

DYNAMIKA MASY OPADU ORGANICZNEGO W LATACH 1994–2002 W DWÓCH DRZEWOSTANACH GÓRSKIEJ KWAŚNEJ BUCZYNY NA GŁÓWNYM MASYWIE ŁYSOGÓR

Alojzy Kowalkowski, Marek Józwiak

Kowalkowski A., Józwiak M., 2003: Dynamika masy opadu organicznego w latach 1994–2002 w dwóch drzewostanach górskiej kwaśnej buczyny na głównym masywie Łysogór (*Organic matter fall dynamics in years 1994–2002 in two forest stands of acidic mountain beech association on the Łysogóry Massif*), Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego nr 4, s. 79–98, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.

Zarys treści: Trwałość istnienia i integralność ekosystemu leśnego zależy od tego, czy system ten jest w stanie zachować swoją organizację i stan płynnej równowagi w stosunku do niewielkich zakłóceń przez czynniki zewnętrzne i dysponuje tak wysoką pojemnością przystosowawczą oraz rozwojową, że ma zdolność samoorganizująco dalej się rozwijać. Badania dynamiki opadu masy organicznej przeprowadzono w latach 1994–2002 w wielowarstwowych drzewostanach jodłowo-grabowo-bukowym oraz bukowym z podszytem i podrostami jodłowymi. Drzewostany te znajdują się w fazach ewolucyjnych rozpadu lasu klimaksowego i odnawiania lasu przejściowego na północnym skłonie głównego masywu Łysogór w leśnictwie Święty Krzyż Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Wyniki badań monitoringowych na Stacji Monitoringu Święty Krzyż przedstawiono na tle współczesnych warunków środowiskowych z zarysem rozwoju badanych drzewostanów w XX wieku. Dotyczą one wieloletniej dynamiki opadu masy organicznej oraz prawidłowości jej sezonowej zmienności.

Alojzy Kowalkowski, Stacja Monitoringu, Akademia Świętokrzyska, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce

Marek Józwiak, Stacja Monitoringu, Zakład Ochrony i Kształtowania Środowiska w Instytucie Geografii Akademii Świętokrzyskiej, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, e-mail: marjo@pu.kielce.pl

1. Wprowadzenie

W ekosystemach naturalnych, nie zakłóconych działalnością człowieka przebiegają sukcesywne, wywołane przez zbiorowiska roślinne, progresywne zmiany obiegów masy roślinnej (Odum 1969). Ekosystemy ze zmienionymi bezpośrednią lub zdalną działalnością człowieka warunkami ekologicznymi mają zmodyfikowane lub zmienione, oddalone od naturalnych formy życia i obiegu materii organicznej związane z regresywnymi, agradacyjnymi lub regradacyjnymi sukcesjami zbiorowisk roślinnych (Jeschke 1999, 2002; Kopp et al. 2002). W przestrzeni i w czasie zatem mogą zmieniać się struktury i funkcje ekosystemów, powstają różnorodne podsystemy ekologiczne ze swoistymi zbiorowiskami roślinnymi i związanymi z nimi asocjacji organizmów zwierzęcych,

w fazach wczesno-środkowo- i późnosukcesyjnego progresywnego lub regresywnego rozwoju (Cleland et al. 1977; Forman, Gordon 1986).

Według Mołczanowa (1971) pojmowanie przyrody i jej ekologiczne zrównoważone użytkowanie może nastąpić tylko w tym przypadku, gdy będziemy mogli wykorzystywać maksymalnie ilości zebranych informacji o jej minionych i aktualnych stanach funkcjonowania. Uwagę należy zwrócić na fakt, iż każda elementarna biogeocenoza w procesie jej samokształtowania stworzyła swoiste warunki glebowe, własne obiegi wody, mikroklimatyczne warunki, sposoby rozmieszczenia opadów atmosferycznych, mozaikowości kwasowości i rozmieszczenia soli mineralnych w glebach z mikroreliefem ich powierzchni włącznie. Wszystkie te osobliwości rozwijały się stopniowo, jednak nierównomiernie, z różnymi natężeniami

uczestniczących materii i energii. Były one uzależnione od warunków fotosyntezy i powstałej w jej wyniku ilościowo i jakościowo zróżnicowanej biomasy w poszczególnych piętrach ekologicznych rozwijającej się biocenozy.

Dotychczasowe badania wykazały istnienie zależności między wytworzoną masą organów asymilacyjnych a warunkami pogodowymi (Utienkowa, Strielkow 1971; Mołczanow 1971), co oczywiście ma wpływ na opad całkowity biomasy do powierzchni gleby. Mołczanow (1971) twierdzi, że w biogeosystemie istnieją następujące trzy linie wzajemnego oddziaływania biogrup roślin między sobą i z otaczającym je środowiskiem:

- 1) intensywność współoddziaływania naświetlenia ze składnikami odżywczymi i wodą,
- 2) środowiskotwórcze oddziaływanie roślin na temperaturę i wilgotność powietrza, na skład chemiczny powietrza, intensywność opadu organicznego i jego rozkładu biologicznego z uwalnianiem i wprowadzaniem do obiegu jego składników odżywczych,
- 3) specyficzne konkurencyjne zdolności roślin w biogrupach zależne od złożonych ich wpływów na czynniki edaficzne.

Wszystkie życiowe procesy w biosferze znajdują się jednak pod wpływem ilości i jakości docierających do ziemi promieniowań kosmicznych i słonecznych, wywołujących cykliczność bioprodukcji masy organicznej.

Trwałość istnienia i integralność ekosystemu zależą, według Müllera (1998) i Barkmanna (2002), od tego, czy system ten jest w stanie zachować swoją organizację i stan płynnej równowagi w stosunku do niewielkich zakłóceń przez czynniki zewnętrzne i dysponuje tak wysoką pojemnością przystosowawczą oraz rozwojową, że ma zdolność samoorganizującą dalej się rozwijać.

W świetle powyższych stwierdzeń powstaje pytanie, czy badane biogrupy kwaśnej buczyny karpackiej na północnym stoku głównego masywu Łysogór są odzwierciedleniem długotrwałej samoorganizacji i stanu płynnej równowagi w warunkach kilkudziesięcioletniego okresu ich rozwoju bez bezpośredniej ingerencji człowieka? Do przybliżenia tego problemu posłużymy się przedstawieniem dynamiki opadu organicznego na tle historii rozwoju badanych biogrup buczyny karpackiej i cech lokalnego klimatu współczesnego.

2. Obiekt i metody badań

Wskutek współdziałania ekosystemowych procesów ekosystemy nastawiają się na specyficzne dla siedlisk stany płynnej równowagi, w których wyjścia i wejścia znajdują się we wzajemnych specyficznych *steady state*. Procesy samoorganizacji w ekosystemach leśnych, jeśli nawet pod wpływem stresu antropogenicznego, według tej hipotezy zawsze są ukie-

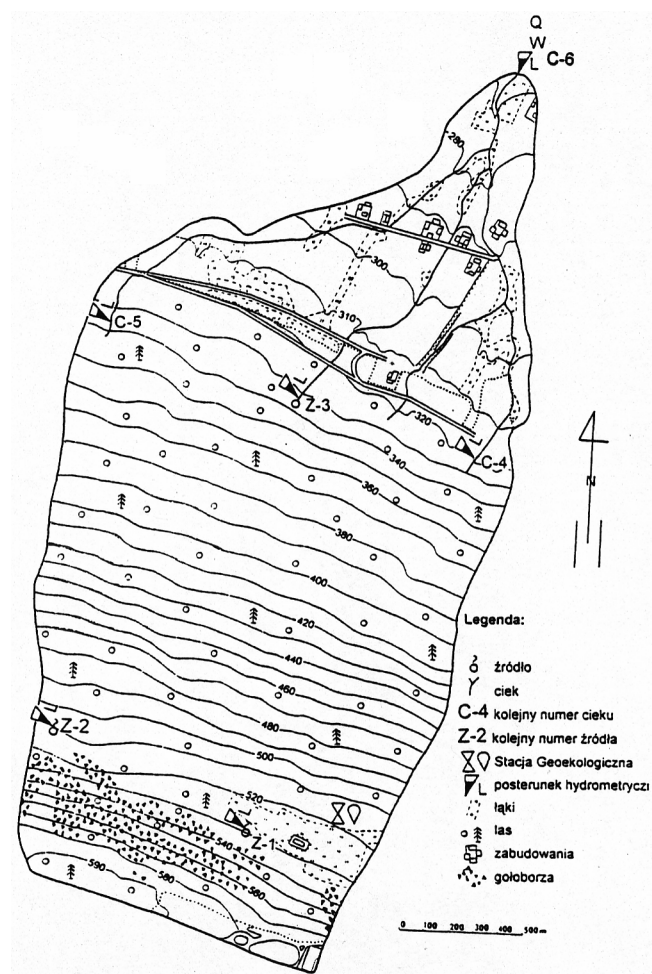
Tab. 1. Zmiany termicznych pór roku w centralnej części Gór Świętokrzyskich w okresie lat 1955–2002
Table 1. Time-limit changes of the termic year seasons in the central Świętokrzyskie Mountains in years 1955–2002

Pora termiczna roku <i>Thermic year seasons</i>	1955–1987*			1994–2002**					
	Liczba dni <i>Number of days</i>	Średnia <i>Mean</i> t °C	Data rozpoczęcia <i>Beginning date</i>	Liczba dni <i>Number of days</i>	Średnia <i>Mean</i> t °C	Data rozpoczęcia <i>Beginning date</i>	Opady <i>Precipitation</i> mm		
							Średnie <i>Mean</i>	Max.	Min.
Zima <i>Winter</i> t ≤ 0°C	119	-3,3	21.XI.	92	-3,7	25.XI.	122,5	180,5	69,1
Przedwiośnie <i>Early spring</i> 0,0°C < t ≤ 5,0°C	25	3,0	20.III.	45	1,2	20.II.	98,5	230,0	8,3
Wiosna <i>Spring</i> 5,0°C < t ≤ 15°C	72	10,9	14.IV.	53	10,7	6.IV.	101,1	270,2	23,0
Lato <i>Summer</i> t > 15°C	54	15,6	25.VI.	92	16,5	29.V.	258,1	335,5	182,0
Jesień <i>Autumn</i> 15°C ≥ t > 5,0°C	67	10,9	18.VIII.	61	9,2	30.VIII.	124,4	215,6	38,2
Przedzimie <i>Winter approach</i> 5,0°C ≥ t > 0,0°C	28	2,9	24.X.	22	2,5	3.XI.	42,4	84,2	4,1
Okres wegetacyjny <i>Vegetation period</i> t > 5,0°C	193		14.IV. – 24.X.	206		6.IV – 3.XI.	483,6		

*na podstawie danych Pielaciński (1989)

**na podstawie danych IMGW Święty Krzyż, Stacja Monitoringu Akademii Świętokrzyskiej

runkowane na optymalizację stosunków wejście–wyjście, a więc z reguły na minimalizację strat energetycznych. Miarą ekologicznej zdolności samoorganizacji są „orientory” (Müller, Fath 1998) będące wyznacznikiem zdolności reakcji systemu na podstawowe środowiskowe właściwości. W ekosystemie leśnym jednym z orientorów opisujących komponenty zdolności samoregulacji jest opad organiczny w jego ilościowo-jakościowej dynamice czasoprzestrzennej, w określonych warunkach ekologicznych środowiska.

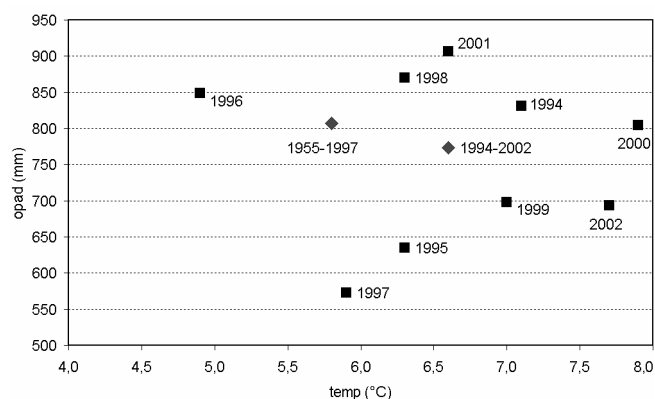


Ryc. 1. Zlewnia badawcza Stacji Monitoringu Święty Krzyż na północnym stoku Głównego masywu Łysogór w Świętokrzyskim Parku Narodowym

Fig. 1. Investigation catchment of the Monitoring Station Święty Krzyż on the northern slope of the main Łysogóry massif in Świętokrzyski National Park

Stacja Monitoringu Święty Krzyż jest zlokalizowana w oddziale 115a obwodu ochronnego Święty Krzyż, na dolnej części szerokiej terasy krioplanacyj-

nej nachylonej w tej części 3–6°. Znajduje się ona w górnej części rolno-leśnej zlewni bezimiennego dopływu prawobrzeżnego rzeki Pokrzywianki, na północnym stoku kwarcytowego masywu Łysogór, na wysokościach od 509 do 522 m n.p.m. (ryc. 1). Warunki edaficzne są tu kształtowane przez plejstocénskie kwaśne gleby rdzawe brunatne opadowoglejowe, wytworzone z serii soliflukcyjnych zbitych glin ilastopływowych, przykrytych 40 cm pokrywowej gliny pyłowej o luźnym złożeniu.



Ryc. 2. Termiczno-opadowa charakterystyka klimatu na Stacji Monitoringu Święty Krzyż za okres 1994–2002

Fig. 2. Thermal-precipitation characteristics of the climate on the Monitoring Station Święty Krzyż in years 1994–2002

W wieloletniu 1955–1987 (tab.1) średnie roczne opady wynosiły 828 mm, przy 117 dniach z opadem mokrym o dużym zróżnicowaniu w poszczególnych latach. Średnie temperatury roczne wynosiły 5,8°C z latem trwającym 54 dni i zimą 119, okres wegetacyjny wynosił 193 dni. Takie warunki klimatyczne, mające wyraźny charakter morsko-kontynentalny (Olszewski, Żarnowiecki 1994), określały dominującą przemysłową gospodarkę wodną w glebach stokowych.

