

Zbigniew HAWRYŚ, Józef ZWOLIŃSKI, Irena MATUSZCZYK, Zygmunt KWAPIS*

STAN PRZEBUDOWANYCH DRZEWOSTANÓW NA TERENIE GÓRNOŚLĄSKIEGO OKRĘGU PRZEMYSŁOWEGO

THE STATE OF CONVERTED STANDS
IN THE UPPER SILESIA INDUSTRIAL REGION

***Abstract.** The converted stands in the Upper Silesia forests were found to be in good condition – a result of drastic reduction of industrial emissions during the last two decades. All the native tree species, including Scots pine, displayed good silvicultural values. In contrast, the non-indigenous trees introduced during the stand conversions, namely black pine and eastern red oak, were strongly damaged by parasitic fungi. Taking into account the current air pollution level, distinctly lower than in earlier years, the change of silvicultural practices with respect to composition of tree species for forest regeneration has been proposed.*

***Key words:** converted forests, tree silvicultural value, industrial pollution, nutritional status of trees, soil chemistry.*

* Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Gospodarki Leśnej Rejonów Przemysłowych, ul Św. Huberta 35, 40-952 Katowice, e-mail: zwolinsj@ibles.waw.pl

1. WSTĘP

Stałe pogarszanie się stanu zdrowotnego lasów w rejonach przemysłowych Polski, zwłaszcza na Górnym Śląsku, jakie miało miejsce po II wojnie światowej, spowodowało, że już w latach 50. podjęto działania gospodarcze zapobiegające degradacji lasów (Węglowski 1963, Latocha 1976). Za podstawowe zadanie uznano przebudowę wrażliwych na zanieczyszczenia przemysłowe jednogatunkowych drzewostanów iglastych na wielogatunkowe. W latach 1953–1955 wydano tymczasowe wytyczne w sprawie zalesień na obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP), zalecające zmniejszenie udziału sosny zwyczajnej i świerka pospolitego na korzyść drzew liściastych, a w latach 1964–1966 opracowano projekt zasad hodowlanych dla lasów znajdujących się w strefach oddziaływania przemysłu. Sposób zagospodarowania lasu w rejonach przemysłowych regulowały następnie kolejne wydania Zasad Hodowli Lasu (1969, 1979, 1988, 2003).

Od lat pięćdziesiątych XX wieku do roku 2003 przebudowano w Polsce ponad 190 tys. ha lasów, z tego około 60% na terenie Górnego Śląska (GUS 2004 a). Sposób przebudowy odpowiadał obowiązującym technologiom rębni stosowanych w gospodarce leśnej, z tym, że w rejonach silnie zanieczyszczonych przez przemysł przebudowę wykonywano najczęściej po zrębie zupełnym. Proces ten polegał na częściowej lub całkowitej zmianie składu gatunkowego z wprowadzeniem gatunków drzew mniej wrażliwych na skażenie powietrza, względnie zmianie wielkości ich udziału. Przyjęto przy tym zasadę rozproszonego ryzyka hodowlanego, polegającą na stosowaniu szerokiego zestawu gatunków drzew, niezależnie od warunków siedliskowych, pozwalającego zarówno na regulowanie i poprawianie składu gatunkowego w późniejszym okresie, jak i na zapobieganie tworzeniu się dużych luk w przebudowanych drzewostanach spowodowanych ubytkiem jakiegoś gatunku. Stosowane według Zasad Hodowli Lasu tzw. ramowe zestawy gatunków drzew do odnowień w rejonach przemysłowych uwzględniały nie tylko panujące warunki siedliskowe, lecz również poziom zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, zwłaszcza przez tlenki siarki. Stąd w uprawach przebudowywanych drzewostanów, szczególnie w okresie najintensywniejszych emisji zanieczyszczeń w latach 1969–1985 wprowadzono gatunki obcego pochodzenia uważane za mniej wrażliwe na zanieczyszczenia przemysłowe: sosnę czarną, dąb czerwony i modrzew japoński.

Przebudowa drzewostanów w Polsce, którą rozpoczęto pół wieku temu, pozwoliła na zachowanie lasów, jako formacji roślinnej, w rejonach narażonych na silne oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych. Bez niej, prawdopodobnie, nastąpiłyby zjawiska sukcesji wtórnej regresywnej, prowadzące do uproszczenia formacji leśnej w kierunku zarośli, a nawet muraw industriogennych (Wolak 1970).

Celem pracy była ocena efektów przebudowy drzewostanów znajdujących się w zasięgu oddziaływania emisji przemysłowych i określenie na jej podstawie kierunków dalszego postępowania hodowlanego w przebudowanych oraz przewidzianych do przebudowy drzewostanach.

2. OBIEKT BADAŃ

Badania* prowadzono na 39 powierzchniach obejmujących przebudowane drzewostany w wieku od 10 do 53 lat na terenie GOP, w nadleśnictwach Katowice i Świerklaniec (tab. 1 i 2). Podstawowym kryterium ich wyboru było uzyskanie możliwości oceny wartości hodowlanej wszystkich zastosowanych do przebudowy gatunków drzew. Przebudowa badanych drzewostanów została przeprowadzona na zrębach zupełnych, z wyjątkiem jednej powierzchni w Nadleśnictwie Świerklaniec (Pniowiec 58a), gdzie przebudowę wykonano po rębni częściowej (pod osłoną starodrzewu sosnowego). Niezależnie od warunków siedliskowych, stosowano szeroki zestaw gatunków drzew, z udziałem gatunków obcych (głównie dębu czerwonego i sosny czarnej), pozwalający na regulowanie i poprawianie składu gatunkowego w późniejszym okresie. Zabiegi pielęgnacyjne prowadzone w badanych drzewostanach nie odbiegały od postępowania przyjętego w lasach gospodarczych, zgodnie z obowiązującymi Zasadami Hodowli Lasu. W cięciach pielęgnacyjnych kierowano się głównie kryterium zdrowotności i witalności, preferując drzewa cechujące się dużą żywotnością, dobrą dynamiką wzrostu oraz dobrze rozwiniętą koroną, przy jednoczesnym złagodzeniu kryteriów odnośnie do jakości technicznej drzew. Okres i ilość nawrotów czyszczeń uwarunkowane były dynamiką wzrostu oraz stanem zdrowotnym poszczególnych gatunków drzew.

Lasy w nadleśnictwach Katowice i Świerklaniec narażone były w ubiegłym wieku, zwłaszcza w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych, na silną presję emisji przemysłowych. Do charakterystyki ich zasobów drzewnych, struktury siedlisk, wieku i gatunków drzew wykorzystano dane z planów urządzania lasu oraz raport o stanie lasu Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach (Hawryś i Kwapis 2001).

Nadleśnictwo Katowice, zajmujące obszar prawie 13 tys. ha, znajduje się w centrum oddziaływania zanieczyszczeń pochodzących z całej aglomeracji przemysłowej Górnośląska, w tym z emitorów szczególnie uciążliwych dla środowiska jak huta cynku i ołowiu w Szopienicach oraz kilka hut żelaza i elektrowni. Dominującymi typami siedliskowymi są LMśw i LMw, które zajmują po około 20% powierzchni nadleśnictwa, a w dalszej kolejności Lśw (18%), BMw (14%), BMśw (13%) i Lw (7%). Udział pozostałych typów (Bśw, Bw, BMb, LMb, Ol, OIJ, Lł) w strukturze siedliskowej wynosi poniżej 10%. Największy udział w składzie gatunkowym drzew ma sosna zwyczajna (40%), następnie dąb szypułkowy, bezszypułkowy i brzoza brodawkowata (po 22%) oraz dąb czerwony (5%), olsza czarna (4%), buk zwyczajny (3%) i modrzew europejski (2%). Powierzchnie badawcze w nadleśnictwie Katowice są zróżnicowane pod względem typu gleb. Występują tam bowiem gleby brunatne kwaśne wytworzone z piasków gliniastych, słabogliniastych lub gliny lekkiej (Imielin 92p i 106c, Śmiłowice 54d, Janów 39d,

* Pracę wykonano w ramach tematu BLP-252 finansowanego przez Dyrekcję Generalną Lasów Państwowych

