

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 Uroczysko 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 *Vaccinio-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	A	0-15	7	3	4	4	5	15	150	23	18,96
	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	
	C	88-150	6	2		5	4	62		17	
Ławki Małe 2	A	0-22	7	3	2	1	5	22	150	18	18,20
	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	
	C	82-150	7	1		6	4	68		18	
Ławki Małe 3	AEs	0-22	8	2	6	3	5	22	150	24	18,43
	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 spławialnych, 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 grądową 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 grądowe 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 świadczą 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: Kotlina 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 śródotworowych 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 śródotworowe 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 śródotworowe. 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 włocławskiego. *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.

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

Robert Czubaszek*, Ewa Walentynowicz

Białystok University of Technology, Faculty of Civil and Environmental Engineering,
Department of Environmental Protection and Management, ul. Wiejska 45 A, 15–351 Białystok, Poland.

Tel. +48 79 799 5952; 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 Uroczysko 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. Introduction

Sand dunes are commonly encountered in the Biebrza Basin and Narew River Valley. They can occur as relatively large dune fields or take the form of several metre-high hills, jutting out of peatlands and situated on the peatland mineral substrate (Banaszuk 2004). These forms, the main elements diversifying the terrain of river valleys, act as environmental islands in the landscape. Most of the species inhabiting the dunes must have arrived as a result of propagule dispersion, most likely from areas beyond the valley's bottom (Wołkowycki 2004). Such isolated patches of habitats, especially forests, are of particular importance in shaping the biodiversity and enabling the exchange of species, energy and matter in the landscape. Forested dunes, occurring in the monotonous area of peatlands, not only increase the mosaic of the land, but can also provide an import-

ant refugial environment for many plant and animal species (Dąbrowska-Prot 1998).

Inpeatland dunes are relatively poorly explored elements of the Biebrza Basin and Narew River Valley. Although the Eolian relief of the Basin has been the subject of interest for many authors, their studies primarily focused on the problem of the origin and age of the dune fields (Mycielska-Dowgiałło 1982; Grzybowski 1982; Banaszuk, Banaszuk 1992). More detailed studies on soil cover, albeit for the dune fields outside of the Narew floodplain valley, near Tykocin, were conducted by Banaszuk (1979). In contrast, soils on dunes were researched in the broader context of their association with vegetation by Czerwiński (1981) who led a study, among others, at the Grzędy reserve of the Central Biebrza Basin. In turn, the effect of habitat conditions on nutrient cycle in the coniferous forest communities of the dunes in the Szelągówka reserve, located in the

southern part of the Biebrza Basin, was the subject of a doctoral dissertation by Banaszuk (1997). Much less research in the literature is devoted to inpeatland dunes. Soils developed at such sites were primarily studied by Czubaszek (2006, 2008) who led a research on the rate of the decomposition of organic material on inpeatland dunes (Czubaszek, Iwanek 2012). The diversity of the soils belonging to different types that developed on the inpeatland dunes of the Biebrza Basin and Narew Valley is one of their characteristic features. Based on the content of various forms of iron and aluminium, the soils of the ‘Biebrza’ dunes should be considered as rusty, while those developed at the ‘Narew’ dunes are podzolic, with their eluvial horizon eliminated (masked) during their previous use as cropland (Czubaszek 2006; Czubaszek 2008). Łotowska’s study (2008) conducted on the Ławki Małe and Uroczysko Serwańce dunes showed that different soil types exist in the dune areas within the Narew Valley, where podzols occur at the former while rusty soils are found at the latter site.

There are relatively few studies of the vegetation on inpeatland dunes. Only Wołkowycki (2006), in addition to Czubaszek (2011), presented the results of research on the floristic composition of the inpeatland dunes of the Narew Valley, while Brzosko and Wróblewska (2003) described the genetic diversity of one species of orchids (*Listera ovata*) at one of the Biebrza Basin dunes. All of the authors mentioned emphasise the unusual relationship of soil, vegetation, which can be observed at most of the inpeatland dunes. This is primarily the result of the development of relatively rich vegetation on the seemingly nutritionally poor dune sand. The studied objects, maintained in their natural or near-natural state, can be an excellent testing ground for studies on the proper management of dune areas (Czubaszek 2007).

