

Teledetekcja i system informacji geograficznej w modelowaniu rozmieszczenia gatunków i zbiorowisk roślinnych w Borach Tucholskich

Andrzej Nienartowicz, Dominik Jan Domin, Anna Filbrandt-Czaja,
Grzegorz Koziński, Mieczysław Kunz*

Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Instytut Ekologii i Ochrony Środowiska,
ul. Gagarina 9, 87-100 Toruń, e-mail: nienart@biol.uni.torun.pl,

* Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Instytut Geografii, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

Streszczenie

Praca przedstawia system informacji geograficznej (GSI) utworzony dla analizowania zmian struktury roślinności na obszarze Borów Tucholskich. Opisano budowę systemu, zwłaszcza baz danych fitosocjologicznych i sposoby jego zasilania informacjami pochodzącymi z takich źródeł jak bezpośrednie badania naziemne, zbiory tekstowe pozyskane z dokumentów i opracowań specjalistycznych, materiały kartograficzne oraz zdjęcia lotnicze i satelitarne. Na dwóch przykładach zaprezentowano sposoby przetwarzania danych i wyniki uzyskane z przeprowadzonych obserwacji zmian szaty roślinnej pod wpływem czynników naturalnych i antropogenicznych. Przedstawiono też wynik zastosowania w technologii GIS metody modelowania kartograficznego do wyznaczenia przypuszczalnych stanowisk gatunków roślin w zależności od występowania określonego kompleksu czynników ekologicznych. Modelowanie kartograficzne przeprowadzono również dla wytypowania potencjalnych rejonów wystąpienia szkód w drzewostanach, wywołanych przez huraganowe wiatry.

Słowa kluczowe: system informacji geograficznej, zastosowanie

Wprowadzenie

Skuteczna ochrona rzadkich i ginących gatunków roślin oraz współtworzonych przez nie zbiorowisk wymaga rozpoznania miejsc ich występowania, określenia kompleksu czynników warunkujących ich prawidłowy rozwój oraz sprecyzowania zagrożeń, które przyczynić się mogą do ich ustępowania. Sprawne archiwizowanie zdobywanych informacji o lokalizacji taksonów i fitocenoz, określanie relacji pomiędzy nimi a czynnikami środowiska, przewidywanie miejsc ich występowania oraz opracowywanie scenariuszy ich dalszego rozwoju ułatwiają procedury realizowane przez geograficzne systemy informacyjne. W ostatnich latach dla wielu regionów świata w technologii GIS opracowano liczne systemy zarządzania informacjami o roślinności na poziomie krajowym (np. Draper i wsp. 2003). Jednakże obiektami przyrodniczymi, dla których najczęściej

utworzono takie systemy są rezerwy biosfery oraz parki narodowe i krajobrazowe. W pierwszej z wymienionych grup obiektów, tj. w rezerwach biosfery, GIS o występowaniu rzadkich, zagrożonych i chronionych gatunkach roślin tworzy jest obligatoryjnie w ramach programu UNESCO MAB Flora (U.S. MAB Bull. 1992). Na terenach takich jak parki narodowe i krajobrazowe systemy informacji geograficznej są tworzone zazwyczaj w ramach ich planów ochrony. Dla obiektów przyrodniczo cennych, lecz położonych poza rezerwatami biosfery oraz parkami narodowymi i krajobrazowymi, jak np. rezerwy lub pomniki przyrody, w warunkach naszego kraju banki danych o roślinności tworzone są przez wojewódzkich konserwatorów przyrody. Analizując zakres gromadzonej informacji można stwierdzić, że we wszystkich wymienionych typach obiektów przyrodniczych systemy informacji geograficznej obejmują częściej dane o rozmieszczeniu gatunków. Dane o występowaniu zbiorowisk roślinnych gromadzone są natomiast najczęściej w postaci map roślinności rzeczywistej. Znacznie rzadziej systemy te zawierają informacje o strukturze zbiorowisk opisanej metodą zdjęć fitosocjologicznych.

Ponieważ od wielu lat istnieje projekt utworzenia na obszarze Borów Tucholskich światowego rezerwatu biosfery, a obiekty takie powinny posiadać m.in. GIS o roślinności, wyprzedzając opóźniające się decyzje o odwołaniu rezerwatu. Grupa florystów, ekologów i geografów z UMK przystąpiła do realizacji takiego systemu. Celem niniejszego opracowania jest zaprezentowanie zasadniczej struktury systemu oraz możliwości jego praktycznego zastosowania do ochrony gatunków i zbiorowisk.

Opis systemu

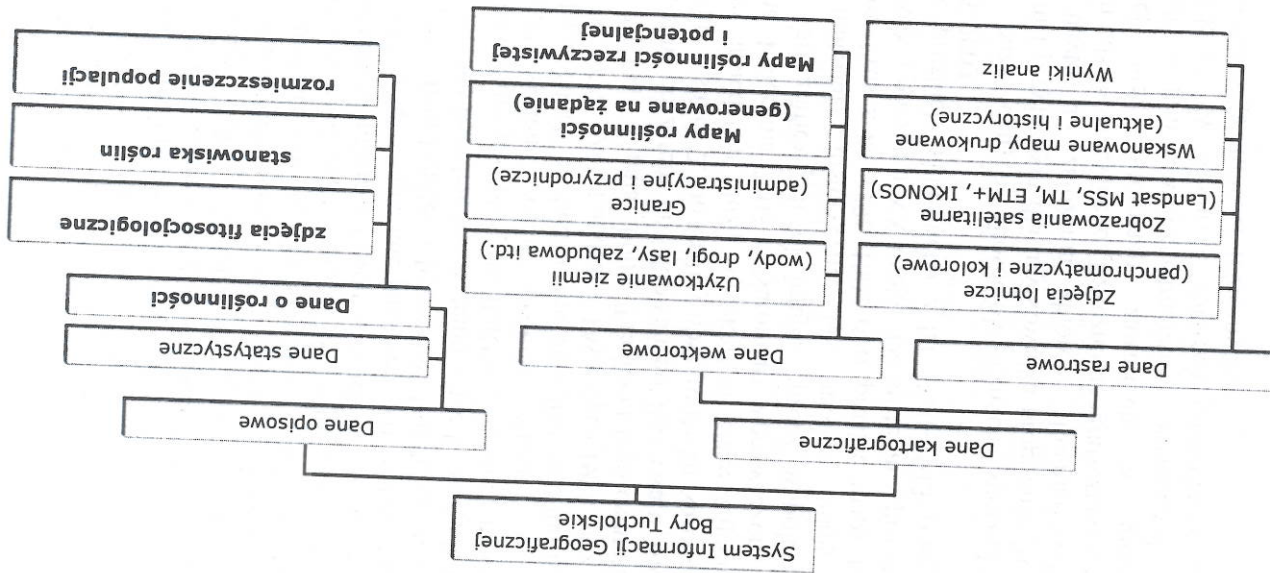
Zasięg terytorialny opracowywanego systemu informacji geograficznej obejmuje cały obszar krajiny przyrodniczo-leśnej Bory Tucholskie w ujęciu Trampiera i wsp. (1990). Struktura systemu informacji geograficznej umożliwia zapisanie w nim danych o szacie roślinnej tego regionu, pozyskanych różnorodnymi metodami, to jest takimi, jakie były stosowane co najmniej na przestrzeni ostatniego półwiecza, czyli w różnych fazach rozwoju nauki o roślinności.

