

Agnieszka Parzych<sup>1</sup> ✉, Jan Trojanowski<sup>1</sup>

## Struktura i dynamika opadu organicznego w wybranych drzewostanach Słowińskiego Parku Narodowego w latach 2003–2005

The structure and dynamics of litterfall in forest stands in the Słowiński National Park in 2003–2005

**Abstract.** The study of litterfall was carried out in two different forest ecosystems: *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* and *Empetro nigri-Pinetum* in the period between 2003-2005. The plant fall in the form of needles, leaves, shoots, sheeds, cones and barks provides to forest soils a lot of biogenic compounds. Much bigger annual mass of litterfall was found in *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* and it was average 4,050 t/ha-year during research period. In the young wood *Empetro nigri-Pinetum* the litterfall was about 29% smaller (2,883 t/ha-year). The maximum intensity of litterfall occurred in autumn months and constituted about 60% of annual amount.

**Key words:** *Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*

### I. Wstęp

Opad roślinny dostaje się do dna lasu przez cały rok z różną intensywnością, wzbogacając glebę w materię organiczną (Kowalkowski 1994). Opadające fragmenty roślinności – w postaci igieł, liści, pędów, nasion, szyszek, kory i innych frakcji, dostarczają związków biogenicznych. Roczna masa opadu organicznego zależy od wielu cech danego siedliska. Jednym z najważniejszych czynników wpływających na jego roczną produkcję są warunki klimatyczne (Jensen 1974, Huber et Oyarzun 1983). W tej samej strefie klimatycznej jego masa może się różnić w sposób zasadniczy. Zależy to przede wszystkim od warunków glebowych i charakteru zbiorowiska roślinnego (Banaszuk 1996, Pardo et al. 1997, Diaz-Maroto et Vila-Lameiro 2005, Małek 2006). Opad organiczny i jego skład jakościowy wykazują ponadto pewną zmienność w zależności od przestrzeni, czasu i od warunków troficznych ekosystemu w okresie wegetacyjnym (Schimming et Stamm 1993, Diaz-Maroto et Vila-Lameiro 2005).

Opad roślinny jest ważnym ogniwem w obiegu materii i przepływie energii. Jego ilość i jakość wpływa na morfologię i właściwości gleb oraz na odżywianie roślin

i heterotrofów zasiedlających glebę (Bednarek et al. 2005). Ilość opadu organicznego z warstwy drzew i krzewów wynosi w Polsce przeciętnie rocznie około 4 t/ha. W borach suchych wynosi on od 2,5 t/ha, a w żyznych grądach i łąkach nawet ponad 6 t/ha (Puszkar et al. 1972, Prusinkiewicz et al. 1974, Józefaciukowa 1975, Stachurski et Zimka 1975a,b, Dziadowiec et Kaczmarek 1997, Krzysztofiak et al. 2007). Podobną wielkość opadu materii organicznej stwierdzono w lasach i borach Europy (Hernandez et al. 1992, Berg et al. 1993, Šušlevska et al. 2001).

Najbardziej zmiennym ilościowo składnikiem opadu roślinnego są pędy, których opad jest nie tylko wynikiem procesów fizjologicznych, ale i pogodowych. Obumarłe pędy przez dłuższy czas mogą pozostawać w koronach drzew, a ich opad następuje dopiero podczas silnego wiatru lub w czasie śnieżnej zimy. Według Karpaczewskiego (1977) zwiększony opad pędów jest przyczyną znacznych wahań zasobów materii organicznej w poziomach organicznych gleb leśnych. Innym składnikiem, którego ilość podlega dużym wahaniom w kolejnych latach, są szyszki i owoce. Drzewa wydają szyszki lub owoce corocznie, lecz obfite ich obradzanie występuje co drugi rok lub rzadziej, np. lata nasienne u sosny

<sup>1</sup> Akademia Pomorska, Instytut Biologii i Ochrony Środowiska, Zakład Chemii Środowiskowej, ul. Arciszewskiego 22b, 76–200 Słupsk, ✉ Tel. +48 59 84 05 347, e-mail parzycha1@op.pl

przypadają co 3–4 lata (Tylkowski 1993). Największa część opadu organicznego (około 40–60%) jest zrzucana przez roślinność w okresie jesiennym (Hunger 1970, Prusinkiewicz et al. 1974, Puchalski et Prusinkiewicz 1975, Banaszuk 1996, Łaska 1998, Santa Regina et Tarazona 2001, Kowalkowski et Józwiak 2003, Diaz-Maroto et Vila-Lameiro 2006). Pędy i kora opadają z podobną intensywnością przez cały rok, maksimum opadania liści jest w okresie jesiennym, igieł – w okresie letnim i jesiennym, a nasion – jesienią i zimą.

Celem pracy było porównanie ilości, struktury i dynamiki opadu organicznego w dwóch różnych zespołach leśnych Słowińskiego Parku Narodowego: *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* (*Vm-Bp*) i *Empetro nigri-Pinetum* (*En-P*) w latach 2003–2005.

