

# PRÓBA ZASTOSOWANIA METOD TELEDETEKCJI DO IDENTYFIKACJI I MONITORINGU ŚRÓDLEŚNYCH ZBIOROWISK TORFOWISKOWYCH

**Anna Namura-Ochalska**

## Streszczenie

Zarówno jeziora oligotroficzne, jak i mszary torfowiskowe należą do rzadkich i silnie zagrożonych biocenoz, objętych ochroną Natura 2000. Podjęto próbę zastosowania zdjęć lotniczych dla wyróżnienia i identyfikacji zbiorowisk bagiennych, oszacowania ich wielkości i kształtu biochory, oraz kartograficznego przedstawienia struktury przestrzennej fitocenoz. W opracowaniu wykorzystano tradycyjne zdjęcia lotnicze o naturalnych barwach, wykonane przez dr M. Ostrowskiego. Na podstawie fotointerpretacji – wydzielen charakteryzujących się jednolitą barwą, fototonem, strukturą lub teksturą wyróżniono m.in: bezkępkowe torfowiska przejściowe, mszary wysokotorfowiskowe, torfowiska leśne, zbiorowiska zaroślowe, wkraczające gatunki drzew i krzewów. Korrelacje między wydzieleniem na zdjęciu i w terenie opracowano w postaci kluczy fotointerpretacyjnych; cechom na zdjęciu przypisano typ zbiorowiska z opisem jego charakterystycznych właściwości. Częstym ograniczeniem metod teledetekcji w wyróżnianiu i identyfikacji fitocenoz jest częsta możliwość wyróżniania na zdjęciach jedynie gatunków dominujących. Zdjęcia lotnicze dostarczają również cennych informacji dotyczących jezior, takich jak ich wielkości, kształt misy jeziornej, obraz linii brzegowej, charakter zlewni.

**Słowa kluczowe:** teledetekcja, zbiorowiska mokradłowe, monitoring

## THE TRIAL APPLICATION OF REMOTE SENSING METHODS FOR IDENTIFICATION AND MONITORING OF MID-FOREST PEATLAND COMMUNITIES

## Abstract

Both oligo-humotrophic lakes and sphagnum peat bog belong to rare and extremely threatened biocoenoses, protected by Natura 2000. An attempt was made to use aerial photos for distinguishing and identification of bog communities, estimation of their size and the biochore shape as well as cartographic presentation of spatial structure of phytocoenoses. In the work traditional aerial photos in natural colours made by dr M. Ostrowski were used. On the basis of photointerpretation selections characterized by a homogeneous colour, a phototone, structure or texture were distinguished such as: transitional peatlands without hummocks, raised peatlands (sphagnum peat bog), forest peatlands, shrub communities, encroaching species of trees and shrubs. The correlations found between a selection on a photo and in the field should be elaborated in a form of photointerpretation keys; features on a photo should be related to a community type with a description of its characteristic traits. The possibility of using remote sensing methods for distinguishing and identification of phytocoenoses is limited because often only dominant species can be distinguished on photos. Aerial photos give also valuable pieces of information on lakes such as: the size and the shape of a lake basin, the picture of a bankline, the nature of a catchment area.

**Keywords:** remote sensing, peatland communities, monitoring

## Wstęp

Teledetekcja zajmuje się pozyskiwaniem, przetwarzaniem i interpretowaniem danych z rejestracji promieniowania elektromagnetycznego odbitego lub emitowanego przez różne obiekty, bez konieczności każdorazowego terenowego rozpoznania. Rejestrację w postaci zdjęć wykonuje się przyrządami zainstalowanymi w samolotach lub satelitach. Zdalne zdjęcia lotnicze i satelitarne wykonywane w zakresie widzialnym i w podczerwieni stanowią nowoczesne źródło informacji o ogromnych możliwościach poznawczych, niejednokrotnie niedostępnych podczas badań terenowych. Ich zaletą jest przede wszystkim szybkość pozyskiwania, kompleksowość, aktualność oraz wiarygodność informacji, które prezentują.