Podstawowym rodzajem gromadzonej informacji są zdjęcia fitosocjologiczne sporządzone metodą Braun-Blanqueta, jednakże system jest także otwarty na dane o stanowiskach gatunków i pojedynczych osobników, np. drzew uznanych za pomniki przyrody oraz informacje o rozmieszczeniu populacji roślin na stałych powierzchniach badawczych, np. w sieci kwadratów lub trwale wyznaczonych poletek o innym kształcie. Do systemu wprowadzić też można, w formie odrębnych poligonów, obszary pokryte przez różne typy zbiorowisk, tworzące wspólnie mapę roślinności rzeczywistej lub potencjalnej. System obejmuje również tak unikalne dane, jak dawne i współczesne spektra

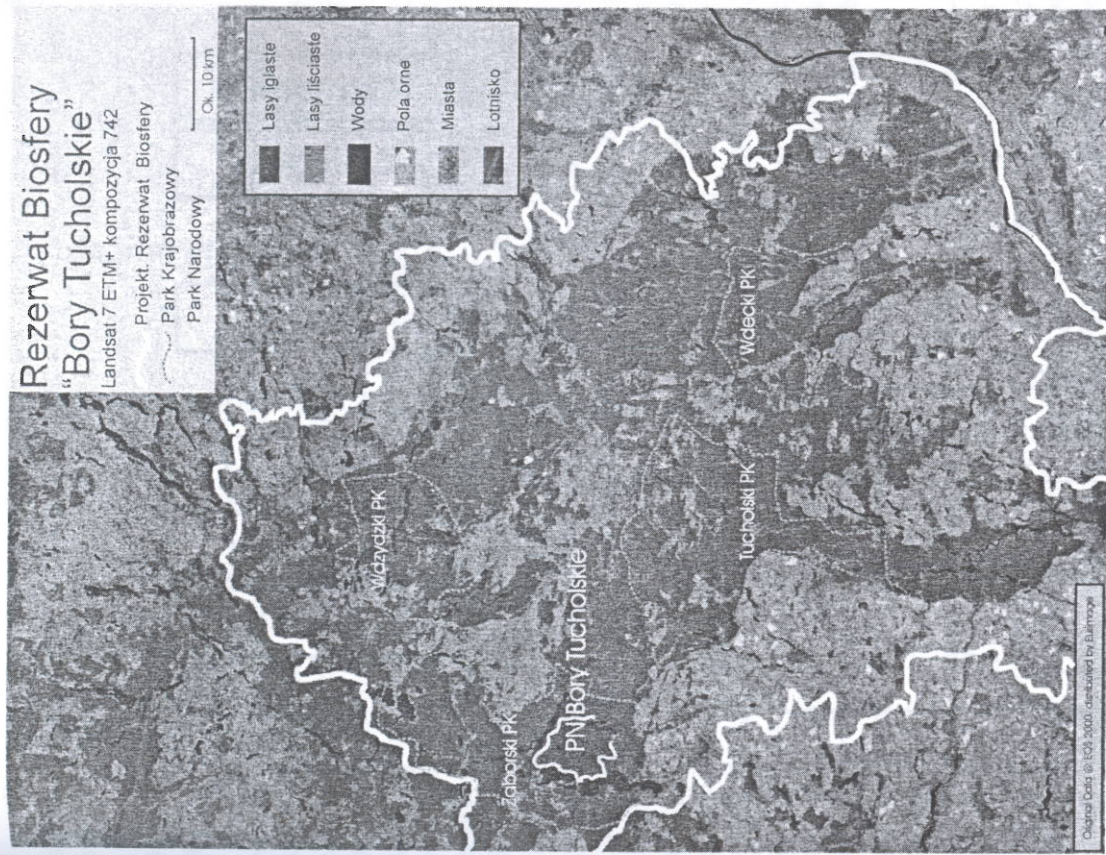
pyłkowe pozyskiwane w różnych płatach roślinnych i odmienne typach krajobrazu. Te ostatnie dane są gromadzone w ramach „European Pollen Monitoring Program (EPMP)” (Hicks i wsp. 1996). Źródła informacji oraz zakres tematyczny opracowania prezentuje rysunek 1.

Podstawą tworzonego systemu są mapy w skali 1:25 000, sporządzone w układzie współrzędnych 1965. Współrzędne z tego układu mogą być transformowane na inne układy odniesienia poprzez zastosowanie programu GEOTRANS. Jako podstawowe oprogramowanie GIS przyjęto program ArcView firmy ESRI, ponieważ pakiet ten jest stosowany przy opracowywaniu wielu branżowych systemów informacji geograficznej, w tym np. w leśnictwie. Oprogramowanie ArcView jest wspierane pakietami Microstation (z nakładką Descartes) i Geographics firm Bentley i Intergraph. Nakładka Descartes służy m.in. do wpasowywania we współrzędne systemu zdjęć lotniczych. Do obróbki scen satelitarnych stosowany jest program IDRISI i niektóre moduły pakietu ERDAS. Jak dotąd system został zasilony danymi o roślinności z obszaru Borów Tucholskich pochodzącymi ze zdjęć satelitarnych Landsat MSS z lat 1975, 1978, 1979, 1981, Landsat 5 TM z lipca 1990 oraz pełną sceną satelitarną Landsat 7 ETM+ z maja 2000 r. Fragment tego ostatniego zdjęcia, z zaznaczonym na nim obszarem projektowanego Rezerwatu Biosfery Bory Tucholskie, prezentuje rysunek 2. Do analizy obszaru Parku Narodowego „Bory Tucholskie” i jego sąsiedztwa służą wysokorozdzielcze zdjęcia z satelity IKONOS wykonane 4 sierpnia 2003 r. Natomiast wprowadzony do systemu zbiór materiałów kartograficznych obejmuje, oprócz współczesnych map topograficznych, materiały historyczne, jak arkusze mapy Schröttera-Engelhardta obszaru Prus z lat 1796–1802 oraz pruskie mapy topograficzne z drugiej połowy XIX i początku XX wieku. Do systemu wprowadzono także mapy gospodarcze pruskich nadleśnictw z lat 1890–1913 oraz nadleśnictw polskich z lat 1926–2002.

