

Zróżnicowanie florystyczne i siedliskowe wydym w dolinie Narwi

Floristic and habitat diversity of the dunes in the Narew River Valley

Robert Czubaszek*, Ewa Walentynowicz

Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska,
ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

* Tel. 48 79 7995952, e-mail: r.czubaszek@pb.edu.pl

Abstract. The aim of the research presented here was to determine and compare the habitat conditions of the two adjacent dune areas in the Narew River Valley. For the comparative studies we used the ecological indicator value method and the index of forest soil trophism (*ITGL*), both of which revealed differences between the investigated habitats. Values of *ITGL* indicate that in the case of the Uroczyisko Serwańce dune, which is covered by a mixed coniferous forest (*Serratulo-Piceetum*), the habitat is oligotrophic, while the habitat on the Ławki Małe dune is dominated by a not yet fully developed *Tilio-Carpinetum* plant community which displays a mesotrophic character. Similar differences were observed using ecological indicator values. Soil indices calculated for the oak-hornbeam stand on the Ławki Małe dune indicate the presence of fresh, mesotrophic, humus-mineral soils made of sandy loam or silt substrate with a near-neutral pH. From these results we can deduce that climatic conditions, affected by peatlands, have a greater impact on the development of vegetation on inpeatland dunes than relatively poor soils.

Key words: inpeatland dunes, ecological indicator values, forest soil trophism index

1. Wstęp

Wydmy są pospolitymi formami spotykanymi na obszarze Kotliny Biebrzańskiej i doliny Narwi. Mogą one występować w postaci stosunkowo dużych pól wydymowych lub też przybierać formę niewielkich wałów, o wysokości kilku metrów, wystających spod pokrywy torfowej, posadowionych na podłożu mineralnym torfowiska (Banaszuk 2004). Formy te, stanowiące główny element urozmaicający rzeźbę dolin rzecznych, pełnią w krajobrazie rolę wysp środowiskowych. Większość zasiedlających je gatunków musiała dostać się tu dzięki skokowej dyspersji propagul, zapewne ze stanowisk spoza den dolinnych (Wołkowycki 2004). Takie izolowane płyty siedliskowe, zwłaszcza leśne, mają szczególne znaczenie w kształtowaniu różnorodności biologicznej oraz w wymianie gatunków, energii i materii w

krajobrazie. Porośnięte lasem wydmy, występujące w monotonnej przestrzeni torfowisk, nie tylko zwiększają mozaikowość terenu, ale także mogą stanowić ważne środowiska refugialne dla wielu gatunków roślin i zwierząt (Dąbrowska-Prot 1998).

Wydmy śródtorfowe są stosunkowo słabo zbadanym elementem Kotliny Biebrzańskiej i doliny Narwi. Co prawda rzeźba eoliczna kotliny była przedmiotem zainteresowania różnych autorów, ale ich badania koncentrowały się przede wszystkim na problemie genezy i wieku zwartych pól wydymowych (Mycielska-Dowgiałło 1982; Grzybowski 1982; Banaszuk H., Banaszuk P. 1992). Bardziej szczegółowe badania dotyczące pokrywy glebowej, z tym że wykształconej na polach wydymowych położonych poza obrębem doliny zalewowej Narwi, w okolicach Tykocina, przeprowadził Banaszuk (1979). Natomiast glebami na wydmach, w szerszym

powiązaniu z roślinnością, zajmował się Czerwiński (1981), który prowadził badania m.in. na obszarze rezerwatu Grzędy, położonego w Kotlinie Biebrzy Środkowej. Wpływ warunków siedliskowych na obieg składników pokarmowych w zbiorowiskach borowych na wydmach w rezerwacie Szelałówka, położonym w południowej części Kotliny Biebrzańskiej, był z kolei tematem rozprawy doktorskiej Banaszuka (1997). Znacznie mniej miejsca w literaturze poświęcono wydomom śródtorfowym. Glebami wykształconymi na tych obiektach zajmował się przede wszystkim Czubaszek (2006, 2008), który prowadził również badania dotyczące tempa rozkładu materiału organicznego na obszarze wydm śródtorfowych (Czubaszek, Iwanek 2012). Stwierdzona przez niego zróżnicowana przynależność systematyczna gleb wykształconych na wydmach śródtorfowych położonych w Kotlinie Biebrzańskiej oraz w dolinie Narwi jest jedną z ich charakterystycznych cech. Na podstawie wyników oznaczeń różnych form żelaza i glinu gleby na wydmach „biebrzańskich” należy uznać za rdzawe, natomiast te wykształcone na wydmach „narwiańskich” za bielcowe, w których poziom eluwalny został zlikwidowany (zamaskowany) podczas ich wcześniejszej uprawy (Czubaszek 2006; Czubaszek 2008). Badania Łotowskiej (2008) prowadzone na wydmach Ławki Małe i Uroczysku Serwańce wykazały zróżnicowanie typologiczne gleb obszarów wydmowych w obrębie samej doliny Narwi, w pierwszym przypadku mamy do czynienia z glebami bielcowymi, natomiast w drugim – z rdzawymi.

Stosunkowo nieliczne są również badania dotyczące roślinności na wydmach śródtorfowych. Jedynie Wołkowycki (2006), oprócz Czubaszka (2011), przedstawił wyniki badań dotyczące składu florystycznego „grądzików” w dolinie Narwi, natomiast Brzosko i Wróblewska (2003) opisały zróżnicowanie genetyczne jednego z gatunków storczyków (listery jajowatej) na jednej z wydm w Kotlinie Biebrzańskiej. Wszyscy wymienieni autorzy podkreślają nietypowy układ gleba – roślinność, który można zaobserwować na większości wydm śródtorfowych. Wynika on przede wszystkim z rozwoju stosunkowo bogatej roślinności na z pozoru ubogich w składniki pokarmowe piaskach wydmowych. Badane obiekty, zachowane w stanie naturalnym lub zbliżonym do naturalnego, mogą być doskonałym poligonem doświadczalnym do badań związanych z właściwym zagospodarowaniem obszarów wydmowych (Czubaszek 2007).

Podstawowym składnikiem ekosystemu leśnego jest gleba. Do jej funkcji należy m.in. magazynowanie próchnicy, retencja wody oraz zaspokajanie potrzeb pokarmowych roślin. Od jej określonych właściwości, takich jak np. uziarnienie, odczyn, zawartość próchnicy, decydujących o jej potencjalnej żyzności, zależy

możliwość rozwoju konkretnych zbiorowisk roślinnych. Dzięki temu stanowi ona podstawowy element w diagnozie siedliska leśnego (Brożek 2001). W związku z tym, że bezpośrednie porównywanie danych analitycznych dotyczących chemizmu gleb jest często kłopotliwe i długotrwałe, w pracach siedliskoznawczych wykorzystuje się często liczbowe wskaźniki trofizmu.