The main component of the forest ecosystem is soil. Its functions include, among others, the storage of humus, water retention and meeting the nutritional requirements of plants. Its specific properties, such as particle size distribution, pH and humus content, determine its potential fertility and the ability of specific plant communities to develop. That is why soil is a basic element in the diagnosis of forest habitat (Brożek 2001). Therefore, because conducting a direct comparison of the analytical data on soil chemistry is frequently cumbersome and time-consuming, numerical indicators of trophism are often used in habitat defining. The aim of the work presented in this study was to determine and compare the habitat conditions prevailing at neighbour-

ing dune areas of the Narew Valley that differ in vegetation cover using numerical trophism indicators. In this paper, comparative research was performed using ecological indicator values (Zarzycki et al. 2002) and a method known as the forest soil trophism index (ITGL) (Brożek 2001).

2. Study subject and methods

The study was conducted at two adjacent inpeatland dunes located in a reclaimed section of the Narew River Valley (N 53° 12’, E 22° 5’). The first, Uroczysko Serwańce, is about 1.5 km in length and about 300 m wide and given its size, it is often treated as a dune field. It has been planted with pine stands, but also has some more natural vegetation, also of a coniferous character. The second studied dune, Ławki Małe, is a 260-meter long hill, approximately 60 m wide and about 4 m high. It is a sort of bridge between Uroczysko Serwańce and another dune field, situated on a terrace above the floodplain of the Narew River – Kępa Lipnicka. The plant community found here has been described as not fully developed *Tilio-Carpinetum* Tracz 1962 (Czubaszek 2011).

In order to assess habitat conditions using the ecological indicator values (Zarzycki et al. 2002), 12 phytosociological relevés (six for each study object) of 400 m² in size were prepared of the study sites. The relevés were done using the 11-point Londo abundance scale, which was recalculated to the 6-point Braun-Blanquet scale. The names of vascular plant species were taken from Mirek et al. (2002), and the names of bryophytes from Ochyra et al. (2003). Plant communities were identified according to the phytosociological system of Matuszkiewicz (2001). Qualitative and quantitative comparisons of the floristic composition of the surveyed plant communities were based on the number of synthetic characteristics counted (Pawłowski 1972). Individual species were assigned corresponding values from the list of ecological indicator values. The synthetic index for each habitat characteristic was calculated as a weighted average of the indicators and cover coefficients.

In order to calculate the forest soil trophism index (Brożek 2001) on the studied dunes, a total of six pits were dug, three at the Ławki Małe dune and three at Uroczysko Serwańce. The pits were located within the areas where the phytosociological relevés were performed. The genetic horizons were distinguished in the exposed profiles, then their thickness was measured and

colour determined in their natural state based on the Munsell atlas (Revised Standard ... 1997) and remaining morphological features were described. The symbols for soil horizons of the new Systematics of Polish Soils (2011) were used in the description of the soil profile. Soil samples were taken from each horizon for further study in the laboratory. In order to determine the bulk density, soil was collected in metal cylinders in a manner preserving its structure. The soil samples were used to determine:

- particle size distribution, using the Bouyoucos arcometric method with the modifications of Casagrande and Prószyński,

- organic carbon, using the Tiurin method, total nitrogen by direct nesslerisation after dissolving the sample in a mixture of sulphuric acid and hydrogen peroxide using a Hach mineralisation column,

- pH of the soils, using the potentiometric method with an aqueous extract and 1-mole solution of KCl,

- sum of base cations, using the Kappen method,

- bulk density, using dry weight by drying the material at 105°C.

The analyses were aimed at determining the properties of the substrate from which the studied soils developed, as well as calculating the forest soil trophism index. For this purpose, the results were replaced with indicators of the specific properties of the soils (Table 1). In case of sum of

base cations obtained in mass unit the results were recalculated as a unit of volume using the following formula:

$$D = 1.3773 \cdot e^{-0.0547 \cdot x},$$

where:

D – bulk density in $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,

x – organic carbon content (%).

This made it possible to obtain comparable samples with widely differing bulk densities (Brożek, Zwydak 2003).