Relacyjna baza danych fitosocjologicznych sporządzona została w łatwo dostępnym i przyjaznym dla użytkownika programie ACCESS. Tego oprogramowania użyto do założenia zbiorów słownikowych gatunków, jednostek podziału administracyjnego, fizyczno-geograficznego, regionalizacji przyrodniczo-leśnej oraz informacji zawartych w główkach tabel fitosocjologicznych, w tym również parametrów opisujących poszczególne czynniki środowiskowe. W osobnych zbiorach gromadzone są informacje o składzie gatunkowym zdjęć fitosocjologicznych.

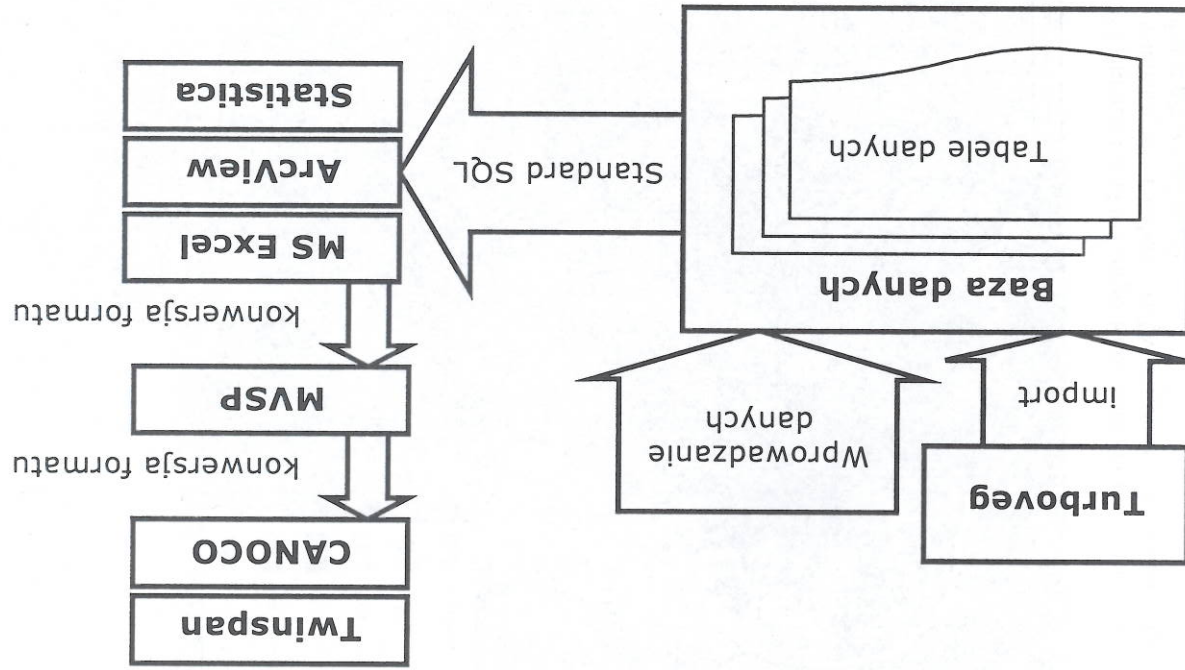


Rys. 1. Podstawowe źródła danych w GIS - roślinność Borów Tucholskich



Rys. 2. Położenie i granice projektowanego Rezerwatu Biosfery Bory Tucholskie na zdjęciu satelitarnym Landsat 7ETM+ (dane oryginalne EOS 2000, rozpracowane przez Eurimage)

Fig. 2. Locality and boundary of proposed Biosphere Reserve Tuchola Forest in satellite image Landsat 7ETM+ (original data EOS 2000, distributed by Eurimage)



Rys. 3. Schemat pozyskiwania i przetwarzania danych w GIS - roślinność Borów Tucholskich
 Fig. 3. Scheme of data retrieving and processing in GIS - Vegetation of Tuchola Forest

W zbiorach słownikowych gatunków zamieszczono, oprócz nazw taksonów, ich synonimy oraz ośmioznakowe kody cyfrowe, zgodnie z zasadami tworzenia banków informacji fitosocjologicznej, które podał Pignatti (1976). W tej postaci baza danych fitosocjologicznych jest kontynuacją wcześniej realizowanego projektu badawczego (Nienartowicz i wsp. 1988, 1990; Matuszkiewicz i wsp. 1995).

Zastosowane oprogramowanie i struktura zapisu danych umożliwiają import danych fitosocjologicznych z bazy TURBOVEG (Rys. 3). System ten powstał w Holandii w połowie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia (Hennekens 1995; Schaminée i Hennekens 1995; Hennekens i Schaminée 2001). W oparciu o ten pakiet programów ekologiczny skupieni w International Association of Vegetation Science (IAVS) przystąpili dziesięć lat temu do utworzenia europejskiej bazy danych o zbiorowiskach roślinnych. Założenia tego projektu i jego osiągnięcia zaprezentowali m.in. Mucina i wsp. (1993), Rodwell (1995) oraz Rodwell i wsp. (1995). W ramach podjętych prac w niektórych krajach europejskich zgromadzono ogromne zbiory danych fitosocjologicznych. Największymi osiągnięciami w tym zakresie poszczycić się mogą Czechy, gdzie według opublikowanych ostatnio danych (Chytrý i Rafajova 2003), do systemu wpisano ponad 54 tysiące zdjęć fitosocjologicznych. Również w niektórych polskich placówkach badawczych zgromadzono dość duże zbiory opisujące strukturę fitocenoz. Omawiany system jest doskonałą bazą danych, jednakże ma on niewielkie możliwości prezentowania lokalizacji zdjęć na mapach. Jego programy graficzne umożliwiają jedynie sporządzanie mało dokładnych schematów obszarów badań. Z tych względów dla potrzeb GIS - Roślinność Borów Tucholskich opracowano metodę transferu danych z TURBOVEGA na format ACCESS i do ArcView.

Poprzez strukturę danych palynologicznych istnieje łączność naszego systemu informacji o roślinności z bazą danych EPMP. Umożliwia to wykorzystanie zgromadzonej przez nas informacji do tworzenia map zasięgów drzew i wybranych taksonów roślin zielnych na obszarze Polski w późnym glacialu i holocenie. Takie prace są wykonywane w ramach projektu badawczego, który koordynuje prof. M. Ralska-Jasiewiczowa.