Celem zaprezentowanych w pracy badań było określenie i porównanie warunków siedliskowych panujących na sąsiadujących, ale różniących się pokrywą roślinną, obszarach wydmowych położonych w dolinie Narwi, za pomocą liczbowych wskaźników trofizmu. W niniejszej pracy założone badania porównawcze wykonano, wykorzystując metodę ekologicznych liczb wskaźnikowych (Zarzycki et al. 2002) oraz metodę tzw. indeksu trofizmu gleb leśnych (ITGL) (Brożek 2001).

2. Obiekt badań i metody

Badania prowadzono na dwóch sąsiadujących wydmach śródtorfowych, położonych w zmeliorowanej części doliny Narwi (N 53°12', E 22°52'). Pierwsza, Uroczysko Serwańce ma długość ok. 1,5 km, a szerokość ok. 300 m. Biorąc pod uwagę jej rozmiary, traktowana jest często jako pole wydmowe. Porośnięte ono jest nasadzoną drzewostanem sosnowym, a częściowo roślinnością o bardziej naturalnym, ale również borowym charakterze. Druga badana wydma, Ławki Małe, ma postać 260-metrowego wału o szerokości ok. 60 m i wysokości ok. 4 m. Jest ona pewnego rodzaju pomostem pomiędzy Uroczyskiem Serwańce i innym polem wydmowym, położonym na tarasie nadzalewowym Narwi – Kępą Lipnicką. Występujące tu zbiorowisko roślinne zostało określone jako grąd nie w pełni wykształcony *Tilio-Carpinetum* Tracz. 1962 (Czubaszek 2011).

W celu przeprowadzenia oceny warunków siedliskowych metodą ekologicznych liczb wskaźnikowych (Zarzycki et al. 2002) na badanych obiektach wykonano 12 zdjęć fitosocjologicznych (po 6 na każdym obiekcie) na powierzchniach o wielkości 400 m². Zdjęcia wykonano z wykorzystaniem 11-stopniowej skali ilościowości Londo, którą przeliczono na 6-stopniową skalę Braun-Blanqueta. Nazwy gatunków roślin naczyniowych przyjęto za Mirkiem i in. (2002), natomiast nazwy mszaków za Ochyra i in. (2003). Zbiorowiska roślinne zidentyfikowano zgodnie z systemem fitosocjologicznym Matuszkiewicza (2001). Porównania składu florystycznego badanych zbiorowisk roślinnych pod względem jakościowym i ilościowym dokonano na podstawie policzonych cech syntetycznych (Pawłowski 1972). Poszczególne gatunkom przyporządkowano odpowiednie wartości z listy ekologicznych liczb wskaźni-

kowych. Syntetyczny wskaźnik dla poszczególnych cech siedliskowych obliczono jako średnią ważoną ze wskaźników i współczynników pokrycia.

W celu obliczenia indeksu trofizmu gleb leśnych (Brożek 2001) na badanych wydmach wykopano łącznie 6 odkrywek glebowych, trzy na wydmy Ławki Małe i trzy na Uroczysku Serwańce. Odkrywki zlokalizowano w obrębie powierzchni, na których wykonywano zdjęcia fitosocjologiczne. Na odsłoniętych profilach wyróżniono poziomy genetyczne, następnie zmierzono ich miąższość, określono ich barwę w stanie naturalnym według atlasu Munsella (Revised Standard... 1997) oraz opisano pozostałe cechy morfologiczne. Przy opisie budowy profilowej gleb zastosowano symbolikę poziomów glebowych według wytycznych zawartych w nowej Systematyce Gleb Polski (2011). Z każdego poziomu pobrano próbki gleb, które posłużyły do dalszych badań w laboratorium. W celu wyznaczenia gęstości objętościowej do metalowych cylinderków pobrano materiał glebowy o nienaruszonej strukturze. W pobranych próbkach glebowych oznaczono:

– skład granulometryczny – metodą areometryczną Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande'a i Prószyńskiego,

– węgiel organiczny – metodą Tiurina, azot ogólny – metodą bezpośredniej nessleryzacji, po roztworzeniu próbki w mieszaninie kwasu siarkowego i nadtlenu wodoru za pomocą kolumny mineralizacyjnej firmy Hach,

– odczyn gleb – metodą potencjometryczną w wyciągu wodnym oraz 1-molowym roztworze KCl,

– sumę kationów zasadowych – metodą Kappena,
– gęstość objętościową – metodą wagowo-suszarkową poprzez suszenie w temperaturze 105°C.

Przeprowadzone analizy miały na celu charakterystykę substratu, z którego wykształciły się badane gleby, jak również zostały wykorzystane przy obliczaniu indeksu trofizmu gleb leśnych. W tym celu otrzymane wyniki zostały zastąpione przypisanymi poszczególnym właściwościom gleb wskaźnikami (tab. 1). W przypadku sumy zasad otrzymane w postaci wagowej wynik przeliczono na jednostkę objętości, korzystając z poniższego wzoru:

$$D = 1,3773e^{-0,0547x}$$

gdzie:

D – gęstość objętościowa nasypowa, $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$,
 x – zawartość węgla organicznego, %.

Pozwoliło to na uzyskanie porównywalności prób o skrajnie różnej gęstości objętościowej (Brożek, Zwydak 2003).