Tabela 1. Wykaz powierzchni badawczych w Nadleśnictwie Katowice

Table 1. Specification of the experimental plots in Katowice Forest District

Leśnictwo, oddział Forest range, cutting section	Typ siedliskowy lasu Forest site type	Powierzchnia Area (ha)	Udział gatunku w drzewostanie – wiek (lata)* Species contribution in the stand – age (years)*
Panewnik, 45b	Bśw**	4,13	[3So, 2Db, 2Dbc, 2Brz, 1Md] – 38
Panewnik, 48d	Bśw	10,83	[4Dbc, 3Db, 1Brz] – 31, [2Dbc] – 23
Zadole, 83g	BMśw	2,41	[4So, 3Md, 1Dbc, 1Brz, 1Os] – 12
Reta, 79h	BMśw	2,64	[8So, 1Md, 1Soc] – 10
Śmiłowice, 141Ak	BMśw	4,52	[3So, 2Md, 2Brz, 1Db, 1Dbc, 1Os] – 14
Górki, 156b	BMśw	5,61	[5So, 3Brz, 1Db, 1Bk] – 11
Imielin, 92p	BMśw	5,74	[3Db, 2Bk, 1Dbc, 1Brz, 1So] – 38, [1Md, 1So] – 13
Muchowiec, 33d	BMśw	3,86	[2Db, 2Dbc, 2Brz] – 18, [2Db, 1Brz] – 23, 1Md – 10
Muchowiec, 25a	BMśw	20,87	[3Brz, 3Db, 2Os, 1Dbc] – 38, 1Brz – 23
Panewnik, 39a	BMśw	4,34	[6Db, 1So] – 38, [2Db, 1Dbc] – 31
Śmiłowice, 140f	BMśw	5,11	[3Dbc, 2Bk, 1Db, 1Brz, 1So] – 28, [1Dbc, 1Db] – 40
Śmiłowice, 143f	BMśw	3,8	[3Db, 2Dbc, 2So, 1Md] – 43, 2Db – 63
Imielin, 109c	BMśw	2,61	[3So, 3Md, 2Db, 2Brz] – 28
Makoszowy, 16g	BMśw	4,17	[3Dbc, 2Db, 1Jw, 1Md, 1Lp, 1Brz, 1Ol] – 38
Muchowiec, 27l	BMw	4,33	[3Db, 2So, 2Md, 1Brz] – 15, 1Db – 33, 1Bk – 8
Zadole, 98a	BMw	3,27	[3Brz, 2Dbc, 2So, 1Db, 1Os, 1Ol] – 30
Zadole, 92c	BMw	3,23	[3Bk, 2Db, 2Dbc] – 19, 2Bk – 11, 1Db – 28
Panewnik, 47b	BMw	3,37	[3So, 3Dbc, 2Db, 2Brz] – 30
Reta, 95Ah	LMśw	2,41	[6So, 2Md, 1Brz, 1Bk] – 13
Janów, 39d	LMśw	3,27	[4So, 2Md, 1Dbc, 1Bk] – 11, [1Db, 1Dbc] – 28
Muchowiec, 26a	LMśw	10,02	[3Dbc, 2Kl, 2Ol, 2Db, 1Md] – 43
Muchowiec, 36d	LMśw	10,8	[4Brz, 3Db, 1Dbc, 1So, 1Ol] – 28
Muchowiec, 35a	LMśw	12,56	[1Brz, 1Db] – 23, [3Db, 1Brz, 1Dbc] – 28, [1Brz, 1Db, 1Dbc] – 34
Panewnik, 38h	LMśw	12,73	[5Dbc, 2Db, 1So, 1Os, 1Brz] – 36
Śmiłowice, 54d	LMśw	7,57	[5Dbc, 1Jw, 1Js, 1Db, 1Md, 1Brz] – 43
Makoszowy, 123i	LMśw	4,54	4Db – 53, [3Db, 1Ol, 1SDbc, 1Os] – 33
Imielin, 106c	LMśw	2,48	[4Db, 3Md, 2So, 1Sow] – 21

*** Wg planu urządzania lasu (2000 r.)**

According to the plan of forest management (2000 yr);

** Explanation of symbols: Bs – dry coniferous forest, Bśw – fresh coniferous forest, Bw – moist coniferous forest, Bb (Bmb) – boggy (mixed) coniferous forest, BMśw – fresh mixed coniferous forest, BMw – moist mixed coniferous forest, LMśw – fresh mixed broadleaved forest, LMw – moist mixed broadleaved forest, Lmb – boggy mixed broadleaved forest, Lśw – fresh broadleaved forest, Lw (Ll) – moist broadleaved forest (humid riverine forest), Ol – alder forest, OlJ – alder ash forest;

Jd – *Abies alba* Mill., Md – *Larix decidua* Mill., So – *Pinus sylvestris* L., Soc – *Pinus nigra* Arnold., Sow – *Pinus strobus* L., Ak – *Robinia pseudacacia* L., Brz – *Betula verrucosa* Ehrh., Bk – *Fagus sylvatica* L., Db – *Quercus robur* L./*Q. sessiliflora* Salisb., Dbc – *Quercus borealis* Michx.f., Gb – *Carpinus betulus* L., Jrz – *Sorbus aucuparia* L., Js – *Fraxinus excelsior* L., Jw – *Acer pseudoplatanus* L., Kl – *Acer platanoides* L., Lp – *Tilia cordata* Mill., Ol – *Alnus glutinosa* Gaertn., Os – *Populus tremula* L.

Tabela 2. Wykaz powierzchni badawczych w Nadleśnictwie Świerklaniec
 Table 2. Specification of the experimental plots in Świerklaniec Forest District

Leśnictwo, oddział Forest range, cutting section	Typ siedliskowy lasu Forest site type	Powierzchnia Area (ha)	Udział gatunku – wiek (lata)* Species contribution – age (years)*
Imielów, 222c	Bśw	3,87	[5So, 4Brz, 1Soc] – 26
Imielów, 242d	Bśw	5,07	[5So, 2Soc, 2Brz, 1Św] – 17
Imielów, 268h	Bśw	8,22	[4Soc, 3So, 3Brz] – 17
Imielów, 258g	BMśw	4,19	[5Soc, 4So, 1Brz] – 16
Nakło, 124b	BMśw	11,38	[3Db, 2Dbc, 2Brz, 2Soc, 1So] – 35
Truszczyca, 139a	BMśw	11,15	[5So, 1Md, 1Bk, 1Db] – 10, 2Db – 25
Truszczyca, 140a	BMśw	3,81	[4So, 2Db, 1Brz] – 19, [1Db, 2Św] – 30
Pniowiec, 58a	BMśw	22,32	[3So, 3Dbc, 2Brz, 1Sow, 1Bk] – 25
Pniowiec, 78a	BMśw	7,14	[3So, 1Soc, 1Sow, 1Md, 1Db, 1Dbc, 1Brz, 1Bk] – 34
Imielów, 222d	BMw	2,76	[8So, 1Md, 1Brz] – 13
Lubocz, 77d	BMw	2,70	[6So, 2Soc, 1Św, 1Brz] – 17
Truszczyca, 63d	LMśw	8,88	[6So, 1Św, 1Soc, 1Brz] – 14, 1So – 19

*Wg planu urządzenia lasu (2003 r.)

*According to the plan of forest management (2003 yr)

Oznaczenia skrótów jak w tabeli 1

Abbreviations as in table 1

Górki 156b) oraz wytworzone z piasków słabogliniastych lub gliniastych gleby rdzawe bielcowe (Muchowiec 25a, 26a i 36d, Makoszowy 116g i 123i, Śmiłowice 143f, Reta 79h), glejowo-bielcowe (Muchowiec 27l, 33d i 35a, Śmiłowice 140f i 141Ak, Zadole 83g, 92c i 98a, Panewnik 45b, 47b i 48d) i gleby brunatne bielcowe (Panewnik 38h i 39a, Reta 95Ah, Imielin 109c).

Nadleśnictwo Świerklaniec, którego powierzchnia wynosi około 17 tys. ha, położone jest w zasięgu oddziaływania dwóch emitorów: Zakładów Chemicznych „Czarna Huta”, działających od lat dwudziestych XX wieku oraz Huty Cynku „Miasteczko Śląskie”, którą uruchomiono w latach sześćdziesiątych XX wieku. Dominują tu siedliska borowe i borów mieszanych (BMśw, BMw, Bśw, Bw, BMb) zajmujące 74% obszaru nadleśnictwa, natomiast spośród siedlisk lasowych przeważa LMśw (12%) i LMw (11%). W składzie gatunkowym zdecydowanie dominuje sosna zwyczajna (74%), a pozostałe gatunki, których udział przekracza 1% to: brzoza brodawkowata (12%), świerk pospolity (4%), dąb szypułkowy i bezszypułkowy (4%), olsza czarna (2%) i modrzew europejski (2%). Gleby na powierzchniach badawczych należą do typu gleb bielcowych wytworzonych z piasków luźnych lub słabogliniastych pochodzenia wodno-lodowcowego, z wyjątkiem powierzchni Imielów 222c, gdzie występuje gleba mułowo-murszowa.