Dzięki wprowadzeniu do systemu dodatkowej warstwy informacyjnej w postaci siatki kwadratów stosowanej w „Atlasie rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce ATPOL” (Zając i Zając 2000), istnieje możliwość bezpośredniego przenoszenia danych o gatunkach zawartych w bazie fitosocjologicznej do tego atlasu, bądź też innego wykorzystywania zgromadzonej informacji, np. do tworzenia regionalnych list florystycznych. Zastosowane oprogramowanie ArcView 3.2 umożliwia też bezproblemowe

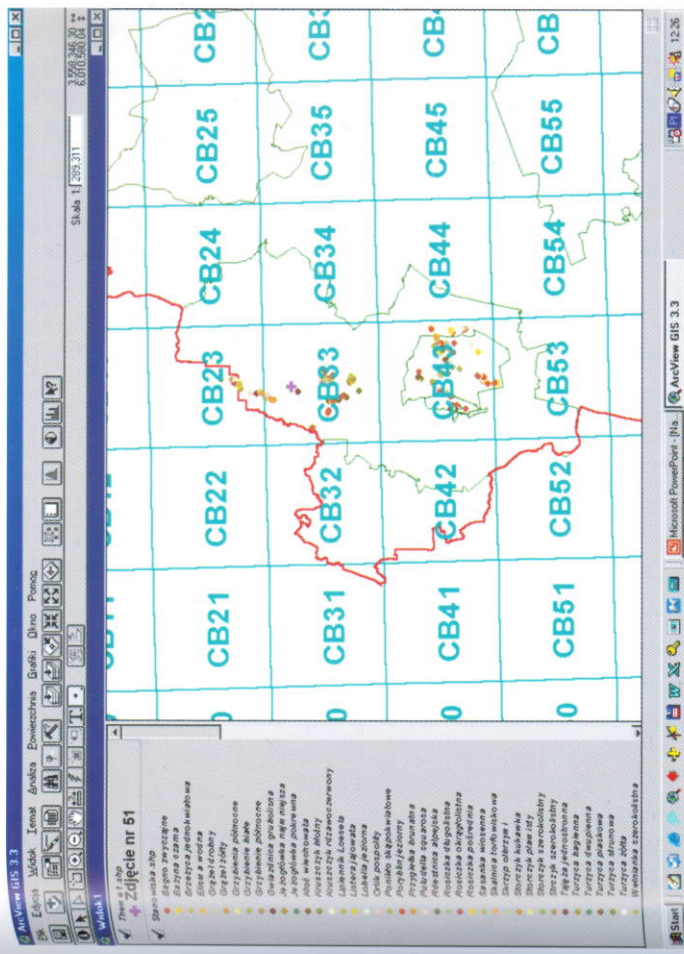
współdziałanie z opracowywanym na poziomie krajowym „Atlasem rozmieszczenia zespołów roślinnych w Polsce” (Matuszkiewicz 2003).

Integralną częścią opracowywanego systemu są biblioteki programów do analizy danych fitosocjologicznych (Rys. 3). Są to m.współ. algorytm opracowane w Cornell University, Ithaca, New York (DECORANA, ORDIFLEX, TWINSPAN) oraz w wielu europejskich ośrodkach nastawionych na analizowanie i gromadzenie danych geobotanicznych (programy (MVSP, MULVA, Tree-PA, CANOCO i inne). Charakterystykę tych programów podano w odrębnym opracowaniu (Nienartowicz i wsp. 1990). Pakiety te wspierane są przez procedury do łączenia poszczególnych tabel fitosocjologicznych w większe zbiory danych przeznaczonych do klasyfikacji i ordynacji numerycznej bądź edycji.

Przykłady zastosowań

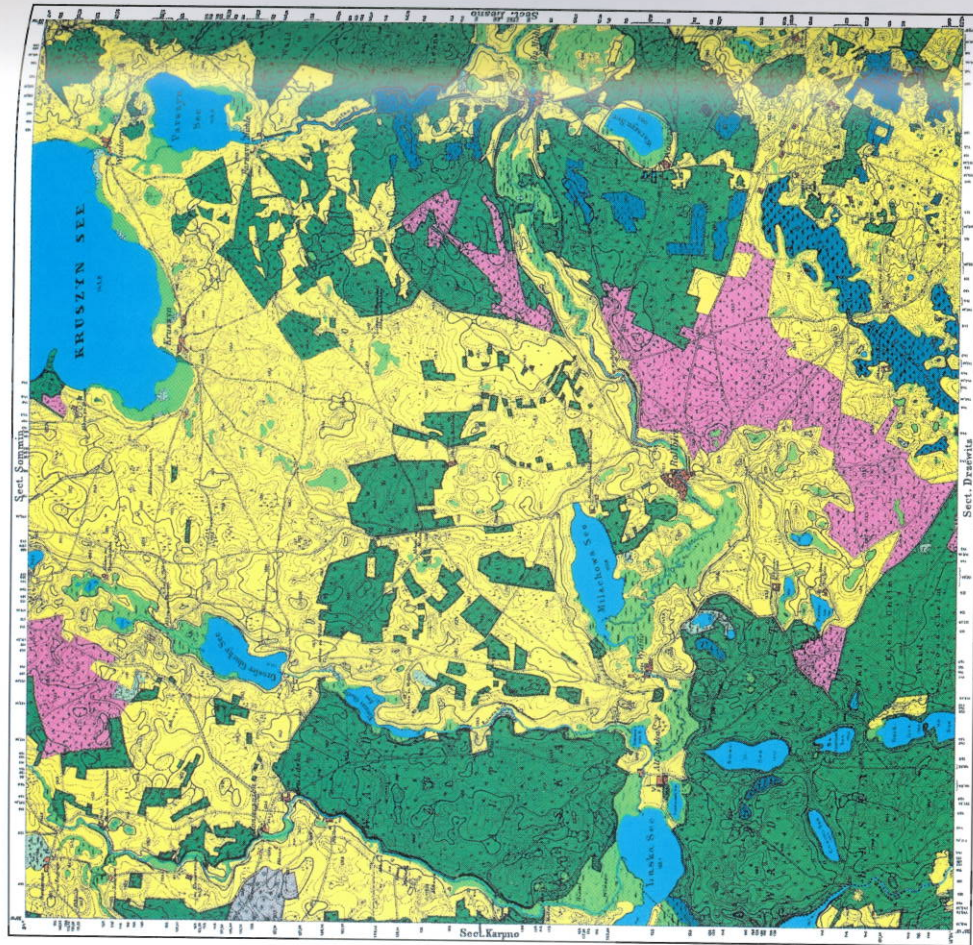
Opracowany system GIS po przetworzeniu wprowadzonej informacji pozwala wyświetlić na monitorze (i wydrukować na mapie) stanowiska zdjęć fitosocjologicznych i gatunków występujących w tych zdjęciach. Na rysunku 4 przedstawiono rozmieszczenie gatunków i zdjęcia rozmieszczonych na obszarze Zaborskiego Parku Krajobrazowego i Parku Narodowego „Bory Tucholskie”. Oprócz granic tych obiektów przyrodniczych na rysunku zaznaczono też granicę projektowanego Rezerwatu Biosfery Bory Tucholskie oraz parków krajobrazowych – Tucholskiego i Wdzydzkiego. Zaznaczono też, jako oddzielną warstwę informacyjną, sieć kwadratów ATPOL wraz z ich numeracją.

