

EUGENIUSZ BERNADZKI

Gospodarka leśna w obliczu zmian klimatu*

Forestry Facing Climate Changes

W ciągu ubiegłych 200 lat zaznaczyły się znaczne zmiany klimatu. Od lat dwudziestych ubiegłego stulecia do lat czterdziestych naszego wieku wzrasta średnia temperatura roczna, wydłuża się okres wegetacyjny, zwiększyła się wydatnie ilość ciepła na powierzchni naszej planety. W latach sześćdziesiątych nastąpiło wyraźne załamanie tego trendu. W latach osiemdziesiątych zarysował się ponowny znaczny wzrost średniej temperatury rocznej i tendencja ta utrzymuje się do chwili obecnej. Ocieplenie klimatu sprzyja ekspansji ciepłolubnych gatunków drzew leśnych (13).

Zmiany klimatu są zjawiskiem naturalnym. Również w bieżącym, tysiącleciu obserwowane były okresy ochłodzenia i ocieplenia, które wywierały wpływ na szatę leśną. Zmianom ulegała góraska granica lasu, granice zasięgu drzew (stanowiska wypowe), aczkolwiek działalność człowieka (wylesienia, preferowanie określonych gatunków drzew, sposoby zagospodarowania) ślady tych zmian w znacznym stopniu zatarła.

W ostatnim okresie coraz większą akceptację zyskuje pogląd, że główną przyczyną zmian klimatu w bieżącym stuleciu jest tzw. efekt szklarniowy wywołany zwiększeniem w atmosferze ziemskiej udziału gazów działających w sposób podobny jak szkło w szklarniach. Wzrost udziału tych gazów, wśród których dominuje dwutlenek węgla, jest efektem działalności człowieka. Prognozy przyszłych zmian klimatu są jeszcze niepewne, należy się jednak liczyć z ociepleniem dolnych warstw atmosfery. Przewiduje się, że w Europie środkowej klimat będzie nie tylko cieplejszy, lecz również suchszy. Zmiany te wpłyną przede wszystkim na stosunki konkurencyjne w zbiorowiskach leśnych. Bardziej wyspecjalizowane gatunki będą ustępować gatunkom o szerokiej amplitudzie, łatwiej dostosowującym się do szybkich zmian klimatu. Bardziej pesymistyczne prognozy wskazują nawet na możliwość zaniknięcia w Europie środkowej lasów wysokopiennych i zastąpienie ich zbiorowiskami zaroślowymi.

Biorąc pod uwagę, że zmiany klimatu będą miały znaczny wpływ na dalszy rozwój populacji ludzkiej rozważa się możliwości zwolnienia tempa tych procesów przez zmniej-

* Referat wygłoszony na sympozjum pt. "Ekosystemy leśne w obliczu globalnych zmian klimatu". Białowieża grudzień 1993 r.

szenie dopływu do atmosfery ziemskiej gazów cieplarnianych, w tym przede wszystkim CO₂. Jest to możliwe przez oszczędną gospodarkę energią, przez zmianę technik produkcji energii, przez wiązanie węgla w żywej i martwej materii organicznej. W ostatnio wymienionym zakresie zbiorowiska leśne mają duże, niestety mało doceniane możliwości. Niszczenie lasów szczególnie w strefie tropików przybrało rozmiary katastrofalne przyczyniając się w znacznym stopniu do pogorszenia bilansu CO₂ w powietrzu. Ze względu na brak miejsca pozostawmy na boku rozważania w skali globalnej ograniczając się do rozpatrzenia zadań leśnictwa środkowo-europejskiego, a więc również polskiego, wobec przewidywanych zmian klimatu.

Celem leśnictwa jest i będzie również w obliczu przewidywanych zmian klimatu — kształtowanie stabilnych zbiorowisk leśnych spełniających wszystkie funkcje: społeczne i produkcyjne, ochronne i melioratywne. W warunkach Europy środkowej idea lasu wielofunkcyjnego o lokalnym zróżnicowaniu wagi poszczególnych funkcji, nie traci nadal swojej aktualności. Na stosunkowo niewielkim terytorium naszego kraju, przy znacznej gęstości zaludnienia, mamy bardzo ograniczone możliwości kształtowania lasów monofunkcyjnych, z wyjątkiem oczywiście obiektów szczególnie chronionych (parki narodowe i rezerwaty), które zresztą w pewnym sensie mają również charakter wielofunkcyjny.

Wpływ zmian składu chemicznego powietrza na las

Zjawisko zamierania lasów, którego główną przyczyną są emisje produkowane przez przemysł i środki transportu ma już bardzo bogatą literaturę przedmiotu. Niestety, na obszarze naszego kraju nie przewiduje się w najbliższym okresie wyraźnego zmniejszenia emisji przede wszystkim SO₂ i NO_x, co oznacza, że proces niszczenia naszych lasów będzie nadal postępował. Równocześnie znaczne ilości związków pokarmowych są wnoszone do gleby, przez emisje. Ulrich (1991) ocenia dla warunków Niemiec emisję azotu na 14–60 kg/rocznie. Na dużych obszarach, w starszych drzewostanach, obserwuje się od lat sześćdziesiątych zwiększenie przyrostu o 20–100% powyżej wielkości przewidzianych w tablicach zasobności (Röhle 1985, Franz i Pretsch 1988). Młoda generacja sosny, nawet wzrastająca pod osłoną drzewostanu sosnowego, wykazuje u nas bonitację wzrostową o 1 klasę wyższą, niż drzewostan macierzysty (4).