Then, we used the formula:

$$ITGL = (I_{pyl} + I_{czs} + I_{pH} + I_{kat} + I_{C:N}) - I_{szk},$$

where:

I_{pyl} – indicator of silt content,

I_{czs} – indicator of clay content,

I_{pH} – indicator of reaction,

I_{kat} – indicator of the exchangeable alkali,

$I_{C:N}$ – indicator of the degree of organic matter decomposition,

I_{szk} – indicator of the skeleton content.

The index was calculated for specific soil horizons. In order to calculate the ITGL index for the entire studied profile, a weighted average was calculated with the measure of horizon thickness expressed in centimetres (Brożek, Zwydak 2003). The indicator of organic matter was described only for the upper horizons of the soil.

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

Soil particle size groups						pH _{H2O}		Sum of exchangeable alkali (S)		Soil organic matter	
>1.0 mm		0.1–0.02 mm		<0.02 mm		pH	I_{pH}	content in $\text{cmol}(+)\cdot\text{dm}^3$	I_{kat}	C:N	$I_{C:N}$
%	I_{szk}	%	I_{pyl}	%	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

Explanation: I_{pyl} – 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

3. Study results

Profile structure and properties of the soils

Despite the diverse systematic classification of the soils that developed on the dunes of Ławki Małe and Uroczysko Serwańce, they had a similar profile structure. The studied soils differed in the structure of the

upper part of profile. In the case of Ławki Małe, both the organic horizon as well as the underlying humus and enrichment horizons had greater thickness than the analogous horizons of the soil at Uroczysko Serwańce.

All the studied soils evolved from poor dune deposits. The sand fraction strongly dominated in the mineral part of the soil, with a negligible clay content that did not exceed 5%. The difference in the soils of dunes was

Table 2. Selected soil properties

Object	Horizon	Depth [cm]	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

a slightly higher silt fraction in the soils of Ławki Małe dune (Table 2). Only minor differences were observed between the profiles among the selected chemical properties of the soils analysed for the purposes of this study. This was the case, for example, in the slightly higher content of organic carbon in the soils of Ławki Małe dune and in the profile of the Serwańce 3 site, with a similar nitrogen content that also resulted in slightly higher ratios of C:N in these profiles. The degree of acidification of the soils was similar. All were characterised as strongly acidic or, in some cases, acidic and have relatively low content of basic cations (Table 2).

The diversity of the vegetation at the studied dunes

The plant community of the Ławki Małe dune can be defined as a not fully developed *Tilio-Carpinetum* Tracz 1962 deciduous forest (Czubaszek 2011). The basis for this determination was the floristic composition. Aside from accompanying species, the area is dominated by deciduous-eutrophic species of the *Fagetalia* order and mesotrophic of the *Quercus-Fagetea* class (Table 3). The average tree cover was about 40%. This was dominated by pedunculate oak (*Quercus robur*) with a smaller proportions of Norway maple (*Acer platanoides*), Euro-

pean hornbeam (*Carpinus betulus*), silver birch (*Betula pendula*) and Wych elm (*Ulmus glabra*). The average shrub cover slightly exceeded 40%. In addition to the tree species already mentioned, the shrub layer is made up of euonymus (*Euonymus verrucosus*), common hazel (*Corylus avellana*), rowan (*Sorbus aucuparia*) and alder buckthorn (*Frangula alnus*). The herb layer of the described community covered almost 100% of the area. Mainly deciduous species prevailed. Of all the species, the greatest coverage and stability were achieved by yellow archangel (*Galeobdolon luteum*), wood millet (*Milium effusum*) and mountain melick (*Melica nutans*), considered to be an indicator species of eutrophic habitats. No layer of moss was found in the studied area. Although rich in species composition, a significant number of species characteristic for *Quercus-Fagetea* were lacking. The relatively high proportion of associated species and the presence of species from other classes, especially those related to human activity, indicated that the described community represented a not fully developed deciduous forest. The basis for such a finding was the significant share of meadow and pasture species of the *Molinio-Arrhenatheretea* class, for example, tufted hair grass (*Deschampsia caespitosa*) and red fescue (*Festuca rubra*) as well as the species of ruderal xerothermic communities of the *Agropyretea* class, quackgrass (*Agropyron repens*) (Table 3).