Informacja zgromadzona w systemie pozwala na określenie miejsc prawdopodobnego występowania gatunków roślin. Takie modelowanie kartograficzne przeprowadza się na podstawie znajomości warunków występowania populacji obserwowanych. m.in. na bazie posiadanej informacji opracowano model możliwych miejsc występowania gatunku *Empetrum nigrum*. Bazyjna czarna występuje dość obficie w licznych rozproszonych subpopulacjach na historycznym stanowisku pomiędzy miejscowościami Małe Chełmy a Widno na północ od Parku Narodowego „Bory Tucholskie”. W literaturze ekologicznej zostało ono opisane przez Zielińskiego (1925).

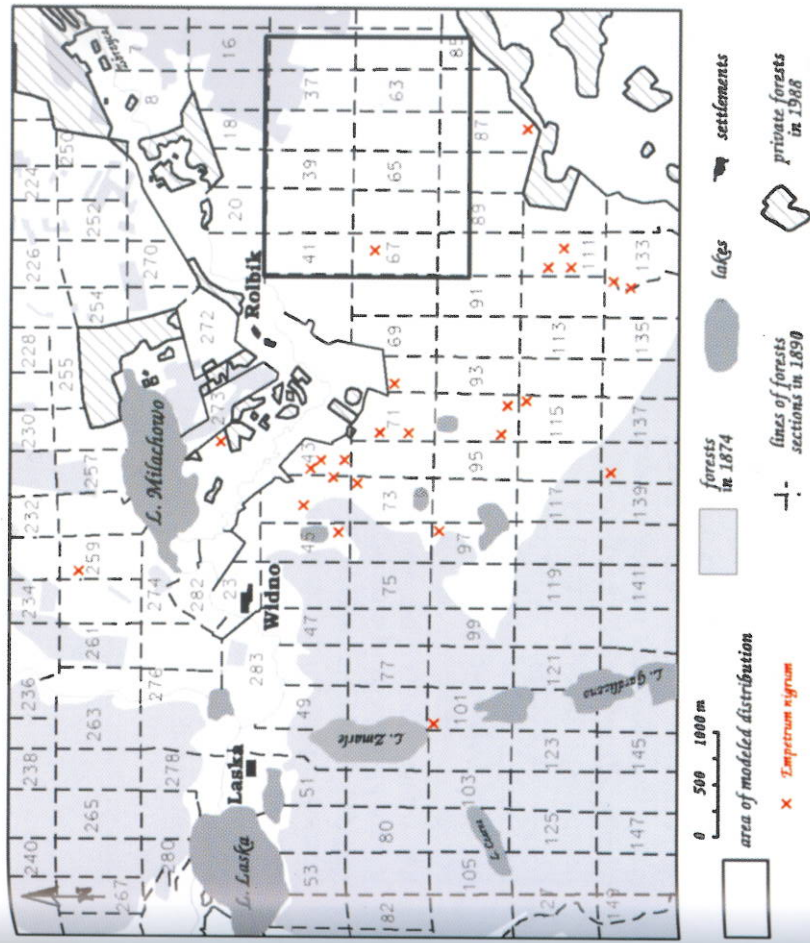


Rys. 4. Przykład rozmieszczenia gatunków i zdjęć fitosocjologicznych na wybranych obszarach Borów Tucholskich względem granic rezerwatu biosfery, parku narodowego, parków krajobrazowych oraz sieci kwadratów bazy florystycznej ATPOL

Fig. 4. Distribution of species and phytosociological records on chosen areas of Tuchola Forest in relation to boundaries of biosphere reserve, national park, landscape parks and quadrats of floristic data base ATPOL



Rys. 5. Teren występowania Empetrum nigrum odwzorowany na pruskiej mapie topograficznej, sytuacja z 1874 roku
 Fig. 5. Area of Empetrum nigrum occurrence projected to Prussian topographic map, situation in 1874



Rys. 6. Rozmieszczenie subpopulacji Empetrum nigrum względem zasięgu lasów na mapie topograficznej z 1874 roku i mapie gospodarczej pruskiego Königlichen Oberforsterei Zwangshof z 1894 roku i późniejszego Nadleśnictwa Przymuszewo oraz współczesnego zasięgu lasów prywatnych. Prostokątem oznaczono teren modelowania rozmieszczenia subpopulacji bazyli czarnej

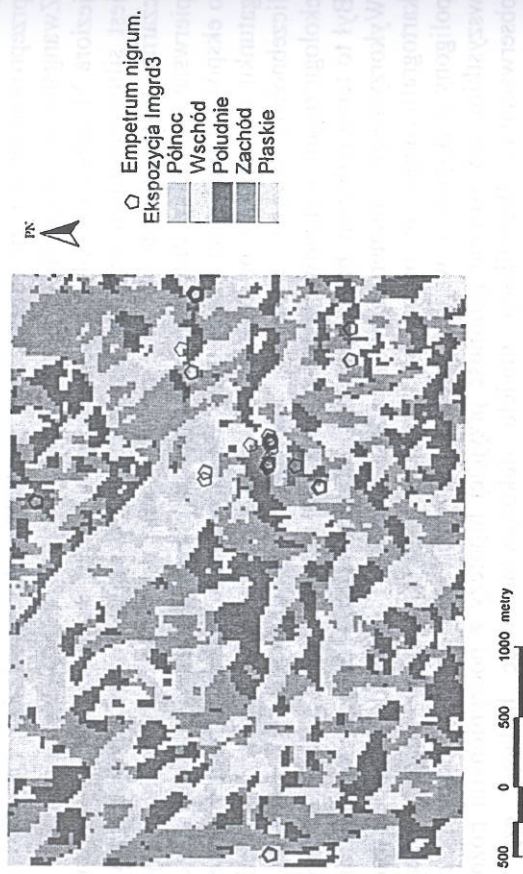
Fig. 6. Distribution of subpopulations of Empetrum nigrum in relation to forest range in topographic map published in 1874 and in economic map of Königlichen Oberforsterei Zwangshof published in 1894 and formed later Polish Forest District Przymuszewo, and also to contemporary range of private forests. Rectangular presents territory of modeled distribution of Empetrum nigrum

