

## WYKORZYSTANIE GIS I TELEDETEKCJI JAKO NARZĘDZI DO ANALIZY SUKCESJI ZAKRZEWIEŃ W NARWIAŃSKIM PARKU NARODOWYM

### THE IMPLEMENTATION OF GIS AND REMOTE SENSING TO ANALYSIS OF SHRUB SUCCESSION IN THE NAREW NATIONAL PARK

**Paweł Próchnicki**

Zakład Ekologii Krajobrazu, Politechnika Białostocka

**Słowa kluczowe:** sukcesja zakrzewień, Narwiański Park Narodowy, mokradła, analiza danych  
Keywords: shrub succession, Narew National Park, wetlands, data analysis

## Wprowadzenie

W Polsce jak i w całej Europie, obszary mokradłowe ze względu na ich specyficzny charakter są silnie narażone na antropopresję. Negatywne zmiany środowiska naturalnego, takie jak: melioracje, zrzut ścieków, niewłaściwe użytkowanie, powodują szereg negatywnych zmian w tych ekosystemach. Początkowo zachodzące zmiany są trudne do zaobserwowania, bo dotyczą głównie warunków siedliskowych, ale z czasem wpływają także na inne elementy ekosystemów mokradłowych, powodując degradację ich wartości przyrodniczych. Roślinność jest elementem, który możemy traktować jako indykator zachodzących przemian, które są namacalnym dowodem przekształceń siedlisk i zaburzeń stosunków wodnych.

Jednym z przykładów zagrożonych ekosystemów jest dolina Górnej Narwi w granicach Narwiańskiego Parku Narodowego (NPN – powierzchnia około 6800 ha), która stanowi unikalny na skalę europejską otwarty ekosystem torfowiskowy. Rzeka na tym odcinku (pomiędzy miejscowościami Suraż i Rzędziany) tworzy rzadko spotykany układ hydrologiczny nazywany anastomozującym lub warkoczowatym (Gradziński et al., 2000). Składa się na niego sieć rozdzielających się i ponownie łączących koryt. Koryta, wyryte w torfowym podłożu, są stabilne i głębokie, cechuje je mały spadek, a co za tym idzie wolny przepływ. Brzegi większości koryt są silnie zarośnięte roślinnością, która je wzmacnia i chroni przed erozją. Znaczącą rolę w kształtowaniu takiego układu przypisuje się roślinności, której rozwój może doprowadzać do powstawania lokalnych zatamowań i nowych koryt (Gradziński et al., 2003).

Układ ten ukształtował się w dolinie o charakterze wytopiskowym. Jego geneza związana jest z procesami zaniku ostatniego na tym terenie lądolodu skandynawskiego. W młodszym holocenie nastąpiło zabagnianie doliny. Klimat w tym okresie stał się wilgotniejszy, a dodatkowo zatamowanie odpływu z doliny wywołane zasypywaniem materiałem mineralnym, spowodowało podniesienie się poziomu wód gruntowych i podtopienie doliny. Siedliska kształtowane są głównie przez zasilanie fluwiogeniczne i są to głównie siedliska trwale lub okresowo zalewane. Niewielka część siedlisk o charakterze przesuszonym zlokalizowana jest w strefie kontaktu z wysoczyzną i zasilana jest wodami gruntowymi (Banaszuk, 1996). Utworami, które wypełniły i całkowicie przykryły utwory mineralne w podłożu doliny są torfy. Proces torfotwórczy zainicjowany został około 3000 lat temu, spowodowany był tamowaniem odpływu wód z doliny. Złoża torfowe mają średnio miąższość 0,5–1,5 metra (Churski 1973; Okruszko, Oświt, 1973).