3. METODYKA BADAŃ

3.1. Analizy chemiczne gleb i igieł sosny

W latach 2003–2004 z wszystkich powierzchni pobrano próby glebowe oraz próbki igieł sosny zwyczajnej do analiz chemicznych. Próby glebowe, zawierające po 10 wymieszanych próbek zebranych w punktach pokrywających równomiernie całą powierzchnię obserwacyjną, pobrano łaską glebową o średnicy 4 cm z górnej, 20 cm warstwy gleby (cała warstwa organiczna + wierzchnia mineralna), we wrześniu 2003 r. w Nadleśnictwie Katowice oraz we wrześniu 2004 r. w Nadleśnictwie Świerkianiec.

Zawartość kationów zasadowych (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) oznaczono po ekstrakcji gleby 1-molowym octanem amonu – metodą absorpcji atomowej. Z sumy kationów zasadowych i kwasowości wymiennej – oznaczonej po ekstrakcji gleby 1-molowym KCl, obliczono pojemność wymienną gleb (CEC). Obliczono także stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami (BS).

Zawartość węgla organicznego oznaczono za pomocą analizatora węgla (SC132 Leco), zawartość azotu metodą Kjeldahla, ogólną zawartość metali ciężkich (Zn, Pb, Cu, Cd) metodą absorpcji atomowej po zmineralizowaniu gleby stężonym HClO_4 , a odczyn gleby metodą potencjometryczną w 1-molowym KCl; stosunek gleby do roztworu (w/v) wynosił 1:2,5.

Z każdej powierzchni, na której występowała sosna zwyczajna w wieku do 30 lat, pobrano jednoroczne (ubiegłoroczne) igły z górnej części korony z 10 drzew, w tym samym terminie co próby glebowe. Po wysuszeniu igieł w temperaturze 70°C i ich zmieleniu, wykonano oznaczenia:

– zawartości metali (K, Mg, Ca, Zn, Pb, Cu, Cd) metodą absorpcji atomowej, po uprzednim spopieleniu igieł (450°C przez 24 h) i rozpuszczeniu popiołu w 10% HCl,

– zawartości azotu metodą Kjeldahla (aparatury Büchi B-324), siarki przy użyciu analizatora siarki (SC132 Leco) i fosforu metodą molibdenową (Ostrowska i in. 1991).

3.2. Ocena wartości hodowlanej gatunków drzew

Na każdej powierzchni badawczej wykonano w 2003 lub w 2004 r. ocenę stanu koron i rozwoju 30 kolejnych drzew każdego gatunku należących do I lub II klasy Krafta.

Do klasyfikacji żywotności koron przyjęto skalę:

1 – uiglenie (ulistnienie) normalne z niewielkimi (%) ubytkami igieł (liści); liczba roczników igieł: sosna zwyczajna 2,5, sosna czarna 3, sosna wejmutka 2,

2 – uiglenie (ulistnienie) średnie, z ubytkami igieł (liści) od 10 do 35%; liczba roczników igieł: sosna zwyczajna od 1,5 do 2,5, sosna czarna od 2 do 3, sosna wejmutka od 1 do 2,

3 – uiglenie (ulistnienie) słabe, z defoliacją powyżej 35%; liczba roczników igieł: sosna zwyczajna ,5, sosna czarna , sosna wejmutka.

Rozwój drzew oceniono wg skali:

1 – rozwój normalny (dobry); drzewa o dobrej jakości bez uszkodzeń lub ze sporadycznymi (%) uszkodzeniami pędów spowodowanymi przez grzyby, owady lub zwierzyne,

2 – rozwój średni; drzewa z krzywiznami lub silnie uszcznione, z uszkodzeniami obejmującymi od 10 do 35% pędów drzew, proces zamierania dotyczy % ocenianych drzew,

3 – rozwój słaby; uszkodzenia, niezależnie od jakości strzał, obejmują powyżej 35% pędów a zamieranie 10% ocenianych drzew.

Wartość hodowlaną poszczególnych gatunków drzew wyrażono dwuelementowym wskaźnikiem KR , gdzie, w skali 1–3, K określa stan koron (uiglenie, ulistnienie), a R rozwój drzew (jakość techniczna i stopień uszkodzenia pędów). Do odznaczających się bardzo dobrą wartością hodowlaną zaliczono gatunki, których KR wynosi 11, dobrą – 12, 21, średnią – 22, 31, 32, a słabą – 13, 23, 33.

4. WYNIKI

4.1. Właściwości chemiczne gleb

Gleby w nadleśnictwach Katowice i Świerklaniec są zróżnicowane pod względem właściwości chemicznych (tab. 3). Wynikać to może z usytuowania powierzchni względem emitatorów, determinującego ilość zanieczyszczeń przemysłowych wprowadzanych do gleby, zarówno toksycznych (np. metali ciężkich, kwaśnych opadów) – zakłócających procesy mineralizacji i uwalniania podstawowych składników pokarmowych (Zwoliński 1995, 2001), jak i pierwiastków biogennych (N, K, Mg, Ca). Nie można wykluczyć także błędów popełnionych w trakcie klasyfikacji siedlisk.

Koncentracja węgla organicznego i azotu w glebie w Nadleśnictwie Katowice, kształtująca się średnio w poszczególnych typach siedliskowych lasu od 3,4 do 4,8% C i 0,12 do 0,15% N, jest wyższa niż w Nadleśnictwie Świerklaniec, gdzie wynosi odpowiednio od 1,7 do 2,9% C i od 0,05 do 0,08% N. Na ogół wyższa jest także zawartość kationów zasadowych, szczególnie wapnia i magnezu, których ilości mieszczą się w granicach od 0,88 do 1,67 $\text{cmol}[+]\cdot\text{kg}^{-1}$ Ca i od 0,11 do 0,18 $\text{cmol}[+]\cdot\text{kg}^{-1}$ Mg, a w Nadleśnictwie Świerklaniec od 0,76 do 0,97 $\text{cmol}[+]\cdot\text{kg}^{-1}$ Ca i od 0,06 do 0,13 $\text{cmol}[+]\cdot\text{kg}^{-1}$ Mg. Porównanie poszczególnych siedlisk w obu nadleśnictwach wykazuje, że gleby w Nadleśnictwie Katowice mają niższe pH (KCl), wyraźnie wyższą pojemność wymienną (CEC) na siedliskach Bśw i BMśw oraz większe wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami (BS) w Bśw i BMśw.

W wyniku wieloletniej emisji metalonośnych pyłów przez znajdujące się w bliskim sąsiedztwie obu nadleśnictw zakłady przemysłowe nastąpiła znaczna akumulacja metali ciężkich w glebach (tab. 3). Dotyczy to szczególnie ołowiu i kadmu,

Tabela 3. Właściwości chemiczne 0–20 cm warstwy gleb (średnia dla typu siedliska, odchylenie standardowe w nawiasie)
 Table 3. Chemical properties of 10–20 cm soil layer (average for forest site type, standard deviation in parenthesis)

Nadleśnictwo Forest District	Typ siedliskowy lasu Forest site type	pH _{KCl}	C (%)	N (%)	Kompleks sorpcyjny (cmol(+)×kg ⁻¹) Sorptions complex (cmol(+)×kg ⁻¹)			Metale ciężkie (mg×kg ⁻¹) Heavy metals (mg×kg ⁻¹)					
					K	Ca	Mg	CEC	BS (%)	Zn	Pb	Cu	Cd
Katowice	Bśw	3,51 (0,29)	4,75 (0,84)	0,15 (0,03)	0,05 (0,00)	1,67 (0,66)	0,18 (0,04)	12,34 (1,33)	15,6 (4,4)	131 (4)	169 (34)	10 (2)	2,5 (0,7)
	BMśw	3,49 (0,36)	3,75 (1,15)	0,13 (0,04)	0,06 (0,02)	0,92 (0,51)	0,11 (0,03)	11,02 (2,83)	9,9 (3,0)	121 (32)	122 (34)	8 (1)	2,0 (0,6)
	LMśw	3,75 (0,21)	3,38 (0,95)	0,12 (0,03)	0,06 (0,01)	1,35 (0,78)	0,14 (0,08)	10,24 (2,04)	15,3 (6,3)	118 (89)	178 (151)	9 (4)	2,4 (1,2)
Świerklaniec	Bśw	3,88 (0,27)	1,65 (0,62)	0,05 (0,02)	0,04 (0,01)	0,76 (0,37)	0,06 (0,02)	6,66 (2,22)	12,3 (3,5)	59 (31)	87 (46)	3 (1)	1,8 (0,5)
	BMśw	3,92 (0,14)	2,34 (0,81)	0,08 (0,03)	0,05 (0,02)	0,79 (0,91)	0,13 (0,08)	8,45 (1,30)	21,0 (7,5)	120 (48)	163 (46)	7 (4)	2,6 (0,6)
	BMw	3,43 (0,24)	2,88 (0,73)	0,08 (0,02)	0,03 (0,01)	0,97 (0,25)	0,07 (0,01)	14,22 (1,11)	7,6 (1,1)	48 (38)	80 (21)	2 (0)	1,5 (0,7)