## 2. Materiały i metody badań

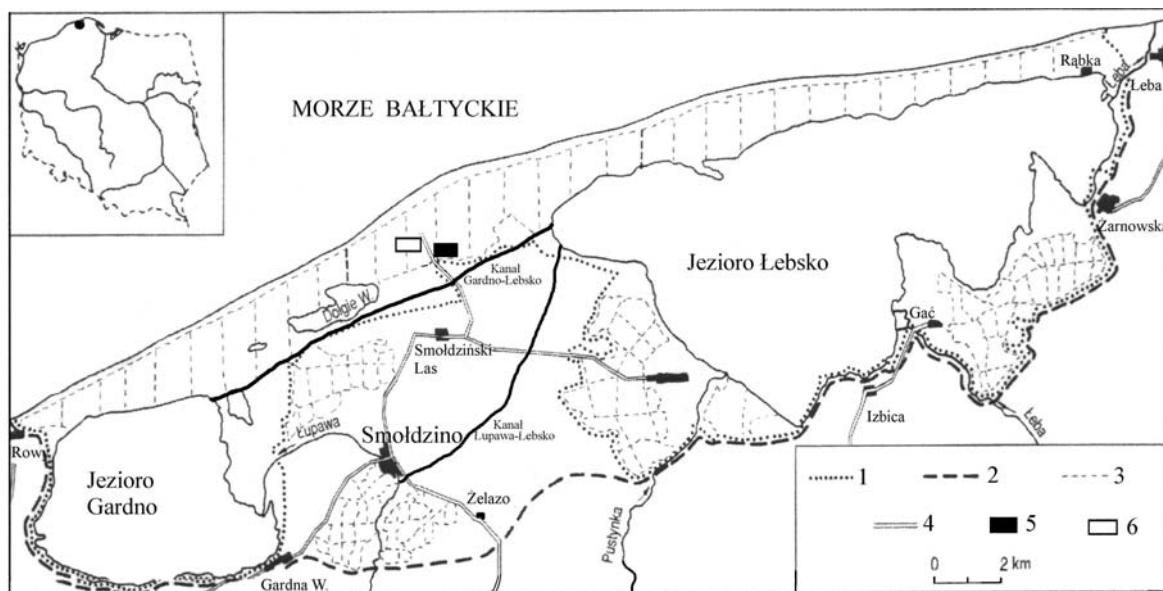
### Obszar badań

Badania prowadzono na dwóch powierzchniach badawczych zlokalizowanych na terenie Słowińskiego Parku Narodowego (SPN). Obszar badań znajduje się w Polsce północnej, w regionie pozostającym pod wpływem Morza Bałtyckiego. Nadmorski klimat charakteryzuje się łagodnymi zimami oraz chłodnymi i wilgotnymi latami. Średnie roczne sumy opadów dochodzą do 700 mm (Matuszkiewicz 2002). Powierzchnie badawcze

znajdują się 1,5 km od linii brzegowej Bałtyku, wzdłuż drogi biegnącej ze Smółdzińskiego Lasu do Czołpina, w odległości 600 m jedna od drugiej. Lokalizację powierzchni badawczych przedstawiono na rycinie 1.

Na powierzchni badawczej I występuje roślinność należąca do *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis*, porastająca gleby bielcowe zdeponowane na kopalnej glebie torfowej. Roślinność powierzchni II, o glebie bielcowej, należy do *Empetro nigri-Pinetum*. Przynależność taksonomiczną badanych ekosystemów leśnych określono według Matuszkiewicza (2001).

Drzewostany badanych powierzchni leśnych wykazują zróżnicowanie gatunkowe i wiekowe. Powierzchnię badawczą I porasta luźny drzewostan sosnowo-brzozowy o wysokości 18–19 m (tab. 1). Udział 60-letniej sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w drzewostanie wynosi 25%, a 47-letniej brzozy omszonej (*Betula pubescens*) – 75%. Powierzchnię badawczą II porasta jednolity 140-letni drzewostan sosnowy (*Pinus sylvestris* L.) o niskich (7 m) zdeformowanych koronach i pochylonych pniach (Plan Ochrony SPN 2003). Drzewostan *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* charakteryzuje się znacznie wyższym wskaźnikiem zdolności produkcyjnej (tzw. bonitacją: sosnowy – II, brzozowy – II.5) niż drzewostan sosnowy *Empetro nigri-Pinetum* (V). Świadczy o tym większa wysokość badanych drzew oraz ich pierśnica. Zadrzewienie drzewostanu sosnowo-brzozowego (*Vm-Bp*) wynosiło 0,8 i było znacznie większe niż zadrzewienie boru



Rycina 1. Plan sytuacyjny Słowińskiego Parku Narodowego: 1 – granica Parku, 2 – granica terenu administrowanego przez Park, 3 – linie oddziałów leśnych, 4 – drogi, 5 – powierzchnia badawcza I (*Vm-Bp*) - 17°15'E, 54°44'N, 6 – powierzchnia badawcza II (*En-P*) - 17°14'E, 54°43'N

Figure 1. Situation plan of the Słowiński National Park: 1 – border of NP, 2 – border of N. Park's administration area, 3 – border of forest compartments, 4 – roads, 5 – research plot I (*Vm-Bp*) - 17°15'E, 54°44'N, 6 – research plot II (*En-P*) - 17°14'E, 54°43'N