Roślinność ekosystemu doliny Narwi w obrębie NPN cechuje się przewagą zbiorowisk szuwarowych i łąkowych nad roślinnością wysoką (drzewiastą i krzewiastą), która stanowi tylko około 13% ogólnej powierzchni Parku (Bartoszuk, 1996). Taki charakter szaty roślinnej zawdzięczamy specyficznym warunkom hydrologicznym panującym w dolinie. Układ hydrologiczny Narwi oparty jest o piętrzenie wód rzecznych i gruntowych. Niewielkie deniwelacje i zarastanie koryt rzecznych sprzyjają kształtowaniu się siedlisk podtapianych i zalewanych. Opisywany fragment doliny jest obszarem zalewowym. Wody rzeczne kształtują siedliska, a co za tym idzie szatę roślinną. Znamionną cechą doliny było występowanie w okresie wiosennym długich, kilkutygodniowych, zalewów powierzchniowych (Oświt, 1991; Banaszuk 1996). W takich warunkach rozwój roślinności wysokiej jest ograniczony ze względu na wysoki potencjał redox siedliska i związane z nim uszkodzenie korzeni roślin (Crawford, 1996).

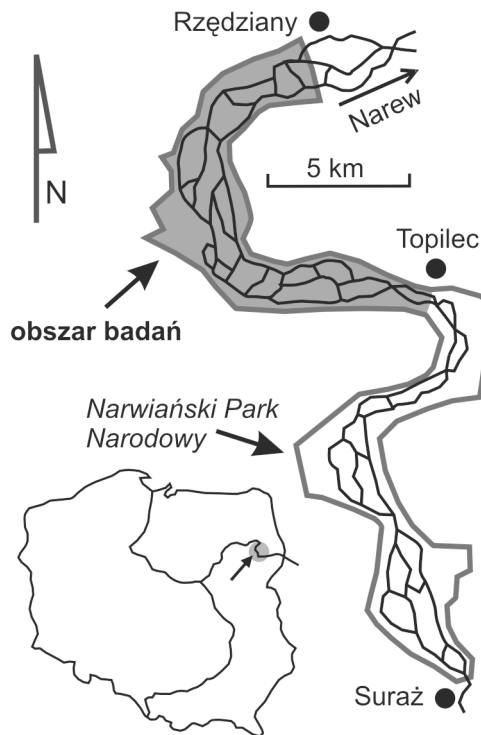
Roślinność leśna doliny to głównie olsy, łągi jesionowo-olszowe i grądy subkontynentalne. Zbiorowiska te położone są głównie na skrzydłach doliny, w styku z okalającą wysoczyzną i na mineralnych wyniesieniach wyrastających ponad torfowe podłoże. Lokalizacje te charakteryzują się małym wpływem wód zalewowych, co sprzyja rozwojowi tych zbiorowisk. Wśród roślinności szuwarowej występuje roślinność krzewiasta. Są to głównie łożowiska, zarośla wierzby rokity i brzozy niskiej i wikliny nadrzeczne (Bartoszuk, 1996; Solon, 1990). Można tu spotkać następujące gatunki: wierzba biała, wierzba szara, wierzba trójpręcikowa, wierzba wiciowa, wierzba rokita, wierzba purpurowa i inne (Solon, 1990; Wołkowycki, 2003).

Historycznie, dominującym typem roślinności były niskie szuwary zbudowane z gatunków turzycowych (głównie *Carex gracilis* i *Carex elatae*). Ich powierzchnię, pod koniec lat 60. szacowano na około 78%. Od początku lat 80. ubiegłego rośliność doliny ulega niekorzystnym przemianom. Najbardziej niekorzystnym i bardzo intensywnym procesem jest zastępowanie niskich szuwarów turzycowych wysokim szuwarami trzcinowymi (Banaszuk, 1996; Bartoszuk, 1996; Próchnicki 2000). Tworzą one jednogatunkowe agregacje łąkowe. W latach 60. udział szuwarów trzcinowych był marginalny, występowały pasowo wzdłuż koryt rzecznych (Okruszko, Oświt 1973; Oświt 1991). W roku 1987 ich powierzchnię oszacowano na około 18%, a w roku 1997 – 34% ogólnej powierzchni Parku (Próchnicki, 2005).

Na terenie Parku obserwować także można proces wkraczania zakrzewień, który ma inny charakter przestrzenny niż trzcinowienie, nie jest tak gwałtowny i może być traktowany jako wskaźnik zachodzących w dolinie procesów sukcesji ekologicznej (Tallis, 1996). Sukcesja ta, zgodnie z modelami opisanymi w literaturze, może doprowadzić do przemiany tego otwartego ekosystemu w ekosystem zamknięty, a tym samym utraty jego cennych walorów przyrodniczych.