Table 3. Differentiation of the synthetic properties of plant communities

Syngenetic groups	Not fully developed <i>Tilio-Carpinetum</i> Ławki Małe			<i>Serratulo-Piceetum</i> Uroczysko Serwańce		
	S	G	D	S	G	D
<i>Cl. Quercus-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. Agropyretea</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
Accompanying species	64.17	35.98	23.09	50.69	45.34	22.99

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

The plant community developed at Uroczysko Serwańce had a completely different character than at Ławki Małe. Analysing the floristic composition helped to establish it as *Serratulo-Piceetum* Sokol 1968, a multi-species mixed forest. As in the case of Ławki Małe, the species composition was dominated by accompanying species, with the next largest share held by *Vaccino-Piceetea* species related to coniferous forests. The *Quercus-Fagetea* class was present to a much lesser degree here, while the share of heath species from the *Nardo-Callunetea* class significantly increased (Table 3). The tree coverage of Uroczysko Serwańce averaged 50%. It was comprised primarily of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and, to a lesser degree, pedunculate oak (*Quercus robur*). The shrub layer was mainly made up of pine saplings. In addition, large shares of the area were covered by common hazel (*Corylus avellana*), common juniper (*Juniperus communis*) and silver birch (*Betula pendula*), accompanied by single individuals of pedunculate oak (*Quercus robur*) and rowan (*Sorbus aucuparia*). The average coverage of this layer was approximately 50%. The herbaceous layer was mainly comprised of wood small-reed (*Calamagrostis epigejos*). A large share of this layer also included sheep's fescue (*Festuca ovina*), common bent (*Agrostis capillaris*) and red fescue (*Festuca rubra*). In addition, there were also tree and shrub seedlings: oak, juniper as well as single individuals of spruce and rowan. The average coverage of the herb layer was estimated to be 40%. There was a rich layer of mosses and lichens in the mixed coniferous forest. The average coverage was approximately 60%. Red-stemmed feather moss (*Pleurozium schreberi*) dominated this layer, accompanied mostly by juniper haircap moss (*Polytrichum juniperinum*) and rugose fork-moss (*Dicranum polysetum*). There were also single individuals of such species as *Eurhynchium angustirete*, cypress-leaved plait-moss (*Hypnum cupressiforme*) and broom fork-moss (*Dicranum scoparium*).

Determining habitat conditions on inpeatland dunes using the ecological indicator values method

The ecological indicator values method enables two groups of indicators to be determined: climatic and edaphic (Table 4).

The close proximity of the studied sites resulted in similar values of temperature and continentality (Table 4). Larger differences between the sites occurred in the case of the light value. The value obtained at the Ławki Małe dune indicated semi-shaded conditions, while moderate or full light was observed at Uroczysko Serwańce.

The soil indicators calculated at the studied dunes on one hand confirmed their specific properties described earlier, but on the other hand, 'differentiated' the dunes to a large extent. The values for moisture content and organic matter content were similar. The values of these indicators at both Ławki Małe and Uroczysko Serwańce pointed to a fresh habitat and humus-mineral soil. As for the other features, they indicate that the soils at Ławki Małe developed from sandy clays or silt deposits, had a neutral pH, and the habitat could be described as mesotrophic or eutrophic, while the soils at Uroczysko Serwańce evolved from sand deposits, had a moderately acidic pH and developed an oligotrophic or mesotrophic habitat.

Determining habitat conditions on inpeatland dunes using the forest soil trophism index

Calculated on the basis of selected soil properties, the habitat quality indicators clearly differentiated the dunes under study. The ITGL value for the Uroczysko Serwańce dune had a range of 14.92–16.05, while in the case of Ławki Małe, it was 18.20–18.96 (Table 5).