Na podstawie badań historii użytkowania terenu, a zwłaszcza zmian zasięgu lasów, przeprowadzona w oparciu o pruską mapę topograficzną z 1874 roku (Rys. 5), stwierdzono, że bażyna czarna występuje w lasach wtórnych, odtworzonych na byłych wrzosowiskach oraz murawach (wilgotnych lub kserotermicznych), wykorzystywanych w przeszłości jako pastwiska dla wypasu owiec. Rozmieszczenie subpopulacji *Empetrum nigrum* względem powierzchni leśnych istniejących w 1874 r. oraz w stosunku do zalesień przeprowadzonych po utworzeniu w 1890 roku pruskiego Oberforsterei Zwangshof przedstawia rysunek 6. Subpopulacje te skupiają się na południe od jeziora Milachowo i położonej w jego pobliżu miejscowości Rolbik. Teren ten jest silnie zróżnicowany pod względem wysokości. Stwierdzono, że bażyna czarna występuje tu głównie w starszych drzewostanach, stanowiących pierwsze pokolenie drzew na gruntach porolnych i porasta głównie zbocza o ekspozycji północnej i zachodniej. Po rozpoznaniu rozmieszczenia badanego gatunku na południe od jeziora Milachowo i określeniu korelacji pomiędzy liczebnością bażyny czarnej a biotycznymi i abiotycznymi czynnikami ekologicznymi, wytypowano dalszy obszar jej przypuszczalnego występowania. Był to teren położony bardziej na wschód od miejsca, które już eksplorowano. Wykorzystując numeryczny model terenu i metodę modelowania kartograficznego, w programie ArcView wyznaczono na mapie obszaru poligony o ekspozycji według czterech głównych stron świata. Badano przede wszystkim, czy istnieje zgodność przyjętej hipotezy z poczynionymi później obserwacjami. Weryfikacji modelu dokonywano więc badając, czy na wytypowanych powierzchniach faktycznie rośnie badany gatunek. Stwierdzono niemal 60% zgodność wartości oczekiwanych z obserwowanymi. Na rysunku 7, przedstawiającym rastrową mapę terenu modelowanego, widać, że rzeczywiście bażyna czarna występuje najczęściej na stokach o ekspozycji północnej lub zachodniej oraz w zagłębieniach terenu. Jeśli jest obecna na stokach o wystawie południowej, to porasta częściej jego podnóże niż miejsca wyżej położone i bardziej eksponowane.

Cały region Borów Tucholskich jest poligonem badawczym do monitorowania szkód w lasach wywołanych oddziaływaniem wiatru. Zaburzenia spowodowane huraganowymi wiatrami, które miały miejsce zwłaszcza w grudniu 1999 i czerwcu 2000, były analizowane na obszarze 27 nadleśnictw w RDLP Toruń, Gdańsk i Szczecinek. Szczegółowej analizie poddano trzy powierzchnie badawcze: 1 – Park Narodowy „Bory Tucholskie”, 2 – rejon jezior Kruszyńskiego i Somińskiego w północnej części Nadleśnictwa Przymuszewo oraz 3 – obszar w pobliżu miejscowości Komorza Wielka w Nadleśnictwie Woziwoda. Analiza przestrzenna szkód wywołanych przez wiatr jest również przeprowadzana w technologii GIS z wykorzystaniem metod

teledetekcyjnych, GPS i numerycznego modelu terenu (Digital Elevation Model – DEM).

Do naszego systemu informacji przestrzennej przeniesiono dane o wielkości szkód - wyrażone ilością drewna pozyskanego ze złomów i wykrotów - zamieszczone w bazach danych systemu informacji lasów państwowych (SILP) a dotyczących sytuacji w poszczególnych nadleśnictwach.



Rys. 7. Rozmieszczenie obserwowanych subpopulacji *Empetrum nigrum* względem ekspozycji terenu na modelowanej powierzchni

Fig. 7. Distribution of observed subpopulations of *Empetrum nigrum* in relation to exposition on modeled area

W wyniku wstępnych obliczeń stwierdzono, że na rozmiar szkód ma historia użytkowania terenu (w lasach odtworzonych na gruntach porolnych szkody są znacznie wyższe) oraz orografia terenu i położenie względem granicy polno-leśnej lub innych terenów otwartych, np. dużych zbiorników wodnych.

Na rysunku 8 przedstawiono niektóre wyniki analizy przeprowadzonej w Nadleśnictwie Woziwoda. Z wielkości histogramów obrazujących wielkość szkód, wielkość szkód mierzono tu ilością drewna w m^3 uprzątniętego z poszczególnych obszarów powierzchni leśnej, w kolejnych strefach buforowych rozmieszczonych w 10 m interwałach od skraju lasu, wynika, że w miarę oddalania się od granicy polno-leśnej w głąb drzewostanu niszczylińska siła wiatru maleje.



Rys. 8. Ilość pozyskiwanego drewna w kolejnych strefach buforowych rozmieszczonych w 100 m interwałach od granicy polno-leśnej w Lesnictwie Komorza (Nadleśnictwo Woziwoda)

Fig. 8. Amount of wood collected as broken and uprooted trees in the following buffer zones distribution in 100 m intervals from field-forest boundary in Komorza Forest (Forest District Woziwoda)

Wyniki badań przeprowadzonych nad rozmieszczeniem i wielkością szkód na trzech powierzchniach badawczych, tj. w Nadleśnictwie Wozivoda, w rejonie jezior Kruszyńskiego i Somińskiego oraz w Parku Narodowym „Bory Tucholskie”, wykorzystano do określenia miejsc najbardziej prawdopodobnego wystąpienia wiatrołomów i powalów w przyszłości. W analizie uwzględniono ukształtowanie terenu, i historię użytkowania terenu, wiek drzewostanu, położenie względem dużych powierzchni odkrytych. Jednym z wytypowanych obszarów był teren na wschód od Parku Narodowego „Bory Tucholskie”, położony w obrębie leśnym Giełdon Nadleśnictwo Czersk. Z numerycznego modelu terenu wynikało, że miejscami „największego ryzyka” są dwa rejonu 1 - rynna, w której położone są ciągi jezior Dybrzk – Kosobudno - Trzemeszno, na jej przedłużeniu, oraz 2 - rynna, którą płynie Brda po wypłynięciu z jeziora Kosobudno. W dolinach tych faktycznie w latach 2001–2003 rzeczywiście stwierdzono występowanie licznych szkód w postaci wywrotów i złomów pojedynczych drzew, a nawet kilku powalów powierzchniowych. Kierunki głównego zagrożenia na DEM przedstawia rysunek 9. Model przestrzenny szkód wywołanych przez wiatr wykonywany jest w ramach grantu KBN 6P06L 044 21.