Z racji obniżania bioróżnorodności biologicznej i zmniejszania miejsc lęgowych wielu gatunków ptaków wodno-błotnych (Lenartowski, 1996), ekspansje trzciny pospolitej i zakrzewień uważane są za niebezpieczne i szkodliwe ekologicznie. Przyczyny tych zjawisk najczęściej wiąże się z zaprzestaniem koszenia łąk turzycowych i zmianą warunków hydrologicznych (zmniejszenia ogólnej ilości wody przepływającej doliną i zanik wiosennych okresów wyżówkowych) (Banaszuk, 1996; Bartoszek, 1996; Dembek, 2002).

Sukcesja i przestrzenny rozwój zakrzewień w Narwiańskim PN nie były jak dotąd dokumentowane. Z wstępnej analizy materiałów teledetekcyjnych i obserwacji terenowych wynika że proces taki zachodzi i przy analizie przemian roślinności w dolinie należy go uwzględnić. Przeprowadzone badania miały na celu rozpoznanie rozmieszczenia przestrzennego zwartych i rozproszonych formacji krzewiastych w Narwiańskim Parku Narodowym w latach 1966–1997. Badaniami objęto fragment doliny między miejscowościami Topilec i Rzędziany (fragment ten stanowi około 1/2 powierzchni całego NPN; 3 940 ha, rys. 1).



Rys. 1. Teren badań

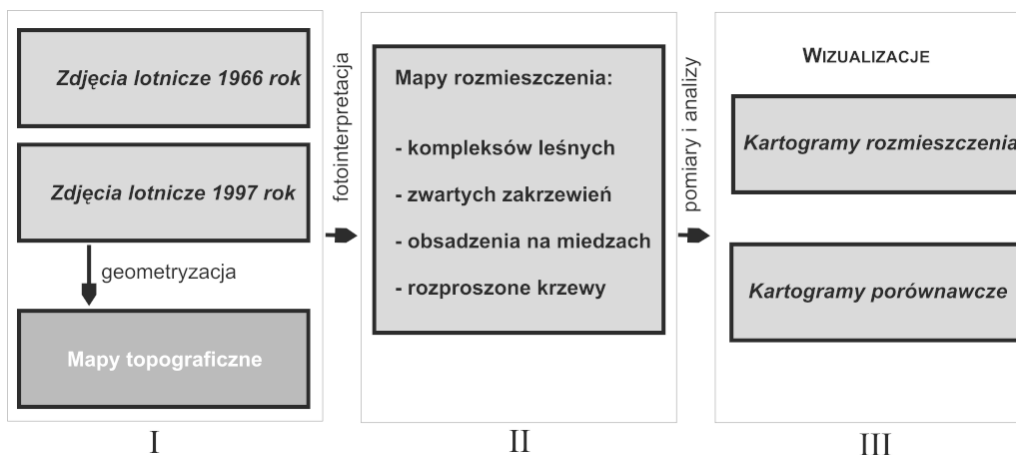
## Metodyka

W badaniach użyto zdjęć panchromatycznych wykonanych w roku 1966 oraz zdjęć spektrostrefowych wykonanych w roku 1997. Ze zdjęć z roku 1997 sporządzona była cyfrowa ortofotomapa (uzyskana dzięki uprzejmości Dyrekcji NPN), natomiast zdjęcia z roku 1966 poddano skanowaniu a następnie geometryzacji. Do geometryzacji wykorzystano mapy topograficzne w układzie „65”, z których przez porównania treści ze zdjęciem lotniczym wybrano punkty osnowy niezbędne w tym procesie. Tak otrzymane cyfrowe obrazy lotnicze były podstawowym źródłem danych do kartowania rozmieszczenia roślinności krzewiastej i leśnej. Podstawą ich wyróżniania były cechy bezpośrednie: kształt, wielkość, barwa i struktura zarejestrowana na zdjęciach oraz cechy pośrednie: cień własny i rzucany (Ciołkosz i in., 1999). Wykorzystanie tych cech rozpoznawczych pozwala na poprawną identyfikację obiektów jak również określenie ich własności geometrycznych (np.: powierzchnia rzutu koron). W wyniku prac fotointerpretacyjnych powstały mapy z dwóch okresów wegetacyjnych (z roku 1966 i 1997) przedstawiające występowanie roślinności krzewiastej i drzewiastej w formacjach zwartych i rozproszonych.