Oznaczenia skrótów: CEC – pojemność wymienna kationów, BS – wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami ; pozostałe jak w tabeli 1

Abbreviations: CEC – cation exchange capacity, BS – base saturation; other as in the table 1

Tabela 4. Właściwości chemiczne igieł sosny (średnia dla typu siedliska, odchylenie standardowe w nawiasie)
 Table 4. Chemical properties of pine needles (average for site type, standard deviation in parenthesis)

Nadleśnictwo Forest District	Typ siedliskowy lasu Forest site type	Makroskładniki (%) Macronutrients (%)					Proporcje Ratios				
		N	P	K	Ca	Mg	N/P	N/Ca	N/Mg	K/P	K/Ca
Katowice	BMśw	1,465 (0,064)	0,058 (0,006)	0,575 (0,121)	0,250 (0,014)	0,051 (0,008)	25,3	5,9	28,7	9,9	2,3
	LMśw	1,453 (0,083)	0,061 (0,007)	0,558 (0,064)	0,206 (0,068)	0,051 (0,004)	23,8	7,1	28,4	9,1	2,7
Świerklaniec	Bśw	1,311 (0,111)	0,113 (0,015)	0,513 (0,039)	0,348 (0,105)	0,063 (0,006)	11,6	3,8	20,8	4,5	1,5
	BMśw	1,211 (0,057)	0,109 (0,008)	0,405 (0,021)	0,456 (0,049)	0,058 (0,014)	11,1	2,7	20,9	3,7	0,9
	BMw	1,505 (0,127)	0,134 (0,012)	0,535 (0,021)	0,330 (0,085)	0,062 (0,001)	11,2	4,6	24,3	3,9	1,6

Grubą czcionką oznaczono wyniki przekraczające wartość krytyczną: P < 0,1, Ca < 0,2, Mg < 0,6, N/P > 12, N/Ca > 7, N/Mg > 30, K/P > 4, K/Ca > 2

Exceeded threshold values are indicated in bold: P < 0,1, Ca < 0,2, Mg < 0,6, N/P > 12, N/Ca > 7, N/Mg > 30, K/P > 4, K/Ca > 2

Oznaczenia skrótów jak w tabeli 1

Abbreviations as in table 1

których średnie zawartości w poszczególnych typach siedliskowych, wynoszące odpowiednio od 107 do 178 mg Pb·kg⁻¹ i od 1,9 do 2,5 mg Cd·kg⁻¹ w Nadleśnictwie Katowice oraz od 80 do 163 mg Pb·kg⁻¹ i od 1,5 do 2,6 mg Cd·kg⁻¹ w Nadleśnictwie Świerklaniec, znacznie przekraczają naturalne zawartości tych metali w glebie, tj. 2 mg Pb·kg⁻¹ i mg Cd·kg⁻¹ (Kabata-Pendias i Pendias 1979, Mankovska 1986).

4.2. Skład chemiczny igieł sosny zwyczajnej

Zaopatrzenie drzew w azot, potas i wapń jest w obu nadleśnictwach wystarczające, o czym świadczą koncentracje tych składników w igłach sosny, które mieszczą się w granicach wartości przyjętych za optymalne (Bonneau 1988, Hüttl 1990, Braekke 1996, Zwoliński 2001). Na wszystkich powierzchniach w Nadleśnictwie Katowice stwierdzono niedobór fosforu i magnezu oraz przekroczenie wartości progowych proporcji między makroskładnikami (N/P, N/Ca, K/P, K/Ca), świadczące o zakłóceniu bilansu pokarmowego drzew (Zoetl i in. 1989, Linder 1995, Zwoliński 2001). Deficyt składników pokarmowych oraz zakłócenie bilansu pokarmowego drzew w Nadleśnictwie Świerklaniec są słabiej zaznaczone, co przejawia się jedynie niedoborem magnezu oraz przekroczeniem wartości progowej K/P na niektórych powierzchniach (tab. 4).

Zawartość siarki i metali ciężkich w igłach sosny wskazuje, że lasy w nadleśnictwach Katowice i Świerklaniec są nadal narażone na wpływ emisji przemysłowych (tab. 5). Koncentracja siarki stwierdzona w obu nadleśnictwach kształtuje się w granicach 0,121–0,154% – ponad dwukrotnie przekraczając naturalny poziom tego pierwiastka w igłach sosny, który wynosi 0,06% (Dmuchowski i Bytnerowicz 1995, Manninen i in. 1996). Akumulacja metali ciężkich (ołowiu, kadmu i cynku) znacznie przekracza ich naturalne poziomy w roślinach, mieszczące się w zakresie 5–10 mg Pb·kg⁻¹, 0,1–0,5 mg Cd·kg⁻¹ i 10–100 mg Zn (Burton i Morgan 1983, Balsberg-Pihlsson 1989, Dmuchowski i Bytnerowicz 1995), na wszystkich powierzchniach w Nadleśnictwie Świerklaniec, natomiast w Nadleśnictwie Katowice dotyczy to jedynie kadmu oraz na niektórych powierzchniach – cynku.

Tabela 5. Koncentracja siarki i metali ciężkich w jednorocznych igłach sosny zwyczajnej (średnia dla typu siedliska, odchylenie standardowe w nawiasie)

Table 5. Sulphur and heavy metal concentrations in one-year-old Scots pine needles (average for site type, standard deviation in parenthesis)

Nadleśnictwo Forest District	Typ siedliskowy lasu Forest site type	S (%)	Metale ciężkie (mg×kg ⁻¹) Heavy metals (mg×kg ⁻¹)			
			Zn	Pb	Cu	Cd
Katowice	BMśw	0,152 (0,002)	81,4 (21,8)	5,1 (0,9)	3,9 (0,2)	0,90 (0,14)
	LMśw	0,154 (0,006)	147,2 (83,9)	6,3 (1,8)	4,6 (0,3)	1,38 (0,53)
Świerklaniec	Bśw	0,142 (0,018)	180,0 (52,8)	25,0 (10,2)	3,2 (0,4)	1,94 (0,75)
	BMśw	0,121 (0,002)	280,2 (172,3)	24,2 (11,3)	3,7 (0,4)	2,63 (1,94)
	BMw	0,135 (0,006)	171,8 (58,3)	23,2 (9,7)	3,6 (0,4)	1,13 (0,18)

Oznaczenia skrótów jak w tabeli 1

Abbreviations as in table 1

4.3. Ocena rozwoju i przydatności gatunków drzew do przebudowy

Na podstawie stanu koron (stopnia defoliacji) oraz rozwoju drzew (jakości technicznej i stopnia uszkodzenia pędów) określono wartość hodowlaną wszystkich gatunków drzew występujących aktualnie na badanych powierzchniach, wyrażając ją wartością wskaźnika *KR* (tab. 6 i 7). Należy zaznaczyć, że oceniony zestaw gatunków drzew na powierzchni nie zawsze odpowiada składowi przedstawionemu w planach urządzenia lasu (tab. 1 i 2), co może wynikać zarówno z eliminacji niektórych gatunków w ostatnich latach (ubumarcie lub usunięcie w trakcie cięć pielęgnacyjnych) jak i z błędnej oceny taksacyjnej.