Rys. 9. Obszar i kierunki przewidywanych zagrożeń od wiatru na numerycznym modelu wysokości. Kierunek zagrożenia zaznaczono białymi strzałkami
 Fig. 9. Area and directions of expected risks from wind presented on digital elevation model. White arrows show directions of treatments

Wiatrołomy i wiatrowały, zwłaszcza powierzchniowe, wywołują zmiany heterogenności w strukturze krajobrazu wskutek mozaikowatości pokrywy roślinnej. Podobne skutki powodowane są przez różnorodne zabiegi gospodarcze stosowane w leśnictwie (np. rębnie zupełne i częściowe, pozostawiane drzewostany przestojowe, powierzchniowe nasadzenia drzew liściastych w krajobrazach leśnych z przewagą drzew szpilkowych). Zmiany heterogenności krajobrazu wywołane zabiegami gospodarczymi, które nakładają się na naturalną mozaikowatość wywołaną zmiennością siedlisk, wyrazić można za pomocą wielu wskaźników ekologicznych. Oblicza się je za pomocą takich programów jak Fragstat czy GRASS dla poligonów umieszczonych na różnych warstwach informacyjnych tworzonego GIS. Zagadnienia te są badane szczegółowo na obszarze Zaborskiego Parku Krajobrazowego w ramach grantu KBN 6P04F 04321. Struktura krajobrazu z dominacją lasów zagospodarowanych Nadleśnictwa Przymuszewo jest tu porównywana z obszarem leśnym Parku Narodowego „Bory Tucholskie”, gdzie od kilkunastu lat znacznie ograniczono, a wielu fragmentach wręcz wyeliminowano, zbiegi gospodarcze.

Nasz system informacji geograficznej obejmuje nie tylko dane opisujące stany współczesne szaty roślinnej, ale również zawierające informacje o jej stanach przeszłych. Głównym obszarem naszych zainteresowań w tym zakresie jest region Borów Tucholskich. Dane o stanach przeszłych pochodzą z historycznych materiałów kartograficznych, jak również opisywane są na podstawie wyników analiz palynologicznych. Analizy takie obejmują również strukturę bieżącego opadu pyłkowego, który oceniany jest na stanowiskach do wieloletniego monitoringu, zlokalizowanych w różnych typach zbiorowisk i krajobrazów głównie w Zaborskim Parku Krajobrazowym. Być może informacje pochodzące ze współczesnych spektrów pyłkowych uzupełnią dane pozyskiwane z analizy osadów jeziornych i pozwolą odtworzyć nie tylko lokalne przemiany roślinności w holocenie, ale również zmienność przestrzenną szaty roślinnej w przeszłości w skali całego regionu Borów Tucholskich. Zagadnienia te analizowane są w ramach grantu KBN 3 P06L 008 25.

Dalszy rozwój systemu

Bogactwo gatunkowe, struktura zbiorowisk roślinnych oraz heterogenność krajobrazu oceniana na podstawie rozmieszczenia przestrzennego poszczególnych typów fitocenozy są uzależnione od oddziaływania wielu czynników ekologicznych. Do najistotniejszych należą czynniki związane z gospodarczą działalnością człowieka. Stopień jego oddziaływania na szatę roślinną uzależniony jest od struktury technosfery wytworzonej w wyniku realizacji tych procesów oraz od intensywności działań

ludzkich, którą można wyrazić nie tylko wielkością infrastruktury społeczno-technicznej, lecz również antropogenicznym przepływem energii (Moser i wsp. 2002). Dla stworzenia możliwości określenia relacji pomiędzy roślinnością jako elementem biosfery a czynnikami antropogenicznymi, w najbliższym czasie budowany system informacji geograficznej wzbogacony zostanie danymi charakteryzującymi socio- i techno-sferę wybranych poligonów badawczych. Zapewne jednym z pierwszych obiektów będzie osada śródleśna Asmus w Nadleśnictwie Przymuszewo oraz obszar całego Zaborskiego Parku Krajobrazowego, w których to obiektach od kilkunastu lat prowadzony jest monitoring wszystkich sfer środowiska naturalnego człowieka (Nienartowicz 1996; Kunz 1999). Relacje takie zamierzamy oceniać nie tylko we współczesnych układach ekologiczno-społeczno-ekonomicznych i dlatego rozbudowa systemu informacji geograficznych w tym zakresie realizowana będzie przy współpracy ze specjalistami z zakresu historii gospodarczej.

Innym kierunkiem działań, które zostaną zintensyfikowane w najbliższych latach będzie integracja danych teledetekcyjnych i fitosocjologicznych. Te działania, prowadzone według metodyki, którą przedstawili ostatnio Zak i Cabido (2003), mają umożliwić tworzenie na bazie zdjęć satelitarnych nie tylko map użytkowania terenu, lecz również jego pokrycia, w tym map roślinności rzeczywistej opartej o system jednostek klasyfikacji syntaksonomicznej. Zintensyfikowane też będą działania na rzecz integracji naszego systemu z europejskimi bankami informacji geobotanicznej i palynologicznej oraz ogólnopolskim projektem „Atlas rozmieszczenia zespołów roślinnych w Polsce”.

System informacji geograficznej sporządzony dla dużego obszaru ułatwi nam prowadzenie badań nad wpływem zaburzeń naturalnych i antropogenicznych, oraz występujących w ich następstwie zmian heterogenności krajobrazu, na zmienność roślinności na poziomie populacyjnym i genetycznym, zgodnie z koncepcją, którą zaprezentowali Pickett i White (1985). System umożliwiający przetwarzanie danych od poziomu populacji po krajobraz i region będzie odpowiadał standardom międzynarodowym, przedstawionym w instrukcjach do monitorowania roślinności w krajach przodujących w tej dziedzinie, np. systemowi wdrożonemu w ostatnich latach w Skandynawii a w literaturze ekologicznej opisanemu przez Lawessona i wsp. (2000).