Efekt nawożeniowy daje również zwiększony udział dwutlenku węgla w powietrzu. Badania laboratoryjne wykazały, że świerk, sosna i jodła osiągają najwyższą asymilację netto przy stężeniu CO₂ w powietrzu pięciokrotnie większym niż obecne w atmosferze ziemskiej (5). Badania te były jednak prowadzone zbyt krótko i przenoszenie uzyskanych wyników na całe ekosystemy leśne jest bardzo ryzykowne. Musimy również brać pod uwagę fakt, że nadmierne ilości związków azotowych dochodzących do gleby z atmosfery powodują zakłócenie równowagi pokarmowej wskutek niedoboru niektórych elementów np. Mg, K (Kölling 1991). Pierwiastki te są równocześnie wymywane z gleby wskutek jej zakwaszenia przez imisje (18). Efekt nawożenia dwutlenkiem węgla może się natomiast zaznaczyć tylko przy dostatecznej ilości wody dostępnej dla drzewa. Ponieważ prognozy zmian klimatu nie są pewne, a równocześnie wskazują na możliwość nie tylko ocieplenia ale i suszy, trudno jest przewidzieć jaki będzie w przyszłości wzrost, fruktyfikacja, odnowienie, jak również stosunki konkurencyjne między poszczególnymi gatunkami

drzew. W takiej sytuacji, gdy decyzje hodowlano-leśne obciążone są znacznym ryzykiem, że przyjęty cel (model drzewostanu) nie zostanie osiągnięty, nadal aktualne są znane **zasady hodowli lasu** (17):

- Zasada rozproszenia ryzyka hodowlanego przez kształtowanie drzewostanów o możliwie bogatym składzie gatunkowym, zróżnicowanej budowie przestrzennej i małopowierzchniowych formach zmieszania.
- Zasada zmniejszenia ryzyka hodowlanego przez zachowanie pełnego bogactwa genetycznego naszych drzew leśnych (m.in. przez maksymalne wykorzystanie odnowień naturalnych), przez dobór składu gatunkowego drzewostanu zgodnego z warunkami siedliska, przez pielęgnację drzewostanu i siedliska zwiększającą stabilność ekosystemu leśnego.

Obserwowana w całej Europie ekspansja ciepłolubnych gatunków drzew liściastych — lipy, dębu, grabu jest często wiązana z ociepleniem klimatu (Kowalski 1990), z efektem nawożeniowym spowodowanym przez imisję związków azotowych, jak też ze zwiększoną koncentracją CO₂ w powietrzu. Zjawisko to leśnictwo może w pełni wykorzystać dla wzbogacenia składu gatunkowego drzewostanów, również na uboższych siedliskach.

Retencja węgla organicznego w lesie

Las gromadzi olbrzymie ilości węgla w żywej i martwej substancji organicznej. Burschel i in. (6) obliczają, że lasy niemieckie wiążą w sumie 2,5 mld t węgla, tzn. 10,4 razy więcej niż wynosi tamtejsza emisja tego pierwiastka do atmosfery powstała ze spalania paliw kopalnych w 1991 r. Las może trwale zmniejszać udział CO₂ w atmosferze ziemskiej, gdy drewno jako surowiec energetyczny stanowić będzie substytut paliw kopalnych, lub też przez możliwie długi czas będzie trwale wiązać węgiel (materiał budowlany, meble itp.).

Udział węgla w żyjącej dendromasie ocenia się na około 50% (6). Dla poszczególnych gatunków drzew wielkości te są bardzo zbliżone:

Sosna	49,9–54,4%
Świerk	49,5–50,3%
Dąb	49,1–50,6%
Buk	48,9–53,1%

Udział węgla związanego w poszczególnych częściach drzew przedstawia się następująco (wg Burschela 1993)

Grubizna drzewa	— 62,6%
Kora	— 6,3%
Gałęzie i igliwie	— 11,8%
Korzenie	— 19,3%

Dla warunków niemieckich tenże autor szacuje ilość węgla w całkowitej dendromasie na 89 t C/ha, przy przeciętnej zasobności tamtejszych lasów wynoszącej 267 m³/ha. W naszych warunkach, dla zasobności drzewostanów niższej o ponad 30% możemy liczyć, że ilość węgla w dendromasie naszych lasów wynosi 45–50 t C/ha.

Bardzo duże ilości węgla znajdują się w glebie leśnej. Ziegler (1991) na podstawie analizy 103 profili glebowych uzyskał następujące wyniki (t C/ha):

	Minimum	Maksimum	Średnia
Warstwy próchniczne	1,6	211,8	39,1
Górne poziomy gleby	2,1	254,9	56,5
Dolne poziomy gleby	8,5	285,3	61,0
Cały profil	34,8	361,8	156,6

Przy bardzo dużej rozpiętości uzyskanych wyników dla warunków niemieckich, a więc zbliżonych do naszych, można przyjąć, że gleba leśna wiąże około 150–160 t C/ha. Stosunkowo niewielkie ilości węgla wiąże roślinność dna lasu (ok. 1 t C/ha), jak również martwe drzewa (stojące i leżące), leżące gałęzie, odpady pozostałe po użytkowaniu drzew — około 3,1 t C/ha (6).