Wszystkie prace fotointerpretacyjne, kartograficzne i analizy przestrzenne wykonano przy pomocy narzędzi GIS (oprogramowanie Geomedia i Microstation Geographics).

## Wyniki i wnioski

Celem badań było kartograficzne udokumentowanie sukcesji zakrzewień oraz rozpoznanie rozmieszczenia przestrzennego krzewiastych formacji roślinnych w Narwiańskim Parku Narodowym w latach 1966–1997. W tym celu zbudowano 3-modułowy system GIS (rys. 2): moduł danych wejściowych, moduł map rozmieszczenia formacji krzewiastych i moduł analityczno-wizualizacyjny. Na moduł danych wejściowych złożyły się: mapy topograficzne (stanowiące informację sytuacyjną i bazę do geometryzacji zdjęć lotniczych) i rastrowe obrazy zdjęć lotniczych. Materiały te osadzono we wspólnym układzie współrzędnych „65”.



Rys. 2. Schemat systemu GIS

Na drugi moduł złożyły się mapy numeryczne opracowane w drodze interpretacji zdjęć lotniczych. Pozyskana informacja o charakterze inwentaryzacyjno-dokumentacyjnym została zapisana jako zestaw map wektorowych, a poszczególne obiekty skategoryzowano. Kartowano występowanie roślinności wysokiej (krzewów i drzew) występującej na obszarze doliny. Na mapach rozmieszczenia wydzielono następujące kategorie obiektów:

- zwarte kompleksy leśne – z uwagi na charakter doliny występujące na obrzeżach doliny w styczości z wysoczyzną,
- zwarte kompleksy zbudowane z gatunków krzewiastych – zlokalizowane najczęściej, podobnie jak lasy, na obrzeżach doliny lub wyniesieniach mineralnych tzw. grądach,
- krzewiaste lub drzewiaste obsadzenia na miedzach – obiekty o charakterze liniowym,
- rozproszone lub rosnące w skupiskach pojedyncze osobniki krzewów.

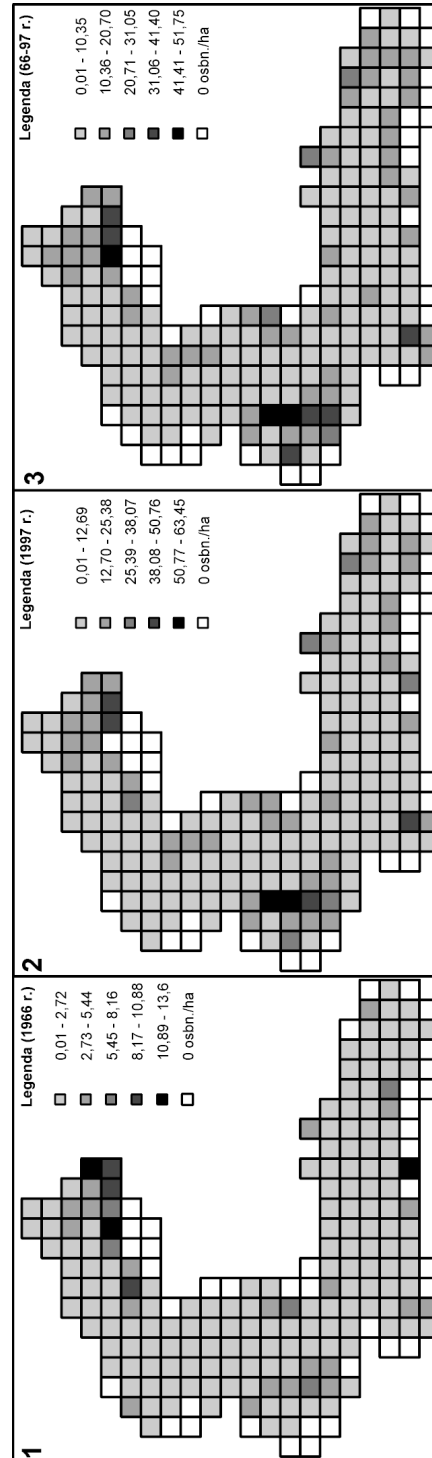
Najwięcej uwagi poświęcono kartowaniu pojedynczych osobników rozsianych na obszarze doliny, ponieważ to one traktowane są jako wyznacznik sukcesji, a ich obecność i rozkład przestrzenny nie były dotąd analizowane. Każdy zaobserwowany osobnik zaznaczano na mapie jako poligon reprezentujący rzut jego korony. Umożliwiło to zarówno pomiar powierzchni objętej zakrzewieniami (włączając w to powierzchnię zwartych kompleksów krzewiastych) jak i ustalenie precyzyjnej liczby osobników na badanym obszarze. Taki sposób kartowania podyktowany jest biologicznymi właściwościami gatunków krzewów zasiedlają-