Two elements were mainly responsible for these differences. The first was the higher fraction of silt in soils developed at Ławki Małe dune, which resulted in

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

Object	Climatic indicators			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

Explanation: L – light value, T – temperature value, K – continentality value, W – soil moisture value, Tr – trophism value, R – soil acidity value, D – soil granulometric value, H – organic matter content value

Table 5. Indicator values assigned to soil properties to determine the forest soil trophism index (*ITGL*)

Object	Horizon	Depth [cm]	I_{pyl}	I_{cs}	$I_{C:N}$	I_{pH}	I_{kat}	Thickness [cm]		I_{Σ}	<i>ITGL</i>
								horizon	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	
	C	73–150	4	1		6	4	77		15	
Ławki Małe 1	A	0–15	7	3	4	4	5	15	150	23	18.96
	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	
	C	88–150	6	2		5	4	62		17	
Ławki Małe 2	A	0–22	7	3	2	1	5	22	150	18	18.20
	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	
	C	82–150	7	1		6	4	68		18	
Ławki Małe 3	AEs	0–22	8	2	6	3	5	22	150	24	18.43
	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	

Explanation: I_{pyl} – indicator of silt content, I_{cs} – 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

a higher indicator value. The second factor influencing the higher *ITGL* values obtained for Ławki Małe was the much greater thickness of the humus horizon of the soil. The weighted average calculated for this parameter clearly increased the index value for the entire studied profile.

4. Discussion

The results confirmed both a diverse habitat in adjacent dune areas of the Narew River Valley, as well as their specificity. Compatibility was confirmed between

habitat and vegetation at Uroczysko Serwańce with its mixed forest community functioning on relatively poor rusty soils, whereas the Ławki Małe dune has a system that can be considered unusual, where soils with chemical properties indicating an ongoing process of podzolisation developed under deciduous vegetation. The fact that, in some cases, rich deciduous forests developed on inpeatland dunes is due to their specific location, surrounded by peatlands. On the one hand, peatlands create a climate of rapidly decomposing organic matter, thereby accelerating the recirculation of elements. On the other hand, they provide plants with nutrients taken up by the root systems of trees growing at dune edges. The nutrients taken up by the plants return to the soil when the plant dies back. This plant matter is then very rapidly mineralised, making it possible to reuse the elements (Prusinkiewicz et al. 1974; Prusinkiewicz, Biały 1976).

The construction of the soil profile of inpeatland dunes located in the Narew River Valley, and especially the observed system of their genetic horizons, in conjunction with the deposits from which they are built, is characteristic of rusty soils (Systematics ... 2011). What differentiates the studied soils, especially those developed at Ławki Małe, from others of this type is a well-developed layer of humus, distinctly cut off from the adjacent layer below. Both of these features may be the result of agricultural activity conducted here in the past, which also masked the morphological manifestations of the podzolisation process.

The results of research conducted by the Archaeological Photographs of Poland indicated the activity of humans in the Biebrza Valley in all archaeological epochs: from the Paleolithic through the Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, the so-called 'Early Iron Age', the Middle Ages to modern times (Pietrowski, Balcerzak 2000). Czerwiński (1983) wrote about the possibility of the soils of inpeatland sand dunes being farmed in the sixteenth century. The author emphasised that this was primitive cultivation, and could have contributed to the resumption of Eolian processes, as evidenced by the presence of palaeosolic soil horizons. As a result of succession, oak forests developed on the exposed surfaces. Jentsch and Beyschlag (2003) and Lawesson and Wind (2002) presented a similar model of vegetation succession on inland dunes. In time, inpeatland dunes were mainly used as pasture, which greatly distorted the plant communities occurring there. Moreover, the dunes continue to be managed as pasture to this day. Burning stubble in the spring is also related to pasturing cattle, which resulted in the abundant development of grasses (Czerwiński 1995). This is evidenced by the numerous wood coals in the genetic horizons of the studied dune soils.

The specified climatic indicators for the studied in-peatland dunes exhibit little variation. The results indicate generally moderately cool and moderately warm climatic conditions characteristic of most of the lowlands, with a particular focus on its northern part. The continentality index value indicates the dominance of species neutral to these climate conditions, and thus able to tolerate both low and high temperatures, as well as moist and dry air (Zarzycki et al. 2002). A slightly greater variation in the light indicator value at Ławki Małe dune is probably caused by the higher amount of tree and shrub cover there.