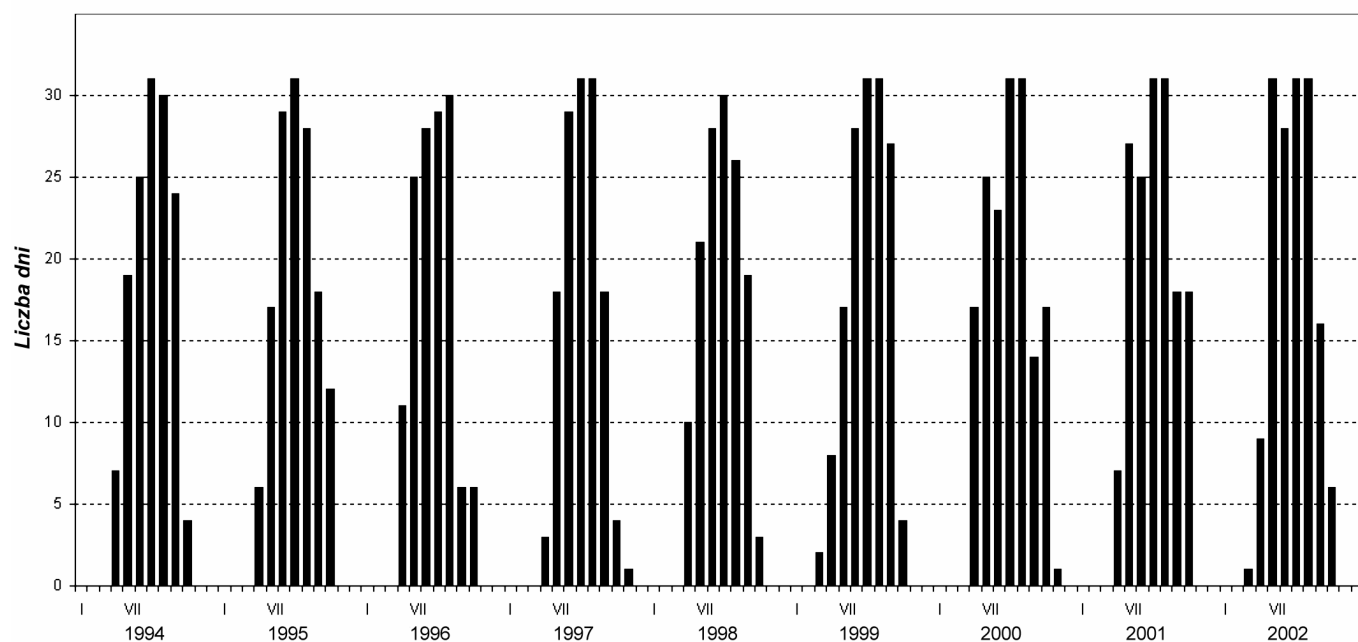
Okres badawczy w latach 1994–2002 charakteryzował się niższymi średnimi opadami wynoszącymi 762 mm, z dużymi wahaniami od 573 do 906 mm a⁻¹, wyższymi średniorocznymi temperaturami 6,7°C z wahaniami od 4,9 do 7,9°C, znacznie dłuższym latem trwającym średnio 92 dni z wahaniami od 63 do 132 dni i krótszymi zimami średnio trwającymi 92 dni oraz dłuższym okresem wegetacyjnym 206 dni (tab. 1). Ogólną charakterystyczną cechą tego okresu były opady niższe niż w latach 1955–1987, przy znacznie wyższych temperaturach, szczególnie wiosną i latem. Stany te przejawiały się szczególnie w latach 1994, 1995, 1999, 2000 i 2002. Wyjątkowymi

latami były 1998 i 2001 z wyższymi temperaturami i opadami oraz lata 1995–1997 z bardzo niskimi opadami lub temperaturami (ryc. 2). W okresach wiosny, lata i jesieni występowały dni z średnimi temperaturami $\geq 10^{\circ}\text{C}$ nazywane temperaturami aktywnymi. Według Köppena (1926), Sieljaninowa (1937), Rubnera (1960) temperatury te określają długość tak zwanego leśnego okresu wegetacyjnego, decydującego o wegetatywnym i generatywnym rozwoju roślin drzewiastych. W gleboznawstwie roczne sumy tych temperatur interpretowane są jako czynnik wpływający na intensywność przebiegu procesu glebotwórczego oraz jako parametr wyróżniania facjalnych geograficznych typów i podtypów gleb (Dimo, Rode 1968; Dimo, Rozow 1974).

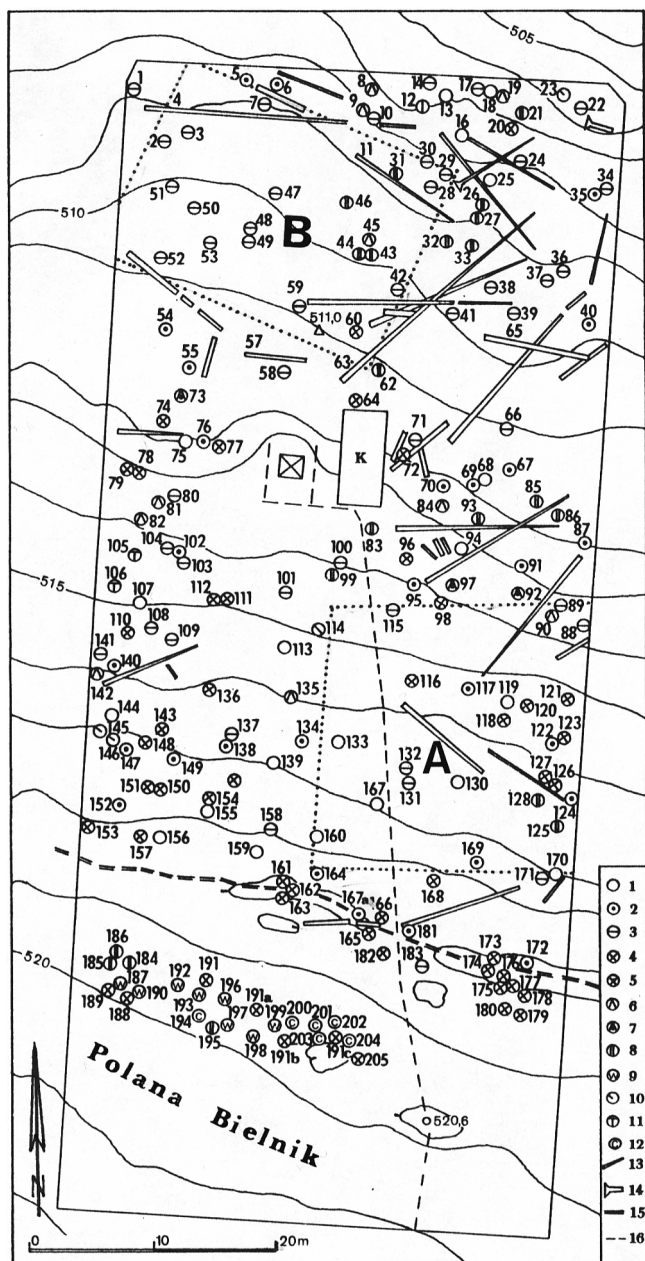
Z przedstawionych na ryc. 3 ilości dni z średnimi $\geq 10^{\circ}\text{C}$ w latach 1994–2002 wynika, iż na obszarze badań początki i końce okresów z tymi dniami wystąpiły w miesiącach od kwietnia do października w latach 1994–1996, 1998 i 2001, w latach 1997 i 2000 – od kwietnia do listopada, a w roku 2002 – od marca do października. W latach 1994–1995 sumy dni ze średnimi dobowymi $\geq 10^{\circ}\text{C}$ wynosiły 140 i 141, w chłodnych latach 1996–1997 wynosiły 135 dni i następnie od 137 do 153 dni w ciepłych latach 1998–2002. Od liczby dni z $\geq 10^{\circ}\text{C}$ zależała zmienność trwania i przesunięć czasowych występowania okresu wegetacyjnego. Długość tego okresu w latach 1994–

1995 wynosiła odpowiednio 198 i 188 dni, w latach 1996–1997 do 209 i 172 dni oraz w latach 1998–2001 kolejno 213, 225, 233, 215 i 201 dni. Z ryc. 3 można wnioskować, że najcieplejszymi miesiącami z liczbą powyżej 25 dni o średnich dobowych $\geq 10^{\circ}\text{C}$ były czerwiec do sierpnia w latach 1994, 1995, 1997–1998, od maja do sierpnia w latach 1996, 2000–2002. Wystąpienie dużej liczby dni z temperaturami aktywnymi w miesiącach maju i czerwcu, w przypadku zimy, przedwiośnia i wiosny z niskimi opadami, np. w latach 1995/1996 i 1997/1998, mogło mieć niekorzystny wpływ na wielkość bioprodukcji i opadu organicznego.

Omówione warunki meteorologiczne miały w okresie badań wpływ na zmiany warunków edaficznych zbiorowisk roślinnych przystosowanych do klimatu chłodniejszego i wilgotniejszego. Były to zbiorowiska roślinne degeneracyjnej fazy górskiej kwaśnej buczyny (*Dentario glandulosae-Fagetum Klika 1927 em. Matuszkiewicz 1964*), zaliczanej także do wyżynnego jodłowego boru mieszanego (*Abietetum Polonicum Dziub. 1928, BR.-Bl. et Vlieg. 1939*), znajdujących się na powierzchni monitoringowej w aktywnej fazie przekształceń degeneracyjnych pod wpływem silnych kwaśnych imisji. Według Falińskiego (1975) teren badań znajduje się na obszarze z roślinnością mniej więcej naturalną, odgrywającą rolę krajobrazotwórczą.



Ryc. 3. Liczba dni z temperaturą $\geq 10^{\circ}\text{C}$ w poszczególnych miesiącach lat 1994–2002 na Stacji Monitoringu Święty Krzyż
 Fig. 3. Number of days with temperature $\geq 10^{\circ}\text{C}$ in particular months of the years 1994–2002 on the Monitoring Station Święty Krzyż



Ryc. 4. Fitoekologiczna struktura gatunkowa i stan zdrowotny drzewostanów na powierzchni badawczej Stacji Monitoringu Święty Krzyż według stanu na rok 1995 (Kowalkowski 1996, 2000)

Objaśnienie: 1- jodła żywa, 2- jodła martwa, 3- buk żywy, 4- grab żywy, 5- grab martwy, 6- jarząb żywy, 7- jarząb martwy, 8- jawor żywy, 9- wierzba iwa żywa, 10- bez koralowy żywy, 11- trzmielina brodawkowata żywa, 12- topola osika żywa, 13- kłody wiatrowałó jodły, 14- kłody wiatrołomów, 15- granica między ekosystemem leśnym i łąkowym (Polana Bielnik), 16- kładka drewniana

Fig.4. Phytoecological kind structure and salubrity of the stands on the investigation area of the Monitoring Station Święty Krzyż, state for the year 1995

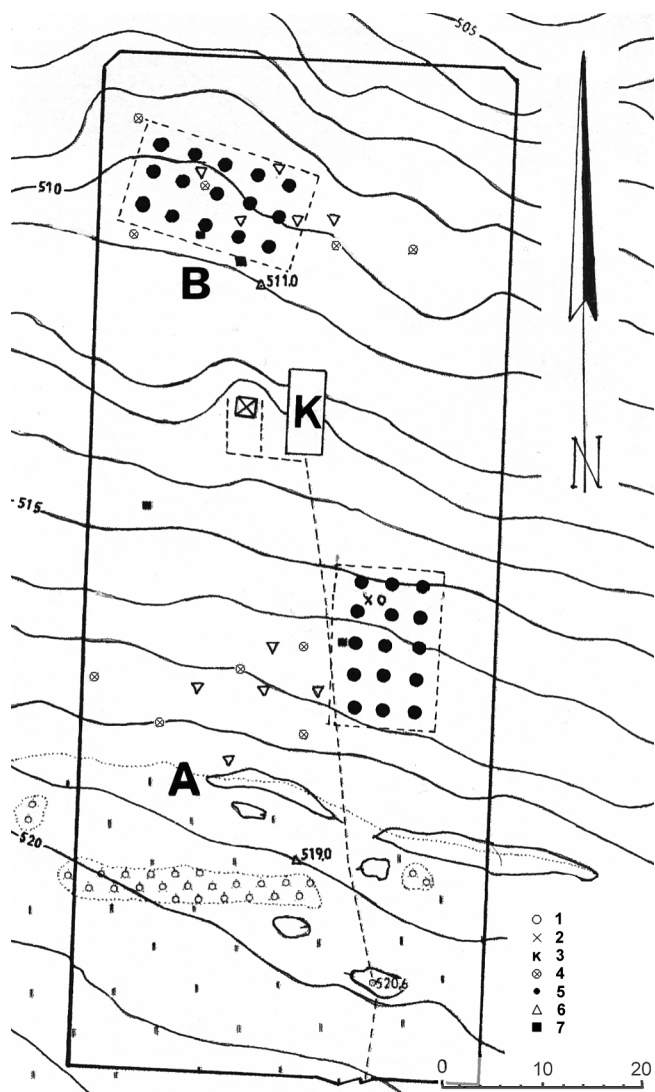
Explanation: 1- Fir living, 2- Fir dead, 3- Beech living, 4- Hornbeam living, 5- Hornbeam dead, 6- Mountain ash living, 7- Mountain ash dead, 8- Sycamore living, 9- Sallow willow living, 10- Coral elder living, 11- European spindle tree living, 12- Aspen alder living, 13- Windbroken Fir logs, 14- Windfallen logs, 15- Ecosystem border between forest and meadow (Bielnik Cleaning), 16- woody foot bridge

Wstępna kartografia fitoekologiczna struktury gatunkowej drzewostanu oraz jego struktury populacyjnej w skali 1:400 wykonanej w roku 1995 na powierzchni monitoringowej (ryc. 4) przy zastosowaniu metody Falińskiego (1991), wykazała znaczące zaawansowanie zróżnicowania facjalnego gatunkowego i wiekowego drzewostanów, typowego dla Świętokrzyskiego Parku Narodowego. W ogólnej liczbie 167 drzew na areale 4000 m² udział jodły wynosił 27,6%, z współudziałem 26,3% buka i 27,5% grabu, z udziałem klona jaworu 11,4% i domieszką jarzębu – 5,3%. Charakterystyczne jest występowanie wśród jodeł przestojowych licznych drzew martwych – 16,8% ogólnej liczby drzew. Różnowiekowe jodły, o średnicach pierśnicowych od 6 do 80 cm skupione są w górnej części areалу Stacji, w jego ekotonowej części. Środkową i dolną część powierzchni porasta buk ze sporadyczną jodłą i jej kępami gęstych nalotów oraz podrostów.