cych dolinę, rozwój osobniczy uwidacznia się poprzez powiększanie się koron, a zwłaszcza ich rzutu. W związku z tym za główny wyznacznik tempa sukcesji – rozwoju przestrzennego – przyjęto liczbę osobników.

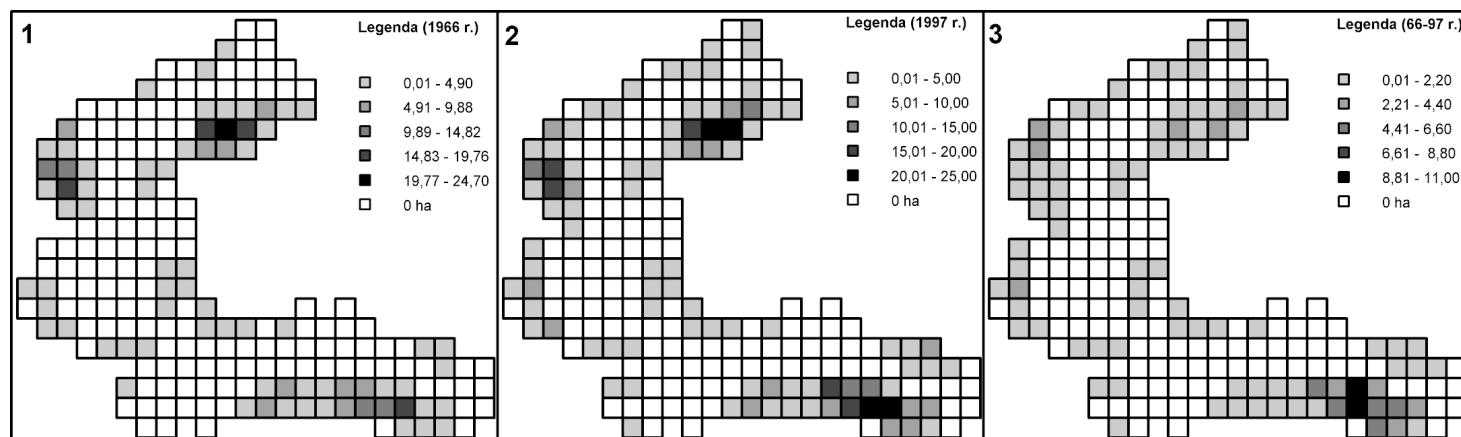
W trzecim module analityczno-wizualizacyjny wykorzystano kartogram. Utworzono siatkę dzielącą obszar badań na 219 regularnych pól o wymiarze 500 na 500 m (powierzchnia 25 ha). W każdym polu rejestrowano następujące dane liczbowe: liczbę osobników i powierzchnię zakrzewień w roku 1966 i 1997 oraz powierzchnię kompleksów leśnych. Pozyskane dane ilościowe i powierzchniowe zestawiono w bazie danych i wykorzystano do generowania kartogramów tematycznych (chorochromatycznych) i oceny rozkładu przestrzennego. Przygotowane mapy i kartogramy umożliwiły retrospekcyjne pomiary porównawcze i analizę zmienności przestrzennej rozwoju zakrzewień w dolinie.