Dla modelu drzewostanu bukowego na bardzo żyznym siedlisku, przy 140-letniej kolei rębności i 20-letnim okresie odnowienia Burschel (1993) ocenia łączną akumulację węgla na 230 t C/ha (cały zapas węgla w lesie oraz w pozyskanych produktach drzewnych). Wielkość ta jest zbliżona do wyników badań uzyskanych w lasach naturalnych. Korpel (1992) dla słowackich, bukowych lasów naturalnych podaje następujące ilości związanego węgla:

siedliska bardzo żyzne	— 213–310 t C/ha
siedliska żyzne	— 155–233 t C/ha
zapas drewna martwego	— 8–58 t C/ha

Przedstawione przykłady wskazują, jak duże możliwości wiązania węgla ma ekosystem leśny. Leśnictwo ma zatem, możliwości wpływania na bilans węgla w atmosferze ziemskiej. Możliwości te, w porównaniu z olbrzymimi masami dwutlenku węgla wydzielanego przy spalaniu paliw kopalnych nie są zbyt duże, lecz tylko działania wielostronne — z jednej strony zmniejszające emisję CO₂, z drugiej zaś zwiększające wiązanie tego gazu, mogą dać większe efekty.

Główne zadania leśnictwa

Jak już wcześniej wspomniano, podstawowym zadaniem leśnictwa jest kształtowanie lasów stabilnych, spełniających wszystkie funkcje. Wykaz tych funkcji można w obecnej sytuacji uzupełnić o funkcję wiązania możliwie dużych ilości węgla w ekosystemie leśnym i w produktach lasu. W warunkach Europy środkowej nie ma uzasadnienia kształtowanie lasów tylko z punktu widzenia ostatnio wymienionej funkcji. Stąd też omawiając główne zadania leśnictwa na tle rysujących się zmian klimatu, oraz możliwości wpływania na bilans CO₂ w atmosferze zawsze musimy mieć na uwadze zasadniczy cel: las wielofunkcyjny, ekologicznie zrównoważony, którego kształtowanie, według dotychczasowego stanu wiedzy, jest obciążone możliwie jak najmniejszym ryzykiem hodowlanym.

Leśnictwo może wpływać na bilans CO₂ w atmosferze ziemskiej w dwojaki sposób:

- przez zwiększenie zasobności istniejących drzewostanów,
- przez zwiększenie powierzchni lasów.

W obu przypadkach istnieje wiele czynników ograniczających, m.in. naturalne możliwości akumulacji ekosystemu leśnego, aspekty ekonomiczne gospodarki leśnej, ograniczona powierzchnia gruntów, które mogą być zalesione. Rozpatrzmy zatem ważniejsze zadania leśnictwa umożliwiające zwiększenie akumulacji węgla, nie tracąc z oczu głównego celu gospodarki leśnej.

Przebudowa drzewostanów o niewłaściwym składzie gatunkowym

Drzewostany o składzie gatunkowym dostosowanym do warunków siedliskowych są znacznie odporniejsze na działanie czynników szkodliwych. Kształtując drzewostany o możliwie bogatym składzie gatunkowym i zróżnicowanej strukturze (czynnikami ograniczającym są zawsze warunki siedliskowe), czynimy zadość zasadzie zmniejszenia i rozproszenia ryzyka hodowlanego, jak również w lepszym stopniu wykorzystujemy potencjał produkcyjny siedlisk, wiążąc więcej węgla w drzewostanie i produktach drzewnych.

Przeprowadzone w 1969 r. obliczenia wykazały, że potencjał produkcyjny naszych siedlisk leśnych, przede wszystkim wskutek nieodpowiedniego składu gatunkowego, jest w znacznym stopniu niewykorzystany (Zasady hodowli lasu wyd. III). Wykorzystując modele tablic zasobności drzewostanów, oszacowano potencjalny, przeciętny przyrost całkowitej produkcji grubizny na około $5,7 \text{ m}^3/\text{ha}$ rocznie, a optymalny, docelowy zapas na około $250 \text{ m}^3/\text{ha}$. Biorąc pod uwagę większą produktywność drzewostanów mieszanych, niż drzewostanów litych, którą przyjęto w zastosowanym modelu, jak również przyjęty w obliczeniach czynnik zadrzewienia 0,85 jako realny do uzyskania w naszych warunkach, obliczone wielkości są na pewno zaniżone, a w żadnym przypadku zawyżone. Można zatem liczyć, że potencjalne możliwości zwiększenia zasobów grubizny drzewa w naszym kraju wynoszą z dużym przybliżeniem około $70\text{--}90 \text{ m}^3/\text{ha}$ (biorąc również pod uwagę lasy prywatne odznaczające się niską produktywnością). Przyjmując za Burschelem i in. (6), że udział grubizny w dendromasie drzewa wynosi w przybliżeniu 70%, otrzymujemy zwiększoną masę drewna w ilości około $100\text{--}125 \text{ m}^3/\text{ha}$, co w przeliczeniu na ilość związanego węgla daje wielkość $20\text{--}25 \text{ t C}/\text{ha}$, a w skali kraju około $200\text{--}215 \text{ mln t C}/\text{ha}$. Są to oczywiście wielkości bardzo przybliżone, mówiące jedynie o skali zagadnienia tym niemniej wskazują one, że w poszukiwaniu dróg zmniejszenia udziału CO_2 w atmosferze, kształtując równocześnie stabilne lasy, leśnictwo dysponuje jeszcze dużymi możliwościami.

Niestety, przedstawione obliczenia potencjału produkcyjnego naszych siedlisk leśnych były wykonane przed ujawnieniem się zjawiska zamierania lasów, jak również przed wystąpieniem w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych olbrzymich szkód wyrządzonych przez różne czynniki przyrody ożywionej i nieożywionej. Obecnie straty przyrostu naszych lasów ocenia się na około 40 mln m^3 drewna rocznie, a prognozy na przyszłość są bardzo pesymistyczne. Być może działanie czynników zewnętrznych utrudni leśnictwu zwiększenie zasobności naszych lasów nawet w ciągu wielu dziesięcioleci. Nie można jednak o tych możliwościach zapominać, uwzględniając przy tym fakt, że działania leśnictwa tylko wtedy przynoszą pożądane efekty, gdy stanowią część skoordynowanych działań zmierzających do poprawy środowiska naturalnego.