Literatura

- Chytrý M., Rafajová M., (2003). Czech National Phytosociological Database: Basic statistics of the available vegetation-plot data. *Preslia* 75: 1-15.
- Draper D., Rosello Graell A., Garcia C., Gomes C. T., Sergio C., (2003). Application of GIS in plant conservation programmes in Portugal. *Biological Conservation* 113 (3): 337-349.
- Hennekens S.M., (1995). TURBO(VEG): Software package for input, processing, and presentation in phytosociological data. User's guide. First draft, October 1995. University of Lancaster, Lancaster.
- Hennekens S.M., Schaminée J.H.J., (2001). TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *J. Veg. Sci.* 12: 589-591.
- Hicks S., Latałowa M., Amman B., Pardon H., Tinsley H., (1996). European Pollen Monitoring Programme. Project description and guidelines. The Trule Institute, University of Oulu, Finland, Oulu.
- Kunz M., (1999). System Informacji Geograficznej (GIS) Zaborskiego Parku Krajobrazowego. [w:] Wielofunkcyjna rola lasu: ochrona przyrody – gospodarka - edukacja. [red.] A. Barcikowski, M. Boinski, A. Nienartowicz, OW Tupress, Toruń.
- Lawesson J.E., Eilertsen O., Diekmann M., Reinikainen A., Gunnlaugsdóttir E., Fosaa A.M., Carøe I., Skov F., Groom G., Økland T., Økland R., Andersen P.N., Bakkestuen V., (2000). A concept for vegetation studies and monitoring in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Matuszkiewicz J.M., (2003). Atlas rozmieszczenia zespołów roślinnych w Polsce, maszynopis. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- Matuszkiewicz J.M., Chojnacki J., Nienartowicz A., Ratyńska H., Szańkowski M., Szwed W., (1995). W sprawie opracowania ujednoliconego systemu gromadzenia danych geobotanicznych w Polsce. *Wiad. Bot.* 39: 19-26.
- Moser D., Zechmeister H.G., Plutzar Ch., Sauberer N., Wrška T., Grabherr G., (2002). Landscape patch shape complexity as an effective measure for plant species richness in rural landscape. *Landscape Ecology* 17: 657-669.
- Mucina L., Bredenkamp G.J., Hoare D. B., McDonald D.J., (2000). A national vegetation database for South Africa. *S. Afr. J. Sci.* 96: 497-498.
- Mucina L., Rodwell J.S., Schaminée J.H.J., Dierschke H., (1993). European vegetation survey: current state of some national programmes. *J. Veg. Sci.* 4: 429-438.
- Nienartowicz A., (1996). Energetyka dużych systemów ekologicznych. Wyd. UMK, Toruń.
- Nienartowicz A., Barcikowski A., Wieczorkowski K., (1988). Zastosowanie metod komputerowych w taksonomii, geografii i socjologii roślinspół. *Wiad. Bot.* 32: 169-182.
- Nienartowicz A., Warachowska K., Wojdyło K., (1990). Sposoby przygotowywania danych w numerycznej syntaksonomii roślinspół. *Wiad. Ekol.* 36: 111-122.
- Pickett S.T.A., White P.S., (1985). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, INC, Harcourt Brace Jovanovich Publishers, San Diego - New York - Berkeley - Boston - London - Sydney - Tokyo - Toronto.

- Pignatti S., (1976). A system for coding plant species for dataprocessing in phytosociology. *Vegetatio* 33: 23-32.
- Rodwell J., (1995). The European Vegetation Survey Questionnaire: an overview of phytosociological data, vegetation survey programmes and databases in Europe. *Annali di Botanica* 53: 87-98.
- Rodwell J.S., Pignatti S., Mucina L., Schaminée J.H.J., (1995). European Vegetation Survey: update on progress. *J. Veg. Sci.* 6: 759-762.
- Schaminée J.H.J., Hennekens S.M., (1995). Update of the installation of TURBOVEG in Europe. *Ann. Bot. (Roma)* 53: 159-161.
- U.S. MAB Bulletin, (1992). EuroMAB Update - We're on Our Way! BRIM Indicates Test of Bioinventory Program. 16(3): 1-2, November 1992.
- Zajac A., Zajac M. [red.], (2001). Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. Pracownia Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego i Fundacja dla Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- Zak M.R., Cabido M., (2003). Spatial pattern of the Chaco vegetation of central Argentina: Integration of remote sensing and phytosociology. *Applied Veg. Sci.* 5: 213-226.
- Zieliński S. (1925). Bory Tucholskie pod względem rozwojowo-ekologicznym. *Przyrodnik* 2: 398-441.

Remote sensing and geographical information system in modeling of distribution of plant species and their communities in Tuchola Forest

Summary

The study presents the geographic information system for archiving and processing of historical and contemporary floristic and phytosociological data. Relevés performed with the Braun-Blanquet method are compiled in the database with the program ACCESS. The same software was used to create databases for plant localities, distribution of plant population on permanent study plots as well as for contemporary pollen-rain samples and structure of ancient vegetation recorded in palynological profiles. In order to present the spatial distribution and management of those data, the software ArcView 3.2 was applied. Position of currently received data is determined by means of the GPS receiver. The system is supplied with maps of real and potential vegetation as well as with information on the vegetation structure, coming from topographic and forest economic maps, as well as air photographs and satellite images (Landsat MSS, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, IKONOS). The integral part of the system is constituted by library of computer programs used for numerical classification and ordination of vegetation data (the packages MVSP, Canoco, Twinspan, Ordiflex, Syn-tax and others). The structure of our system allows entering phytosociological data from databases prepared with different types of software, e.g. commonly used in Europe the program TURBOVEG. The data on plant localities can

be presented in the network of quadrates applied in the system: "The distribution atlas of vascular plants in Poland".

Besides the structure of the created GIS, also the main research projects were discussed in this paper, those which provides the databases with information on the vegetation. They are: 1 - modeled distribution of *Empetrum nigrum* in relation to such ecological factors as history of land use, exposition, elevation and age of treestands, 2 - distribution of wind-induced damages in the Bory Tucholskie Forests and in the vicinity of Toruń; 3 - defying the influence of the forest management on vegetation structure of the landscape by comparing the area of the National Park "Bory Tucholskie" with the complex of managed forests; 4 - influence of socio-economic processes on biodiversity and heterogeneity changes in the Tuchola Forest landscape.

We hope, that data on vegetation of northern Poland will be transferred to the developed system, particularly the data from Tuchola Forest region collected by scientists from our University since their origin, i.e. over fifty years. Our task for the coming years is to prepare software that would enable data transferring to the system TURBOVEG and to intensify the co-operation with research centres in Europe which apply this software and which conduct studies on relations between socio-economic factors and biodiversity and heterogeneity in the historical aspect.

Key words: geographical information system, application