Na bazie opracowanych map oszacowano liczbę osobników krzewów w roku 1966 na 4946 sztuk, a w roku 1997 na 33 299 sztuk. W ciągu 31 lat przybyło 28 353 sztuk, co daje prawie 7-krotny wzrost liczby osobników. Co roku pojawiało się prawie 915 nowych osobników. W roku 1966 na jeden hektar obszaru badań przypadało średnio 1,4 osobnika, a w roku 1997 już prawie 9,4. Liczby te potwierdzają wstępne obserwacje i pozwalają stwierdzić, że proces zarastania doliny roślinnością wysoką zachodzi dość intensywnie.

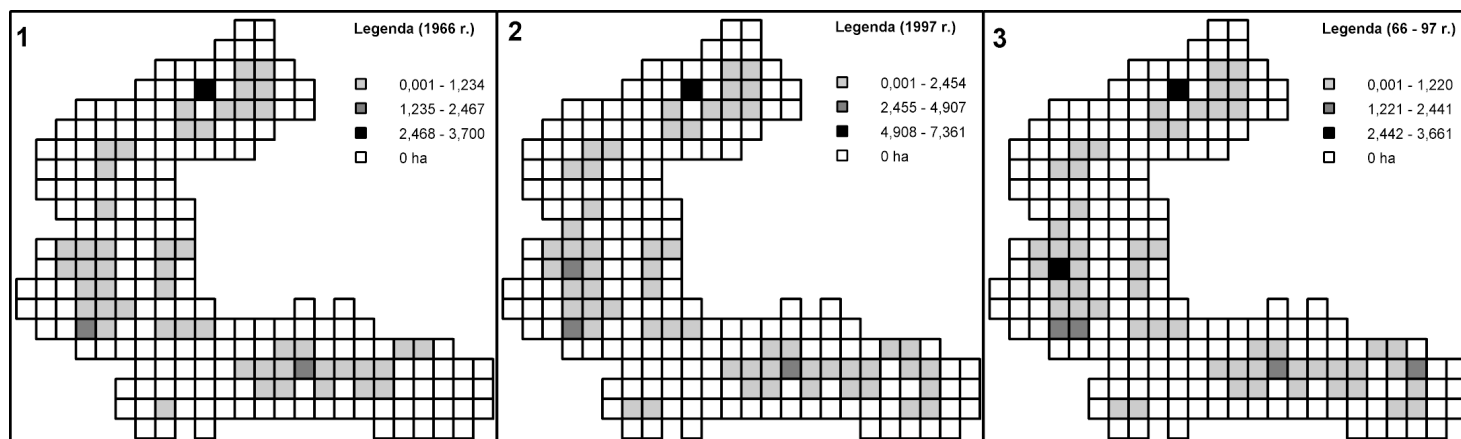
Analizując rozkład przestrzenny zakrzewień w dolinie (rys. 3.1) widzimy, że w roku 1966 był on w miarę równomierny na całej szerokości doliny z niewielkim zwiększeniem liczby osobników na jej brzegach. Wyjątek stanowi północno-wschodni fragment doliny intensywnie porośnięty krzewami, gdzie maksymalne zagęszczenie to około 13 osobników/ha. Analizując stan z roku 1997 (rys. 3.2), dostrzec możemy zmiany pokazujące, iż rozkład przestrzenny zakrzewień nie jest już tak równomierny. Środkowy pas doliny, będący pod dużym wpływem wód rzecznych, jest w miarę



Rys. 3. Rozkład przestrzenny zakrzewień (jednostki: osobnik/hektar): 1 – w roku 1966, 2 – w roku 1997, 3 – przyrost w latach 1966 do 1997



Rys. 4. Rozkład przestrzenny kompleksów leśnych (w hektarach): 1 – w roku 1966, 2 – w roku 1997, 3 – przyrost w latach 1966 do 1997



Rys. 5. Rozkład przestrzenny zwartych zakrzewień na łąkach (w hektarach): 1 – w roku 1966, 2 – w roku 1997, 3 – przyrost w latach 1966 do 1997

homogeniczny, maksymalne zagęszczenie to około 12 osobników/ha. Duży przyrost krzewów widoczny jest na skrzydłach doliny, maksymalnie znajduje się tam po około 60 osobników/ha. Zachodzące zmiany dobrze widoczne są na kartogramie porównawczym (rys. 3.3), prezentującym różnicę pomiędzy stanem w roku 1997 i 1966.