Charakterystyczne zróżnicowanie składu gatunkowego drzewostanu i żywotności jodły było podstawą zaprojektowania w roku 1992 dwóch pól porównawczych monitoringu zintegrowanego:

- górnego A, na wysokościach od 515 do 518,6 m n.p.m., z drzewostanem jodłowo-grabowo-bukowym, silnie zwartym, różnogatunkowym i wielowiekowym, składającym się z 26 drzew żywych; dominuje tu grab – 42,9% i jodła – 27,2% z trzema przestojami o średniej pierśnicy 72,0 cm, z domieszką buka 13,6% i klona jaworu – 9,1%; wskutek silnego ocienienia koronami pokrywa glebowa jest martwa i składa się z brunatnej ściółki iglasto-liściastej;
- dolnego B, na wysokościach od 509,5 do 510,6 m n.p.m., z drzewostanem bukowym i podszytem jodły; w biogrupie 21 drzew żywych różnowiekowych o kępowym, przerywanym zwarciu dominuje buk – 68,9% z klonem jaworem 24,1%, pojedynczym jarzębem oraz jedną martwą przestoją jodły; pod okapem tego drzewostanu rozwijają się kępowo podszyty i podrosty nowego pokolenia jodły o znacznej dynamice wzrostowej; gleba jest przykryta do 10 cm warstwą nieciąglą zleżalej ściółki liściastej.

Na tych polach zainstalowano po 15 chwytników opadu organicznego drobnego na arealach 16x12 m, na polu A na wysokościach od 514,5 do 517,0 m n.p.m. i na polu B na wysokościach od 509,0 do 510,8 m n.p.m. (ryc. 5), o łącznych powierzchniach chwytnych 0,7065 m².



Ryc. 5. Rozmieszczenie chwytników opadu organicznego na polach A i B powierzchni doświadczalnej Stacji Monitoringu Święty Krzyż

Objaśnienie: 1- stacje lizymetryczne, 2- stacje tensjometryczne, 3- kontener, 4- wieża pomiarowa, 4- pomiar spływu po pniach drzew, 5- chwytnik opadu organicznego, 6- opadomierz podokapowy, 7- pomiary temperatur glebowych

Fig. 5. Distribution of the organic fall scoops on plots A and B of the investigation area of the Święty Krzyż Monitoring Station
Explanation: 1- lysimetric station, 2- tensiometric station, 3- container, 4- measurement tower, 5- tree stemflow measurement, 6- throughfall measurement, 7- soil temperature measurement

Drobny opad organiczny zbierano w okresach miesięcznych. W laboratorium opad segregowano na 12 składników – organy asymilacyjne jodły, buka, grabu, klonu, jarzębu, na owoce buka, grabu i klonu, na gałęzie, korę, łuski pączków i inne składniki. W nich ustalono masę wilgotną, po wysuszeniu przez 3 godziny w suszarce w t 60°C – masę suchą z dokładnością do 0,01 g⁻¹. Znając powierzchnię chwytną i masę poszczególnych składników opadu

roślinnego wyliczono suchą masę opadu roślinnego w kg⁻¹ha⁻¹ w okresach miesięcznych i w ciągu roku ich sumę. W bilansach opadu organicznego nie uwzględniono opadu grubego, tworzącego tak zwaną leżaninę na powierzchni gleby.

3. Zarys rozwoju drzewostanów w lasach otaczających Stację Monitoringu

Współczesne zbiorowisko świętokrzyskiego wariantu żyznej buczyny karpackiej (*Dentario glandulosae-Fagetum*, Głazek, Wolak 1991) jest wielogatunkowym lasem z dominacją buka lub jodły, ze zmiennym udziałem jaworu, z pojedynczym występowaniem grabu, jarzębu i innych w biogrupach. Jego historia rozwojowa, szczególnie od XVIII wieku, była bardzo skomplikowana. Składają się na nią okresowo silne wyręby oraz liczne kłęski wywołane naturalnymi czynnikami abiotycznymi i biotycznymi.

Szczególnie niekorzystne dla rozwoju składu gatunkowego lasów Gór Świętokrzyskich były stosowane w zaborze rosyjskim kulisowe zręby zupełne. W warunkach stosunkowo wysokich opadów około i ponad 700 mm powodowały one powstawanie lokalnych zabagnień i silnego zachwaszczenia odsłoniętych gleb, co utrudniało lub uniemożliwiało naturalne odnowienie lasu (Miklaszewski 1928). Zmiana jeszcze w XIX wieku gospodarki zrębowej na schematyczną przerębowa, z nieogłędnie nadmiernym przeredzaniem drzewostanów, nie doprowadziła do poprawy sytuacji. Powstające otwarte ściany lasu lub nadmierne przerwy w zwarcu powodowały wielokrotnie ogromne szkody wiatrowe, szczególnie u jodły. Następstwem tego były gradacje korników, a w osłabionych drzewostanach długotrwałe gradacje zwójek jodłowych.

W latach 1922–1924 na przykład zwójka jodłowa czarna spowodowała znaczne zniszczenia. Po zniszczeniach spowodowanych silnymi huraganami w roku 1923 i po ciężkiej mroźnej zimie 1928/1929 z temperaturami –40°C osłabione drzewostany były obiektami inwazji korników i zwójek na wielką skalę do roku 1932. Wprawdzie utworzenie w roku 1932 rezerwatu Święty Krzyż przerwało zapoczątkowaną w wieku XVIII intensywną eksploatację lasów tego obszaru, jednak niszczący huragan w lipcu 1945 roku oraz kolejna gradacja owadów spowodowały dalsze zmiany w składzie i strukturze lasu. Kolejny huragan na przełomie lat 1974/1975 z bardzo dużymi spustoszeniami – także w Rezerwacie Święty Krzyż – i gwał-

townie pogarszający się stan sanitarny lasu wskutek silnych imisji przemysłowych i nasilających się okresowo gradacji zwójek jodłowych i korników jodłowych szczególnie wiosną 1982 roku – spowodowały masowe obumieranie jodły. Nasilające się do lat 90. XX wieku imisje kwasogennych substancji spowodowały zwiększenie kwasowości z natury kwaśnych gleb wytworzonych z plejstocenijskich zwietrzelin kwarcytów i pyłów eolicznych. Wywołały one wielkoobszarowe obumieranie jodły oraz choroby buka, szczególnie na obszarach leśnych wyniesionych powyżej 450 m n.p.m. na głównym masywie Łysogór.

Na obszarze współczesnego oddziału 115a, w którego południowej wzniesionej części zlokalizowana jest Stacja Monitoringu, w roku 1924 (Operat Urządzeniowy 1925) znajdował się dwuwarstwowy drzewostan jodłowy VI klasy wieku o zadrzewieniu 0,6 z grupami jodły VII, VIII i IX klasy wieku i z domieszką buka VIII klasy wieku o zadrzewieniu 0,4, pierśnicach od 40 do 90 cm, przeciętnej wysokości 34 m, z podrostami jodły IV i V klasy wieku oraz rzadkimi parasolowatymi podrostami jodły I, II i III klasy wieku. Pół wieku później (Plan Urządzenia 1971) był tu znacznie przekształcony, przerzedzony i odmłodzony różnowiekowy drzewostan dwuwarstwowy bukowo-jodłowy o zadrzewieniu 0,1 i zwarciu przerywanym z udziałem 9 jodły i 1 buka V–VI klasy wieku, wysokości 28 m i 40–46 cm pierśnicy w warstwie I oraz z udziałem 9 jodły i 1 buka III–IV klasy wieku o zadrzewieniu 0,4, wysokości 22–23 m i pierśnicy buka 18 cm, jodły 25 cm w warstwie II. Był to wielogatunkowy drzewostan o zmieszaniu grupowym i jednostkowym, przerywanym zwarciu, ze sporadyczną domieszką jaworu V–VI i pojedynczo VII klasy wieku oraz pojedynczo jaworu, brzozy, osiki, klonu, grabu III–IV klasy wieku. Na całej powierzchni znajdowały się liczne niewielkie gołoborza nie porośnięte lasem. Pod koronami drzewostanu występowały 1,5-letnie naloty jodły i buka oraz podszyty jodły, buka, jarzębu, bzu koralowego, kruszyny i osiki.

Całkowicie zmieniony, znacząco zubożony w jodłę trzywarstwowy drzewostan przedstawia opis taksacyjny lasu na 01.01.1997 roku (Plan urządzenia gospodarstwa leśnego 1997). W warstwie I o zadrzewieniu 0,2 i luźnym zwarciu dominował udział 5 jodły 130-letniej o pierśnicy 50 cm i wysokości 30 m z udziałem 3 buka 130-letniego o pierśnicy 49 cm i wysokości 29 m oraz w zmieszaniu jednostkowym 2 buka X klasy wieku o pierśnicy 107 cm i wysokości 34 m. W drugiej warstwie, o zadrzewieniu 0,4 i luźnym

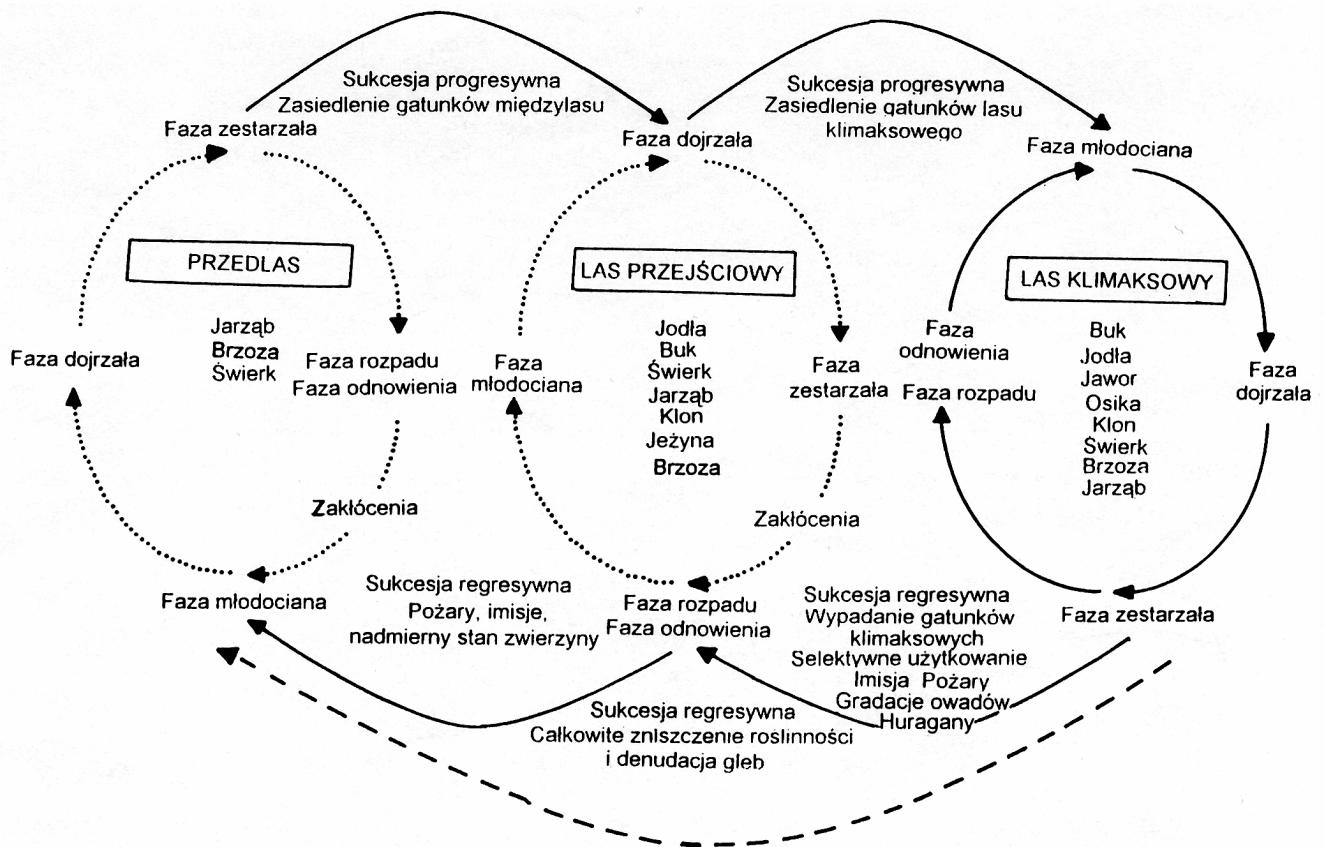
zwarciu w zmieszaniu grupowym, dominował udział 9 buka 75-letniego o pierśnicy 32 cm i 24 m wysokości z domieszką 1 jodły 75 letniej o pierśnicy 28 cm i wysokości 21 m. Warstwę trzecią tworzył buk 50-letni o zadrzewieniu 0,3 w luźnym zwarciu, o pierśnicy 16 cm i wysokości 16 m. Pod dachem koron znajdowały się kępy podrostów jodły 25-letniej, wysokiej 2 m, a podszyt tworzyły buk, jodła, bez koralowy.

Z przedstawionych charakterystyk prawie 80-letniego okresu rozwoju drzewostanów w oddziale 115 wynika, iż znajdowały się one w fazach ciągłych przemian bez osiągnięcia fazy dojrzałej stadium klimaksowego. Selektywna eksploatacja dojrzałych drzewostanów w XVII–XIX wiekach spowodowała sukcesję regresywną do stadium lasu przejściowego z dominacją jodły wynoszącą 80% jeszcze w roku 1924, zwiększoną do 90% w roku 1970, z około 20–10% udziałem buka. Po roku 1970 następuje gwałtowne masowe obumieranie jodły do 30% udziału w roku 1997 w drzewostanie na korzyść przechodzenia podrostów buka do warstw II i I drzewostanu.