**Tabela 1. Charakterystyka powierzchni badawczych**

Table 1. Characteristic of research plots

Specyfikacja Features	<i>Vaccinio uliginosi- -Betuletum pubescentis</i>		<i>Empetro nigri- Pinetum</i>
	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Betula pubescens</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
<b>Liczba drzew</b> Number of trees	128 (25%)	392 (75%)	715 (100%)
<b>Wiek [lata]</b> Age [years]	60	47	140
<b>Średnia wysokość</b> Average height [m]	18	19	7
<b>Średnia pierśnica</b> Average diameter at breast height [cm]	27	24	14
<b>Zadrzewienie</b> Growing stock	0,8	0,8	0,6
<b>Zapaw drewna</b> Stand volume [m <sup>3</sup> /ha]	122	134	50
<b>Bonitacja</b> Site index (stand quality)	II	II.5	V

sosnowego (*En-P*) – 0,6. Podobne relacje pomiędzy rozpatrywanymi drzewostanami widoczne są w zapasie drewna. Drzewostan *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* charakteryzuje się kilkakrotnie większym zapasem drewna niż *Empetro nigri-Pinetum*.

### Metodyka badań

Na każdej badanej powierzchni (0,5 ha) zbierano opad organiczny do 16 chwytników rozmieszczonych pod koronami drzew, o łącznej powierzchni wlotu 3,20 m<sup>2</sup> (każdy chwytник o powierzchni 0,2 m<sup>2</sup>). Jest to powierzchnia wystarczająca do oceny ilości opadu organicznego (Prusinkiewicz et Bigos 1978, Satoo et Madgwick 1982, Kowalkowski 1994, Dziadowiec et Kaczmarek 1997, Bednarek et al. 2005). Chwytniki składały się z metalowych obręczy w kształcie okręgów, na których przymocowano 80 cm nad powierzchnią ziemi przepuszczające wodę polietylenowe worki o głębokości 70 cm. Pozwoliło to na zebranie opadu organicznego z warstwy drzew i krzewów (Dziadowiec et Kaczmarek 1997). Chwytniki każdorazowo w 16 powtórzeniach rozmieszczano w czterech rzędach po 4, w odległości co 3 m. Opad organiczny wybierano z chwytników co 6–7 tygodni w okresie wegetacyjnym oraz dodatkowo pod koniec roku kalendarzowego (30 lub 31 XII) 2003, 2004 i 2005. Zebrany materiał sortowano na poszczególne frakcje, tj. pędy, liście, igły, kora, nasiona i szyszki oraz inne (części kwiatostanów, łuski pąkowe itp.). Składniki opadu organicznego suszono w temperaturze 65°C do stałej masy i ważono. Na podstawie uzyskanych danych obliczano masę całkowitego opadu rocznego.

### 3. Wyniki badań i dyskusja

Na kształtowanie ilości i dynamiki opadu organicznego wpływają m.in. warunki pogodowe. Suma opadów atmosferycznych w badanych latach była znacznie zróżnicowana. Największe ilości deszczu odnotowano w roku 2004 (848 mm), a najmniejsze w roku 2003 (552 mm), (tab. 2). Znacznie mniejsze było zróżnicowanie średniej rocznej temperatury i wilgotności powietrza, które wynosiły średnio 7,7°C i 84%.

Masa opadu organicznego w badanych zespołach leśnych w latach 2003–2005 również była zróżnicowana (tab. 3). Znacznie większy był opad w *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis*, wynoszący średnio w badanym okresie 4,050 t/ha-rok. W borze sosnowym *Empetro nigri-Pinetum* był on mniejszy o 29% i wynosił średnio 2,883 t/ha-rok. Wartości te są zbliżone do danych uzyskanych w lasach i borach Polski przez Breymer (1993, 1999) i Banaszuka (1996) – 2,5–6,6 t/ha-rok. Największy średni roczny opad roślinny wystąpił na badanych powierzchniach leśnych w 2003

**Tabela 2. Charakterystyka warunków atmosferycznych w latach 2003–2005**

Table 2. Atmospheric conditions in the years 2003–2005

Specyfikacja Specification		2003	2004	2005	Średnia Mean
<b>Opady atmosferyczne</b> Rainfall	mm	552	848	579	660
<b>Temperatura powietrza</b> Air temperature	°C	7,69	7,68	7,81	7,73
<b>Wilgotność powietrza</b> Air humidity	%	83,5	84,5	83,6	83,9

**Tabela 3. Opad organiczny w *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* i *Empetro nigri-Pinetum* w latach 2003–2005 [t/ha-rok]**Table 3. Litterfall in *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* and *Empetro nigri-Pinetum* in the years 2003–2005 [t/ha·year]