Pielęgnowanie lasu

Jednym z głównych celów pielęgnowania lasu jest utrzymanie lub poprawa stabilności drzewostanu i równocześnie uzyskanie możliwie wysokiej wartości produkcji. W ten sposób pośrednio zwiększa się możliwość trwałego wiązania CO₂ w produktach, które są użytkowane w ciągu długiego czasu (drewno budowlane, meble itp.). Selekcyjny kierunek cięć pielęgnacyjnych, elastycznie dostosowanych do ekologii poszczególnych gatunków drzew, daje dobre szanse kształtowania stabilnych drzewostanów, odznaczających się dużą zasobnością i znacznym udziałem wysokiej jakości drewna grubego. Przykładem konieczności stosowania odmiennego podejścia do różnych gatunków drzew może być z jednej strony świerk, w którym względy stabilności drzewostanu i wysokiej produkcji skłaniają do utrzymania młodników i tyczkownic w luźnym zwarciu, zmniejszając z upływem czasu nasilenie zabiegu i kończąc cięcia pielęgnacyjne na około 30 lat przed osiągnięciem wieku dojrzałości rębnej. Na drugim jakby biegunie możemy postawić drzewostany liściaste (dąb, buk), gdzie punktem wyjścia powinny być gęste młodniki, stwarzające dobre warunki naturalnego oczyszczania i możliwość intensywnej selekcji. W późniejszym wieku natomiast, uwalnianie koron najlepszych drzew stwarza możliwości wykorzystania przyrostu z prześwietlenia odkładającego się na grubych sortymentach, a równocześnie uzyskania znaczącego przyrostu miąższości na drzewostanie podrzędnym. Zabiegi pielęgnacyjne mogą wpłynąć tylko pośrednio i w dalekiej perspektywie czasowej na zwiększenie akumulacji CO₂, natomiast bezpośrednio przyczyniają się do poprawy stabilności drzewostanu.

Cięcia pielęgnacyjne nie tylko u nas, lecz również w całej Europie są często zaniechane. Są to bowiem zabiegi deficytowe, z których leśnictwo w trudnej sytuacji finansowej najłatwiej rezygnuje. Istnieją jednak znaczne możliwości racjonalizowania tych prac przez ograniczenie do niezbędnego minimum ingerencji człowieka i wykorzystanie naturalnych procesów zachodzących w lesie (konkurencja, proces naturalnego wydzielania się drzew, wykorzystywanie spontanicznie pojawiających się gatunków pionierskich, kształtowanie drzewostanu podrzędnego itp.). Nadal utrzymuje się tendencja do rozluźniania więźby sadzenia, wcześniejszego rozpoczynania selekcji pozytywnej, ograniczania cięć trzebieżowych do odslaniania koron wybranych, stosunkowo nielicznych (rozmieszczonych w więźbie końcowej), drzew dorodnych. W sytuacji dużych zaległości pielęgnacyjnych w naszych labilnych drzewostanach, stosowanie zminimalizowanych, ale dobrze przemyślanych zabiegów pielęgnacyjnych, jest na pewno korzystniejsze, niż bierne oczekiwanie na działanie sił przyrody, kończących się często przedwczesnym zniszczeniem dominujących u nas monokultur.

Wprowadzanie dolnych warstw drzewostanów

W drzewostanach zbudowanych z gatunków światłożądnych (sosna, modrzew, brzoza, dąb), jak również w drzewostanach przerzedzonych wskutek działania czynników zewnętrznych, do dna lasu dociera dostateczna ilość światła dla wzrostu dolnych pięter. Piętra te tworzą gatunki cienioznośne lub półcieniste (jodła, buk, świerk, grab, lipa, jedlica, klony). Najwięcej badań w tym zakresie przeprowadzono w drzewostanach sosnowych z dolnym piętrem utworzonym przez buk (m.in. (2,3,9,1)). Badania niemieckie wykazały, że w zwartych drzewostanach sosnowych dolne piętro bukowe, na średnio żyznych siedliskach,

wiąże w ciągu 50 lat 20 t węgla. Wprowadzając dolne piętro wcześniej, tj. w wieku około 30 lat (1,2) i użytkując sosnę w wieku 120–140 lat, można tę wielkość podwoić nie redukując produkcji sosny.

W lasach taborskich, w dwupiętrowych drzewostanach bukowo-sosnowych wzrastających na siedlisku lasu mieszanego, stwierdzono bardzo wysoką bonitację sosny (Ia) i dużą zasobność górnego piętra drzewostanu (czynnik zadrzewienia wynosił przeciętnie 1,0). Buk mimo konkurencji górnego piętra osiąga przeciętnie bonitację II, a czynnik zadrzewienia w stosunku do drzewostanu litego kształtował się na poziomie 0,5, a nawet więcej. W niektórych przypadkach zasobność buka przekraczała 180 m³/ha (3). Wykorzystując model tablic zasobności Schwappacha oraz wyniki badań w istniejących drzewostanach, obliczono spodziewany wzrost zasobności dwupiętrowych drzewostanów bukowo-sosnowych w porównaniu do litego drzewostanu sosnowego.