Następnie stosując wzór:

$$ITGL = I_{\text{pył}} + I_{\text{czs}} + I_{\text{pH}} + I_{\text{kat}} + I_{\text{C:N}} - I_{\text{szk}}$$

gdzie:

$I_{\text{pył}}$ – wskaźnik zawartości frakcji pyłu,

I_{czs} – wskaźnik zawartości części splawialnych,

I_{pH} – wskaźnik odczynu,

I_{kat} – wskaźnik sumy zasad wymiennych,

$I_{\text{C:N}}$ – wskaźnik stopnia rozkładu materii organicznej,

I_{szk} – wskaźnik zawartości części szkieletowych,

obliczono wskaźnik dla poszczególnych poziomów glebowych. W celu obliczenia wskaźnika ITGL dla całego

Tabela 1. Zakresy właściwości gleb i odpowiadające im wskaźniki I (Brożek, Zwydak 2003)

Table 1. Ranges of soil properties and corresponding indicators I (Brożek, Zwydak 2003)

Frakcje granulometryczne Soil particle-size groups						pH _{H2O}		Suma zasad wymiennych (S) Cation exchange capacity		Materia organiczna Soil organic matter	
>1,0 mm		0,1–0,02 mm		<0,02 mm		pH	I_{pH}	zawartość w $\text{cmol}(+)\cdot\text{dm}^3$	I_{kat}	C:N	$I_{\text{C:N}}$
%	I_{szk}	%	$I_{\text{pył}}$	%	I_{czs}						
0–30	0	0–1	1	0–1	1	3,5	1	0,1	1	30,0	1
31–40	1	2	2	2	2	3,6–3,7	2	0,2	2	25,1–30,0	2
41–50	2	3	3	3	3	3,8–4,0	3	0,3–0,4	3	22,1–25,0	3
51–60	3	4–5	4	4–5	4	4,1–4,4	4	0,5–0,6	4	20,1–22,0	4
61–80	4	6–7	5	6–7	5	4,5–4,9	5	0,7–1,0	5	18,1–20,0	5
81–100	5	8–10	6	8–10	6	5,0–5,5	6	1,1–2,0	6	16,1–18,0	6
		11–15	7	11–15	7	5,6–6,2	7	2,1–5,0	7	14,1–16,0	7
		16–25	8	16–25	8	6,3–7,0	8	5,1–10,0	8	12,1–14,0	8
		26–50	9	26–50	9	7,1–7,9	9	10,1–20,1	9	10,1–12,0	9
		50	10	50	10	8,0	10	20,0	10	10,0	10

Objaśnienia: $I_{\text{pył}}$ – wskaźnik zawartości frakcji pyłu, I_{czs} – wskaźnik zawartości części splawialnych, I_{pH} – wskaźnik odczynu, I_{kat} – wskaźnik sumy zasad wymiennych, $I_{\text{C:N}}$ – wskaźnik stopnia rozkładu materii organicznej, I_{szk} – wskaźnik zawartości części szkieletowych

Explanation: $I_{\text{pył}}$ – indicator of silt content, I_{czs} – indicator of clay content, I_{pH} – indicator of reaction, I_{kat} – indicator of sum of the exchangeable alkali, $I_{\text{C:N}}$ – indicator of degree of organic matter decomposition, I_{szk} – indicator of skeleton content

badanego profilu obliczono dla niego średnią ważoną, przyjmując za wagę miąższość poziomów wyrażoną w centymetrach (Brożek, Zwydak 2003). W przypadku wskaźnika materii organicznej określono go tylko dla górnych poziomów glebowych.

3. Wyniki badań

Budowa profilowa i właściwości gleb

Pomimo zróżnicowanej przynależności systematycznej wykształcone na wydmach Ławki Małe i Uroczysku Serwańce gleby posiadały zbliżoną budowę pro-

filową. Badane gleby różniły się budową górnej części profilu. W przypadku Ławek Małych zarówno poziom organiczny, jak i zalegające pod nim poziomy próchniczne i wzbogacania odznaczały się większą miąższością w stosunku do analogicznych poziomów w glebach wykształconych na Uroczysku Serwańce.

Wszystkie badane gleby wykształciły się z ubogich utworów wydmych. W składzie granulometrycznym zdecydowanie dominowała frakcja piaszczysta, natomiast zawartość części spławianych była znikoma i nie przekraczała 5 %. To co różniło gleby badanych obiektów, to nieco wyższa zawartość frakcji pyłu w glebach wykształconych na wydmie Ławki Małe (tab. 2). Analizując wybrane właściwości chemiczne gleb, oznaczone dla potrzeb niniejszej pracy, zauważono jedynie nie-

Tabela 2. Wybrane właściwości gleb

Table 2. Selected soil properties

Obiekt Object	Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	% frakcji o średnicy [mm] Percentage of soil fractions [mm]			C [%]	N [%]	C:N	pH		S [cmol·kg ⁻¹]
			1–0,1	0,1–0,02	<0,02				H ₂ O	KCl	
Serwańce 1	A	0–21	88	9	3	0,94	0,06	16	4,1	3,6	0,57
	Bv	21–34	91	7	2	0,52	0,05	10	4,4	4,0	0,31
	BC	34–47	93	5	2	0,30	0,05	6	4,6	4,1	0,28
	C1	47–77	92	7	1	0,17	0,05	3	4,8	4,3	0,38
	C2	77–150	94	3	3	0,11	0,03	4	5,0	4,3	0,40
Serwańce 2	A	0–7	90	7	3	0,72	0,07	10	4,7	4,1	0,62
	Bv	7–19	94	4	2	0,21	0,04	5	4,8	4,5	0,41
	C1	19–89	95	4	1	0,15	0,02	8	4,8	4,6	0,39
	C2	89–150	86	13	1	0,10	0,01	10	4,8	4,6	0,24
Serwańce 3	A	0–8	86	9	5	2,21	0,07	32	4,0	3,4	0,64
	AB	8–18	91	7	2	1,42	0,06	24	4,4	4,0	0,41
	Bv	18–30	91	7	2	0,83	0,05	17	4,7	4,4	0,37
	BC	30–73	96	3	1	0,38	0,03	13	5,1	4,5	0,30
	C	73–150	94	5	1	0,21	0,02	11	5,2	4,6	0,39
Ławki Małe 1	A	0–15	84	13	3	1,93	0,09	21	4,2	3,6	0,63
	AEs	15–40	85	13	2	0,82	0,07	12	4,4	4,1	0,58
	Bs	40–65	86	13	1	0,53	0,03	18	4,6	4,2	0,43
	BC	65–88	89	9	2	0,42	0,03	14	4,7	4,4	0,32
	C	88–150	90	8	2	0,20	0,05	4	4,9	4,4	0,40
Ławki Małe 2	A	0–22	83	14	3	2,50	0,09	28	3,5	3,0	0,72
	AEs	22–37	88	9	3	0,58	0,08	7	3,8	3,3	0,15
	Bs	37–62	86	12	2	0,78	0,12	7	4,4	3,9	0,37
	BC	62–82	87	12	1	0,48	0,06	8	4,7	4,2	0,40
	C	82–150	86	13	1	0,25	0,05	5	5,2	4,5	0,39
Ławki Małe 3	AEs	0–22	78	20	2	1,56	0,09	17	4,0	3,5	0,62
	Bs	22–39	84	14	2	0,89	0,08	11	4,6	3,9	0,42
	BC1	39–55	84	15	1	0,60	0,06	10	4,8	4,1	0,36
	BC2	55–67	87	10	3	0,41	0,03	14	4,9	4,2	0,41
	C1	67–112	89	10	1	0,25	0,03	8	5,1	4,4	0,28
	C2	112–150	86	12	2	0,14	0,04	4	5,4	4,5	0,42

wielkie różnice między analizowanymi profilami. Dotyczyło to na przykład nieco większej zawartości węgla organicznego w glebach wykształconych na wydmie Ławki Małe oraz w profilu Serwańce 3, co przy zbliżonej zawartości azotu rzutowało również na nieco wyższe stosunki C:N w tych właśnie profilach. Stopień zakwaszenia badanych gleb był zbliżony. Wszystkie charakteryzowały się silnie kwaśnym lub, w kilku przypadkach, kwaśnym odczynem oraz stosunkowo niską zawartością kationów o charakterze zasadowym (tab. 2).