Frakcja opadu organicznego Litterfall fraction	<i>Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis</i>				<i>Empetro nigri-Pinetum</i>			
	2003	2004	2005	Średnio Average	2003	2004	2005	Średnio Average
<b>Liście</b> Leaves	1,214	1,510	1,184	1,303 (32,2%)	-	-	-	-
<b>Pędy</b> Shoots	0,841	0,690	0,617	0,716 (17,7%)	0,204	0,419	0,346	0,323 (11,2%)
<b>Igły</b> Needles	1,434	1,220	1,106	1,253 (30,9%)	1,661	1,851	1,532	1,681 (58,3%)
<b>Kora</b> Bark	0,209	0,261	0,295	0,255 (6,3%)	0,903	0,280	0,393	0,525 (18,2%)
<b>Nasiona i szyszki</b> Seeds and cones	0,648	0,337	0,311	0,432 (10,7%)	0,246	0,282	0,349	0,292 (10,2%)
<b>Inne</b> Others	-	0,141	0,132	0,091 (2,2%)	-	0,088	0,094	0,061 (2,1%)
<b>Ogółem</b> Total	4,346	4,159	3,645	4,050 (100%)	3,014	2,920	2,714	2,883 (100%)

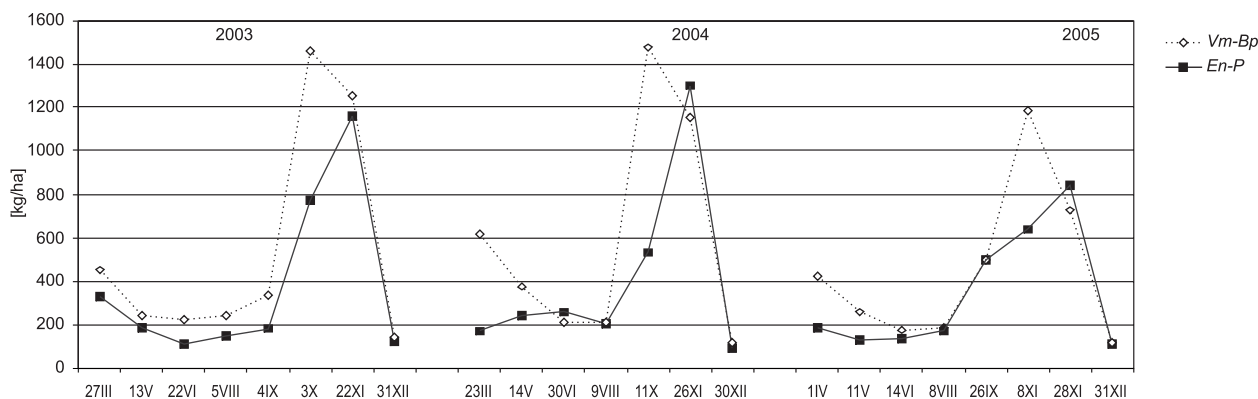
roku. Masa opadu organicznego lasu sosnowo-brzozowego była wówczas o 31% większa niż w borze sosnowym. W opadzie tym dominowała frakcja igieł (33,0% opadu rocznego) oraz liści (28,0%) (Parzych et Trojanowski 2006). Najmniejszy udział miała w nim frakcja kory (4,8%). Największa ilość opadu organicznego w roku 2003 może być skutkiem nie tylko procesów fizjologicznych drzewostanu, ale również bardzo małych opadów atmosferycznych w tym okresie (tab. 2). W latach 2003–2005 w obydwóch badanych zespołach zaobserwowano zmniejszenie masy zrzuconych szczątków organicznych: w *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* o 701 kg/ha, a w *Empetro nigri-Pinetum* o 300 kg/ha. Ilość produkowanego rocznie opadu organicznego zależy w danych warunkach siedliskowych od składu gatunkowego i wieku (Cuevas et Lugo 1998), a także od struktury drzewostanu i warunków pogodowych. Różna ilość opadu roślinnego może również wynikać z cech fizjologicznych drzewostanu (Obmiński 1978).

W *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* stwierdzono niewielką ilościową przewagę frakcji liści (32,2%), co jest cechą charakterystyczną składu gatunkowego tego zespołu leśnego (tab. 3). Drugie miejsce pod względem ilościowym zajęła frakcja igieł (30,9%), a następnie frakcja pędów i frakcja nasion wraz z szyszkami, odpowiednio 17,7% oraz 10,7%. Znacznie mniejszy udział procentowy miała frakcja kory (6,3%). W opadzie organicznym boru sosnowego dominowała frakcja igieł (58,3%). Podobny udział tej frakcji w rocznym opadzie organicznym (60%) stwierdzili Krzysztof i in. (2007). Zbliżony udział frakcji igieł w opa-

dzie rocznym (50,4%) stwierdziły w borach sosnowych Hiszpanii Santa Regina i Tarazona (2001). W *Empetro nigri-Pinetum* mniejszy był udział frakcji kory, pędów i nasion wraz z szyszkami, odpowiednio 18,2%, 11,2% i 10,2%. Najmniejszą część opadu na obu badanych powierzchniach leśnych stanowiły niezidentyfikowane szczątki organiczne (inne) – nieco powyżej 2% (tab. 3).