We wstępnej fazie była to sukcesja progresywna w kierunku jodłowo-bukowego lasu klimaksowego (ryc. 6), jednak zagrożona osłabieniem biologicznym i przyspieszającym się masowym obumieraniem dojrzałych jodeł w II i I warstwie drzewostanów. W wyniku tego szybko postępującego procesu pojawiają się pozbawione jodły zmieszania grupowe buka z innymi klimaksowymi gatunkami liściastymi. Lokalnie w grupach tych jodła odnawia się pod okapem lasu liściastego kępami i jednostkowo w samosiewach, zachowując ciągłość bytowania tego gatunku w zbiorowiskach leśnych.

Niewątpliwie jest to przejaw zachowanej zdolności ekosystemowej samoorganizacji, składającej się ze sterujących bioregulację i nośnych procesów przemian pod wpływem działających ekosystemowych czynników wewnętrznych przy udziale pozaekosystemowych czynników zewnętrznych.

Istnieją przesłanki, że w obecności trwających nadal zakłóceń z zewnątrz ekosystemu omawiane ekologiczne systemy lasu mogą nie osiągać optymalnego stadium lasu klimaksowego, pomimo całkowitej ich ochrony przed bezpośrednią ingerencją człowieka. Argumenty do tego stwierdzenia można zaczerpnąć z termodynamicznej teorii ekosystemów sformułowanej przez Jørgensena (1997) w tak zwanej „czwartej zasadzie termodynamiki” i wcześniejszej „termodynamicznej zasadzie niezrównoważenia” Schneidera i Kay (1994) następująco: „jeśli dla wykorzystania, groma-



Ryc. 6. Stadia i fazy rozwojowe drzewostanów według Jeschke (1999) w adaptacji do stanu rozwojowego drzewostanów kwaśnej buczyny karpackiej na areale pomiarowym Stacji Monitoringu Święty Krzyż
 Fig. 6. Evolutional stages and facies of forest stands after Jeschke (1999) adapted to the stands state of the acid Karpathian beech association on the investigation area of the Monitoring Station Święty Krzyż

dzienia i degradacji egzergii działa większa liczba procesów, wówczas następuje wyselekcjonowanie takiej formy organizacyjnej, która w danych warunkach zaopatry system w możliwie największą dawkę egzergii”. Omawiane drzewostany są oddalone od punktu zrównowżenia charakterystycznego dla minimalnej produkcji entropii według odkrytej przez Prigogine’a (1967) termodynamicznej ekstremalnej zasady, co uniemożliwia przewidywalność dalszego zachowania się systemu. Według Prigogine’a (1997) rozwój ekosystemów oddalonych od termodynamicznej równowagi nie zależy od zasady ekstremalnych stosunków lecz od kompleksowych nieliniowych wzajemnych uwarunkowań specyficznych ekologicznych procesów i struktur, są uzależnione od mechanizmów działania. Gdy układ jest niezrównoważony, pojawiają się znacznie bardziej różnorodne zachowania jego składników, pojawiają się korelacje o dalekim zasięgu nie istniejące w stanie równowagi.

Aktualna struktura gatunkowa drzewostanu według przedziałów pierśnic, będąca odzwierciedleniem stanu

biologicznego niezrównoważenia na powierzchni badawczej Stacji Monitoringu Święty Krzyż, jest niewątpliwym tego przykładem (tab. 2). Jodła jest tu gatunkiem o zagrożonym bycie, z łącznie 61% drzewostanu martwym w posuszu i leżaninie (ryc. 4), we wszystkich przedziałach pierśnic, z charakterystycznie malejącą liczbą drzew o małych pierśnicach. Brak drzew martwych wśród buków i jaworów jest wskaźnikiem ich ekspansywności, podobnie jak grabu. Sporadycznie pojawiające się w podrostach martwe graby i jarzębiny są efektem walki międzygatunkowej o światło.

O trendach wzrostowych jodły i buka świadczą wielkości przyrostów słoju rocznych na wysokości pierśnicy. W okresie lat 1994–2002 wynosiły one 1,2 mm u jodły oraz u buka od 3,0 mm na powierzchni A do 5,6 mm na powierzchni B. Według danych Jaworskiego i wsp. (2000) istotne zmniejszenie przyrostów rocznych słoju jodły, nazywane „załamaniem przyrostu” nastąpiło w latach 1971–1980, z wyraźną tendencją do zmniejszenia udziału jodły w składzie gatunkowym drzewostanów.

Tab. 2. Struktura gatunkowa drzewostanu według przedziałów pierśnicowych na powierzchni badawczej Stacji Monitoringu Święty Krzyż według stanu na 1995 rok

Table 2. Species structure of the forest stand after the breast high diameter intervals on the investigation area of the Monitoring Station Święty Krzyż, state in year 1995

Przedziały pierśnic Breast high diameter intervals [cm]	Gatunki drzew <i>Tree species</i>											
	Jodła <i>Fir</i>						Buk <i>Beech</i>			Jawor <i>Sycamore</i>		
	Żywa <i>Living</i>			Martwa <i>Dead</i>			Żywy <i>Living</i>			Żywy <i>Living</i>		
	Liczba <i>Number</i>	Pierśnica [cm] <i>Breast high diameter</i>	Obwód [cm] <i>Circum- ference</i>	Liczba <i>Number</i>	Pierśnica [cm] <i>Breast high diameter</i>	Obwód [cm] <i>Circum- ference</i>	Liczba <i>Number</i>	Pierśnica [cm] <i>Breast high diameter</i>	Obwód [cm] <i>Circum- ference</i>	Liczba <i>Number</i>	Pierśnica [cm] <i>Breast high diameter</i>	Obwód [cm] <i>Circum- ference</i>
< 10	0	0	0	2	9,0	28,5	5	5,6	17,8	4	7,2	24,0
10 – 20	2	18,0	57,5	5	14,0	43,8	9	13,2	43,0	7	14,6	44,4
20 – 35	3	27,3	86,3	5	26,6	83,6	17	26,8	79,3	7	24,0	95,7
35 – 50	2	36,0	113,0	9	45,4	150,0	8	40,3	131,2	1	45,0	142,0
> 50	11	67,5	210,4	7	60,1	195,0	5	56,2	183,4	0	0	0
Razem	18			28			44			19		
%	10,8			16,8			26,3			11,4		

Przedziały pierśnic Breast high diameter intervals [cm]	Gatunki drzew <i>Tree species</i>											
	Grab <i>Hornbeam</i>						Jarząb <i>Mountain ash</i>					
	Żywy <i>Living</i>			Martwy <i>Dead</i>			Żywy <i>Living</i>			Martwy <i>Dead</i>		
	Liczba <i>Number</i>	Pierśnica [cm] <i>Breast high diameter</i>	Obwód [cm] <i>Circum- ference</i>	Liczba <i>Number</i>	Pierśnica [cm] <i>Breast high diameter</i>	Obwód [cm] <i>Circum- ference</i>	Liczba <i>Number</i>	Pierśnica [cm] <i>Breast high diameter</i>	Obwód [cm] <i>Circum- ference</i>	Liczba <i>Number</i>	Pierśnica [cm] <i>Breast high diameter</i>	Obwód [cm] <i>Circum- ference</i>
< 10	13	6,9	21,3	0	0	0	5	7,8	24,0	2	6,5	19,5
10 – 20	20	13,6	43,2	1	17,0	53,0	3	12,7	45,0	0	0	0
20 – 35	13	26,8	83,0	0	0	0	1	24,0	75,0	0	0	0
35 – 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	46			1			9			2		
%	27,5			0,6			5,3			1,2		

Drzewostan na powierzchni A, w górnej części stoku, składa się z trzech warstw drzew (tab. 3). Warstwę pierwszą tworzą przestoje jodły, będące relikdami dawnych antropogenicznych lasów jodłowych, z silnie zniekształconymi przeredzonymi i parasolowatymi, w 2 przypadkach ułamanymi koronami. W warstwach drugiej i trzeciej dominują buk i grab, tworzące zwarty dach koron, uniemożliwiający rozwój podrostów, przechodzących w tych warunkach w podszyty pochodzące z jednostkowych samosiewów. W drzewostanie dwuwarstwowym na powierzchni B natomiast dominuje buk z domieszką jaworu, po obumarciu przestojowej jodły, której szczątki znajdują się w leżaninie (ryc. 4). Te dwa gatunki regulują lokalne warunki wodne i świetlne oraz możliwości rozwoju podrostów pod zwierającym się dwupiętrowym dachem ich koron.

Wywodzące się z jednego systemu w dwu różnych następczych fazach rozwoju dwa drzewostany zatem realizują, poprzez właściwy dla każdego z nich opad organiczny oraz opady podokapowe i spływy po pniach wód opadowych, specyficzne i odrębne edaficzne warunki rozwoju ich oraz ich potomstwa.

Dzieje się to w podobnych pierwotnie warunkach edaficznych gleb rdzawych opadowoglejowych wytworzonych z peryglacialnych serii pokryw stokowych z cechami bielcowania na powierzchni A i cechami brunatnienia na powierzchni B. Te fazy rozwojowe są związane z latami 1971–1980.

4. Dynamika opadu organicznego

Rozpatrywane na głównym masywie Łysogór współczesne zbiorowiska roślinne są historycznymi systemami powstałymi w wyniku nieodwracalnych procesów w środowisku ich bytowania, określającym granice ich możliwości samoregulacyjnej adaptacji. Wyrazem tego są rosnące w glebach z wiekiem drzewostanów w ekosystemach leśnych zasoby próchnicy, chociaż masa opadu organicznego, w zależności od jakości siedliska i warunków klimatycznych, w warunkach naturalnych do wieku 40–60 lat osiąga swoje maksimum i następnie w wieku 120–140 lat szybko maleje (Mołczanow 1971, 1974; Fiedler et al. 1973, Kowalkowski 1983). Wiadomo że od fazy maksimum przyrostu masy opadu organicznego w zbiorowiskach

roślinnych w zasobach próchnicy w glebach kształtuje się długotrwałe progresywne zrównoważenie jej bilansu.

Na powierzchniach monitoringowych średnie dziewięcioletnie sumaryczne roczne masy opadu organicznego za okres 1994–2002 były tylko nieznacznie różne (tab. 4). Ich wielkości w suchej masie wynoszące 4054,8 kg·ha⁻¹·a⁻¹ na powierzchni A i 4317,2 kg·ha⁻¹·a⁻¹ na powierzchni B, ze średnią wieloletnią dla obu powierzchni 4186,0 kg·ha⁻¹·a⁻¹, mogą być wskaźnikiem niewielkich różnic potencjalnej zdolności bioprodukcji siedliska badanych drzewostanów. Wielkości te są niższe od opadu organicznego w lesie mieszanym koło Torunia wynoszącego 5465 do 6842 kg·ha⁻¹·a⁻¹ (Prusinkiewicz, Bigos 1978) i w lasach liściastych na południe od Kilonii wynoszącego 5800–6970 kg·ha⁻¹·a⁻¹ (Wachendorf 1996). Są one jednak średnio podobne do opadu na tym terenie w lesie mieszanym z 4300 kg·ha⁻¹·a⁻¹ i w lasach iglastych Polski – wynoszącego od 2630 do 6640 kg·ha⁻¹·a⁻¹ według Breymeyer (1999). W poszczególnych latach wielkości opadu organicznego na Stacji Święty Krzyż różniły się jednak znacznie od 2636,5 do 5039,2 kg·ha⁻¹·a⁻¹ na powierzchni A w drzewostanie jodłowo-bukowo-grabowym i od 3197,2 do 7990,5 kg·ha⁻¹·a⁻¹ na powierzchni B w drzewostanie bukowym z podrostem jodły (tab. 6, 7).

Jak wynika z ryc. 7, wieloletni przebieg całkowitego opadu organicznego na obu powierzchniach miał

w latach 1994–2002 przebieg zbliżony do sinusoidalnego, z maksimum opadu w latach 1995–1996 oraz 2001–2002 i z minimum w latach 1997–2000. Duże maksimum opadu organicznego na powierzchni B było związane z bardzo obfitym owocowaniem buka, grabu i jaworu w roku 1995. Zapewne w roku 2003 na badanych polach A i B ponownie wystąpią maksima opadu organicznego, gdyż zaobserwowano obrodzenie nasion u buka, grabu i jodły.

W przebiegu sinusoidy zwraca uwagę nagłe załamanie opadu organicznego w ciągu 1–2 lat na wejściu do minimum, wynoszące 3293 kg ha⁻¹ na powierzchni A i 4788,7 kg ha⁻¹ na powierzchni B. Wzrost krzywej opadu całkowitej masy był natomiast powolny, trwał 2–5 lat i wynosił 2217,5 kg na polu A i tylko 1694,7 kg na polu B. Zakładając, że w okresie badań nie nastąpiło trwałe tak znaczne obniżenie bioprodukcji, należałoby przyjąć, że cykl opadu organicznego może być zakończony w latach 2003–2004.