Zróżnicowanie roślinności badanych wym

Powstałe na wydmie Ławki Małe zbiorowisko roślinne zostało określone jako grąd nie w pełni wykształcony *Tilio-Carpinetum* Tracz 1962 (Czubaszek 2011). Podstawę do tego określenia stanowił skład florystyczny. Pomijając gatunki towarzyszące, dominowały tu gatunki grądowe – eutroficzne z rzędu *Fagetalia* i mezotroficzne z klasy *Quercio-Fagetea* (tab. 3). Średnie pokrycie warstwy drzew wynosiło około 40%. Dominował w niej dąb szypułkowy (*Quercus robur*), natomiast mniejszy był udział klonu zwyczajnego (*Acer platanoides*), grabu zwyczajnego (*Carpinus betulus*), brzozy brodawkowatej (*Betula pendula*) i wiązu górskiego (*Ulmus glabra*). Średnie pokrycie warstwy krzewów nieznacznie przekraczało 40%. W warstwie tej obok wymienionych gatunków z warstwy drzewostanu, które budują również warstwę krzewów, występowały dodatkowo trzmielina brodawkowata (*Euonymus verrucosus*), leszczyna pospolita (*Corylus avellana*), jarząb

pospolity (*Sorbus aucuparia*) oraz kruszyna pospolita (*Frangula alnus*). Pokrycie warstwy zielnej w opisywanym zbiorowisku wynosiło niemal 100%. Dominowały w niej głównie gatunki grądowe. Spośród wszystkich gatunków największe pokrycie i stałość osiągnęły gajowiec żółty (*Galeobdolon luteum*), prosownica rozpięchła (*Milium effusum*) oraz perlówka zwisła (*Melica nutans*), uważane za gatunki wskaźnikowe siedlisk eutroficznych. W badanym zbiorowisku nie stwierdzono warstwy mchów. Pomimo bogatego składu gatunkowego brakowało znacznej liczby gatunków charakterystycznych dla klasy *Quercio-Fagetea*. Stosunkowo duży udział gatunków towarzyszących oraz obecność gatunków z innych klas, zwłaszcza związanych z działalnością człowieka, wskazywał, że opisywane zbiorowisko reprezentowało grąd nie w pełni wykształcony. Podstawą do takiego stwierdzenia był znaczny udział gatunków łąkowych i pastwiskowych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, np.: śmiełek darniowy (*Deschampsia caespitosa*) i kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*) oraz gatunków ruderalnych zbiorowisk kserotermicznych z klasy *Agropyreteae* – perz właściwy (*Agropyron repens*) (tab. 3).

Zbiorowisko roślinne wykształcone na Uroczysku Serwańce miało zupełnie inny charakter niż w Ławkach Małych. Analiza jego składu florystycznego pozwoliła na określenie go jako boru mieszanego wielogatunkowego *Serratulo-Piceetum* Sokoł. 1968. Podobnie jak w przypadku Ławek Małych w składzie gatunkowym dominowały gatunki towarzyszące, ale obok nich największy udział miały gatunki borowe z klasy *Vaccino-Piceetea*. Klasa *Quercio-Fagetea* była tu znacznie słabiej

Tabela 3. Zróżnicowanie cech syntetycznych roślinności

Table 3. Differentiation of synthetical features of the plant communities

Grupy syngenetyczne Syngenetic groups	Postać nie w pełni wykształcona / Not fully developed <i>Tilio-Carpinetum</i> Ławki Małe			<i>Serratulo-Piceetum</i> Uroczysko Serwańce		
	S	G	D	S	G	D
<i>Cl. Quercio-Fagetea</i>	60,00	33,65	20,19	56,67	10,56	5,98
<i>Cl. Molinio-Arrhenatheretea</i>	47,62	9,35	4,45	16,67	4,97	0,83
<i>Cl. Trifolio-Geranietea sanguinei</i>	66,67	5,61	3,74	66,67	2,48	1,66
<i>Cl. Nardo-Callunetea</i>	58,33	3,27	1,91	53,33	4,35	5,30
<i>Cl. Epilobietea angustifolii</i>	33,33	0,93	0,31	58,33	4,35	2,54
<i>Cl. Vaccinio-Piceetea</i>	33,33	0,93	0,31	78,57	20,50	16,10
<i>Cl. Artemisietea vulgaris</i>	66,67	3,74	2,49	-	-	-
<i>Cl. Stellarietea mediae</i>	25,00	1,40	0,35	-	-	-
<i>Cl. Agropyreteae</i>	66,67	1,87	1,25	-	-	-
<i>Cl. Rhamno-Prunetea</i>	38,89	3,27	1,27	-	-	-
<i>Cl. Koelerio-Corynephoretea</i>	-	-	-	66,67	2,48	1,66
Gatunki towarzyszące Accompanying species	64,17	35,98	23,09	50,69	45,34	22,99

Objaśnienia: S – przeciętna stałość grupy, G – udział zbiorowy grupy, D – wartość systematyczna grupy gatunków