Sosna bonitacja Ia, zadrzewienie 1,0 Buk bonitacja II.o, zadrzewienie 0,5

So

wiek	90	100	110	120	130	140	
Zasobność drzewostanu litego m ³ /ha	482	497	506	512	518	524	
Drzewostan dwupiętrowy	Dodatkowy zapas buka w m ³ /ha oraz w % w stosunku do zapasu sosny						
Buk	20	127	141	156	165	176	186
młodszy		26,3%	28,4%	30,8%	32,2%	34,0%	35,5%
o	30	108	127	141	156	165	176
lat		22,4%	25,6%	27,9%	30,5%	31,8%	33,6%
	40	83	108	127	141	156	165
		17,2%	21,7%	25,1%	27,5%	30,1%	31,5%

Przedstawione dane wskazują na duże możliwości dodatkowej produkcji drewna (a zatem wiązania węgla) w drzewostanach dwupiętrowych na żyznych siedliskach. Warunkiem pełnego powodzenia jest możliwe wczesne kształtowanie dolnego piętra.

Nie można również pominąć melioratywnego wpływu podokapowego drzewostanu bukowego na sosnowy drzewostan główny. Poprawa formy rozkładu próchnicy, zwiększenia jej udziału w glebie mineralnej, wpływa wyraźnie na wzrost produkcji sosny. Dla obszaru Niemiec szacuje się dodatkowy przyrost sosny spowodowany melioratywnym oddziaływaniem podokapowego buka na 1,1 m³/ha rocznie.

Biorąc zatem pod uwagę ilość węgla wiązanego przez podokapowy drzewostan bukowy (0,4 t C/ha rocznie, oraz przez pośrednie oddziaływanie buka na przyrost sosny (0,2 t C/ha rocznie) kształtowanie dwupiętrowych drzewostanów bukowo-sosnowych powoduje dodatkowe wiązanie 0,6 t C/ha rocznie. Znaczny udział monokultur sosnowych na siedliskach i średniej i dużej żyzności (bory mieszane i lasy mieszane), gdzie wprowadzanie dolnych pięter drzewostanu jest najbardziej efektywne, jak również duży udział drzewostanów młodych, daje podstawy do oszacowania powierzchni drzewostanów przydatnych dla tego

rodzaju zabiegu na 400–500 tys. ha. Należy przy tym podkreślić, że kształtowanie dolnych pięter drzewostanów przyczynić się może nie tylko do wiązania węgla atmosferycznego, lecz wpływa dodatnio na stabilność ekologiczną drzewostanu i stanowi pierwszy krok w kierunku długookresowej przebudowy monokultur iglastych na drzewostany mieszane lub liściaste odpowiednie dla siedliska. Przybliżony, docelowy efekt wiązania węgla przez kształtowanie dolnych pięter drzewostanów można ocenić na 16–20 mln t C w skali kraju.

Zalesianie gruntów porolnych

Nadprodukcja żywności w Europie, a szczególnie w krajach EWG sprzyja obniżce jej cen i zmusza do redukcji powierzchni upraw. Państwa wysoko dotujące rolnictwo zaczynają w coraz większym stopniu zabiegać o zmianę użytkowania rolniczego m.in. na leśne. Zalesianie gruntów dotychczas użytkowanych rolniczo, stwarza możliwości stosunkowo szybkiego, trwałego wiązania CO₂, a przez zwiększenie lesistości kraju poszerza zasięg melioratywnego oddziaływania lasu na środowisko.

Areał gruntów, z których uprawy rolnictwo polskie zrezygnuje w najbliższym czasie, szacuje się na 1–3 mln ha, Burschel i in. (6) dla terenu Niemiec oceniają obszar gruntów na których uprawa rolnicza zostanie zaniechana, na około 5 mln ha. Należy jednak brać pod uwagę, że część tych gruntów z różnych względów nie zostanie zalesiona (racje gospodarki przestrzennej, ochrona krajobrazu, stosunki własnościowe itp.). Nie rozwijając tych rozważań, wykraczających poza ramy referatu, należy jednak jedynie stwierdzić, że dysponować będziemy dużą powierzchnią gruntów (co najmniej 1 mln ha), które powinny być w możliwie krótkim czasie (około 20 lat) zalesione. Przyjmując, że w dotychczasowych, ogromnych zalesieniach powojennych, wykorzystano już w głównej mierze grunty najslabsze, rysuje się większa możliwość operowania gatunkami drzew o większych wymaganiach żywnościowych, co ułatwi kształtowanie pożądanych form drzewostanów mieszanych, jak również znacznie zwiększy możliwość wiązania węgla w tworzącym się ekosystemie leśnym. Stosując bardzo przybliżony rachunek przy następujących założeniach:

- Główną rolę w drzewostanach zakładanych na gruntach porolnych odgrywać będą gatunki pionierskie — brzoza i modrzew.
- Tworzone będą, w dostosowaniu do warunków siedliska, drzewostany mieszane z udziałem m.in. klonów, lip, dębów (w tym dużą rolę odgrywać będzie dąb czerwony), nie pomijając również niewielkiego udziału sosny.
- Drzewostany te osiagają bonitację II–III (wg tablic zasobności) i w wieku 60 lat całkowitą produkcję grubizny tylko 300 m³/ha.
- Udział drewna drobnicy i części podziemnej w całej dendromasie wynosi około 30% (6).

Uzyskujemy około 80 t/ha węgla związanego tylko w dendromasie 60-letniego drzewostanu. Biorąc pod uwagę tylko tę wielkość, a nie uwzględniając bardzo znacznych ilości węgla zakumulowanego w glebie leśnej 60-letniego drzewostanu, przez kształtowanie wysokopiennych lasów na gruntach, wyłączonych z produkcji rolniczej można związać trwale znaczne ilości węgla z atmosfery (80–249 mln t).