Widoczne, nagłe głębokie załamanie opadu organicznego w roku 1997 można wiązać z wyjątkowo niekorzystnymi warunkami meteorologicznymi w latach 1996 i 1997. Rok 1996 był wilgotny i bardzo chłodny (ryc. 2, tab. 5) z bardzo niskimi opadami w okresach przedzimia i zimy do przedwiośnia i wiosny 1997 roku łącznie, których suma w tym okresie wynosiła 261,3 mm. Po mroźnej zimie 1996/1997 oraz bardzo długim, chłodnym i suchym przedwiośniu

Tab. 3. Taksacyjna charakterystyka drzewostanów na poletkach A i B powierzchni badawczej Stacji Monitoringu Święty Krzyż według stanu na rok 2000

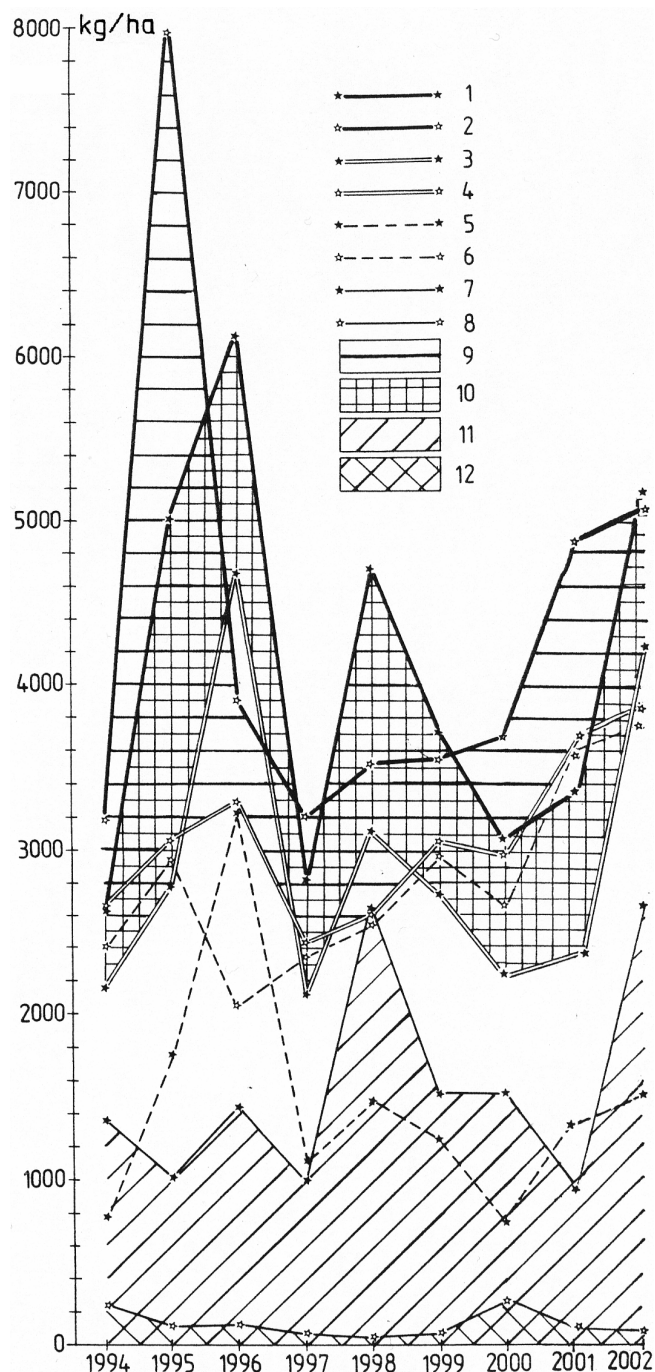
Table 3. Appraisal characteristics of forest stands on plots A and B of the investigation area of the Monitoring Station Święty Krzyż, state in year 2000

Powierzchnia Plot (wzniesienie n.p.m.) (elevation a.s.l.)	Warstwa Floor	Udział Gatunek Species abundance	Wiek lat Age years	Zadrzewienie Stand density	Zwarcie koron Crown density	Pierśnica [cm] Breast high diameter		Wysokość Hight [m]
						1994	2002	
A 515,0-518,6	I	Abies alba	140	0,3	przerywane discontinuously	69,2	70,2	38
	II	8 Fagus sylvatica	85	0,4	przerywane discontinuously	24,5	26,9	24
		2 Abies alba	65			18,0	19,0	28
	III	7 Carpinus betulus	60	0,2	przerywane discontinuously	15,1	16,7	14
		3 Fagus sylvatica	60			12,7	14,6	14-16
Podszyt Brushwood	6 Carpinus betulus	35			5,5	5,9	4-5	
	3 Acer pseudoplatanus				5,7	6,2	4-5	
		1 Sorbus aucuparia				9,0	10,0	4-5
B 509,5-510,6	I	8 Fagus sylvatica	85	0,5	rozluźnione loosened	40,8	45,3	28-30
		2 Acer pseudoplatanus	85			45,2	46,5	28
	II	6 Fagus sylvatica	60	0,4	przerywane discontinuously	20,2	21,5	19-20
		4 Acer pseudoplatanus	60			17,8	21,8	19
	Podrosty Undergrowth	6 Fagus sylvatica	35	0,1		8,8	9,3	8-9
		1 Acer pseudoplatanus	35		11,8	12,1	9	
		1 Carpinus betulus	35		11,2	12,4	8	
		1 Sorbus aucuparia	35		9,2	9,6	9	
	Naloty/Sapling	Abies alba	5-20					0,5-4

1997 roku (od 21 II do 23 IV – 62 dni) nastąpiła sucha wiosna z niedoborami wody w glebach. Zadecydowało to o wzroście skróconych, słabo ulistnionych pędów u wszystkich lasotwórczych gatunków w drzewostanach.

Składnikiem opadu organicznego o istotnym wpływie na warunki edaficzne jest coroczny opad organów asymilacyjnych z ich składem botanicznym, uzależnionym od składu gatunkowego i wieku drzewostanu. Ze względu na wysoką w organach asymilacyjnych i jakościowo zróżnicowaną zawartość łatwo powracających do obiegu biologicznego biogennych składników mineralnych, pod wpływem procesów gospodarki substancji i energii ekosystemów (Barkmann et al. 2002), aktywności mezo- i mikroorganizmów glebowych, ta część opadu bezpośrednio oddziałuje na przestrzenne kształtowanie warunków glebowych i stan aktualny odżywienia roślin leśnych (Kowalkowski, Józwiak 2003). Średnie wieloletnie opadu organów asymilacyjnych wynoszące 2944,5 kg ha⁻¹ a⁻¹ na powierzchni A i 2962,5 kg ha⁻¹ a⁻¹ na powierzchni B, co stanowi odpowiednio 72,9 i 68,6% opadu całkowitego, były w okresie lat 1994-2002 niewiele zróżnicowane ilościowo (tab. 6,7). W drzewostanie jodłowo-grabowo-bukowym na powierzchni A jednak opad masy opadów organów asymilacyjnych wahał się znacznie w poszczególnych latach od 2104,1 do 4680,8 kg ha⁻¹ decydując o wielkości maksimum i minimum całkowitego opadu masy organicznej na tej powierzchni (ryc. 7, tab. 6). Udział organów asymilacyjnych w masie opadu organicznego drzewostanu bukowego na powierzchni B w okresie badań podlegał znacznie mniejszym wahaniom: od 2206,2 do 3936,7 kg ha⁻¹ a⁻¹ z podobnym do powierzchni A średnim wieloletnim opadem (ryc. 7, tab. 7).

Istotne różnice między badanymi powierzchniami wystąpiły w składzie botanicznym opadu organów asymilacyjnych, w których decydującą rolę posiadają igły jodły oraz liście buka, grabu, jaworu będących w różnych układach ilościowych składnikami drzewostanów. (tab. 3, 6, 7). W drzewostanie jodłowo-grabowo-bukowym 36% opadu całkowitego obejmuje igliwie jodły, ze średnią wieloletnią masą 1459,0 kg ha⁻¹ a⁻¹, w poszczególnych latach wahał się od 958,6 do 2673,2 kg ha⁻¹ a⁻¹ (ryc. 7). Opad masy liści na tej powierzchni wynoszący 36,6% całkowitego opadu, nierównoległy z opadem igliwia jodły, wahał się znacznie w poszczególnych latach od 716,7 do 3241,0 kg ha⁻¹ a⁻¹, ze średnią wieloletnią 1485,3 kg ha⁻¹ a⁻¹. W opadzie liści dominowały liście buka, ze znaczącym udziałem liści grabu i nieznaczną do-



Ryc. 7. Przebieg opadu organicznego w okresie lat 1994-2002 w drzewostanie jodłowo-grabowo-bukowym na polu A i bukowym z podrostem jodłowym na polu B na powierzchni badawczej Stacji Monitoringu Święty Krzyż

Objaśnienie: 1- A, 2- B łączny opad organiczny; 3- A, 4- B opad organów asymilacyjnych; 5- A, 6- B opad liści; 7- A, 8- B opad igliwia jodły; 9- A, 10- B masa opadu gałęzi, kory, łusek pączków, owoców i innych; 11- A, 12- B łączna masa opadu igieł jodły

Fig. 7. Run of organic fall in the period 1994-2002 in Fir-Hornbeam-Beech stand in plot A and Beech stand with Fir undergrowth in plot B on the investigation area of the Monitoring Station Święty Krzyż

Explanation: 1- A, 2- B organic matter fall total; 3- A, 4- B assimilation organs fall sum; 5- A, 6- B leaf fall; 7- A, 8- B Fir needle fall; 9- A, 10- B fruits, branches, bark, bud scales and other fall mass; 11- A, 12- B Fir needles mass

mieszka jawnu i jarzębu. Rosnący od roku 1995 opad igliwia jodły, przy jednocześnie malejącym opadzie liści buka w okresie do 2002 roku, wskazują na za-

awansowane i postępujące prześwietlenie koron przestojowej jodły i jednocześnie na malejącą powierzchnię asymilacyjną u tego gatunku i także – u buka.

Tab. 4. Roczne i wieloletnie średnie masy opadu organicznego w kg^{-1} s. m. ha^{-1} w latach 1994–2002 w drzewostanie jodłowo-grabowo-bukowym (A) i w drzewostanie bukowym z podrostem jodłowym (B) na Stacji Monitoringu Święty Krzyż

Table 4. Yearly and long term mean organic fall mass in kg^{-1} d. m. ha^{-1} in years 1994–2002 in Fir-Hornbeam-Beech stand (A) and in Beech stand with Fir undergrowth (B) on the Monitoring Station Święty Krzyż

Drzewostan Stand	Sumy masy opadu organicznego w latach Organic fall mass sums in years									Suma wieloletnia Many years sum	Średni wieloletni opad Mean many years fall
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1994/2002	
A	2636,46	5049,41	6114,75	2821,72	4729,78	3703,56	3065,19	3333,09	5039,24	36493,17	4054,80
B	3197,16	7990,54	3921,85	3201,34	3531,71	3531,71	3665,30	4888,22	4896,02	38854,81	4317,20
śr. A+B mean	2916,81	6519,98	5018,30	3011,53	4130,75	4130,75	3365,25	4110,66	4967,63	37674,03	4186,00

Tab. 5. Charakterystyka meteorologiczna pór roku w latach 1996–1997 według danych pomiarowych Stacji Monitoringu Święty Krzyż

Table 5. Meteorological characteristics of the year seasons in years 1996–1997 after measuring datas of the Monitoring Station Święty Krzyż

Pory roku Year seasons	1996							1997						
	Data rozpoczęcia Beginning date	Liczba dni Number of days	t°C			RH Średnia mean %	Opady Precipitation [mm]	Data rozpoczęcia Beginning date	Liczba dni Number of days	t°C			RH Średnia mean %	Opady Precipitation [mm]
			Średnia mean	Max.	Min.					Średnia mean	Max.	Min.		
Przedwiośnie Early spring	25 III	19	0,66	4,06	-1,97	90,7	19,8	21 II	62	1,21	5,20	-1,59	88,5	69,5
Wiosna Spring	13 IV	49	11,69	17,21	7,24	81,0	123,0	24 IV	42	11,35	16,12	7,54	77,2	85,1
Lato Summer	01 VI	91	15,43	20,29	11,49	86,6	303,1	05 VI	93	16,10	20,46	12,55	79,9	298,4
Jesień Autumn	31 VIII	69	7,65	11,07	5,22	92,3	215,6	06 IX	37	9,98	13,75	7,35	84,4	94,0
Przedzimie Winter approach	08 XI	15	5,38	8,67	3,10	91,6	37,6	13 X	37	2,11	5,23	0,02	89,3	55,1
Zima Winter	23 XI	90	-5,25	-2,48	-7,61	90,0	69,1	19 XI	82	-2,13	0,23	-3,70	90,8	121,6

Tab. 6. Dynamika roczna suchej masy opadu organicznego w $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ w drzewostanie jodłowo-grabowo-bukowym (A) na Stacji Monitoringu Święty Krzyż w Świętokrzyskim Parku Narodowym w latach 1994–2002

Table 6. Yearly dynamics of dry mass organic fall in $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ in Fir-Hornbeam-Beech Stand (A) on the Monitoring Station Święty Krzyż in the Świętokrzyski Notional Park in years 1994–2002

Lata Years	Ogółem masa opadu Organic mass fall total	Organy asymilacyjne Assimilation organs						Inne organy Other organs		Nasiona Seeds				Łuski pączków Bud scales	Inne Others
		Igły jodły Fir needles	Liście Leafs				Razem Total	Gałęzie Branches	Kora Bork	Buk Beech	Grab Hornbeam	Klon Sycamore	Razem Total		
			Buk Beech	Grab Hornbeam	Klon Sycamore	Jarząb Mountain ash									
1994	2636,46	1375,15	523,60	246,17	19,80	1,41	2166,13	175,42	111,15	15,42	23,90	1,55	40,87	141,48	1,41
1995	5049,51	1024,33	1566,19	181,10	25,46	0,00	2797,08	186,74	237,68	977,63	128,74	100,45	1206,82	372,09	249,00
1996	6114,75	1439,78	2874,19	338,80	27,29	0,72	4680,78	693,02	290,15	150,19	38,18	0,00	188,37	65,03	197,40
1997	2821,72	996,17	777,04	247,88	80,49	2,54	2104,12	182,00	288,04	6,79	3,96	1,27	12,02	131,57	103,97
1998	4729,78	1640,14	1156,36	263,49	50,64	0,00	3110,63	761,31	83,83	0,00	76,64	18,43	95,07	150,11	529,83
1999	3703,56	1512,83	948,23	253,02	31,27	0,79	2746,14	316,42	209,90	0,00	119,52	4,43	123,95	156,08	152,07
2000	3065,19	1511,03	527,45	157,87	31,33	0,00	2227,68	217,11	121,66	63,01	113,74	15,74	192,49	149,34	156,91
2001	3333,19	958,58	1057,73	302,00	33,96	2,54	2356,63	432,40	58,14	6,46	79,30	3,57	174,74	111,28	200,00
2002	5039,24	2673,21	1284,43	309,54	38,28	6,19	4311,65	377,64	134,95	11,62	44,86	28,24	84,73	84,33	45,92
Σ	36493,40	13131,2	10715,22	2299,87	338,52	14,19	26500,84	3342,06	1534,50	1231,12	628,84	173,68	2119,06	1361,31	1636,51
Śr./Mean 1994/2002	4054,82	1459,02	1190,58	255,54	37,61	1,58	2944,54	371,34	170,50	136,79	69,87	19,30	235,45	151,25	181,83