Explanation: S – average group constancy, G – group share, D – systematical value of species group

reprezentowana, natomiast znacznie wzrósł udział gatunków wrzosowiskowych z klasy *Nardo-Callunetea* (tab. 3). Pokrycie warstwy drzew opisywanego zbiorowiska wynosiło średnio 50%. Tworzyły ją przede wszystkim sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris*), a także w nieco mniejszym stopniu dąb szypułkowy (*Quercus robur*). Warstwę krzewów budowały głównie podrosty sosny zwyczajnej. Ponadto, duży udział miały: leszczyna pospolita (*Corylus avellana*), jałowiec pospolity (*Juniperus communis*) oraz brzoza brodawkowata (*Betula pendula*). Towarzyszyły im pojedyncze osobniki dębu szypułkowego (*Quercus robur*) oraz jarzębu zwyczajnego (*Sorbus aucuparia*). Średnie pokrycie opisywanej warstwy wynosiło ok. 50%. Warstwę zielną zbiorowiska tworzył głównie trzcinnik piaszkowy (*Calamagrostis epigejos*). Duży udział w tej warstwie miały także kostrzewa owcza (*Festuca ovina*), mietlica pospolita (*Agrostis capillaris*) oraz kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*). Poza tym w runie występowały też naloty drzew i krzewów: dębu szypułkowego, jałowca pospolitego oraz pojedyncze osobniki świerka pospolitego i jarzębu zwyczajnego. Średnie pokrycie warstwy zielnej oszacowano na 40%. Warstwa mchów i porostów w borze mieszanym świeżym była bogata. Jej przeciętne pokrycie wynosiło ok. 60%. W warstwie tej dominował rokitnik pospolity (*Pleurozium schreberi*), któremu towarzyszyły głównie płonnik jałowcowaty (*Polytrichum juniperinum*) i widłoząb kędzierzawy (*Dicranum polysetum*). Występowały też pojedyncze osobniki takich gatunków, jak: dzióbekwiec Zetterstedta (*Eurhynchium angustirete*), rokit cyprysowy (*Hypnum cupressiforme*) oraz widłoząb miotłowy (*Dicranum scoparium*).

Określenie warunków siedliskowych na wydmach śródtorfowych metodą ekologicznych liczb wskaźnikowych

Metoda ekologicznych liczb wskaźnikowych pozwoliła na określenie dwóch grup wskaźników: klimatycznych i edaficznych (tab. 4).

Bliskie położenie badanych obiektów względem siebie wpłynęło na podobne wartości wskaźników temperatury i kontynentalizmu (tab. 4). Większe różnice między badanymi obiektami występowały w przypadku wskaźnika świetlnego. Jego wartość uzyskana na wydmie Ławki Małe wskazała na warunki półcieniste, podczas gdy na Uroczysku Serwańce zaobserwowano umiarkowane lub pełne światło.

Obliczone dla badanych wydm wskaźniki glebowe, z jednej strony potwierdziły ich, wspomniane wcześniej, specyficzne cechy, ale z drugiej strony, w dużym stopniu „różnicowały” badane obiekty. Cechy, które były zbliżone, to wilgotność i zawartość substancji organicznej. Zarówno na Ławkach Małych, jak i na Uroczysku Serwańce wartości tych wskaźników wskazywały na siedliska świeże i gleby mineralno-próchniczne. Jeżeli chodzi o pozostałe cechy to wynikało z nich, że gleby na Ławkach Małych wykształciły się z glin piaszczystych lub utworów pylastych, miały odczyn obojętny, a siedlisko można było określić jako mezotroficzne lub eutroficzne, podczas gdy gleby na Uroczysku Serwańce wykształciły się z utworów piaszczystych, miały odczyn umiarkowanie kwaśny i tworzyły siedlisko oligotroficzne lub mezotroficzne.

Określenie warunków siedliskowych na wydmach śródtorfowych za pomocą indeksu trofizmu gleb leśnych

Obliczone na podstawie wybranych właściwości gleb wskaźniki jakości siedliska wyraźnie różnicowały badane wydmy. W przypadku Uroczyska Serwańce wartość ITGL wahała się w przedziale 14,92–16,05, natomiast w przypadku Ławek Małych – 18,20–18,96 (tab. 5).

Wpływ na takie zróżnicowanie miały przede wszystkim dwa elementy. Pierwszym z nich była większa zawartość frakcji pyłu w glebach wykształconych na drugim z opisywanych obiektów, co przekładało się na wyższe wartości wskaźnikowe. Drugim czynnikiem wpływającym na wyższe wartości ITGL uzyskane dla wydmy Ławki Małe była znacznie większa miąższość

Tabela 4. Wskaźniki jakości siedliska określone metodą ekologicznych liczb wskaźnikowych

Table 4. Habitat quality indicators determined by the ecological indicator values method

Obiekt Object	Wskaźniki klimatyczne Climatic indicators			Wskaźniki edaficzne Edaphic indicators				
	L	T	K	W	Tr	R	D	H
Ławki Małe	3,23	3,63	3,00	3,15	3,40	3,77	4,02	2,01
Serwańce	4,20	3,53	3,01	2,99	2,68	3,24	3,49	1,76

Objaśnienia: L – wskaźnik świetlny, T – wskaźnik termiczny, K – wskaźnik kontynentalizmu, W – wskaźnik wilgotności gleby, Tr – wskaźnik trofizmu, R – wskaźnik kwasowości, D – wskaźnik granulometryczny gleby, H – wskaźnik zawartości materii organicznej
Explanation: L – light value, T – temperature value, K – continentality value, W – soil moisture value, Tr – trophy value, R – soil acidity value, D – soil granulometric value, H – organic matter content value

Tabela 5. Wartości wskaźnikowe przypisane cechom gleb w celu wyznaczenia indeksu trofizmu gleb leśnych (ITGL)
 Table 5. Indicator values assigned to soil properties to determine the index of forest soils trophism (ITGL)

Obiekt Object	Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	$I_{pył}$	I_{czs}	$I_{C:N}$	I_{pH}	I_{kat}	Miąższość [cm] Thickness [cm] of		I_{Σ}	ITGL
								poziomu horizon	profilu profile		
Serwańce 1	A	0-21	6	3	7	4	5	21	150	25	16,05
	Bv	21-34	5	1		4	3	13		13	
	BC	34-47	4	1		5	3	13		13	
	C1	47-77	5	1		5	4	30		15	
	C2	77-150	3	2		6	4	73		15	
Serwańce 2	A	0-7	5	3	9	5	5	7	150	27	15,50
	Bv	7-19	4	2		5	4	12		15	
	C1	19-89	4	1		5	4	70		14	
	C2	89-150	7	1		5	3	61		16	
Serwańce 3	A	0-8	6	4	1	3	5	8	150	19	14,92
	AB	8-18	5	2	3	4	4	10		15	
	Bv	18-30	5	2		5	4	12		16	
	BC	30-73	3	1		6	3	43		13	
Ławki Małe 1	C	73-150	4	1		6	4	77		15	18,96
	A	0-15	7	3	4	4	5	15	150	23	
	AEs	15-40	7	2	9	4	5	25		18	
	Bs	40-65	7	1		5	4	25		17	
	BC	65-88	5	2		5	3	23		15	
Ławki Małe 2	C	88-150	6	2		5	4	62		17	18,20
	A	0-22	7	3	2	1	5	22	150	18	
	AEs	22-37	6	3	10	2	2	15		23	
	Bs	37-62	7	2		4	4	25		17	
	BC	62-82	7	1		5	4	20		17	
Ławki Małe 3	C	82-150	7	1		6	4	68		18	18,43
	AEs	0-22	8	2	6	3	5	22	150	24	
	Bs	22-39	7	2		5	4	17		18	
	BC1	39-55	7	1		5	4	16		17	
	BC2	55-67	6	3		5	4	12		18	
	C1	67-112	6	1		6	3	45		16	
C2	112-150	7	2		6	4	38		19		