Powierzchnię zwartych kompleksów leśny w roku 1966 oszacowano na 283,1 ha (7,2 % obszaru badań), a w roku 1997 – 401,3 ha (10,2%). W ciągu 31 lat na omawianym fragmencie doliny powierzchnia lasów zwiększyła się o 118,2 ha (około 3,81 ha/rok), co stanowi 3% ogólnej jego powierzchni. Z analizy rozkładu przestrzennego kompleksów leśnych (rys. 4) widzimy, że zmiany w areale związane są głównie z rozwojem tych formacji wzdłuż linii styku doliny z wysoczyzną i zajmowanie dostosowanych do ich wymagań siedlisk. Przestrzenny rozwój tych formacji można określić jako marginalny i niemający większego znaczenia przy analizie zjawiska sukcesji.

Na podstawie map pomierzono także areal zgrupowań zasiedlających wyniesienia mineralne w podłożu torfowym (tzw. grądy) oraz roślinności wysokiej rozwijającej się na miedzach. Powierzchnia zakrzewień na grądach w roku 1966 wynosiła 20,7 ha, a w roku 1997 – 49,5 ha. Ich rozmieszczenie przestrzenne (rys. 5) jest ściśle związane i uwarunkowane występowaniem odpowiednich siedlisk. Rozwój przestrzenny tych formacji polega głównie na powiększaniu arealu w obrębie poszczególnych jednostek (grądów), nie pojawiają się nowe skupiska – powierzchnia wyniesień mineralnych jest stała i ograniczona przestrzennie. Powierzchnia zakrzewień rosnących na miedzach w roku 1966 wynosiła 9,8 ha, a w roku 1997 – 28 ha, co daje prawie 3-krotny wzrost. Powiększanie arealu tych formacji jest związane tylko i wyłącznie z rozwojem osobniczym (rozrost koron i powiększanie ich rzutu). Nie obserwowano natomiast pojawiania się nowych nasadzeń na miedzach.

Przeprowadzone badania są dowodem potwierdzającym tezę o sukcesji gatunków krzewiastych w bagiennej dolinie Narwi. Wykorzystane narzędzi GIS i dane teledetekcyjne pozwoliły oszacować i ocenić zachodzące procesy. Największe zmiany zaobserwowano w przestrzennym rozwoju rozproszonych lub rosnących w skupiskach krzewów zlokalizowanych na torfowiskach, wkraczających na siedliska zdominowane przez formacje szuwarowe. Przyrost osobniczy jest bardzo silny i dynamiczny. Przyczyn tego zjawiska można upatrywać w zaburzeniach stosunków wodnych i zmianie sposobów użytkowania. Przyrosty w innych formacjach roślinności wysokiej, tj.: zwarte kompleksy leśne, kompleksy krzewiaste na grądach i nasadzenia na miedzach, mają marginalny charakter i nie wpływają bezpośrednio na obraz zmian sukcesyjnych w dolinie.

### Literatura

- Banaszuk H., 1996: Paleogeografia. Naturalne i antropogeniczne przekształcenia Doliny Górnej Narwi. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko Białystok.
- Bartoszuk H., 1996: Zbiorowiska roślinne Narwiańskiego Parku Krajobrazowego. [W:] *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 428: 79-95, IMUZ Falenty.
- Churski T., 1973: Zarys geomorfologii bagiennego odcinka doliny Górnej Narwi. [W:] *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 134: 11-29, IMUZ Falenty.
- Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R., 1999: Interpretacja zdjęć lotniczych. PWN Warszawa.
- Crawford R., 1996: Root survival in flooded soils, [W:] GORE A. (red.): *Ecosystems of the world 4A – Mires: swamp, bog, fen and moor – General Studies.*, Elsevier Amsterdam.
- Dembek W., 2002: Problemy ochrony i restytucji mokradeł w Polsce. [W:] *Inżynieria Ekologiczna 6. Polskie Stowarzyszenie Inżynierii Ekologicznej* Warszawa.