Średni opad organiczny zebrany w borze sosnowym środkowej Polski wynosi: 4,65 t/ha w Puszczy Piskiej (Puszkarski et al. 1972), 4,66 t/ha w Puszczy Kampinoskiej (Wójcik 1970), 3,7–3,8 t/ha w Lesie Piwnickim (Prusinkiewicz et al. 1974), 2,5–3,5 t/ha we wschodniej Polsce (Breymer 1993). W lasach liściastych Polski stwierdzono opad organiczny w ilości około 1,55 t/ha w Puszczy Boreckiej (Śniezek et al. 2007), 2,8–3,6 t/ha w rezerwacie Szelągówka-Kotlina Biebrzańska (Banaszuk 1996) i 5,06–7,10 t/ha w Wigierskim Parku Narodowym (Krzysztof i in. 2007). Porównywalne ilości opadu organicznego były w lasach bukowych Ojcowskiego Parku Narodowego – 3,05–3,60 t/ha (Małek 2006) oraz w drzewostanie jodłowo-bukowym na Świętym Krzyżu – 3,09–6,49 t/ha (Jóźwiak et al. 2007). Według Breymera (1999) opad organiczny w lasach liściastych Polski wynosi 2,6–6,6 t/ha. W Hiszpanii w drzewostanie *Pinus pinaster* średni roczny opad szczątków roślinnych wynosił 3,3 t/ha (Roig et al. 2005), a w drzewostanie sosnowym 4,7–5,8 t/ha (Santa Regina et Tarazona 2001).

Intensywność opadu organicznego jest zróżnicowana w ciągu roku (ryc. 2). Znaczny wpływ na wielkość opadu wywierają częste, silnie wiejące wiatry, które przyspieszają zrzucanie (Karpaczewski 1977). Najwięk-



Rycina 2. Opad organiczny w *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* (Vm-Bp) i *Empetro nigri-Pinetum* (En-P) w latach 2003–2005

Figure 2. Litterfall in the *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* (Vm-Bp) and *Empetro nigri-Pinetum* (En-P) in the years 2003–2005

sze jednak ilości opadu są dostarczane do dna lasu w okresie jesiennym, co związane jest ze zrzucaniem listwoia po okresie wegetacyjnym.

Na obu badanych powierzchniach leśnych opad organiczny w okresie jesiennym stanowił średnio około 60% opadu rocznego (tab. 4) i mieścił się w zakresie średnich podawanych w literaturze: 40–60% (Puchalski et Prusinkiewicz 1975, Diaz-Maroto et Vila-Lameiro 2006). W *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* zrzucany opad był w tym okresie średnio o 1,666 t/ha-rok większy niż w *Empetro nigri-Pinetum*. W *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* w miesiącach jesiennych opadało średnio 86,4% wszystkich liści (tab. 4), jakie są zrzucane w ciągu roku (tab. 3), a także 42,9% igieł, 55,2% pędów oraz 46,3% kory. Opad w okresie jesieni w *Empetro nigri-Pinetum* stanowił odpowiednio 68,8% opadu rocznego igieł, 41,1% nasion wraz z szyszkami i 40,4% kory, a także 36,8% pędów. Różnica w ilości zrzucanego igliwia sosny na badanych powierzchniach była wynikiem zróżnicowanej frekwencji sosny zwyczajnej w obu zespołach.

Dynamikę opadu materii organicznej w badanych ekosystemach leśnych obrazuje rycina 2. Na wykresie widoczne są charakterystyczne maksima opadu organicznego przypadające na miesiące jesienne i wiosenne. W *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* w okresie 2003–2005 maksimum opadu w okresie jesieni miało miejsce nieco wcześniej niż w *Empetro nigri-Pinetum* i było znacznie mniejsze. Najmniejsze ilości opadu organicznego zaobserwowano na obydwu powierzchniach leśnych w okresie letnim. Maksimum opadania większości frakcji organicznych przypadało w okresie jesiennym i wiosennym (ryc. 3 i 4), z wyjątkiem opadu pędów w borze sosnowym w roku 2005. W *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* największą dynamiką charakteryzował się opad liści, igieł i pędów, a najmniejszą – niezidentyfikowanych szczątków organicz-

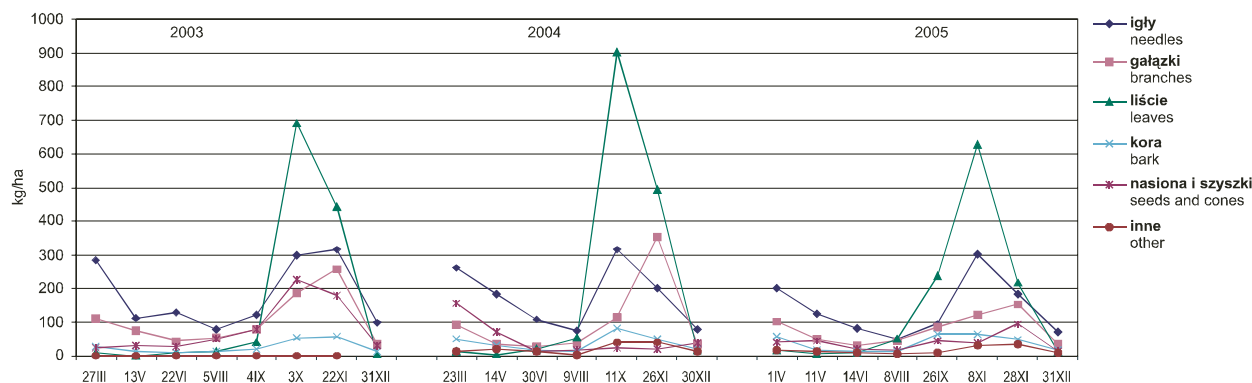
nych (frakcja – inne) (ryc. 3). Dla *Empetro nigri-Pinetum* charakterystyczne były występujące w okresach jesiennych maksima opadu igliwia (2003–2005), pędów (2004), nasion wraz z szyszkami (2003–2005) i kory (2003) (ryc. 4). Najmniejszą zmiennością opadu charakteryzowała się również frakcja niezidentyfikowanych szczątków organicznych.