Tab. 7. Dynamika roczna suchej masy opadu organicznego w $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ w drzewostanie bukowym z podrostem jodłowym (B) na Stacji Monitoringu Święty Krzyż w Świętokrzyskim Parku Narodowym w latach 1994–2002
 Table 7. Yearly dynamics of dry mass organic fall in $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ in Beech stand with Fir undergrowth (B) on the Monitoring Station Święty Krzyż in the Świętokrzyski National Park in years 1994–2002

Lata Years	Ogółem masa opadu Organic mass fall total	Organy asymilacyjne Assimilation organs						Inne organy Other organs		Nasiona Seeds				Łuski pączków Bud scales	Inne Others
		Igły jodły Fir needles	Liście Leafs				Razem Total	Gałęzie Branches	Kora Bork	Buk Beech	Grab Hornbeam	Klon Sycamore	Razem Total		
			Buk Beech	Grab Hornbeam	Klon Sycamore	Jarząb Mountain ash									
1994	3197,16	262,13	2000,44	91,25	317,62	0,71	2672,15	155,90	106,40	60,81	4,53	0,00	65,34	145,73	51,64
1995	7990,54	129,09	2787,19	31,13	133,00	5,66	3086,07	148,52	7,06	3229,96	286,63	179,67	3696,26	775,33	277,30
1996	3921,85	139,80	1564,22	71,03	406,18	25,01	2206,24	217,30	41,32	843,21	9,90	6,59	859,70	144,98	452,31
1997	3201,34	84,19	1804,24	47,53	506,51	11,17	2453,64	228,93	97,91	98,21	0,00	0,00	98,21	209,53	113,12
1998	3531,71	54,79	2480,42	29,77	35,01	8,04	2608,03	412,94	20,46	46,97	5,42	2,77	55,16	190,71	244,41
1999	3562,69	76,96	2176,68	78,14	703,38	20,18	3057,34	142,03	15,87	0,00	84,41	2,98	87,79	163,64	96,02
2000	3665,28	278,63	2001,64	48,93	588,35	20,61	2938,16	252,63	13,29	40,10	6,62	21,37	68,09	173,04	220,07
2001	4888,22	67,53	2960,92	97,35	583,33	4,82	3713,95	473,08	32,44	132,04	28,37	0,00	160,41	254,34	258,00
2002	4896,02	118,94	3059,23	93,74	659,73	5,11	3936,74	549,93	43,52	97,05	9,37	7,56	113,98	220,23	31,63
Σ	38854,81	1212,06	20834,98	579,87	3935,11	101,31	26672,32	2581,26	378,27	45548,30	435,65	220,94	5204,94	2273,66	1744,50
Śr Mean 1994/2002	4317,2	134,67	2314,99	64,43	437,23	11,26	2963,59	286,8	42,03	505,37	48,41	24,55	578,32	252,62	193,83

Drzewostan bukowy na powierzchni B natomiast charakteryzował się dominacją opadu liści wynoszącą 65,5% całkowitego opadu, z niewielkim udziałem igliwia jodły wynoszącym 3,12% ogólnej masy opadu organicznego w latach 1994–2002 (tab. 7). W opadzie masy liści na tej powierzchni zaznacza się także silne zróżnicowanie od 2066,5 do 3817,7 $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$, ze średnim opadem rocznym wynoszącym 2827,9 $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$. W opadzie tym przeważają liście buka z 53,6% ogólnej masy opadu i znaczącym udziałem 10,1% liści jaworu, przy nieznacznej domieszce liści grabu i jarzębu. Opad igliwia jodły w drzewostanie bukowym wynosił w okresie lat 1994–2002 średnio 134,7 $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$. Miał on od 262,1 $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ w roku 1994 do 54,8 $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ w roku 1998 i następnie, w związku z pojawieniem się podrostów jodłowych, wzrastał do ponad 118 $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ w roku 2002. Opad liści buka, jaworu i grabu wzrastający od roku 1996 wraz z opadem igliwia jodły wskazuje na zachodzące w drzewostanie na powierzchni B przemiany rozwojowe.

Zróżnicowany opad organiczny na badanych powierzchniach ma swoje odzwierciedlenie w mozaikowości ektopróchnicy w poziomie organicznym na powierzchni gleby mineralnej. Na topomorficzne mezomozaiki poziomu organicznego (Kowalkowski, Borzyszkowski 1993) może nakładać się dendromor-

ficzna mikromozajkowatość uzależniona od składu gatunkowego drzewostanu w określonej jego fazie rozwojowej. Zwarta i zleżała sucha iglasta pokrywa typu kseromor o miąższości od 15–20 cm ukształtowała się wokoło pni jodeł przestojowych, sięgając do skrajnego zasięgu ich koron. W miarę oddalania się od jodeł wzrasta udział opadu liściastego i pod koronami drzew liściastych pokrywa ta ma właściwości próchnicy moder świeży oraz modernull świeży. Mozaikowość próchnic nadkładowych jest pośrednim wskaźnikiem bardzo zróżnicowanej aktywności mezo- i mikrofauny glebowej i wpływu jej wytworów na niżej leżące poziomy gleby mineralnej.

Dendromorficzna mikromozajkowatość organicznej pokrywy glebowej faktycznie ma swoje odzwierciedlenie w mikromozajkowatości właściwości powierzchniowych poziomów mineralnych, wykazującej ścisły związek z przestrzennym rozmieszczeniem drzew poszczególnych gatunków w drzewostanie, w przypadkach braku zwartej pokrywy runa leśnego. Na badanej powierzchni A Józwiak i Kozłowski (2003) oraz Kozłowski (2003) stwierdzili związki przyczynowe między kwasowością w powierzchniowym mineralnym poziomie próchnicznym, a lokalizacją drzew i zasięgami ich koron, jako pochodny skutek wód opadowych przenikających przez korony drzew

i sphywających po pniach drzew. Między mozaikowością składu i właściwościami nadkładu organicznego a zróżnicowaniem właściwości przylegającego górnego poziomu próchnicznego gleby zatem istnieją ściśle związki przyczynowe. W borze mieszanym sosnowo-dębowym w płatach z paprocią orlicą powstaje profil próchnicy typu modernull, w płatach borówki czernicy z trzcinnikiem – próchnica typu moder, a w płatach ocienionych bez runa – próchnica typu mor. Badający leśne gleby łągów Neumeister i wsp. (1997) oraz Haase i Neumeister (1999) stwierdzają wartości pH w glebach uzależnione od obiegu substancji organicznej w zasięgu poszczególnych gatunków drzew i od składu roślinności dna lasu. Z kolei pod cienistym drzewostanem bukowym bez runa leśnego na powierzchni badawczej B Stacji Monitoringu istnieje ciągła pokrywa organiczna składająca się ze stosunkowo luźnej warstwy liści, jesienią o miąższości do 10 cm, pod którą znajduje się nieciągła warstwa silnie rozłożonego nadkładu o dominujących cechach próchnicy typu modernull.

Przedstawione dane dotyczące funkcjonowania opadu organicznego na dwóch badanych powierzchniach w porównaniu z danymi z literatury jednoznacznie wskazują, że aktywność ta jest kontrolowana bardziej przez biologiczne cechy dominujących na nich gatunków drzew niż przez ich różnorodność, na co także zwrócili uwagę Grime (1997) oraz Kutsch i wsp. (2002).

W udziałach igliwia i liści w opadzie organicznym obu badanych powierzchni stwierdzono zasadnicze zróżnicowanie, także w poszczególnych latach (tab. 6, 7). W roku 1994 na przykład na powierzchni A opad igliwia jodły i liści w stosunku do opadu całkowitego wyniósł odpowiednio 52,2% i 30,0%, a w roku 1996 odpowiednio – 23,6 i 53,0%. Natomiast na powierzchni B istniała stała stabilizująca przewaga opadu liści nad opadem igliwia. Uwagę zwraca zróżnicowanie między badanymi powierzchniami owocowania, w drzewostanie jodłowo-grabowo-bukowym powierzchni A wynoszące od 12,0 do 1206,8 kg ha⁻¹ a⁻¹ (tab. 6). W drzewostanie bukowym natomiast znacznie większe – od 55,2 do 3696,3 kg ha⁻¹ a⁻¹ (tab. 7). Rokiem z maksymalnym opadem owoców i nasion był nasienny rok 1995, po którym na powierzchni B w roku 1996 wystąpiło znaczne zmniejszenie opadu liści buka i wzrost opadu liści grabu i jaworu. Po latach nasiennych zazwyczaj następuje zmniejszenie opadu liści u buka, co także stwierdzają Dammann i wsp. (2003). Wielkość regeneracji ulist-

nienia buka już w roku po wydaniu nasion uważana jest za wskaźnik vitalności tego gatunku.

Również opad drobnych gałęzi i kory, rozluźniający złożenie nadkładu organicznego ma wpływ na szybkość procesów biochemicznych i na produkty tych procesów. Średni opad w drzewostanie jodłowo-grabowo-bukowym drobnych gałęzi w latach 1994–2002 wynosił 371,3 kg ha⁻¹ a⁻¹ i kory – 170,5 kg ha⁻¹ a⁻¹. Był on na tej powierzchni wyższy niż na powierzchni bukowej ze średnim opadem gałęzi 286,8 kg ha⁻¹ a⁻¹ i kory tylko 42,0 kg ha⁻¹ a⁻¹, co potwierdza lepszy stan vitalności badanego drzewostanu bukowego niż jodłowo-grabowo-bukowego. Dalszym potwierdzeniem tego jest plonowanie owoców i nasion, średnio ponad dwukrotnie wyższe na powierzchni B niż na powierzchni A (tab. 6, 7). Znaczący jest udział w opadzie łusek pączków, bogatych w potas i magnez (Lenfers 1994; Wachendorf 1996), średnio w latach 1994-2002 wynoszący 578,3 kg ha⁻¹ a⁻¹ na powierzchni B i 151,3 kg ha⁻¹ a⁻¹ na powierzchni A.

Ilość i skład jakościowy opadu organicznego podlegają znanej w literaturze sezonowej dynamice, która na badanych powierzchniach A i B zaznacza się wyraźnie (ryc. 5, 8, tab. 8). Odpowiednio do danych literaturowych (Mołczanow 1971; Fiedler et al. 1973; Lenfers 1994; Wachendorf 1996; Kowalkowski, Józwiak 2003) w dynamice rocznej opadu organicznego zaznaczają się powtarzalne i w sezonach stałe oraz niestałe terminy maksimów opadu. U drzew liściastych charakterystyczne jest jedno duże jesienne – przedzimowe maksimum, u drzew iglastych dwa, jedno duże jesienne wyprzedzające opad liści o jeden do dwóch miesięcy oraz drugie niewielkie późnolimowo-wczesnowiosenne (ryc. 8). Prócz wymienionych stałych maksimów pojawiają się często ruchome w czasie i nieraz długotrwałe maksima przedwczesnego opadu, niezależnego od stanu fenologicznego drzew. Ich przyczyną są nietypowe przebiegi warunków atmosferycznych, powodujące np. susze glebowe, susze fizjologiczne, okresowe niedobory lub nadmiary składników mineralnych w glebach, gradacje szkodników lub też imisje szkodliwe z powietrza.

Maksymalny opad organiczny liściasty w latach 1994–2002 na powierzchniach A i B był synchroniczny w październiku, jedynie w roku 1999 był opóźniony w listopadzie (ryc. 8, tab. 8). Jego łączna wielkość w maksimach była zmienna w poszczególnych latach, od 466,9 do 3154,6 kg ha⁻¹ a⁻¹ na powierzchni A i od 1217,4 do 3426,8 kg ha⁻¹ a⁻¹ na powierzchni B. W stosunku do całkowitego opadu masy

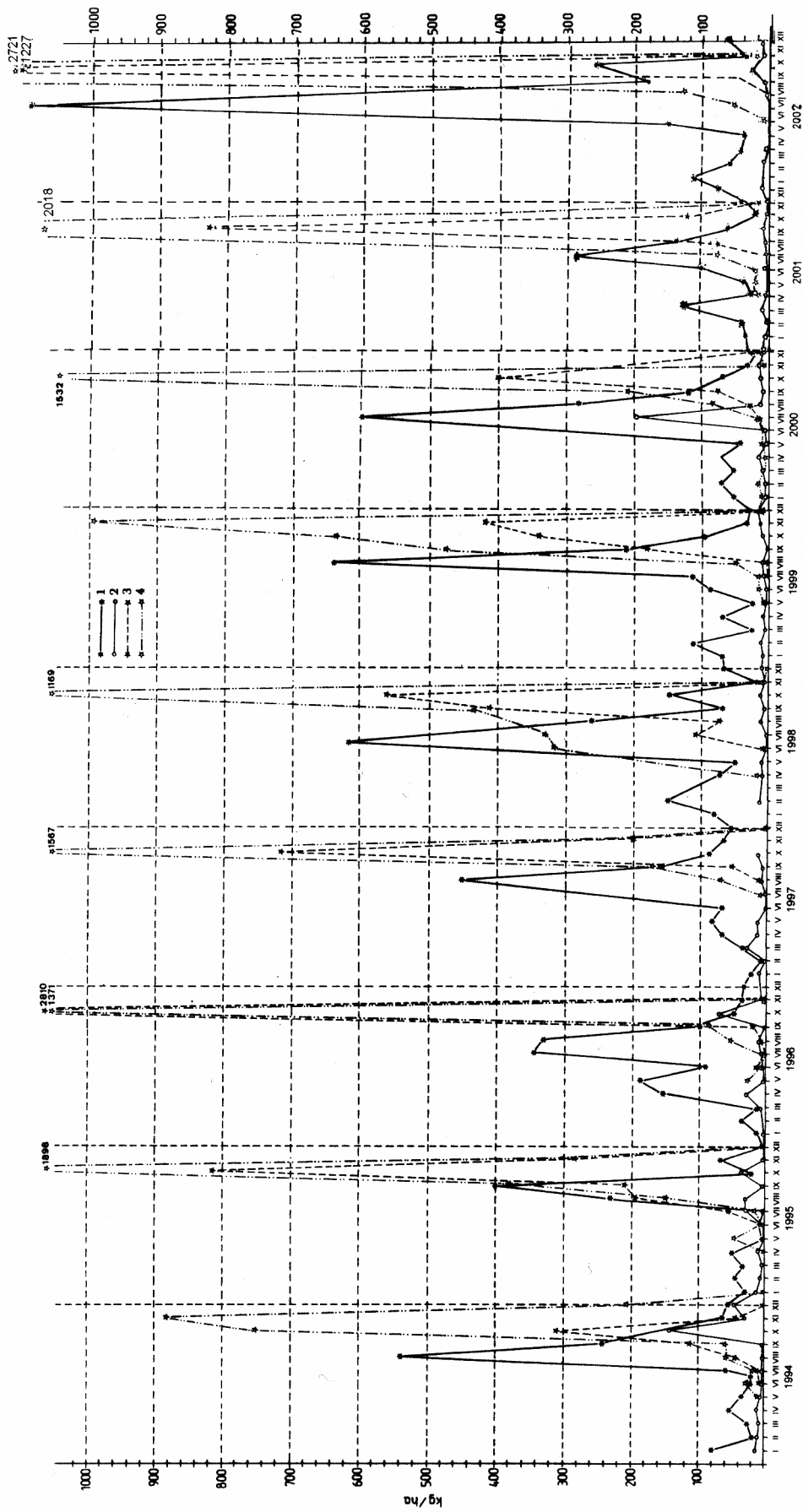
organicznej, opad liści wynosił 77,7% na powierzchni A i 73,2% na powierzchni B. Stwierdzone odchyłki są znaczne w stosunku do średniego wieloletniego maksymalnego opadu liści wynoszącego $1154 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ na powierzchni A ze średnio $926,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ opadu liści buka, znacznie mniejszego niż na powierzchni B z opadem maksymalnym średnim wieloletnim wynoszącym $2069,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ z udziałem liści buka średnio $1653,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. W ciągu kolejnych lat maksimum to wzrastało do roku 1996 i następnie malało do roku 1999 i ponownie silnie wzrosło do roku 2002.