- Gradziński R., Baryła J., Danowski W. i in., 2000: Anastomosing system of upper Narew river NE Poland – *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, vol. 70: 219-229.
- Gradziński R., Baryła J., Danowski W. i in., 2003: In-channel accretionary macroforms in the modern anastomosing system of the upper Narew river, NE Poland – *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, vol. 73: 35-53.
- Lewartowski Z., 1996: Waloryzacja awifauny legowej Doliny Górnej Narwi i konieczność jej ochrony [W:] *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 428: 123-141, IMUZ Falenty.
- Okruszko H., Oświt J., 1973: Przyrodnicza charakterystyka bagiennej doliny Górnej Narwi jako podstawa melioracji. [W:] *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 134: 31-99, IMUZ Falenty.
- Oświt J., 1991: Roślinność i siedliska zabagnionych dolin rzecznych na tle warunków wodnych. *Roczniki Nauk Rolniczych* 221, Warszawa.
- Próchnicki P., 2000: Wykorzystanie zdjęć spektrostrefowych do kontroli ekspansji trzciny w Narwiańskim Parku Narodowym – Fotointerpretacja w Geografii, *Problemy Telegeoinformacji*, Warszawa Vol. 31: 115-121.
- Próchnicki P., 2005: The expansion of common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.) in the anastomosing river valley after cessation of agriculture use (Narew river valley, NE Poland). *Polish Journal of Ecology* Vol. 53 No. 3: 353-364. PAN Warszawa.
- Solon J., Bartoszek H., Kłoszewska E., 1990: Roślinność rzeczywista doliny Narwi w granicach Narwiańskiego Parku Krajobrazowego, W: Banaszuk H., Czeczuga B. (red.), *Narwiański Park Krajobrazowy i okolica – zagadnienia przyrodnicze i gospodarcze*, *Nauka i Praktyka* Nr 1: 197-229, OBN Białystok
- Tallis J. H., 1996: Changes in wetland communities, [W:] GORE A. (red.): *Ecosystems of the world 4A - Mires: swamp, bog, fen and moor – General Studies.*, Elsevier Amsterdam.
- Wołkowycki D., Dziejma C., Szewczyk M., 2003: Rośliny naczyniowe Narwiańskiego Parku Narodowego. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody* vol. 22 nr 3:369-406. KZPN Białowieża.

### Summary

*The Narew River valley within the boundaries of the Narew National Park has great natural values. This is the last part of the valley, which is influenced by land reclamation works. It has the character of an open peatland ecosystem. A unique phenomenon of the Park's nature is the specific system of hydrologic conditions (anastomosing system), the naturalness of site, abundance of fauna and flora. Formerly, tall-sedges plant communities were a predominant kind of the Park's vegetation. Recently, substitution of tall-sedges by high-rushes and shrubs has been observed. Overgrowing with reed and shrubs is dangerous because it decreases the biodiversity of the Park's ecosystem. To establish the magnitude of shrub succession, aerial photographs from the growing season – dated 1966 and 1997 – were interpreted. These vegetation distributions are mapped and digitized into a GIS application. An overlay of various kinds of shrub's formations is used to determine location and amount of shrubs and, consequently, intensification of changes of the Park's vegetation. Application of cartogram method provided solution of the problem. The cartogram was built of regular grid (500 x 500 m) and was introduced to the GIS. The measuring of shrub's formation area and toll of shrub was carried out in each field. The series of measurement were used to generate thematic cartogram and for spatial analysis. The cartographic measurement showed an increase of the toll of individual shrub by 700% within 31 years. The spread of shrubs varies within the boundary of the Narew valley.*

dr inż. Paweł Próchnicki  
pawelp@pb.bialystok.pl  
tel. (085) 746 96 58