Wzbogacanie gleby leśnej w materię organiczną

Dalszym źródłem wiązania węgla jest zaniechanie od połowy bieżącego stulecia pozyskiwania ściółki, jak również gałęzi stanowiących poprzednio poważne źródło opału dla miejscowej ludności. W Niemczech szacuje się, że odbudowa zasobów próchnicy w glebach leśnych ma miejsce na około połowie powierzchni leśnej i wynosi tam 0,2 t C/ha rocznie (6).

Na zwiększanie udziału próchnicy w glebach leśnych można wpływać stosując formy odnowienia pod osłoną drzewostanu. Zręby zupełne powodują duże straty materii organicznej wskutek jej przyspieszonego rozkładu. Heinsdorf (8) ocenia je na średnich siedliskach na 24 t C/ha, a na siedliskach ubogich — na 15 t C/ha. Rezygnacja ze zrębów zupełnych w Niemczech spowoduje dodatkowe związanie 0,4 mln t C rocznie.

Należy jednak wyraźnie podkreślić, że odejście od zrębów zupełnych, które są dominującą formą użytkowania lasów w Polsce, nie może nastąpić w krótkim czasie. Stosowanie form odnowienia z wykorzystaniem osłony drzewostanu wymaga stopniowej przebudowy struktury przestrzennej lasu i dobrego, praktycznego przygotowania kadry pracowników technicznych leśnictwa. Stąd też zwiększone wiązanie węgla w glebie, wskutek zaniechania całkowitego odślaniania większej powierzchni leśnej, będzie następowało powoli, w ciągu długiego czasu. Kierunek ten zgodny z modelem lasu półnaturalnego, wielofunkcyjnego, jak również z zasadą zmniejszenia i rozproszenia ryzyka hodowlanego, musi być jednak stopniowo, ale konsekwentnie wprowadzany do szerokiej praktyki gospodarstwa leśnego. Stanowi bowiem istotny krok w kierunku kształtowania stabilnych zbiorowisk leśnych.

Podniesienie wieku dojrzałości rębnej drzewostanów

Każde zwiększenie wieku dojrzałości rębnej prowadzi do zwiększenia przeciętnej zasobności drzewostanów, przez wzrost udziału zasobnych, starszych klas wieku. Oznacza to większą akumulację węgla w lesie. Mamy tu jednak do czynienia z czynnikami ograniczającymi. Ograniczenie biologiczne stanowi wzrost udziału zgnilizny pnia w drzewostanach zbyt długo przetrzymywanych (przede wszystkim sosnowych i świerkowych), co powoduje straty finansowe i zmniejsza udział drewna grubego, wiążącego węgiel w ciągu dłuższego czasu (produkty trwałe). Również stan naszych lasów, zagrożenie przez imisje przede wszystkim drzewostanów starszych, powoduje znaczne ograniczenie możliwości podniesienia wieku dojrzałości rębnej.

Należy również brać pod uwagę ustosunkowanie klas wieku, duży udział drzewostanów II i III klasy wieku, które po upływie kilku dziesięcioleci wejdą w okres użytkowania głównego (odnowienie). Spowoduje to w tym czasie zredukowanie możliwości wiązania węgla w drzewostanach, ze względu na konieczność użytkowania dużej powierzchni drzewostanów dojrzałych. Przeciętna zasobność drzewostanów będzie się systematycznie obniżać. Zwiększy się natomiast udział pozyskiwanego drewna grubego przerabianego w znacznym stopniu na produkty trwałe. Stąd też pozytywny wpływ podniesienia wieku dojrzałości rębnej na zwiększenie wiązania węgla w drzewostanach zaznaczy się szybko, lecz może trwać tylko przez kilka najbliższych dziesięcioleci.

Plantacje energetyczne

Pod pojęciem plantacji energetycznej należy rozumieć plantację drzew, prowadzoną w krótkim cyklu produkcyjnym (2–10 lat); z wykorzystaniem siły odrosłowej drzew. Cała masa nadziemna drzew wykorzystywana jest w formie zrębków jako surowiec energetyczny.

Na plantacjach doświadczalnych założonych w różnych krajach Europy uzyskano następujące efekty produkcyjne (Burschel, Weber 1990 — wybrane dane).

Kraj	Gatunek drzewa	Cykl produkcyjny (lat)	Produkcja w t suchej masy drewna na 1 ha/rok
Niemcy	topola	2	9–29
Wielka Brytania	wierzba	3	14
Szwecja	wierzba	3	15
Irlandia	wierzba	3	3,2–15,2
	topola	3	12,0–15,5

Dla warunków Niemiec Burschel i in. (1993) ocenia możliwości produkcyjne plantacji energetycznej (topola, wierzby), założonej na średnich glebach rolniczych, na 12–15 t/ha rocznie suchej masy. Zwraca on jednak uwagę, że nakłady energetyczne na nawożenie, niezbędne suszenie dendromasy i in. powoduje, że tylko 0,23 kg na 1 kg pozyskanej suchej masy, daje efekt zmniejszenia emisji CO₂ netto, jako sybystytutu paliw kopalnianych. W przeliczeniu na powierzchnie plantacji efekt zmniejszenia dopływu CO₂ do atmosfery wyniesie 3,1 t C/ha/rok. Są to wielkości znaczne, a równocześnie plantacje energetyczne prowadzone w bardzo krótkich cyklach produkcyjnych, w porównaniu z lasem wysokopiennym dają szybciej produkt i są dzięki temu obciążone mniejszym ryzykiem powstania szkód spowodowanych np. zmianami klimatu, jak również wahaniami na rynku drzewnym.

