwa i Gospodarki Żywnościowej; Naczelny Zarząd Lasów Państwowych. s. 172. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- ZAWADA J. 2001. Przyrostowe objawy rewitalizacji jodły w lasach Karpat i Sudetów oraz wynikające z nich konsekwencje hodowlane. – Pr. Inst. Bad. Leśnictwa (Seria A) **3**(922): 79.
- ZIENTARSKI J., CEITEL J. & SZYMAŃSKI S. 1994. Zamieranie lasów – dynamika i prognozy. – W: P. PASCHALIS & S. ZAJĄCZKOWSKI (red.), Protection of forest ecosystems. Selected problems of forestry in Sudety Mountains, s. 11–28. SGGW, Warszawa.
- ZOLL T. 1958. Podstawowe zagadnienia zagospodarowania lasów górskich w Sudetach. – Sylwan **102**(5–6): 9–33.
- ZWOŹDZIAK J. W., ZWOŹDZIAK A. B. & KMIEĆ G. 1998. Eksperyment terenowy Szrenica '95 – epizody zanieczyszczenia powietrza. – W: J. SAROSIEK & J. ŠTRUSA (red.), Ekologiczne problemy Karkonoszy. **1**, s. 145–149. Materiały z sesji naukowej w Przesiece 15–18 X 1997.

## SUMMARY

The current distribution suggests that in the past *Abies alba* Mill. (European silver fir) was widely distributed in the Sudetes from about 350 to 800 m in altitude. In that zone the species now reaches on average the good growth rate class (i.e. about 2 degrees on a scale of 1–5) and its growth rate declines only slightly with growing altitude (0.6 degree over the whole altitudinal gradient). Trees of this species grow satisfactorily at sites with various exposures, representing a wide spectrum of plant communities and forest site types. The decline of silver fir in the Sudetes has been caused by a complex of factors, but mostly by those associated with human activity. The area covered by fir stands in the Sudetes was greatly reduced (by 70–80%) as a result of intensive forest management in the 19<sup>th</sup> century and the early 20<sup>th</sup> century, which favoured spruce monocultures. Moreover, their remnants in 1960–1990 were subject to a strong influence

of industrial pollution, particularly with SO<sub>2</sub>, whose average level in many places exceeded 60 µg/m<sup>3</sup>. Due to this the species disappeared from more than 34% of localities, and the number of fir within localities decreased by about 38%. In the survived trees, growth rate was markedly diminished, mainly because of strong defoliation (which on average reached 36%). Defoliation of the upper parts of the tree crown and reduction of the number of trees per locality, reduced the yield of healthy seeds, which had a negative effect on natural regeneration of fir stands. The stands are not fenced, so fir seedlings are subject to an extremely strong grazing pressure exerted by herbivores. To a lesser extent, fir reproduction was affected by changes in soil chemistry and by a decrease in abundance of mycorrhizal fungi. Currently, one of the main reasons of fir decline in the Polish part of the Sudetes is the small total number of fir trees in that area (0.05% of total forest area) and the small mean size of local fir populations (14.5 trees per locality). The growth requirements of this species are markedly different from those of spruce and beech. If a small number of fir trees grow in a forest stand, their needs are usually not taken into account by foresters. Even if fir trees are not felled, they are negatively affected by sudden thinning of forest stands. Individuals of this species often suffer from damage to the tree crown due to sudden interruption of forest canopy. In the past such fir trees were usually felled, because they were supposed to die soon due to the damage. However, this supposition proved to be false, because – in contrast to spruce – fir trees can live very long after such damage and in favourable conditions they can effectively regenerate their photosynthetic apparatus.

In recent years, industrial pollution in that area has decreased considerably and a surprisingly strong revitalization of fir trees has been observed there. Several steps of their revitalization can be distinguished: (1) development of a regenerative crown on the trunk; (2) regeneration of radial growth of the trunk; (3) regeneration of the primary crown in the upper part of the tree, i.e. mainly development of lateral branches; (4) increase in pollen and cone production. The condition of self-sown and planted fir seedlings has also improved recently. Nevertheless, silver fir is unlikely to increase its proportion in forest stands by means of self-sowing alone, without human help. An important obstacle is the small number of fir trees in most of its localities, which hinders the exchange of genetic material. Results of isoenzymatic research indicate that there exist genetic differences between fir trees from the Sudety Mts and the Carpathians. The majority of the survived fir trees in the Sudetes are of local origin (in contrast to, for example, spruce trees). Thus it is advisable to use only local genetic resources of this species for its restitution in the Sudety Mts.

*Przyjęto do druku: 20.01.2006 r.*