Objaśnienia: $I_{pył}$ – wskaźnik zawartości frakcji pyłu, I_{czs} – wskaźnik zawartości części spławalnych, I_{pH} – wskaźnik odczynu, I_{kat} – wskaźnik sumy zasad wymiennych, $I_{C:N}$ – wskaźnik stopnia rozkładu materii organicznej, I_{szk} – wskaźnik zawartości części szkieletowych

Explanation: $I_{pył}$ – indicator of silt content, I_{czs} – indicator of clay content, I_{pH} – indicator of reaction, I_{kat} – indicator of sum of the exchangeable alkali, $I_{C:N}$ – indicator of degree of organic matter decomposition, I_{szk} – indicator of skeleton content

poziomów próchnicznych gleb, co przy średniej ważonej liczonej z tego właśnie parametru wyraźnie wpływało na podniesienie wartości wskaźnikowej dla całego badanego profilu

4. Dyskusja

Uzyskane wyniki potwierdziły zarówno różnicowanie siedliskowe w obrębie sąsiadujących obszarów wydmych położonych w dolinie Narwi, jak również ich specyfikę. O ile na Uroczysku Serwańce, gdzie na stosunkowo ubogich glebach rdzawych funkcjonuje zbiorowisko o charakterze boru mieszanego, stwierdzo-

no zgodność między siedliskiem i roślinnością, o tyle w przypadku wydmy Ławki Małe, gdzie pod roślinnością łąkową wykształciły się gleby o właściwościach chemicznych wskazujących na przebieg procesu bielocowania, układ ten należy uznać za nietypowy. Fakt, że na wydmach śródtorfowych rozwinęły się, w niektórych przypadkach, bogate lasy łąkowe spowodowany jest ich specyficznym położeniem w otoczeniu torfowisk. Torfowiska z jednej strony stwarzają klimat do szybszego rozkładu substancji organicznej, przyspieszając w ten sposób obieg pierwiastków, a z drugiej strony same dostarczają roślinom składników pokarmowych, pobieranych przez systemy korzeniowe drzew porastających brzozy wydmy. Pobrane przez rośliny składniki wracają

do gleby wraz z opadem roślinnym. Opad ten jest następnie bardzo szybko mineralizowany, dzięki czemu zawarte w nim składniki mogą być ponownie wykorzystane (Prusinkiewicz et al. 1974; Prusinkiewicz, Biały 1976).

Budowa profilowa gleb wydm śródtorfowych położonych w dolinie Narwi, a zwłaszcza obserwowany w nich układ poziomów genetycznych, w połączeniu z utworem, z którego są zbudowane, jest charakterystyczny dla gleb rdzawoziemnych (Systematyka gleb Polski 2011). To co odróżnia badane gleby, zwłaszcza te wykształcone na Ławkach Małych, od innych należących do tego typu to dobrze wykształcony poziom próchniczny wyraźnie odcięty od poziomów zalegających poniżej. Obie te cechy mogą być efektem prowadzonej tu w przeszłości uprawy, która spowodowała również zamaskowanie morfologicznych przejawów procesu bielnicowania.

Wyniki badań prowadzonych w ramach Archeologicznego Zdjęcia Polski wykazały aktywność człowieka na obszarze Kotliny Biebrzańskiej we wszystkich epokach archeologicznych: poczynając od paleolitu, przez mezolit, neolit, epokę brązu, tzw. wczesne żelazo, średniowiecze do czasów nowożytnych (Pietrowski, Balcerzak 2000). O możliwości uprawy gleb na piaszczystych wydmach śródtorfowych, zwanych grądzikami, już w XVI w. pisał Czerwiński (1983). Autor ten podkreślał, że była to uprawa prymitywna i mogła przyczynić się do wznawiania procesów eolicznych, o czym świadczy obecność kopalnych poziomów glebowych. Na odsłoniętych powierzchniach, w drodze sukcesji rozwinął się las dębowy. Zbliżony model sukcesji roślinności na wydmach śródłądowych przedstawiali Jentsch i Beyschlag (2003) oraz Lawesson i Wind (2002). Z czasem głównym sposobem użytkowania wydm śródtorfowych było ich wykorzystywanie jako pastwisk, co w znacznym stopniu przyczyniło się do zniekształcenia występujących na nich zbiorowisk roślinnych. Taki sposób gospodarowania stosowany jest zresztą do dzisiaj. Z wypasem bydła związane było też wypalanie wiosną roślinności runa, co miało spowodować bujniejszy rozwój traw (Czerwiński 1995). Świadczą o tym liczne węgielki drzewne w poziomach genetycznych gleb na badanych wydmach.

Określone dla badanych wydm śródtorfowych wskaźniki klimatyczne wykazały małe zróżnicowanie. Uzyskane wyniki wskazują na generalnie umiarkowanie chłodne i umiarkowanie ciepłe warunki klimatyczne, charakterystyczne dla przeważającej części niżu ze szczególnym ukierunkowaniem na jego północną część. Wartość wskaźnika kontynentalizmu wskazuje na dominację gatunków neutralnych wobec tej cechy klimatu, a więc znoszących zarówno niskie jak i wysokie temperatury oraz zarówno wilgotne, jak i suche powietrze

(Zarzycki et al. 2002). Nieco większe zróżnicowanie wartości wskaźnika świetlnego spowodowane jest prawdopodobnie większym pokryciem warstwy drzew i krzewów na wydmie Ławki Małe.