Mimo tych zalet plantacje energetyczne mają dotychczas w Europie jedynie znaczenie eksperymentu gospodarczego, gdyż niska cena paliw kopalnych powoduje, że drewno jako nośnik energii z trudem przebija się na rynku. W niektórych krajach (Szwecja, Austria, Szwajcaria), realizując określoną politykę energetyczną, państwo dotuje zakładanie instalacji ogrzewczych z paliwem w formie zrębków produkowanych z drewna cienkiego lub niskiej jakości, nie znajdującego zbytu na rynku. Przewidywane wprowadzenie tzw. podatku od CO₂, którym obciążone będą paliwa kopalniane, na pewno wpłynie na zwiększenie zużycia drewna jako surowca energetycznego.

Wydaje się, że w naszych warunkach, przynajmniej w najbliższym okresie, plantacje energetyczne nie będą stanowiły alternatywy dla produkcji drewna opałowego w drzewostanach wysokopiennych, gdyż dalecy jeszcze jesteśmy od pełnego wykorzystania drewna niskiej jakości, jak również drewna cienkiego pochodzącego z cięć pielęgnacyjnych, odpadów itp. Drzewostany wysokopienne dostarczają ponadto dużych ilości surowca używanego do produkcji wyrobów trwałych (drewno budowlane, meble itp.), a więc wiążących węgiel przez dłuższy czas.

Rozważając kwestię plantacji energetycznych musimy brać pod uwagę fakt, że nie są one w żadnym przypadku lasem tylko powierzchnią gruntu produkującą możliwie dużą ilość dendromasy, przy zastosowaniu metod agrotechnicznych z nawożeniem mineralnym i pestycydami włącznie. Będzie to zatem nieleśny rodzaj użytkowania gruntów.

Podsumowanie

Przedstawione przykładowo ważniejsze zadania leśnictwa wobec rysujących się zmian klimatu, jak też wpływ podejmowanych działań na bilans CO₂ w powietrzu wskazują, że możliwości leśnictwa są dosyć znaczne. Przy przyjętych założeniach przedstawione działania pozwolą w perspektywie kilku dziesięcioleci na związanie następujących ilości węgla w dendromasie.

— przez kształtowanie drzewostanów o optymalnym dla danego siedliska składzie gatunkowym	200–215 mln t C
— przez kształtowanie dolnych warstw lasu	16–20 mln t C
— przez zalesianie gruntów porolnych	80–240 mln t C

Są to wielkości bardzo znaczne w stosunku do ilości węgla związanego obecnie przez nasze drzewostany (385–430 mln t C). Przedstawione liczby nie ujmują węgla związanego w glebie leśnej, którego ilość wynosi dla warunków niemieckich ponad 150 t C/ha, tzn. blisko dwukrotnie więcej niż w żywej i martwej dendromasie (6). Nie uwzględniono również możliwości zmniejszenia strat materii organicznej w glebie przez zmianę sposobu zagospodarowania lasu. Nie dysponujemy bowiem dostateczną ilością własnych wyników badań pozwalających na oszacowanie tej wielkości w naszych ubogich, na znacznym obszarze zdegradowanych glebach.

Rozważając ważniejsze zadania leśnictwa przyjęto założenie, że nadal aktualny będzie u nas model lasu wielofunkcyjnego, półnaturalnego, ukształtowanego z możliwie pełnym wykorzystaniem sił natury, uwzględniając zasadę zmniejszenia i rozproszenia ryzyka hodowlanego. Takie założenia wydają się być słuszne wobec dużej niepewności zmian składu chemicznego powietrza atmosferycznego oraz stosunkowo słabego rozpoznania ich wpływu na ekosystemy leśne. Dają one szansę kształtowania możliwie stabilnych lasów, co stanowi zawsze nadrzędny cel gospodarki leśnej.

Realizacja przedstawionych, ważniejszych zadań leśnictwa w systemie gospodarki rynkowej, wykracza poza możliwości gospodarki leśnej. Dotyczy to przede wszystkim nowych zalesień na gruntach porolnych, stanowiących w dużej części własność prywatną. Przy obecnej sytuacji leśnictwa w Europie środkowej i zachodniej, gdzie wiele gospodarstw boryka się z deficytem, tego rodzaju inwestycje nie przynoszące żadnego dochodu co najmniej przez kilka dziesięcioleci, a równocześnie obciążone znacznym ryzykiem hodowlanym, muszą być pokrywane z funduszy ochrony środowiska. Jest to bowiem inwestycja skierowana przede wszystkim na realizację pozaprodukcyjnych funkcji lasu.