Tabela 6. Wartość hodowlana gatunków drzew (*KR*) na terenie Nadleśnictwa Katowice
Table 6. Silvicultural value of tree species (*KR*) in Katowice Forest District

Leśnictwo, oddział Forest range, cutting section	Typ siedliskowy lasu Forest site type	<i>KR</i>												
		So	Soc	Md	Db	Dbc	Brz	Bk	Kl	Jw	Lp	Ol	Js	
Panewnik, 45b	Bśw	21		11	12	13	12							
Panewnik, 48d	Bśw	21		11	11	13	12	12						
Zadole, 83g	BMśw	21		11			11							
Reta, 79h	BMśw	21	21	11			12							
Śmiłowice, 141Ak	BMśw	21		11	11	12	12							
Górki, 156b	BMśw	21			11		11	11					11	
Imielin, 92p	BMśw	21		11	11	11	12	13						
Muchowiec, 33d	BMśw	21		11	11	13	11							
Muchowiec, 25a	BMśw	21		11	11	13	11							
Panewnik, 39a	BMśw	21			12	13	12							
Śmiłowice, 140f	BMśw	21			12	13	12	11		12				
Śmiłowice, 143f	BMśw	21		11	11	13								
Imielin, 109c	BMśw	21		11	11	11	11							
Makoszowy, 116g	BMśw			11	11	12	11		11	12	11			
Muchowiec, 27l	BMw	21		11	12		11	12						
Zadole, 98a	BMw	21		11	12	13	11		11			12		
Zadole, 92c	BMw				12	13		11						
Panewnik, 47b	BMw	21		11	12	13	12							
Reta, 95Ah	LMśw	21		11			11	11						
Janów, 39d	LMśw	21		11	11	11	11	11						
Muchowiec, 26a	LMśw			11	11	23	12							
Muchowiec, 36d	LMśw	21		11	11	11	11						22	
Muchowiec, 35a	LMśw	21		11	11	13	11							
Panewnik, 38h	LMśw	21			12	13	11							
Śmiłowice, 54d	LMśw	21		11	11	11	12					11		12
Makoszowy, 123i	LMśw				12	12	11		12	12				
Imielin, 106c	LMśw	21		11	12		12							

Oznaczenia: *K* – korona drzewa: 1 – słabo uszkodzona, 2 – średnio uszkodzona, 3 – silnie uszkodzona, *R* – rozwój gatunku drzewa: 1 – dobry, 2 – średni, 3 – słaby, *KR*: 11 – bardzo dobra, 12, 21 – dobra, 22, 31, 32 – średnia, 13, 23, 33 – słaba

Designations: *K* – tree crown: 1 – slightly damaged, 2 – moderately damaged, 3 – severely damaged, *R* – development of tree species: 1 – good, 2 – moderate, 3 – poor, *KR*: 11 – very good, 12, 21 – good, 22, 31, 32 – moderate, 13, 23, 33 – poor; explanation of symbols in table 1

Tabela 7. Wartość hodowlana gatunków drzew (KR) w Nadleśnictwie Świerklaniec
 Table 7. Silvicultural value of tree species (KR) in Świerklaniec Forest District

Leśnictwo, oddział Forest range, cutting section	Typ sied- liskowy lasu Frest site type	KR								
		So	Soc	Sow	Md	Sw	Db	Dbc	Brz	Bk
Imielów, 222c	Bśw	21	33						12	
Imielów, 242d	Bśw	11	33						11	
Imielów, 268h	Bśw	21	33						11	
Imielów, 222d	BMw	13			11				11	
Lubocz, 77d	BMw	21	23		11	11			11	
Imielów, 258g	BMśw	21	33						12	
Nakło, 124b	BMśw	21	21		11		11	11	12	
Truszczyca, 139a	BMśw	22				21	11			
Truszczyca, 140a	BMśw	21					11		11	
Pniowiec, 58a	BMśw	21		23			11	11	12	11
Pniowiec, 78a	BMśw	21	33	23	11		12	12	11	
Truszczyca, 63 d	LMśw	21	23		11				12	

Oznaczenia: K – korona drzewa: 1 – słabo uszkodzona, 2 – średnio uszkodzona, 3 – silnie uszkodzona, R – rozwój gatunku drzewa: 1 – dobry, 2 – średni, 3 – słaby, KR: 11 – bardzo dobra, 12, 21 – dobra, 22, 31, 32 – średnia, 13, 23, 33 – słaba, wyjaśnienie skrótów w tab. 1

Designations: K – tree crown: 1 – slightly damaged, 2 – moderately damaged, 3 – severely damaged, R – development of tree species: 1 – good, 2 – moderate, 3 – poor, KR: 11 – very good, 12, 21 – good, 22, 31, 32 – moderate, 13, 23, 33 – poor; explanation of abbreviations in table 1

Sosna zwyczajna (*Pinus silvestris* L.) charakteryzuje się dobrym rozwojem, tj. wzrostem wysokości i grubości, dobrą jakością techniczną tworzonych strzał, z uigleniem (średnio 2,5 rocznika igieł) nie wykazującym na ogół symptomów uszkodzeń spowodowanych przez zanieczyszczenia przemysłowe oraz czynniki biotyczne (patogeny grzybowe i owady). Dobry jej rozwój stwierdzono nawet w rozluźnionej więźbie (2 m×2 m), np. na powierzchni w Nadl. Świerklaniec (Pniowiec 78a). Wskaźnik KR ma wartość 21 na wszystkich powierzchniach w Nadleśnictwie Katowice oraz na większości w Nadleśnictwie Świerklaniec, co pozwala zakwalifikować sosnę zwyczajną do gatunków odznaczających się dobrą wartością hodowlaną.

Sosna czarna (*Pinus nigra* Arnold.) występuje liczniej w Nadleśnictwie Świerklaniec, gdzie odznacza się słabą wartością hodowlaną, z silnymi uszkodzeniami ze strony patogenów grzybowych, głównie *Gremmeniella abietina*; wartość wskaźnika KR wynosi, w większości przypadków, 23 i 33. Lepszy rozwój tego gatunku (KR=21) obserwowano jedynie na dwóch powierzchniach.

Sosna wejmutka (*Pinus strobus* L.) występuje sporadycznie w przebudowanych drzewostanach. Wykazuje dużą dynamikę wzrostu, lecz jest silnie uszkadzana przez zwierzynę (spalowanie) i podatna na chorobę powodowaną przez *Cronartium ribicola*. Jest obecna w przebudowanych drzewostanach w Nadleśnictwie Świerklaniec, gdzie jej wartość hodowlaną określono jako słabą (KR=23). Zasady Hodowli Lasu (2003) nie przewidują tego gatunku do odnowień.

Modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.) zaliczyć należy do gatunków odznaczających się bardzo dobrą wartością hodowlaną, co przejawia się dobrą jakością techniczną, wzrostem wysokości i uigleniem koron. Na wszystkich 26 lustrowanych powierzchniach z obecnością tego gatunku, wartość KR wynosiła 11.

Świerk pospolity (*Picea abies* Karst.) był rzadko stosowany w przebudowie drzewostanów w rejonach przemysłowych, ze względu na jego wrażliwość zarówno na wyższe stężenia SO_2 w powietrzu atmosferycznym, jak i wahania poziomu wód gruntowych. Występuje jedynie na dwóch powierzchniach w Nadleśnictwie Świerkianiec, gdzie stwierdzone wartości *KR* (11 i 21) świadczą o dobrej wartości hodowlanej tego gatunku. Obecnie, przy wyraźnie niższym zanieczyszczeniu powietrza tlenkami siarki, wydaje się wskazane zwiększenie udziału świerka w przebudowywanych drzewostanach, zwłaszcza na siedliskach wilgotnych.

Dąb szypułkowy i bezszypułkowy (*Quercus robur* L. / *Q. sessiflora* Salisb.) są stosowane w przebudowie drzewostanów zwykle razem (bez ich rozróżniania w składzie gatunkowym). Oba gatunki, z których dąb szypułkowy spotykany jest częściej, są niewrażliwe na patogeny grzybowe, lecz chętnie uszkodzane przez zwierzynę. Z uwagi na występującą w Europie, w tym w Polsce, bliżej nie rozpoznaną chorobę dębów (Ragazzi i in. 1995, Tarasiuk i in. 2003), wskazane jest rozproszenie ryzyka hodowlanego przez unikanie wielkopowierzchniowych kęp dębowych. Na lustrowanych powierzchniach oba gatunki cechuje bardzo dobra lub dobra jakość hodowlana, o wskaźniku *KR* = 11 lub 12.

Dąb czerwony (*Quercus borealis* Michx.f.) był szeroko wykorzystywany w przebudowie drzewostanów w rejonach przemysłowych ze względu na jego odporność na zanieczyszczenia przemysłowe oraz mniejsze, w porównaniu z dębami rodzimymi, wymagania odnośnie do warunków glebowych. Na wielu ocenianych powierzchniach dąb czerwony odznacza się słabą wartością hodowlaną (*KR* = 13 lub 23), występują na nim objawy uszkodzeń części odziomkowych spowodowane przez patogeny grzybowe oraz jest silnie zgryzany przez zwierzynę. Ponadto na kilku powierzchniach w Nadleśnictwie Katowice stwierdzono jego znaczne obumieranie. Natomiast dobrą jakością hodowlaną wykazuje się on na powierzchniach, gdzie wykonano czyszczenia późne i trzebieże.