Obliczone dla badanych wydm wskaźniki glebowe wskazują na znacznie korzystniejsze warunki siedliskowe niż można wnioskować na podstawie utworu budującego te formy terenu. Zgodnie z wynikami analizy składu granulometrycznego jednej z podstawowych cech gleby, rzutującej na szereg innych jej właściwości, wszystkie badane gleby wytworzyły się z luźnych utworów piaszczystych (tab. 2). Gleby takie odznaczają się zwykle małą wilgotnością, kwaśnym odczynem, niską zawartością substancji organicznych i małą zawartością substancji pokarmowych dla roślin. Zaobserwowana rozbieżność między obliczonym wskaźnikiem wilgotności, wskazującym na siedlisko świeże, a charakterem utworu, z którego zbudowane są badane wydmy śródtorfowe, opisywana była też przez innych autorów. Według Roo-Zielińskiej (2004) suche ale bogate w składniki pokarmowe gleby mogą dostarczać roślinom wystarczającej ilości składników pokarmowych, pomimo ograniczenia przez nie transpiracji. Tym samym mogą one być zasiedlane przez gatunki, którym przypisano wyższe wartości wskaźnika wilgotności. Nieco większa wartość tego wskaźnika na wydmie Ławki Małe może wynikać z większej zawartości pyłu, który poprawia właściwości wodne utworów piaszczystych, umożliwiając rozwój bogatszej roślinności, dostarczającej dużych ilości opadu organicznego, podnoszącego trofizm siedliska. Różnica we wskaźnikach trofizmu, obliczonych dla badanych wydm, spowodowana jest przede wszystkim wysokimi współczynnikami pokrycia, jakie uzyskały w przypadku Ławek Małych gatunki grądowe z klasy *Quercus-Fagetea*. Na Uroczysku Serwańce dominuje natomiast gatunek borowy, sosna zwyczajna o niewielkich wymaganiach odnośnie trofizmu.

Porównując uzyskane wartości indeksu trofizmu gleb leśnych z zakresami podanymi w "Atlasie gleb leśnych Polski" (Brożek, Zwydack 2003) dla różnych typów gleb, można stwierdzić, że pokrywają się one z przedziałami określonymi dla nizinnych gleb bielcowych i rdzawych. Zgodnie z kategoriami trofizmu gleby wykształcone na Uroczysku Serwańce należy traktować jako oligotroficzne, natomiast gleby wykształcone na wydmie Ławki Małe jako mezotroficzne. Autorzy wyżej wspomnianego atlasu podjęli próbę zastosowania indeksu trofizmu gleb leśnych do diagnozy leśnych siedlisk nizinnych i wyżynnych. Dzięki przeprowadzonej w tym celu analizie badanych obszarów w różnych regionach Polski wydzielono kilka typów siedliskowych, które w zależności od wartości ITGL można pogrupować w następujący sposób:

ITGL = 10,0	siedliska borów,
ITGL 10,1–16,0	siedliska borów mieszanych,
ITGL 16,1–26,0	siedliska lasów mieszanych,
ITGL 26,0	siedliska lasów.

Biorąc pod uwagę powyższą klasyfikację, można stwierdzić, że na Uroczysku Serwańce mamy do czynienia z siedliskiem boru mieszanego, natomiast na wydmie Ławki Małe z siedliskiem lasu mieszanego. Wyniki te pokrywają się z wynikami analizy florystycznej przeprowadzonej na badanych obiektach. Zgodność ta wskazuje na przydatność metody ITGL w określaniu warunków siedliskowych na wydmach otoczonych torfowiskiem, pomimo tego, że jak podają we wnioskach płynących ze swoich badań Brożek i in. (2010), szczególnie przydatne do stosowania liczbowych wskaźników trofizmu są lasy o składzie gatunkowym drzewostanu zbliżonym do naturalnego, na obszarach gdzie klimat nie różnicuje warunków życia drzew.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Podstawowym czynnikiem warunkującym rozwój i wpływającym na funkcjonowanie stosunkowo bogatych zbiorowisk roślinnych na wydmach śródtorfowych położonych w dolinie Narwi jest zarówno ich położenie w otoczeniu torfowisk, jak również, mająca miejsce w przeszłości oraz obecna, działalność człowieka.

2. Pomimo bliskiego położenia i niemal identycznego substratu glebowego, którym w obu badanych przypadkach są luźne piaski wydmore, na sąsiadujących ze sobą obszarach wydmowych położonych w dolinie Narwi wykształciły się zbiorowiska roślinne różniące się składem florystycznym. Na wydmie Ławki Małe – zbiorowisko łąkowe, natomiast na Uroczysku Serwańce – zbiorowisko boru mieszanego.

3. Zastosowane w pracy metody oceny warunków siedliskowych wykazały zróżnicowaną zgodność układów ekologicznych obserwowanych na wydmach śródtorfowych. Metoda ekologicznych liczb wskaźnikowych wykazała zbieżność zbiorowiska roślinnego z wykształconymi glebami na Uroczysku Serwańce, podczas gdy wyniki uzyskane dla Ławek Małych wskazują na obecność w podłożu znacznie bardziej zasobnego materiału. Ocena warunków troficznych gleb, dokonana metodą indeksu trofizmu gleb leśnych, była w obu przypadkach zgodna ze zbiorowiskami leśnymi aktualnie występującymi na badanych wydmach.

Podziękowania

Badania sfinansowano ze środków przeznaczonych na realizację pracy S/WBiIS/1/11.