Literatura

1. **Bergman J.-H.**: Eignet sich der klassische Buchenunterbau unter Kiefern und Lärchen zum Aufbau reiner Buchenbestände? Schriftenreihe d. Landesanst. f. Forstw. NRW, Forschungen aus Eberswalde, t. 3, 1992, 47–58.
2. **Bernadzki E., Mierzejewski W.**: Badania nad powstawaniem dwupiętrowych drzewostanów bukowo-sosnowych. Sylwan, 123/3/, 1979, 11–21.
3. **Bernadzki E., Andrzejczyk T.** Wzrost i zasobność dwupiętrowych drzewostanów w lasach taborskich. Sylwan, 127(1), 1983, 1–11.
4. **Bernadzki E., Tarasiuk S.** Dość monokultur sosnowych. Las Polski, nr 21, 1990, 8–9.
5. **Burschel P., Weber M.** Wald und Treibhauseffekt. Schriftenreihe d. Stiftung "Wald in Not", t. 5, 1990, 17–45.
6. **Burschel P., Kürsten E., Larson B.C.** Die Rolle von Wald und Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt — eine Betrachtung für die Bundesrepublik Deutschland. Forstl. Forschungsber. Schriftenreihe d. Forstw. Fak.d.Univ. München und Bayr. Forstl. Versuchs u. Forschungsanst., nr 126, 1993, s. 135.
7. **Franz F., Pretsch M.** Zuwachsverhalten und Gesundheitszustand der Waldbestände im Bereich des Braunkohlekraftwerkes Schwandorf. Forstl. Forschungsber. — Schriftenreihe d. Forstw. Fak. d. Univ. München u. Bayr. Forstl. Versuchs u. Forschungsanst. nr 92, 1988, s. 156.
8. **Heinsdorf D., Krauss H.H., Toelle H.** Entwicklung der C- und N-Vorräte nach Kahlschlag auf aermeren anhydromorphen Sandböden unter Kiefer. Beitr. Forstw. 20(1), 1986, 8–13.
9. **Knapp E.** Zur Wuchsleistung der Unterbaubuche im ungleichaltrigen Kiefern-Buchen-Mischbestand vor und nach ihrer Übernahme als Hauptbestand auf Standorten des nordostdeutschen Tieflandes. Schriftenr. d. Landesanst. f. Forstw. NRW, Forschungen aus Eberswalde, t. 3, 1992, 29–36.
10. **Knigge W., Schulz H.**, Grundriss der Forstbenutzung. Parey, Hamburg i Berlin, 1966, s. 584.
11. **Kölling C.** Stickstoffsättigung von Waldoekosystemen. Allg. Forstzeitschr. 46(10), 1991, 513–517.
12. **Korpel S.** Ergebnisse der Urwaldforschung für die Waldwirtschaft im Buchen-Oekosystem. Allg. Forstzeitschr. 47(21), 1992, 1148–1152.
13. **Kowalski M.** Znaczenie zmian klimatu w kształtowaniu się składu gatunkowego drzewostanów w Polsce. Mat. na seminarium CPBP 04.10 "Ocena zasobów leśnych w ekosystemach zagrożonych". Wyd. SGGW, 1990, Warszawa.
14. **Kramer H., Gussone H.-A., Schober R.** Waldwachstumslehre. Parey, Hamburg i Berlin, s. 374.

15. **Kürsten E., Burschel P.** Forstliche Energieplantage und Treibhauseffekt. Holz-Zentralbl. 117/123 i 127/1953–1954, 1991, 2010–2012.
16. **Röhle H.** Ertragskundliche Aspekte der Waldkrankheiten. Forstwiss. Cbl., 104, 1985, 225–242.
17. **Schütz J.-Ph.** Waldbauliches Verhalten und Veränderung der bisherigen Waldbaukonzepte in durch komplekse Schäden gestörten Wäldern. Mat. Congress IUFRO Interlaken. 1988.
18. **Ulrich B.** Folgerungen aus 10-Jahren Waldoekosystem- und Waldschadensforschung. Forst u. Holz, 46/21/575–588 1991.
19. *Zasady Hodowli Lasu*, wyd. III, PWRiL, 1963, Warszawa.
20. **Ziegler F.** Die Bedeutung des organischen Kohlenstoffs im Unterboden — Vorratsberechnung an Waldböden. Z. Umwelt. chem. Oekotox. 3/5/, 1991, 276–277.

Warszawa, wrzesień 1993 r.

Summary

The likelihood of climate changes is a challenge for forestry to cope with new hard tasks. The uncertainty of forecasts at a simultaneous great longevity of tree stands make the undertaking of silvicultural decisions difficult. Therefore, when discussing the main tasks of forestry on the background of ongoing climate changes, and possibilities of influencing on the CO₂ balance in the Earth's atmosphere, we always must take into account the basic goal of forest management: forming multifunctional and ecologically balanced forest.

Rebuilding of stands that are not adapted to site conditions is one of the most important tasks of forestry. Forming stands with species composition as rich as possible and with diversified structure (site conditions are always the limiting factor), we follow the principle of lessening and dispersing the silvicultural risk, and we use better the production potential of sites, absorbing more carbon in stands and in wood products.

The care of sites and stands is also an important task of forestry, with the aim of maintaining or improving their stability, that in the intermediate way increases the possibility to bind CO₂ durably in products used in long time scales.

The shaping of lower stand stories gives considerable possibilities for carbon sequestration. This measure impacts favourably on stability of stands.

Afforestation of lands where agriculture was abandoned is a very important task. This will make possible to absorb considerable amounts of carbon, because the area of those grounds in Poland is estimated to be as high as 1–3 mln ha. This is a very serious task, requiring great financial inputs. Investments of such a kind must be financed by the environment protection fund, because they bear a considerable silvicultural risk, they will not bring any income through several decades, and the performance of by-production forest functions is their basic purpose.

A raising of cutting maturity age gives a certain, although limited in time, possibility to increase the growing stock of stands, and then to bind carbon. At the ratio of age classes existing in our forests and at limitations imposed by the health condition of stands we cannot however recommend the raising of cutting age. Every stand requires individual decision.

In striving to use wood as a substitute of fossil fuels, the establishing of the so-called plantations for energy is being launched in some countries, when the entire above-ground biomass is harvested. Taking into account our climatic conditions, the fact of moderate use of small-sized wood, poor quality and waste wood, as well as competitive prices of fossil fuels, it is hard to find economic reasons for establishing those plantations.