Porównując średni skład frakcyjny opadu organicznego w badanych zespołach leśnych w latach 2003–2005 stwierdzono znaczną przewagę pędów i nasion w *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* oraz igieł i kory w *Empetro nigri-Pinetum*.

Tabela 4. Udział frakcji opadu organicznego w okresie jesieni w opadzie rocznym w latach 2003–2005

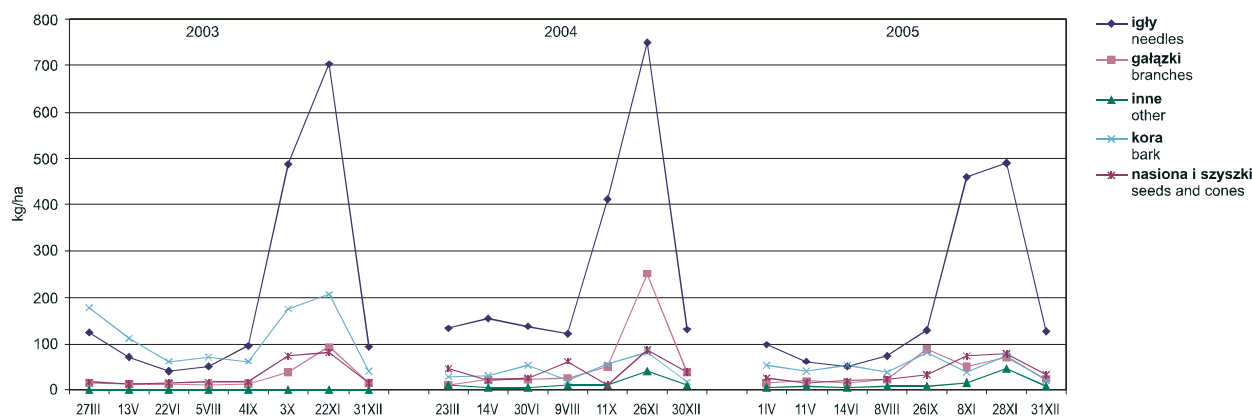
Table 4. Participation of litterfall autumn fraction in yearly litterfall in 2003–2005

Frakcja opadu organicznego Litterfall fraction	<i>Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis</i>		<i>Empetro nigri-Pinetum</i>	
	t/ha-rok t/ha-year	%	t/ha-rok t/ha-year	%
<b>Liście</b> Leaves	1,126	27,8	-	-
<b>Pędy</b> Shoots	0,395	9,7	0,199	6,9
<b>Igły</b> Needles	0,538	13,3	1,157	40,1
<b>Kora</b> Bark	0,118	2,9	0,212	7,4
<b>Nasiona i szyszki</b> Seeds and cones	0,194	4,2	0,120	4,3
<b>Inne</b> Others	0,072	1,8	0,059	2,1
<b>Ogółem</b> Total	2,418	59,7	1,752	60,8



Rycina 3. Sezonowe średnie zmiany opadu organicznego w *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* w latach 2003–2005

Figure 3. Seasonal average changes of litterfall in the *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* in the years 2003–2005



Rycina 4. Sezonowe średnie zmiany opadu organicznego w *Empetro nigri-Pinetum* w latach 2003–2005

Figure 4. Seasonal average changes of litterfall in the *Empetro nigri-Pinetum* in the years 2003–2005

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Badane ekosystemy leśne Słowińskiego Parku Narodowego ze względu na zróżnicowanie gatunkowe i wiekowe drzewostanów oraz zasobność gleb różnią się pod względem ilości i składu frakcyjnego zrzucanego opadu organicznego. Znacznie większy opad organiczny stwierdzono w latach 2003–2005 w *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* pokrywającym zasobne w biogeny gleby kopalne niż w *Empetro nigri-Pinetum*, porastającym ubogie gleby biellicowe. Średni opad organiczny w *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* wyniósł 4,050 t/ha-rok, a w *Empetro nigri-Pinetum* – 2,883 t/ha-rok. Maksymalne ilości zrzucanego opadu stwierdzono w obu badanych ekosystemach leśnych w roku 2003, a w kolejnych latach, niezależnie od ich stanu troficzego zaobserwowano malejącą tendencję ilości zrzucanego opadu organicznego. Zaobserwowano również różnice w udziale poszczególnych frakcji w opadzie całkowitym. W *Vm-Bp* maksimum opadania igieł,

pędów i nasion wraz z szyszkami było w roku 2003, liści i innych – w 2004, a kory – w 2005. Nieco inny był udział poszczególnych frakcji w opadzie w *En-P*. Maksimum opadania kory było w 2003, igieł i pędów – w 2004, a nasion wraz z szyszkami i innych – w 2005.