Okres trwania maksimum od jego inicjacji do zakończenia na powierzchni A obejmował od 2 miesięcy w roku 1996 do 4 miesięcy w latach 1995 i 2001, wyjątkowo do 6 miesięcy w roku 1998 bogatym w opady i ciepłym. Natomiast na powierzchni A okres ten był krótszy o jeden miesiąc, w większości lat opóźniony o jeden miesiąc. Przyczyną pojawienia się już w czerwcu 1998 roku opadu liści mogła być susza glebowa wskutek silnej ewapotranspiracji. Jej efektem było zrzucenie nadmiernej powierzchni liści zielonych, tworzących zazielenioną pokrywę na powierzchni gleb. Należy podkreślić, że absolutne maksimum opadu liści z reguły w Europie Środkowej występuje w październiku (Fiedler et al. 1973).

Organy asymilacyjne drzew iglastych opadają w zasadzie przez cały rok, z różnymi wahaniami intensywności (ryc. 8). Jedno stałe duże maksimum opadu igieł na powierzchni A występowało w lipcu w latach 1995–1998 i 2000–2001 lub sierpniu lat 1994 i 1999. Zróżnicowanie masy opadu igieł w tych maksimach nie było tak duże jak w opadzie liści, wynosiło od $346,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ do $1102 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ i średnio obejmowało 38,7% całkowitego opadu masy igieł jodły. Maksima te były znacznie przyspieszone o jeden do dwóch miesięcy w kierunku późnego lata w porównaniu z danymi w literaturze dla sosny i świerka. Drugie małe maksimum opadania igieł na tej powierzchni, wynoszące 7,4% całkowitego opadu igieł występowało w różnych porach, przeważnie w końcowej fazie zimy lub w początkach przedwiośnia. Był to miesiąc luty w latach 1994, 1998–2000 i 2002, sporadycznie marzec w roku 2001. Wyjątkowo późno w maju lat 1996–1997 i kwietniu 1995 roku, co było uwarunkowane przebiegiem warunków termicznych i zasobami wód dostępnych biologicznie w glebach – w okresach jesieni, przedzima i zimy poprzedzającego roku. To maksimum było stosunkowo niewielkie i charakteryzowało się znacznym zróżnicowaniem w poszczególnych latach od $50,9$ do $190,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Tab. 8. Miesięczny maksymalny opad organów asymilacyjnych w $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ w drzewostanie jodłowo-bukowym (A) i bukowym z podrostem jodły (B) oraz ich ilościowe stosunki w latach 1994–2002 w Świętokrzyskim Parku Narodowym
Table 8. Monthly maximum mass fall of assimilation organs in $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in Fir-Hornbeam-Beech stand (A) and Beech stand with Fir undergrowth (B) and their quantitative relations in years 1994–2002 in the Świętokrzyski National Park

Rok Year	Drzewostan A Stand A							Drzewostan B Stand B						
	Igliwie jodły Fir needles		Liście Leaves		Stosunki Relations			Igliwie jodły Fir needles		Liście Leaves		Stosunki Relations		
	maks. 2 max	maks. 1 max	Buk Beech	łącznie Total	maks. Buk/ maks. 1 jodła max Beech/ max 1 Fir	maks. Buk/ łącznie liście max Beech/ total leaves	maks. 2 max	maks. 1 max	Buk Beech	łącznie Total	maks. Buk/ maks. 1 jodła max Beech/ max 1 Fir	maks. Buk/ łącznie liście max Beech/ total leaves		
1994	II* 58,49	VIII 540,46	X 308,43	X 466,88	0,57	0,66	II 7,92	X 144,31	X-XI 1624,87	X-XI 2087,98	11,25	0,78		
1995	IV 50,93	VII 490,94	X 745,61	X 785,22	1,52	0,94	IV 9,90	IX-X 38,20	X 1898,67	X 2037,35	44,70	0,99		
1996	V 190,45	VII 346,84	X 2814,53	X 3154,63	6,11	0,89	IV 28,61	X 65,52	X 1373,06	X 1827,25	20,95	0,75		
1997	V 80,79	VII 456,99	X 706,79	X 1024,97	1,54	0,69	III 34,50	X 12,31	X 1567,63	X 2118,70	127,35	0,74		
1998	II 147,68	VII 618,70	X 559,21	X 769,93	0,90	0,72	II	X 6,89	X 1169,14	X 1217,37	169,68	0,96		
1999	II 113,71	VIII 638,98	X-XI 755,28	X-XI 966,31	1,18	0,78	II 5,26	XII 20,58	XI 975,65	X 1025,31	47,41	0,95		
2000	II 70,42	VII 599,22	X 396,10	X 568,91	0,66	0,70	II 14,33	VII 196,84	X 1532,22	X 2293,36	7,78	0,67		
2001	III 136,62	VII 287,77	X 829,74	X 1124,30	2,88	0,74	III 10,44	IX 14,04	X 2018,54	X 2592,74	144,08	0,78		
2002	II 117,24	VII 1102,06	X 1223,90	X 1529,57	1,11	0,80	II 14,33	X 22,51	X 2721,83	X 3426,78	120,92	0,79		
Σ	966,27	5081,96	8339,59	10390,72	-	-	126,19	521,20	14881,61	18626,24	-	-		
Śr. Mean	107,36	564,66	926,84	1154,52	1,64	0,80	15,77	57,91	1653,51	2069,58	28,55	0,80		



Ryc. 8. Dynamika roczna opadu organów asymilacyjnych jodły i buka na polach A i B w latach 1994–2002 na powierzchni badawczej Stacji Monitoringu Święty Krzyż
 Objaśnienie: 1- igliwie jodły na powierzchni B, 2- liście jodły na polu A, 3- liście buka na powierzchni B, 4- liście buka na powierzchni A

Fig. 8. Yearly dynamics of the Fir and Beech assimilation organ fall in plots A and B in years 1994–2002 on the investigation area of the Monitoring Station Święty Krzyż
 Explanation: 1- Fir needles on plot B, 2- Fir needles on plot A, 3- Beech leaves on plot B, 4- Beech leaves on plot A

Na powierzchni B drugie maksimum obejmujące 43% całkowitego opadu igliwia jodły rozciągało się, podobnie jak na powierzchni A w poszczególnych latach między miesiącami lipcem 1995–1998, 2000 i 2002 i sierpniem 1994, 1997, 1999 i 2002. Opad igliwia w tym maksimum wahał się od 6,8 do 196,8 kg ha⁻¹ a⁻¹. Drugie maksimum występowało w końcu zimy i podczas przedwiośnia w miesiącach luty – marzec w latach 1995 oraz 1997–2002 i w okresie przedwiośnia – początku wiosny w miesiącu kwietniu lat 1995–1996. Objęło ono 11,7% całkowitego opadu igliwia, z dużymi wahaniami masy od 5,3 do 34,4 kg ha⁻¹ a⁻¹.

Maksima opadu igliwia jodły wyraźnie malały w okresie lat 1994–1996 i następnie znacznie wzrastały do lat 1999–2000, po czym w roku 2001 było bardzo niskie, a w roku 2002 bardzo wysokie. Bardzo silny maksymalny opad igliwia jodły w roku 2002 był spowodowany bardzo krótką w tym roku wiosną, ubogą w opady i wczesnym, gorącym, suchym latem. W okresie od kwietnia 1997 roku do marca 1999 utrzymał się stały wysoki opad igliwia jodły. Dane te wskazują nie tylko na zwiększenie w koronach drzew liczby roczników igieł, a raczej na ich ubytki powodujące znaczne prześwietlenie koron i ciągle zwiększanie ich szkieletowości. Proces ten obserwowali między innymi od roku 1982 Kapuściński (1985), a także Kowalkowski i wsp. (1990) oraz Kowalkowski i Józwiak (2000).

Niewielkie opady igliwia, nie wykazujące wyraźniejszej dynamiki sezonowej na powierzchni B, malejące od roku 1996 były uzależnione od opadu przewiewanego z jodeł znajdujących się w pobliżu tej powierzchni. Od roku 1999 wyraźnie wzrastający trend opadu igieł powodowany był pojawieniem się pochodzących z samosiewów podrostów jodły pod okapem koron drzewostanu bukowego.

Bardzo zróżnicowane stosunki ilościowe maksymalnego opadu liści buka do maksymalnego opadu igliwia jodły w pierwszym terminie przedstawione w tab. 8 wskazują, iż o wielkościach masy tych opadów i ich pojawach w czasie w latach decydują różne czynniki w ich zmienności czasowej. Stosunki ilościowe maksymalnego opadu liści buka do łącznej masy opadu liści, wynoszące na obu powierzchniach w okresie lat 1994–2002 średnio 0,80, z wahaniami od 0,66 do 0,94 na powierzchni A i od 0,74 do 0,99 na powierzchni B wskazują na podobieństwo czynników kształtujących wielkość tego opadu.

5. Podsumowanie

Ekosystemy są miejscami integracyjnych interakcji między formami życia i otaczającym środowiskiem, posiadają trójwymiarowość i funkcjonują w czasie (Cleland et al. 1997). W obrębie ekologicznych jednostek ekosystemu funkcjonują zbiorowiska roślinne, w mozaikach naturalnych tworzą biogrupy młode, dojrzałe i zestarzałe, a z kolei te mogą być asocjacjami znajdującymi się w sukcesjach wczesnego, przejściowego i dojrzałego (klimaksowego) stadium rozwojowego. Na ogół panuje pogląd, że uważane za klimaksowe zbiorowiska roślinne faktycznie są niedojrzałymi stadiami lasu przejściowego (Jeschke 1999; Kopp et al. 2002), co także dotyczy badanych na głównym masywie Łysogór kwaśnych buczyn karpackich. Jednym z wskaźnikowych orientorów tego stanu jest opad organiczny w jego sezonowej dynamice i w przestrzennym zróżnicowaniu jakościowym.

Historia badanych drzewostanów wskazuje, że już w XX wieku zaszły w nich istotne zmiany składu gatunkowego, głównie w następstwie nieumiejętnej gospodarki w wieku XIX i w początku XX wieku. Od połowy wieku XX – głównie pod wpływem czynników naturalnych i samoregulującego działania zbiorowisk roślinnych – lasy jodłowe z udziałem buka, grabu, jaworu, lipy przekształciły się we współczesne lasy liściaste z dominacją wielopokoleniowego buka i domieszką jodły przestojowej z jej młodszymi pokoleniami. W tych fazach przejściowych zmieniający się opad organiczny powoduje znaczące przemiany w powierzchniowych poziomach glebowych, których jednak nie można uważać za cechy dysharmonii stwierdzonej przez Koppa i wsp. (2002) w lasach gospodarczych.

W badanych dwóch różnowiekowych i wielogatunkowych drzewostanach, w niedoszłym klimaksowym jodłowo-grabowo-bukowym z przestojami jodły i w zbliżonym do lasu przejściowego drzewostanie bukowym z podrostami jodły, masa opadu organicznego w okresie badań była podobna, jednak zasadniczo różna w składzie organów asymilacyjnych dominujących w opadzie. Zjawisko to ma zasadniczy wpływ na kształtowanie typów próchnicy glebowej. Ze zróżnicowanym wiekiem składników drzewostanu związana jest mozaikowość nadkładu organicznego i od jego składu gatunkowego – podtypów próchnicy glebowej. W drzewostanie jodłowo-grabowo-bukowym występuje dendromorficzna mozaikowość

próchnic od typu kseromor o miąższości 15–20 cm pod jodłami przestojowymi do nieciągłej warstwy świeżego moderu i świeżego modernullu o miąższości od 23 cm do 0 cm pod koronami drzew liściastych. W drzewostanie bukowym natomiast panuje jednolita na ogół pokrywa liściasta o miąższości do 10 cm z próchnicą typu modernull świeży.

Okazuje się, że jakość opadu organicznego i związane z nią typy próchnic glebowych są bardziej kontrolowane przez biologiczne cechy dominujących w badanych drzewostanach jednostkowo lub grupowo gatunków drzew niż przez ich różnorodność, co potwierdza właściwości przedstawionych wcześniej tez Grime (1997) i Kutscha z wsp. (2002). W najbliższym sąsiedztwie dwa różne drzewostany poprzez ich opad powodują nakładanie na ten sam typ gleby różnych w układzie i zmieniających się z drzewostanem właściwości mozaik cech podtypów i odmian podtypów gleb. Jodła w zasięgu opadu jej igliwia zatem stwarza niekorzystne warunki edaficzne dla jej potomstwa, a opad organiczny drzew liściastych przygotowuje gleby do odnowienia kolejnych pokoleń jodły.