Brzoza brodawkowata (*Betula verrucosa* Ehrh.) jest najczęściej występującym gatunkiem w przebudowanych drzewostanach. Odznacza się szeroką skalą ekologiczną rozwoju i rośnie nawet w bardzo trudnych warunkach siedliskowych. W lustrowanych drzewostanach brzoza charakteryzuje się bardzo dobrą (*KR* = 11) lub dobrą (*KR* = 12) wartością hodowlaną, określoną niską defoliacją oraz brakiem uszkodzeń drzew spowodowanych przez grzyby, owady i zwierzynę. Ze względu na stosunkowo niski wiek rębności, gatunek ten musi być jednak szybciej odnowiony w procesie przebudowy drzewostanów lub zastąpiony przez inne gatunki. Biorąc pod uwagę obecny stan zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, udział gatunkowy brzozy proponowany w Zasadach Hodowli Lasu, powinien być obniżony na korzyść sosny zwyczajnej.

Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.) jest obecny głównie w Nadleśnictwie Katowice, gdzie w większości przypadków wykazuje bardzo dobrą (*KR*=11) lub dobrą (*KR*=12) wartość hodowlaną. Gatunek ten charakteryzuje się słabym uszkodzeniem koron (niska defoliacja) oraz, na ogół, brakiem uszkodzeń drzew przez grzyby i owady. Jest też mniej niż dęby zgryzany przez zwierzynę.

Inne gatunki drzew. Spośród ocenianych gatunków występujących rzadziej w badanych drzewostanach, bardzo dobrą lub dobrą wartością hodowlaną ($KR = 11$ lub 12) odznaczają się lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.), klon jawor (*Acer pseudoplatanus* L.), klon zwyczajny (*Acer platanoides* L.) i jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.). Gatunki te mogą być stosowane jako domieszki w przebudowywanych drzewostanach. Olsza czarna (*Alnus glutinosa* Gaertn.), obecna jedynie na dwóch powierzchniach, na jednej cechuje się bardzo dobrym ($KR = 11$), a na drugiej – średnim rozwojem ($KR = 22$). Z drzew domieszkowych nieprzydatne do przebudowy drzewostanów okazały się olsza szara (*Alnus incana* Willd.), która atakowana przez patogeny grzybowe (*Hypoxyton fuscum*, *Cryptospora suffusa*, *Peziculla ciccamomea* i *Heterobasidion annosum*) praktycznie wszędzie obumarła (Kowalski 1979, Domański i Kowalski 1987), oraz osika (*Populus tremula* L.) – prawie całkowicie usunięta w ramach cięć pielęgnacyjnych.

5. DYSKUSJA

Przebudowa drzewostanów jest jednym z podstawowych działań hodowlanych pozwalających na zapobieganie negatywnym skutkom wywołanym przez emisje przemysłowe, względnie ich niwelację. O efektywności tych działań, które na szerszą skalę podjęto w latach sześćdziesiątych XX wieku, świadczą aktualne zasoby leśne oraz stan zdrowotny przebudowanych drzewostanów w rejonach przemysłowych, czego przykładem są badane drzewostany w nadleśnictwach Katowice i Świerklaniec. Odznaczają się one dobrą lub bardzo dobrą jakością rodzimych gatunków drzew wchodzących w ich skład, w tym sosny zwyczajnej – podstawowego gatunku lasotwórczego na terenach nizinnych. Niewątpliwie istotny na to wpływ miał datujący się od końca lat osiemdziesiątych znaczny spadek emisji zanieczyszczeń przemysłowych, zwłaszcza dwutlenku siarki i metali ciężkich – stanowiących największe zagrożenie dla lasów; w okresie 1990–2002 ilość wyemitowanego SO_2 i metali ciężkich zmniejszyła się ponad dwukrotnie (GUS 2004b). Potwierdzają to wyniki pomiarów koncentracji SO_2 w powietrzu atmosferycznym wykonanych przez stację pomiarową LASMA – IBL wskazujące, że na terenie Nadleśnictwa Katowice stężenie tego gazu w okresie 1992–2003 spadło z $55 \mu g/m^3$ do $24 \mu g/m^3$ (Kwapis i Hawryś 2004), a także, pośrednio, stwierdzona wyraźnie niższa obecnie, niż notowano wcześniej, zawartość metali ciężkich w górnych poziomach gleb oraz siarki i metali ciężkich w igłach sosny na terenie Nadleśnictwa Świerklaniec (Nowak i Widera 1980, Zwoliński 1995, 1999). Zawartość metali ciężkich w aparacie asymilacyjnym sosny pozostaje nadal na wysokim poziomie. Pobierane są one bowiem przez drzewa głównie z gleb (Tyler 1984), gdzie kumulowane przez dziesięciolecia pozostaną jeszcze przez długi okres (Bowen 1975, McGrath 1986). Wyższy poziom koncentracji metali ciężkich w igłach sosny w Nadleśnictwie Świerklaniec niż w Nadleśnictwie Katowice

wynika z faktu, że lasy w tym nadleśnictwie są wciąż zanieczyszczane pyłami z huty „Miasteczko Śląskie” zawierającymi metale ciężkie, które bezpośrednio, z powietrza, mogą wnikać do tkanek roślin (McFerlaine i Berry 1974, Kozlov i in. 2000).

Utrzymujące się nadal nadmierne skażenie siedlisk leśnych związkami siarki i metali ciężkich jest niewątpliwie jedną z głównych przyczyn uszkodzenia igieł sosny, obserwowanego na niektórych powierzchniach badanych nadleśnictw. Może być ono rezultatem zarówno bezpośredniego oddziaływania tych związków na tkanki roślinne, jak i oddziaływania pośredniego – poprzez zakłócenie bilansu pokarmowego drzew (Rautio i in. 1988, Kukkola i in. 1997), wynikające z niedoboru niektórych makroskładników. Prawidłowy rozwój drzewostanów wykazujących takie objawy zapewnić może odpowiednie, uzupełniające, nawożenie gleb. Wspomniany, systematyczny spadek emisji zanieczyszczeń przemysłowych w ostatnich dwóch dekadach spowodował zmniejszenie skażenia siedlisk do poziomu, który nie wydaje się stanowić poważnego zagrożenia dla lasów Górnego Śląska, za czym przemawia aktualny stan zdrowotny badanych drzewostanów. W odróżnieniu od rodzimych gatunków drzew, które w przebudowanych drzewostanach wykazują dobry rozwój, słabą wartością hodowlaną odznaczają się wprowadzone gatunki obce, uważane za bardziej odporne na zanieczyszczenia przemysłowe, a mianowicie sosna czarna i dąb czerwony – wykazujące dużą podatność na choroby powodowane przez grzyby.

W najbliższych latach, do przebudowy drzewostanów kwalifikuje się około 250 tys. ha lasów, z tego po 5–10 tys. ha rocznie lasów zdegradowanych przez zanieczyszczenia przemysłowe (Fonder 2004). Ponadto, aktualnie istniejące drzewostany powstałe w wyniku przebudowy lasów iglastych są w przeważającej części drzewostanami zastępczymi i wymagają stopniowej rekonstrukcji. Niezbędnym warunkiem efektywności tego przedsięwzięcia, wyrażonej trwałością ekosystemu leśnego, spełniającego funkcje produkcyjne i pozaprodukcyjne, jest odpowiedni dobór gatunków drzew – dostosowany zarówno do warunków siedliskowych jak i aktualnego poziomu skażenia powietrza atmosferycznego. Ocena kondycji przebudowanych drzewostanów przeprowadzona w nadleśnictwach Katowice i Swierklaniec przemawia za szerszym niż obecnie udziałem sosny zwyczajnej w składzie gatunkowym drzew w rejonach przemysłowych. Według Bernadzkiego (1996), udział tego gatunku w lasach nizinnych powinien kształtować się na poziomie 80% na siedliskach borowych, sięgać do 70% na siedliskach borów mieszanych i 50% na żyznych siedliskach lasów mieszanych, natomiast na siedliskach lasowych stanowić może jedynie gatunek domieszkowy. Poza sosną zwyczajną, do przebudowy nadają się wszystkie rodzime gatunki drzew, z jodłą pospolitą włącznie, której stan zdrowotny w ostatnich latach, w tym w rejonach narażonych na oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych, znacznie się poprawił, a założone uprawy jodłowe odznaczają się dobrym rozwojem (Zawada 2001, Hawryś i in. 2002, Hawryś 2003, Hawryś i in. 2004). Przy odnowieniach lasów należy natomiast zrezygnować z gatunków obcych, w tym zwłaszcza z sosny czarnej. W kontekście powyższych uwag, niezbędna jest nowelizacja składów