W średnim opadzie organicznym w *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* dominujący był udział liści (32,2%) i igieł (30,9%), znacznie mniejszą część stanowiły pędy (17,7%) i nasion wraz z szyszkami (10,7%), a najmniejszą frakcją była kora (6,3%) i niezidentyfikowane szczątki organiczne (2,2%). W *Empetro nigri-Pinetum* dominowała frakcja igieł (58,3%), znacznie mniejszy był udział kory (18,2%) i pędów (11,2%), a najmniejszy – udział nasion wraz z szyszkami (10,2%) i innych (2,1%).

Opad organiczny i jego skład jakościowy wykazują zróżnicowanie w zależności od pory roku i warunków pogodowych, jak również od warunków troficznych ekosystemu i cech fizjologicznych badanego drzewostanu.

## Literatura

- Banaszuk P. 1996: Dynamika opadu ściółki w zbiorowisku boru wilgotnego *Vaccinio myrtilli-Pinetum* i boru świeżego *Peucedano-Pinetum* w rezerwacie Szelągówka. *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Inżynieria Środowiska*, 9, 109, 129–136.
- Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojska U., Prusinkiewicz Z. 2005: Badania ekologiczno-gleboznawcze. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Berg B., Berg M., Cortina J., Flower-Ellis J., Johansson M.B., Madera M., Virzo de Santo A. 1993: Amounts of litterfall in some European coniferous forests [w:] Seminarium SCOPE. Szymbark 11–19.09.1991, IGiPZ PAN, Warszawa, 123–146.
- Breymeyer A. 1993: Production/decomposition of organic matter in forest; studies in one climatic region and in climatic gradient. [w:] Seminarium SCOPE. Szymbark 11–19.09.1991, IGiPZ PAN, Warszawa, 147–174.
- Breymeyer A., 1999: Ekosystemy, lasy. [w:] Geografia Polski, środowisko przyrodnicze (red. L. Starkel). PWN, Warszawa, 497–503.
- Cuevas E., Lugo A.E. 1998: Dynamics of organic matter and nutrient return from litterfall in stands of ten tropical tree plantation species, *Forest Ecology and Management*, 112, 263–279.
- Diaz-Maroto I.J., Vila-Lameiro P. 2005: Seasonal evolution soil chemical properties and macronutrients in natural forests of *Quercus robur* L. in Galicia, Spain. *Agrochimika*, 49, 201–211.
- Diaz-Maroto I.J., Vila-Lameiro P. 2006: Litter production and composition in natural stands of *Quercus robur* L. (Galicia, Spain). *Polish Journal of Ecology*, 54, 3, 429–439.
- Dziadowiec H., Kaczmarek J. 1997: Wpływ składu gatunkowego drzewostanu na opad roślinny i zasoby glebowej materii organicznej w Górznieńsko-Lidzbarskim Parku Krajobrazowym na Pojezierzu Chełmińsko-Dobrzyńskim. [w:] Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Materiały z VIII Sympozjum „Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego”, Suwałki-Krzywe, 73–76.
- Hernandez I.M., Gallardo J.F., Santa Regina I. 1992: Dynamic of organic matter in forest subject to a mediterranean semi-arid climate in the Dureo basin (Spain): litter production, *Acta Oecologica*, 13, 1, 55–65.
- Huber J., Oyarzun C. 1983: Litter production and its relation to meteorological factors in a *Pinus radiata* forest. *Bosque*, 5, 1–11.
- Hunger W. 1970: Über den Ernährungszustand älterer Fichtenreinbestände auf Pseudogley-standorten in Jahren mit stark unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen. *Archiv für Forstwesen*, 19, 937–961.
- Jensen V. 1974: Decomposition of angiosperme tree leaf litter. [w:] Biology of plant litter decomposition (red. C.H. Dickinson, G.J.R. Pugh), Acad. Press, London – New York, 66–104.
- Józefaciukowa W. 1975: Variation in the fall rate of plant debris from trees in the association *Vaccinio myrtilli-Pinetum typicum* (Kobenz 1930) Br-B1 et Vliieger 1939 in the Kampinos National Park, *Ekologia Polska*, 23(1), 30–36.
- Jóźwiak M., Kowalkowski A., Kozłowski R., Wróblewski H. 2007: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Przyrodniczego „Święty Krzyż” za rok 2006. Akademia Świętokrzyska, Kielce.
- Karpačevskij L.O. 1977: Prestota počvennogo pokrova v lesnom biogeocenoze, Izd. Moskovskogo Univ., Moskva.
- Kowalkowski A. 1994: Metodyka badań ilościowo-jakościowych cech opadu organicznego na Stacjach Geoekologicznych Święty Krzyż i Góra Malik, Monitoring Środowiska Regionu Świętokrzyskiego 2, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce, 47–52.
- Kowalkowski A., Józwiak M., 2003: Dynamika masy opadu organicznego w latach 1994–2002 w dwóch drzewostanach górskiej kwaśnej buczyny na głównym masywie Łysogór, Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego 4, Kieleckie Towarzystwo Naukowe Kielce, 79–98.
- Krzysztofiak L. (red) 2007: Ocena stanu środowiska Stacji Bazowej Wigry za rok hydrologiczny 2006. Wigierska Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Krzywe. <http://www.wigry.win.pl/monit2006/index.htm>, dostęp z dnia 10.05.2008.
- Łaska G. 1998: Ekologiczno-siedliskowe uwarunkowania przemian grądowych zbiorowisk zastępczych. III. Zmienność opadu organicznego i ściółki grądowych zbiorowisk zastępczych, *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Inżynieria Środowiska*, 10, 116, 60–74.
- Małek S. 2006: Struktura i dynamika opadu organicznego w drzewostanie bukowym na powierzchni monitoringowej w Ojcowskim Parku Narodowym w latach 1995–2000, *Leśne Prace Badawcze*, 3, 71–82.
- Matuszkiewicz W. 2001: Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Matuszkiewicz J. M. 2002: Zespoły leśne Polski, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Obmiński Z. 1978: Ekologia lasu, PWN, Warszawa.
- Pardo F., Gil L., Pardos J.A. 1997: Field study of beech (*Fagus sylvatica* L.) and melojo oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) leaf litter decomposition in the centre of the Iberian Peninsula, *Plant & Soil*, 191, 89–100.
- Parzych A., Trojanowski J. 2006: Precipitation and duff fall as natural sources of nitrogen and phosphorus for forest soils in the Słowiński National Park. *Baltic Coastal Zone*, 10, 47–59.
- Plan Ochrony Słowińskiego Parku Narodowego. Operat Ochrony Ekosystemów Leśnych na lata 2002–2021. 2003. T. VIII, opis ogólny, T. 9/1, opis taksacyjny lasu – Obręb Ładowy Oddziały 1–63, Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania.
- Prusinkiewicz Z., Bigos M., 1978: Rhythmicity of accumulation and decomposition of forest litter in three mixed forest stands on the soils with different types of forest floor. *Ekologia Polska*, 26, 3, 325–345.
- Prusinkiewicz Z., Dziadowiec H., Jakubusek M. 1974: Zwrot do gleby biogenów z opadem roślinnym w lesie liściastym i mieszanym na luźnych glebach piaskowych, *Roczniki Gleboznawcze*, 25, 3, 237–245.
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z. 1975: Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego, PWRiL, Warszawa.
- Puszkarski L., Traczyk T., Wójcik Z. 1972: Primary production of herb layer and plant fall in the *Vaccinio myrtilli-Pinetum*