W wieloletniej dynamice masy opadu i sezonowości jej składu zaznacza się sinusoidalnopodobny przebieg uwarunkowany zmiennością warunków klimatycznych, kształtujących zasoby wód dostępnych w zasięgu korzeni drzew oraz występowaniem lat nasiennych, w warunkach znacznej emisji związków kwasogennych z powietrza.

6. Literatura

- Barkmann J., 2002:** *Modellierung und Indikation nachhaltiger Landschaftsentwicklung – Beiträge zu den Grundlagen angewandter Ökosystemforschung*. Beiträge zur Ökosystemforschung. EcoSys Bd. 9 :1–69.
- Barkmann J., Breckling B., Müller F., Reck H., Reiche E.W., Windhorst W., 2002:** *Ökologische Integrität als Leitbild für Ökosystemschutz und nachhaltige Landschaftsentwicklung – eine Diskussionsgrundlage*. In: *Modellierung und Indikation nachhaltiger Landschaftsentwicklung Beiträge zur Ökosystemforschung*. EcoSys Bd. 9 Kiel :107–122.
- Breymeyer A., 1999:** *Ökosysteme, Lasy*. W: L. Starkel (red.), *Geografia Polski, środowisko przyrodnicze*, PWN, Warszawa :497–503.
- BULiGL, 1971:** *Plan urządzenia gospodarstwa rezerwowego Świętokrzyskiego Parku Narodowego na okres od 1971 do 1980 r.* Warszawa.
- BULiGL, 1997:** *Świętokrzyski Park Narodowy, Opis taksonomiczny lasu wg stanu na 01.01.1997 r. wraz z tabelami i wykazami T.2* Warszawa.
- Cleland D.T., Avers P.E., McNab W.H., Jensen M.E., Bailey R.G., King T., Russell W.E., 1997:** *Natural hierarchical framework of ecological units*. In: M.S. Boyce, A. Honey (Eds.), *Ecosystem Management Applications for sustainable Forest and wildlife resources*. Yale University Press, New Haven, London :181–199.
- Dammann J., Kermann T., Körver F., Schröck H.W., Ziegler C., 2001:** *Einfluss der Fruktifikation auf die Kronenzustandes-Entwicklung*. In: *Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden in Level II – Programm. Methoden und Ergebnisse der Kronenansprache seit 1983*. BMVEL. Bonn :40–50.
- Dammann J., Helbig M., Poar U., Gawehn P., Eichhorn J., Schröck H.W., Mayer F.J., Ziegler Ch., 2003:** *Ausgewählte Auswertungen zu regionalen Entwicklungen des Kronenzustandes*. Bericht über den Workshop Integrierende Auswertungen der Daten des Forstlichen Umweltmonitorings (Level I/II) vom 24–26 Februar 2003 in Bonn-Röttgen. BMVEL Bonn :155–181.
- Dimo N.W., Rode A.A., 1968:** *Tieplowoj i wodnyj režim poczw SSSR*, Moskwa.
- Dimo W.N., Rozow N.N., 1974:** *Termiczeskije kriterii kak osnowa facjalno-prowincjalnogo raspredielenija poczw*. Poczwo-wiedienije No 5.
- DLP w Radomiu, 1936:** *Plan gospodarstwa leśnego Nadleśnictwa Święta Katarzyna na okres 1936/37 –1945/46*.
- Dziadowiec H., Kwiatkowska A., Woźniak S., 2002:** *Zróżnicowanie poziomu organicznego i próchnicznego gleb w mozaice roślinnoglebowej w Górznieńsko-Lidzbarskim Parku Krajobrazowym*. Roczn. Glebozn. LIII Nr 3/4. Warszawa :23–31.
- Faliński J., 1975:** *Anthropogenic changes of the vegetation in Poland*. Phytocoenosis 4, 2.
- Faliński J.B., 1991:** *Kartografia geobotaniczna cz. 3. Kartografia geobotaniczna ogólna i stosowana*, PPWK im. E. Romera. Warszawa–Wrocław :3–355.
- Fiedler H.J., Nebe W., Hoffmann F., 1973:** *Forstliche Pflanzenernährung und Düngung*. VEB Gustaw Fischer Verlag, Jena :11–481.
- Forman R.T.T., Gordon M., 1986:** *Landscape ecology*. J. Wiley and Sons. New York.
- Głazek T., Wolak J., 1991:** *Zbiorowiska roślinne Świętokrzyskiego Parku Narodowego i jego strefy ochronnej*, Monographiae Botanicae V. 72, Warszawa.
- Grime J.P., 1997:** *Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens*. Science 277 :1260.

- Haase D., Neumeister H., 1999:** *Stoffdynamik in waldbestanden Auenökosystemen. Erfassung und Bewertung.* Leipziger Geowissenschaften Bd. 11, Leipzig :9–17.
- Jaworski A., Podlaski R., Zych M., 2000:** *Ocena żywotności jodły *Abies alba* Mill. w drzewostanach o charakterze pierwotnym w rezerwacie „Święty Krzyż” (Świętokrzyski Park Narodowy).* Rocznik Świętokrzyski, S.B. Nauki Przyrodnicze, Kielce :29–38.
- Jeschke L., 1999:** *Buchennaturwald-Reservate in Deutschland – ein Beitrag zur Bewertung des europäischen Naturerbes.* NVA Seminarbericht Bd. 4 :233–234.
- Jeschke L., 2002:** *Die Karte der potentiell natürlichen Vegetation Mecklenburg-Vorpommerns auf der Grundlage der Naturraumkarte 1:50000.* Naturräumliche Grundlagen einer ökologiegerechten Landnutzung am Beispiel des Nordostdeutschen Tieflandes. Vortragsband zum Festkolloquium. Greifswald :45–57.
- Jørgensen S.E., 1997:** *Thermodynamik offener Systeme.* In: O. Fränzle, F. Müller, W. Schröder (Eds.), *Handbuch der Umweltwissenschaften.* Ecomed, Landsberg am Lech.
- Józwiak M., Kozłowski R., 2003:** *Wpływ wód opadowych i roślinności na przestrzenne zróżnicowanie pH w glebach zlewni reprezentatywnej Stacji Bazowej ZMŚP Święty Krzyż.* W: A. Kostrzewski, J. Szpikowski (red.), *Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych, obieg wody, uwarunkowania i skutki w środowisku przyrodniczym,* Poznań :335–344.
- Kapuściński R., 1985:** *Wstępna charakterystyka badań zanieczyszczenia środowiska na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego i w jego strefie ochronnej.* Roczn. Świętokrzyski 12. Warszawa-Kraków :215–222.
- Kopp D., Jeschke L., Baumgart A., Linke C., 2002:** *Bestimmung der Naturnähe von Waldnaturräumen in nordostdeutschem Tiefland auf der Grundlage der Standortserkundung und Forsteinrichtung.* Arch. Für Nat. Lands. –Vol. 41, No 3-4 :187–241.
- Köppen W., 1926:** *Der Jährliche Temperaturgang und die Vegetationsperiode.* Meteorol. Zeitschr.
- Kowalkowski A., 1983:** *Wpływ pozyskiwania biomasy w drzewostanach sosnowych na obieg składników mineralnych oraz właściwości gleb siedlisk borowych.* Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa Nr 548 :68–89.
- Kowalkowski A., Borzyszkowski J., 1973:** *Research on the reverse coupling between mesorelief and some properties of the FH horizon in a podzolic soil.* Roczn. Glebozn. T25 Dodatek :217–230.
- Kowalkowski A., Brogowski Z., Kocoń J., Swaldek M., 1990:** *Stan odżywienia a zdrowotność jodły (*Abies alba* Mill.) w Świętokrzyskim Parku Narodowym.* Roczn. Świętokrzyski 18. Warszawa–Kraków :11–27.
- Kowalkowski A., Józwiak M., 2000:** *Wpływ warunków środowiska na zdrowotność jodły.* W: S. Cieśliński, A. Kowalkowski (red.), *Monografia Świętokrzyskiego Parku Narodowego.* Kraków–Bodzentyn :455–470.
- Kowalkowski A., Józwiak M., 2003:** *Die Bedeutung des Streufallmonitorings für die Ermittlung des Elementumlaufs im Waldökosystem – Bericht über den Workshop Integrierende Auswertungen der Daten des forstlichen Umweltmonitorings (Level I, II) vom 24-26 Februar 2003 in Bonn-Röttgen, BMVEL, Bonn :229–234.*
- Kozłowski R., 2003:** *Uwarunkowania i zmienność chemizmu opadów atmosferycznych i ich skutki w wybranych geosystemach Gór Świętokrzyskich.* Rozpr. dokt. mps, Akademia Świętokrzyska, Kielce.
- Kutsch W.L., Steinborn W., Herbst M., Baumann R., Barkmann J., Kappen L., 2002:** *Environmental indication: A Field test of an ecosystem approach to quantify Biological Self-Organization.* In: J. Barkmann (Ed.), *Beiträge zur Ökosystemforschung EcoSys.* Bd, 9, :165–190.
- Lenfers U.A., 1994:** *Stoffeintrag durch Streufall in verschiedenen Waldökosystemen in Bereich der Bornhöveder Seenkette.* Dipl. Geograph. Inst. Univ. Kiel :1–74.
- Miklaszewski J., 1928:** *Lasy i leśnictwo w Polsce,* T.1, Warszawa: 1–629.
- Molczanow A.A., 1971:** *Produktivnost organicheskoy massy w lasach razlicznych zon,* Nauka, Moskwa, 1: 271.
- Molczanow A.A., 1974:** *Produktivnost sosnjakow bruszniczno-mszistych w Prokudinom boru Moskovskoj Oblasti,* Produktivnost organicheskoy i biologicheskoy massy lesa. Nauka, Moskwa :78–140.
- Müller F., 1998:** *Ableitung von integrativen Indikatoren zur Bewertung von Ökosystem-Zuständen für die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen.* Statistisches Bundesamt, Wiesbaden. Beiträge für die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Bd. 2.
- Müller F., Fath B., 1998:** *The physical basis of ecological goal functions – an integrative discussion.* In: F. Müller, M. Leupert (Eds.), *Ecotarges, goal functions and orientors.* Springer Verl., New York, Berlin :269–285.
- Neumeister H., Haase D., Regber R., 1997:** *Methodische Aspekte zur Ermittlung von Versauerungstendenzen und zur Erfassung von pH-Werten in Waldböden,* Peterm. Geogr. Mitt., 141, Gotha :385–399.
- Odum E.P., 1969:** *The strategy of ecosystem development,* Science 164 :262–270.
- Olszewski J.L., Żarnowiecki G., 1994:** *Niektóre uwarunkowania klimatyczne Stacji Geoekologicznej Święty*

- Krzyż. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Stacja Bazowa Święty Krzyż. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa :81–93.
- Operat urzędzenia gospodarstwa leśnego Nadleśnictwa Święta Katarzyna 1925 r.*
- Pielaciński B., 1989:** *Wilgotność względna powietrza w partii szczytowej Łysogór w Świętokrzyskim Parku Narodowym według pomiarów na Świętym Krzyżu*, WSP Kielce.
- Prigogine J., 1967:** *Introduction to thermodynamics of irreversible processes*. Interscience, New York.
- Prigogine J., 1997:** *The end of certainty: Time, chaos and the new laws of nature*. The Free Press, New York.
- Prusinkiewicz Z., Bigos M., 1978:** *Rhythmicity of accumulation and decomposition of forest litters in three mixed forest stands and the soils with different types of forest floor*. *Ekol. Pol.* 26.3 :325–345.
- Rubner K., 1960:** *Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues*. Neumann Verlag, Berlin.
- Schneider E.D., Kay J.J., 1994:** *Life is a manifestation of the second law of thermodynamics*. *Mathematical and Computer Modelling* 19 :25–48.
- Sieljaninow G.T., 1937:** *Agroklimaticzeskije zony mira*, Mirowoj Agro- klimaticzeskij Sprawocznik.
- Utienkowa A.P., Strielkow A.Z., 1971:** *Uczet opada drewnianych porod w Białowieżskiej Puszczy*. *Białowieżskaja Puszcza* 4, Urożaj, Mińsk :108–119.
- Wachendorf K., 1996:** *Eigenschaften und Dynamik der Organischen Bodensubstanz ausgewählter Böden unterschiedlicher Nutzung einer norddeutschen Moränenlandschaft*. *EcoSys Suppl.* Bd.13 :1–130.

ORGANIC MATTER FALL DYNAMICS IN YEARS 1994–2002 IN TWO FOREST STANDS OF ACIDIC MOUNTAIN BEECH ASSOCIATION ON THE ŁYSOGÓRY MASSIF

Summary

In two multi-species forest stands of different age, in an unattained climax fir-hornbeam-beech forest and in a beech forest with the immature fir-trees neared to a transitional forest type, the organic fall mass was similar during the research period. However, they fundamentally differed in the composition of assimilation organs which dominated in the fall. This phenomenon has plays a significant role in formation of different humus types in the soil. With a diverse age of forest stands a mosaic character of organic layers is connected. From its content conditions types and subtypes of the soil humus. In the fir-hornbeam-beech stands the humus mosaics of the dendromorphic character are found; from the xeromor type of the thickness 15–20 cm under parent fir-trees to the discontinuous layer of the fresh moder and fresh moder-mull of the thickness 2–3 cm to 0 cm under deciduous tree crowns. However, in the beech stand a uniform leaf cover of the thickness upto 10 cm with the humus of the moder-mull type was found.

It was found that the quality of the organic fall and connected with it types of soil humus are controlled more by biological feature of tree species dominant in the forest stand individually or in clusters than by their diversity. It confirms the adequacy of the hypotheses of Grime (1997) and Kutsch et al. (2002). In the nearest neighbourhood two different forest stands cause the overlaying on the same soil type, by their fall, differently features in arranged and changing with the forest stand soil subtypes and soils subtypes varieties.