gatunkowych odnowień na terenach znajdujących się w zasięgu oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych podanych w Zasadach Hodowli Lasu (2003), propozycję której przedstawiono w tabeli 8. Opracowano ją na podstawie wyników niniejszej pracy oraz wieloletnich obserwacji rozwoju różnych gatunków drzew na terenach zdegradowanych przez zanieczyszczenia przemysłowe (Hawryś 1984, 1999, Hawryś i in. 1986, Latocha 1989, Walenzik i in. 1999). Uwzględniono jednocześnie wymagania poszczególnych gatunków wobec jakości siedliska oraz datujący się od końca XX wieku systematyczny spadek presji przemysłu na lasy w Polsce (GUS 2004 a, b). Podejście do zasady wielogatunkowości przebudowywanych lasów powinno być racjonalne i zależne od warunków siedliskowych. W uzasadnionych przypadkach dopuszczalne jest nawet wyhodowanie drzewostanów złożonych z dwu lub trzech gatunków drzew, a także pozostawienie niewielkich fragmentów litych drzewostanów (np. sosnowych, brzozowych, bukowych). Obumierające drzewostany gatunków introdukowanych (np. sosny czarnej, dębu czerwonego) oraz rodzimych (np. olszy szarej, osiki) należy stopniowo usuwać, najlepiej metodą tzw. „sztucznych gniazd”, wprowadzając w ich miejsce inne gatunki drzew, np.: jodłę pospolitą, dąb szypułkowy (bezszypułkowy) lub buk zwyczajny. Niezbędna jest także ochrona wprowadzanych gatunków chętnie zgryzanych przez zwierzynę, takich jak dąb szypułkowy, dąb bezszypułkowy, buk zwyczajny i jodła pospolita, z zastosowaniem repelentów lub przez grodzenia. W przebudowanych drzewostanach należy stosować dotychczasowe wytyczne pielęgnowania lasu, przyjmując jako główne kryterium selekcji zdrowotność drzew lub biogrup drzew, a realizowany proces przebudowy powinien być monitorowany i doskonalony w dalszych fazach rozwoju tworzonych ekosystemów leśnych.

6. WNIOSKI

1. Przebudowane drzewostany na Górnym Śląsku odznaczają się dobrym stanem zdrowotnym, na co miał wpływ znaczny spadek w ostatnich dwu dekadach emisji zanieczyszczeń przemysłowych, czego przejawem jest wyraźnie niższa niż w latach ubiegłych zawartość metali ciężkich w glebach oraz siarki i metali ciężkich w igłach sosny.

2. Wchodzące w skład przebudowanych drzewostanów wszystkie rodzime gatunki drzew, w tym sosna zwyczajna, odznaczają się dobrą wartością hodowlaną, w odróżnieniu od gatunków introdukowanych (sosny czarnej i dębu czerwonego) – podatnych na choroby powodowane przez grzyby.

3. Dalszy, prawidłowy rozwój przebudowanych lasów wykazujących oznaki niedostatecznego zaopatrzenia drzew w składniki pokarmowe zagwarantować może ich uzupełnienie poprzez odpowiednie nawożenie gleb.

4. Przebudowane drzewostany na Górnym Śląsku są na ogół drzewostanami zastępczymi i wymagają stopniowej rekonstrukcji, uwzględniającej dostosowanie składów gatunkowych do istniejących siedlisk.

Table 8. Proponowany skład gatunkowy drzew do odnowień lasów nizinnych narażonych na oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza

Table 8. Proposed composition of tree species for regeneration of lowland forests influenced by air pollution

Typ siedliskowy lasu Forest site type	Typ drzewostanu Stand type	Procentowy udział gatunków docelowych i pomocniczych Percentage share of main and auxiliary species					
		iglastych coniferous			liściastych broadleaved		
Bs	Brz So	So	60–70	60–70	Brz Ol, Ak, Jrz	30–40	20–30 10
Bśw	Db Brz So	So Md	50–60	50 0–10	Db Brz Ol, Jrz	40–50	20 10–20 10
Bw	Brz So	So Św	50–60	50 0–10	Brz Db Ol, Jw, Jrz	40–50	20 10 10–20
Bb BMb	Brz So	So	50–60	50	Brz Ol, Js, Db	40–50	20–30 20
BMśw	Db Md So Db Bk So	So Md Św, Jd	50–60	30–40 10 10	Db Bk Lp, Brz, Kl, Jw, Ol	40–50	20 10–20 10
BMw	Db So	So Św	40–60	40–50 0–10	Db Brz, Lp, Ol, Js, Bk, Jw, Kl	40–60	20–30 20–30
LMśw	Db (Bk) Md So Bk (Db) Jd So	So Md, Jd	40–50	20–30 20	Db Bk Lp, Kl, Jw, Js, Ol, Brz	50–60	20 20 10–20
LMw	So Db	So Św Md, Jd	40–50	20–30 10 10	Db Bk Ol, Js, Jw, Brz, Kl	50–0	20–30 20 10
LMb	So Ol Brz	So Św	20–30	10–20 10	Brz Ol Js Db	70–80	40 20 10–20
Lśw	Md Bk Db Md Db Bk	Md Jd, So, Św	20–40	20 0–20	Db Bk Lp, Jw, Kl, Js, Brz, Gb	60–80	20–30 20–30 20
Lw, Lł	Js Db	Św, So	0–10	0–10	Db Js Ol, Brz	90–100	40–50 30 20
Ol	Ol	Św, So	0–10	0–10	Ol Brz, Js, Db	90–100	70–80 20
OLJ	Ol Js	Św, So	0–10	0–10	Js Ol Db, Brz	90–100	50–60 30 10

Wyjaśnienie skrótów w tabeli 1

Explanation of abbreviations in table 1

5. Aktualny poziom zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w Polsce stwarza możliwość zastosowania wszystkich gatunków drzew rodzimego pochodzenia, z jodłą pospolitą włącznie, w przebudowie drzewostanów zdegradowanych przez emisje przemysłowe.

6. Datujący się od końca XX wieku systematyczny spadek emisji zanieczyszczeń przemysłowych oraz wyniki oceny rozwoju różnych gatunków drzew w przebudowanych drzewostanach na Górnym Śląsku przemawiają za koniecznością korekty orientacyjnych składów gatunkowych odnowień w lasach nizinnych zdegradowanych przez emisje przemysłowe w kierunku zwiększenia udziału sosny zwyczajnej i wykluczenia gatunków obcych, zwłaszcza sosny czarnej.

Praca została złożona 25.04.2006 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 30.07.2006 r.

THE STATE OF CONVERTED STANDS IN THE UPPER SILESIA INDUSTRIAL REGION

Summary

To assess the condition of converted forests in the Upper Silesia industrial region, silvicultural value of trees was investigated on 39 stands at the age of 10–53 years, located in Katowice and Świerklaniec Forest Districts (table 1 and 2). In addition, soil chemistry and chemical composition of Scots pine needles were examined. The investigated experimental plots considerably differed in respect of soil chemistry and were characterized by elevated concentrations of heavy metals in upper soils, especially of Pb and Cd (table 3). According to commonly accepted element ranges for balanced nutrition, the nutrient contents in pine needles were found to be sufficient on almost all experimental plots in Świerklaniec Forest District. In contrast, deficiencies of P and Mg as well as exceeded values of N/P, N/Ca, K/P and K/Ca ratios in needles in Katowice Forest District were observed, suggesting the nutrient imbalance of trees (table 4). Thus to guarantee the further, proper development of these stands, the appropriate soil fertilization seems to be necessary. In both forest districts the elevated concentrations of S and heavy metals in pine needles were found to be high (table 5), but considerably lower than observed in the past years – due to radical reduction of industrial emissions during the last two decades. The converted stands in Świerklaniec and Katowice Forest Districts were found to be in good condition, with all native tree species, including Scots pine, displaying very good or good silvicultural values, as expressed by *KR* index: where *K* indicates tree crown condition (defoliation, number of needle sets), and *R* – development of tree (stem quality, damage of shoots) (table 6 and 7). On the contrary, the non-indigenous tree species, namely black pine and eastern red oak – which assumed to be more resistant to air pollution, displayed poor silvicultural values, being strongly vulnerable to fungal pathogens.

Taking into account the current air pollution level, distinctly lower than in the past years, the modification of silvicultural practices with respect to composition of tree species for forest regeneration in various forest site types has been proposed (table 8). In comparison to the obligatory principles of silvicultural measures, the increased share of Scots pine in species composition and excluding of non-indigenous tree species, especially black pine, have been recommended.