- forest association in the Pisz Forest (NE Poland), *Ecologia Polska*, 20, 253–285.
- Roig S., del Rio M., Canellas I., Montero G. 2005: Litter fall in Mediterranean *Pinus pinaster* Ait. stands under different thinning regimes, *Forest Ecology and Management*, 206, 179–190.
- Santa Regina I., Tarazona T., 2001: Nutrient cycling in a natural beech forest and adjacent planted pine in northern Spain. *Forestry*, 74 (1), 11–28.
- Satoo T., Madgwick H.A.J. 1982: Forest biomass. Kluwer Academic Publishers Group, Haga, Boston, London.
- Schimming C.G., von Stamm S. 1993: Arbeitsbericht 1988–1991. Anhang I Untersuchungsmethoden. Interne Sitteilungen, Kiel, 1–257.
- Stachurski A., Zimka J.R. 1975a. Leaf fall and rate of litter decay in some forest habitats. *Ekologia Polska*, 23(1), 103–108.
- Stachurski A., Zimka J.R. 1975b: Methods of studying forest ecosystems: leaf area, leaf production and withdrawal of nutrients from leaves of trees. *Ekologia Polska*, 23, 637–648.
- Śnieżek T. (red.) 2007: Ocena stanu środowiska Stacji Bazowej ZMŚP Puszcza Borecka w roku hydrologicznym 2006. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Šušlevska M., Melovski L.J., Grupče L.J., Hristovski S. 2001: Litter production in the ecosystem *Calamintho grandiflorae-Fagetum* in Mavrovo National Park. Proceedings of the International Conferences: Forest Research: A Challenge for an Integrated European Approach, red. K. Radoglou, August 27–1 September 2001, Thessaloniki-Greece, NAGREF – Forest Research Institute, Thessaloniki, 627–632.
- Tylkowski T. 1993: Rozmnażanie generatywne. [w:] Biologia sosny zwyczajnej (red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała), Sorus, Poznań-Kórnik, 209–239.
- Wójcik Z. 1970: Primary production of the herb layer and plant fall in a dry pine forest (*Cladano-Pinetum Kobenza* 1930) in the Kampinos National Park, *Ekologia Polska*, 18, 393–409.