Literatura

- Banaszuk H. 1979. Geneza i ewolucja pokrywy glebowej na wydmach Kotliny Biebrzańskiej. *Roczniki Gleboznawcze*, 30(2): 111–142.
- Banaszuk H. 2004. Geomorfologia Kotliny Biebrzańskiej, w: Kotliny Biebrzańska i Biebrzański Park Narodowy. Aktualny stan, walory, zagrożenia i potrzeby czynnej ochrony środowiska. Monografia przyrodnicza. (red. H. Banaszuk) Białystok, s. 44–98. ISBN 83-88771-49-3.
- Banaszuk H., Banaszuk P. 1992. Kopalne gleby staroholocenijskie na wydmie w Kotlinie Biebrzańskiej. *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Nauki Techniczne*, 85, *Inżynieria Środowiska*, 5: 239–252.
- Banaszuk P. 1997. Wpływ warunków siedliskowych na produkcję biomasy i obieg składników pokarmowych w wybranych zbiorowiskach borowych. Rozprawa doktorska, Białystok, Politechnika Białostocka.
- Brożek S. 2001. Indeks trofizmu gleb leśnych. *Acta Agraria et Silvicultura s. Silvestris*, 39: 17–33.
- Brożek S., Zwydak M. 2003. Atlas gleb leśnych Polski, Warszawa, CILP, 467 s. ISBN 83-88478-17-6.
- Brożek S., Gruba P., Lasota J., Zwydak M., Wanic T., Pacanowski P., Błońska E., Różański W. 2010. Opracowanie indeksów jakości gleb dla naturalnych siedlisk leśnych nizin i wyżyn Polski i ich zastosowanie w gospodarce leśnej jako narzędzia w zachowaniu i odtwarzaniu różnorodności lasów. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 2(25): 292–302.
- Brzosko E., Wróblewska A. 2003. Low allozymic variation in two island populations of *Listera ovata* (Orchidaceae) from NE Poland. *Annales Botanici Fennici*, 40: 309–315.
- Czerwiński A. 1981. Ukształtowanie naturalnej roślinności leśnej na tle rozwoju procesu glebowego w wybranych obiektach północno-wschodniej Polski. *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej*, 34: 1–242.
- Czerwiński A. 1983. Problemy ochrony przyrody na tle planów zagospodarowania basenu środkowego Biebrzy. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 255: 245–257.
- Czerwiński A. 1995. Geobotanika w ochronie środowiska lasów Podlasia i Mazur. Białystok, Wydawnictwa Politechniki Białostockiej, 345 s. ISBN 8386272171.
- Czubaszek R. 2006. Soil-plant scheme on the inpeatland dunes in the Narew River valley as an effect of their cultivation and vicinity of wetlands. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15, 5D: 141–143.
- Czubaszek R. 2007. The natural specificity of the mineral islands located on the peatlands in the Biebrza National Park and Narew National Park and need of their protection. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16, 2A: 355–358.

- Czubaszek R. 2008. Systematic position of the podzolic soils developed on the inpeatland dunes in the Biebrza river valley and Narew river valley. *Polish Journal of Soil Science*, 41, 2: 175–182.
- Czubaszek R. 2011. Roślinność wydmy śródotrowych położonych na obszarze Kotliny Biebrzańskiej i doliny Narwi. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 2, 1: 21–26.
- Czubaszek R., Iwanek E. 2012. Rozkład opadu organicznego w zbiorowiskach roślinnych porastających wydmy śródotrowe w dolinie Narwi. *Sylwan*, 156(9): 444–450.
- Dąbrowska-Prot E. 1998. Ekologiczne problemy wysp śródowiskowych w krajobrazie ze szczególnym uwzględnieniem wysp leśnych, w: *Ekologia wysp leśnych* (red. J. Banaszak). Bydgoszcz, Wydawnictwo Uczelniane WSP, s. 177–192. ISBN 8370962904.
- Grzybowski J. 1982. Gleby kopalne wydmy w Dolinie Narwi a fazy wydymotwórcze w świetle badań archeologicznych i datowań 14C. *Roczniki Gleboznawcze*, 33, 3-4: 175–185.
- Jentsch A., Beyschlag W. 2003. Vegetation ecology of dry acidic grasslands in the lowland area of central Europe. *Flora*, 198: 3–25.
- Lawesson E., Wind P. 2002. Oak dune forests in Denmark and their ecology. *Forest Ecology and Management*, 164: 1–14.
- Łotowska J. 2008. Porównanie właściwości chemicznych wierzchnich poziomów gleb wykształconych pod zbiorowiskami borowymi i grądowymi porastającymi wydmy śródotrowe. Praca magisterska, Białystok, Politechnika Białostocka.
- Matuszkiewicz W., 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN, 537 s. ISBN 83-01-13520-4.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zajac A., Zajac M. 2002. Flowering Plants and Pteridophytes of Poland. A Checklist. Kraków, Polish Academy of Science, 442 s. ISBN 83-85-44483-1.
- Mycielska-Dowgiało E. 1982. Cechy teksturalne osadów eolicznych jako wskaźnik faz wydymotwórczych. *Roczniki Gleboznawcze*, 33, 3-4: 135–143.
- Ochyra R., Żarnowiec J., Bednarek-Ochyra H. 2003. Census catalogue of Polish Mosses. Kraków, Polish Academy of Science, 372 s. ISBN 83-85-44484-X.
- Pawłowski B. 1972. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania, w: *Szata roślinna Polski*, t. 1 (red. W. Szafer, K. Zarzycki). Warszawa, PWN, s: 237–268.
- Pietrowski A., Balcerzak J.T. 2000. Inwentaryzacja i walooryzacja zasobów archeologicznych na obszarze i w otulinie BPN, w: *Plan Ochrony BPN. Ochrona zasobów kulturowych*, t.2, (red. A. Kowalczyk), Warszawa.
- Prusinkiewicz Z., Biały K. 1976. Gleby wybranych rezerwatów leśnych województw bydgoskiego, toruńskiego i wrocławskiego. *Studia Societatis Scientiarum Torunensis, Sectio C (Geographia et Geologia)*, 8(3), 173 s.
- Prusinkiewicz Z., Dziadowiec H., Jakubusek M. 1974. Zwrot do gleby pierwiastków-biogenów z opadem roślinnym w lesie liściastym i mieszanym na luźnych glebach piaskowych. *Roczniki Gleboznawcze*, 25(3): 237–245.
- Revised Standard Soil Color Charts. 1997. Eijkelkamp Agrisearch Equipment.
- Roo-Zielińska E. 2004. Fitoindykacja jako narzędzie oceny środowiska fizycznogeograficznego. *Prace Geograficzne*, 199: 1–308.
- Systematyka gleb Polski. 2011. *Roczniki Gleboznawcze*, 62(3).
- Wołkowycki D. 2004. Różnorodność florystyczna wyniesień mineralnych w Dolinie Górnej Narwi, w: *Przyroda Polski w europejskim dziedzictwie dóbr natury: 53 Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego, Toruń-Bydgoszcz*, 103 s.
- Wołkowycki D. 2006. Diversity of the flora of vascular plants on the mineral habitat islands in the Upper Narew Valley (NE Poland). *Polish Journal of Environmental Studies*, 15, 5D: 264–267.
- Zarzycki K., Trzcińska-Tacik H., Różański W., Szelaż Z., Wołek J., Korzeniak U. 2002. Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. Różnorodność biologiczna Polski, 2, Kraków, 183 s. ISBN 83-85444-95-5.

Wkład autorów

R.C. – koncepcja artykułu, interpretacja wyników, przegląd literatury i przygotowanie maszynopisu; E.W. – przygotowanie wyników do analizy, przegląd literatury.