LITERATURA

- Balsberg-Påhlsson A. M. 1989: Toxicity of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants. A literature review. *Water, Air, Soil Pollut.*, 47: 287-319.
- Bernadzki E. 1996: Kształtowanie drzewostanów sosnowych. *Sylvan*, 9: 21-33.
- Bonneau M. 1988: Le diagnostic foliaire. *Revue forestière française. Special issue Diagnostic en forêt*, 40: 19-23.
- Bowen M. H. J. 1975: Residence times of heavy metals in the environment. [W:] Intern. Conf. on heavy metals in the environment. T.C. Hutchinson ed., *Symp. Proc. Pub. Inst. Environment Studies*, 1: 1-19.
- Braekke F. H. 1996: Needle analyses and graphic vector analyses of Norway spruce and Scots pine stands. *Trees*, 11: 23-33.
- Burton K., Morgan E. 1983: The influence of heavy metals upon the growth of Sitka spruce in South Wales forest. I. Upper critical and foliar concentration. *Plant a. Soil*, 73: 327-336.
- Dmuchowski W., Bytnerowicz A. 1995: Monitoring environmental pollution in Poland by chemical analysis of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. *Environ. Pollut.*, 87: 87-104.
- Domański S., Kowalski T. 1987: Fungi occurring on forests injured by air pollutants in the Upper Silesia and Cracow industrial regions. Mycoflora of dying young trees of *Alnus incana*. *Eur. J. For. Pathol.*, 6: 337-348.
- Fonder W. 2004: Przebudowa drzewostanów. *Las Pol.*, 23: 14-15.
- GUS 2004a: Leśnictwo. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- GUS 2004b: Ochrona Środowiska. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Hawryś Z. 1984: Sensivity of some deciduous trees to sulphur compounds and heavy metals. *Ekol. Pol.*, 32: 103-124.
- Hawryś Z. 1999: Hodowlane aspekty przebudowy drzewostanów objętych wpływem emisji przemysłowych. [W:] Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu. *Mat. I Konf. Leśnej, Sękocin Las 1999 r.*, 300-304.
- Hawryś Z. 2003: Przebudowa drzewostanów – restytucja jodły. *Prace Inst. Bad. Les.*, A, 3: 94-95.
- Hawryś Z., Chłodny J., Zwoliński, Matuszczyk I. 1986: Ustalenie zestawu gatunków drzew i krzewów przydatnych do zalesień obszarów znajdujących się pod wpływem emisji przemysłowych. Dokumentacja IBL (manuskrypt).
- Hawryś Z., Kwapis Z. 2001: Raport o stanie lasu Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach za 2000 rok. ZGLRP IBL, Katowice.
- Hawryś Z., Olszowska G., Matuszczyk I., Kwapis Z., Dyrek D. 2002: Restytucja jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w przebudowywanych drzewostanach RDLP Katowice, z uwzględnieniem najlepszych krajowych proveniencji tego gatunku. Dokumentacja IBL (manuskrypt).
- Hawryś Z., Kwapis Z., Matuszczyk I., Olszowska G. 2004: Ocena rozwoju wybranych pochodzeń jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w uprawach na terenie Sudetów Zachodnich. *Leśne Prace Badawcze*, 4: 137-159.
- Huttl R. F. 1990: Nutrient supply and fertilizer experiments in view of N saturation. *Plant a. Soil*, 128: 45-58.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1979: Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. *Wyd. Geol.*, Warszawa, 300 pp.
- Kowalski T. 1979: Grzyby nadrzewne występujące w różnych wariantach przebudowy drzewostanów sosnowych w GOP, na przykładzie powierzchni doświadczalnej IBL w Pniowcu (Nadl. Świerk-laniec). Praca doktorska, AR Kraków.
- Kozlov M. V., Haukioja E., Bakhtiarov A. V., Stroganov D. N., Zimina S. N. 2000: Root versus canopy uptake of heavy metals by birch in an industrially polluted area: contrasting behavior of nickel and copper. *Environ. Pollut.*, 107: 413-420.
- Kukkola E., Huttunen S., Bäck J., Rautio P. 1997: Scots pine needle injuries at subarctic industrial sites. *Trees*, 11, 378-387.
- Kwapis Z., Hawryś Z. 2004: Z ostatniego raportu LASMA. *Tryb. Leś.*, 3: 14-15.

- Latocha E. 1976: Przegląd upraw i młodników powstałych z przebudowy drzewostanów w Górnośląskim i Krakowskim Okręgu Przemysłowym. *Prace Inst. Bad. Leś.*, 509: 39-67.
- Latocha E. Możliwości i sposoby zagospodarowania terenów leśnych w okręgach przemysłowych. [W:] *Życie drzew w skażonym środowisku*. PWN, Warszawa-Poznań, 443-466.
- Linder S. 1995: Foliar analysis for detecting and correcting nutrient imbalances in forest stands. *Ecol. Bull.*, 44: 178-190.
- Mankovska B. 1986: Accumulation of As, Sb, S and Pb in soil and pine forest. *Biologia (Bratysława)*, 5: 71-79.
- Manninen S., Huttunen S., Rautio P., Perämäki P. 1996: Assessing the critical level of SO₂ for Scots pine in situ. *Environ. Pollut.*, 93(1): 27-38.
- McFarlane J., Berry W. 1974: Cation penetration through isolated leaf cuticles. *Plant Physiol.*, 5: 723-727.
- McGrath S. P. 1986: Long-term studies of metal transfers following application sewage sludge. [W:] *Pollutant transport and fate in ecosystems* (P. J. Cougtry, M. H. Marrin, M. H. Unsworth eds.), British Ecological Society Special Publication, 6: 301-317.
- Nowak M., Widera S. 1980: Wpływ kumulacji siarki i metali ciężkich w organach asymilacyjnych sosny pospolitej na wybrane cechy morfologiczne i stopień uszkodzenia szpilek. *Archiwum Ochrony Środowiska*, 3-4: 123-128.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubińska Z. 1991: *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Ragazzi A., Vagniluca S., Moricca S. 1995: European expansion of oak decline: involved microorganisms and methodological approaches. *Phytopath. Medit.*, 34: 207-226.
- Rautio P., Huttunen S., Lampuu J. 1998: Effects of sulphur and heavy metal deposition on foliar chemistry of Scots pine in Finnish Lapland and on the Kola Peninsula. *Chemosphere*, 36 (4-5): 979-984.
- Tarasiuk S., Szczepkowski A., Borowski J. 2003: Zamieranie dębów w Polsce. *Las Polski*, 3: 24-25.
- Tyler G. 1984: The impact of heavy metal pollution on forests: a case study of Gusum, Sweden. *Ambio*, 13: 19-24.
- Walendzik R., Olejarski I., Przyborowska I., Szołtyk G. 1999: Przebudowa drzewostanów i uprawa gleby w warunkach skażeń przemysłowych Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. [W:] *Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu*, Mat. I Konf. Leśnej, Sękocin Las 1999 r., 305-314.
- Węglowski S. 1963: Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na gospodarstwo leśne w woj. katowickim. *Konf. naukowo-techniczna pt. „Wpływ przemysłowego zanieczyszczenia na lasy”*, 7-9.1963 r., Katowice.
- Wolak J. 1970: Powstawanie nowych układów ekologicznych pod wpływem emisji przemysłowych. *Sylwan* 8-9: 35-38.
- Zawada J. 2001: Przyrostowe objawy rewitalizacji jodły w lasach Karpat i Sudetów oraz wynikające z nich konsekwencje hodowlane. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 3 (872): 79-101.
- Zasady Hodowli Lasu obowiązujące w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa, 1969, 1979, 1988, 2003.
- Zoetl H. W., Hoettl R. F., Fink S., Tomlinson G. H., Wisniewski J. 1989: Nutritional disturbance and histological changes in declining forests. *Water, Air, Soil Pollut.*, 48: 87-109.
- Zwoliński J. 1995: Wpływ emisji zakładów przemysłu metali nieżelaznych na środowisko leśne – rola metali ciężkich w degradacji lasów. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 809: 3-86.
- Zwoliński J. 1999: Zmiany zawartości metali ciężkich oraz aktywności mikrobiologicznej w glebach borów sosnowych na terenie Polski południowo-zachodniej w latach 1988-1997. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 872: 103-118.
- Zwoliński J. 2001: Reakcja borów sosnowych na kwaśne opady. I. Gleba i aparat asymilacyjny drzew. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 1(912): 113-137.