The soil indicators calculated for the studied dunes point to much more favourable habitat conditions than can be inferred from the deposits building these landforms. According to the analysis of the grain size composition, one of the basic characteristics of the soil, which bear on a number of other properties, all of the tested soils were formed of loose sandy deposits (Table 2). Such soils are generally characterised by low moisture, acidity, low organic matter content and little nutrient content for plants. The observed discrepancy between the calculated moisture indicator, indicating a fresh habitat, and the character of the deposits from which the studied inpeatland dunes are built was also described by other authors. According to Roo-Zielińska (2004), the dry but nutrient-rich soils can provide plants with enough nutrients, despite their limited transpiration. Thus, they can be colonised by species that are assigned to higher moisture indicator values. The slightly higher value of this index at Ławki Małe dune may be due to a higher content of silt, which improves the moisture properties of sandy deposits, enabling richer vegetation to develop, which provides a great amount of organic debris that raises the trophism of the habitat. The difference in the trophism indicators calculated for the studied dunes is primarily caused by the high cover ratios obtained for the deciduous *Querco-Fagetea* class at Ławki Małe. At Uroczysko Serwańce, a coniferous species the Scots pine dominates, which does not have high trophism demands.

When comparing the obtained trophism index values of forest soils with the ranges provided by the Atlas of Polish Forest Soils (Brożek, Zwydak 2003) for different types of soils, it can be concluded that they overlap with the ranges defined for lowland podzolic and rusty soils. According to soil trophism categories, the soils developed on the Uroczysko Serwańce should be treated as oligotrophic, and the soils developed on Ławki Małe dune as mesotrophic. The authors of the above-mentioned atlas attempted to use the forest soil trophism

index to diagnose lowland and upland forest habitats. As a result of analyses undertaken for this purpose in various regions of Poland, several types of habitats were distinguished, which can be categorised in the following manner based on their ITGL value:

$ITGL \leq 10.0$	coniferous habitats,
$ITGL 10.1-16.0$	mixed coniferous habitats,
$ITGL 16.1-26.0$	mixed deciduous forest habitats,
$ITGL > 26.0$	deciduous forest habitats.

Given the above classification, we can conclude that Uroczysko Serwańce has a mixed coniferous habitat, while Ławki Małe has a mixed deciduous habitat. These results coincide with the results of the floristic analysis carried out at the study sites. This consistency indicates the usefulness of the ITGL method to determine habitat conditions on dunes surrounded by peatlands despite the fact that, as stated by Brożek et al. (2010) in concluding his research, the numerical indicators of trophism are especially suitable for use in forests with a tree species composition similar to a natural state, where the climate does not differentiate the living conditions of the trees.

5. Conclusions

Based on the research conducted, the following conclusions can be formulated:

1. The basic factors conditioning the development and influencing the functioning of the relatively rich plant associations on the inpeatland dunes of the Narew River Valley are their location, surrounded by peatlands, as well as the activity of humans, both in the past as well as in the present-day.

2. Despite their proximity and nearly identical soil substrate, which in both cases are loose dune sands, plant communities differing by their floristic composition developed on neighbouring dune areas in the Narew River Valley. A deciduous forest community developed at Ławki Małe, while Uroczysko Serwańce has a mixed coniferous forest community.

3. The methods of assessing habitat conditions used in the work showed diverse compliance in the ecological systems observed at the inpeatland dunes. The ecological index values indicated convergence between the plant association and the soils developed at Uroczysko Serwańce, while the results obtained for Ławki Małe indicate a much richer material in its substrate. The assessment of soil trophism conditions conducted by using the forest soil trophism index agreed in both cases with the forest communities actually occurring at the studied dunes.

Acknowledgements

The study was financed by funds for the implementation of S/WBiŚ/1/11.

References

- Banaszuk H. 1979. Geneza i ewolucja pokrywy glebowej na wydmach Kotliny Biebrzańskiej. *Roczniki Gleboznawcze*, 30 (2): 111–142.
- Banaszuk H. 2004. Geomorfologia Kotliny Biebrzańskiej, in: Kotlinia Biebrzańska i Biebrzański Park Narodowy. Aktualny stan, walory, zagrożenia i potrzeby czynnej ochrony środowiska. Monografia przyrodnicza. (ed. H. Banaszuk) Białystok, s. 44–98. ISBN 83-88771-49-3.
- Banaszuk H., Banaszuk P. 1992. Kopalne gleby staroholocenyckie 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 p. ISBN 83-88478-17-6.
- Brożek S., Gruba P., Lasota J., Zwydak M., Wanic T., Pacanowski P., Błońska E., Rózański 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 [Soil quality indexes for natural forest habitat on Polish low lands and uplands and their application in forest management as a tool in preserving and restoring diversity of forests]. *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 p. 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 wydm śródtorfowych położonych na obszarze Kotliny Biebrzańskiej i doliny Narwi [Flora of the inpeatland dunes located in the Biebrza River Valley and the Narew River Valley]. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 2, 1: 21–26.
- Czubaszek R., Iwanek E. 2012. Rozkład opadu organicznego w zbiorowiskach roślinnych porastających wydmy śródtorfowe w dolinie Narwi [Decomposition of the litter fall in plant communities growing on the inpeatland dunes in the Narew River Valley]. *Sylwan*, 156 (9): 444–450.
- Dąbrowska-Prot E. 1998. Ekologiczne problemy wysp środowiskowych w krajobrazie ze szczególnym uwzględnieniem wysp leśnych, in: *Ekologia wysp leśnych* (ed. J. Banaszak). Bydgoszcz, Wydawnictwo Uczelniane WSP, p. 177–192. ISBN 8370962904.
- Grzybowski J. 1982. Gleby kopalne wydm 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.
- Lotowska J. 2008. Porównanie właściwości chemicznych wierzchnich poziomów gleb wykształconych pod zbiorowiskami borowymi i łąkowymi porastającymi wydmy śródtorfowe. 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 p. ISBN 83-85-44483-1.
- Mycielska-Dowgiałło 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 p. ISBN 83-85-44484-X.
- Pawłowski B. 1972. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania, in: *Szata roślinna Polski*, vol. 1 (eds. W. Szafer, K. Zarzycki). Warszawa, PWN, p. 237–268.
- Pietrowski A., Balcerzak J.T. 2000. Inwentaryzacja i waloryzacja zasobów archeologicznych na obszarze i w otulinie BPN, in: *Plan Ochrony BPN. Ochrona zasobów kulturowych*, vol. 2, (ed. A. Kowalczyk), Warszawa.
- Prusinkiewicz Z., Biały K. 1976. Gleby wybranych rezerwatów leśnych województw bydgoskiego, toruńskiego i wrocławskiego [The soils of the selected forest reserves of the provinces of Bydgoszcz, Toruń and Wrocław]. *Studia Societatis Scientiarum Torunensis, Sectio C (Geographia et Geologia)*, 8 (3), 173 p.
- Prusinkiewicz Z., Dziadowiec H., Jakubusek M. 1974. Zwrot do gleby pierwiastków-biogenów z opadem roślinnym w lesie liściastym i mieszanym na luźnych glebach piaskowych [Return to soil of elements-biogens with leaf fall in deciduous and mixed forest on loose sandy soils]. *Roczniki Gleboznawcze*, 25 (3): 237–245.
- Revised Standard Soil Color Charts. 1997. Eijkelpamp Agrisearch Equipment.
- Roo-Zielińska E. 2004. Fitoindykacja jako narzędzie oceny środowiska fizycznogeograficznego [Phytoindication as a tool in the evaluation of geographical environment : theoretical base and comparative analysis of the methods applied]. *Prace Geograficzne*, 199: 1–308.
- Systematyka Gleb Polski. 2011. *Roczniki Gleboznawcze*, 62 (3).
- Wołkowycki D. 2004. Różnorodność florystyczna wyniesień mineralnych w Dolinie Górnej Narwi, in: *Przyroda Polski w europejskim dziedzictwie dóbr natury: 53 Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego, Toruń-Bydgoszcz*, 103 p.
- 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., Trzcńska-Tacik H., Różański W., Szelaż Z., Wołek J., Korzeniak U. 2002. Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski [Ecological indicator values of vascular plants of Poland]. *Różnorodność biologiczna Polski*, 2 [Biodiversity of Poland, vol. 2], Kraków, 183 p. ISBN 83-85444-95-5.

Contributions

- R.C. – development of the concept of the article, interpretation of results, literature review and preparation of the manuscript
- E. K. – preparation of research results for analysis and literature review