Istotną częścią teledetekcji jest fotointerpretacja czyli rozpoznawanie i lokalizacja na materiale fotograficznym obiektów w terenie, ich charakterystyka oraz analiza treści obrazu (Faliński 1990, Ostrowski i Symonides 1994, Ostrowski 1996, 2001, Ciołkosz i in. 1999). Wyróżnia się fotointerpretację kameralną oraz terenową. Pierwsza z wymienionych metod charakteryzuje się rozpoznaniem i klasyfikacją zjawisk bez badań terenowych, jedynie na podstawie otrzymanych zdjęć. Druga, to połączenie bezpośredniej obserwacji naziemnej z analizą zdjęć z lotu ptaka. Najwłaściwszą metodą dla uzyskania najbardziej wiarygodnych wyników jest połączenie obydwu sposobów interpretacji zobrazowania lotniczego oraz zastosowanie różnorodnych metod, takich jak metoda pól jednorodnych czy powierzchni wzorcowych (Faliński 1990). Dzięki fotointerpretacji uzyskujemy obszerną bazę danych. Pierwszy etap prac polega na odczytywaniu obrazów, czyli na wyróżnianiu obiektów, ich rozpoznaniu i zaklasyfikowaniu do określonej kategorii, na podstawie bezpośrednich cech rozpoznawczych takich jak: kształt, wielkość, ton, któremu na zdjęciu odpowiada barwa, struktura i tekstura (wzorec). W dalszym etapie fotointerpretacji wykorzystujemy również cechy pośrednie, wymagające odpowiedniej wiedzy i znajomości zjawisk np. po rozpoznaniu i sklasyfikowaniu roślinności możemy wnioskować o cechach siedliska takich jak typ gleby, stosunki wodne, jak również o wpływie antropopresji (Everson i in. 1990, Faliński 1990, Piekarski 1994, Ciołkosz i in. 1999, Dietz i Steinlein 1996)

Teledetekcja, zwłaszcza interpretacja zdjęć lotniczych, od dawna znajduje szerokie zastosowanie w różnorodnych analizach środowiska przyrodniczego (Będkowski i Mozgawa 1994, Ostrowski 1996, 2001, Będkowski 2000, Czuba 2000, Piekarski 1998). Rozpoznawalność obiektów roślinnych zwiększa fotografia w podczerwieni, uwidaczniając nowe właściwości siedlisk i roślinności. Zdjęcia w podczerwieni wykonywano np. dla oceny zanieczyszczenie wód i jezior, oszacowania produktywności ekosystemów, inwentaryzacji terenów podmokłych jak również stanu zdrowotnego drzew i kondycji innych gatunków roślin na podstawie zawartości chlorofilu (Ciołkosz 1975, Iracka 1975, Białousz i in. 1978, Gruzewska 1980, Mizgalski 1983, Wężyk 1998).

Dla małych obszarów objętych badaniami największą wartość poznawczą o środowisku przyrodniczym dostarczają tradycyjne zdjęcia lotnicze o barwach naturalnych, wykonane w dużych skalach, umożliwiające zarówno rozpoznanie elementów przyrodniczych, jak również analizę ich funkcjonowania. Możemy na nich wyróżnić rodzaj pokrycia terenu, jego strukturę, wielkość zajmowanej powierzchni oraz coraz bardziej szczegółowe elementy takie jak np. typy fitocenoz, gatunki dominujące, zwarcie drzewostanów, kształt koron i wiele innych. Szata roślinna wykazuje ścisły związek z innymi czynnikami środowiska przyrodniczego oraz procesami, które w nim zachodzą.

Teledetekcja znajduje coraz szersze zastosowanie w monitoringu przyrodniczym, a na siedliskach niedostępnych, grząskich i bagiennych, porównywanie regularnie wykonywanych i cyklicznie powtarzanych zdjęć lotniczych, wydaje się być jedyną skuteczną metodą dla analizy przestrzenno-czasowych zmian roślinności. Do siedlisk trudnodostępnych należą niewątpliwie ter-

fowiska, zwłaszcza te, które zostały wykształcone w toku zarastania śródlęśnych jezior, przy stałym narażeniu na fragmentację i rozerwanie pływającego pła torfowcowego (Tobolski 2000, Ilnicki 2002). Jednocześnie śródlęsne biotopy torfowiskowe wraz z jeziorami zasługują na szczególną ochronę. Należą do siedlisk „naturowych” i pełnią w lasach bardzo ważną rolę m.in. jako naturalne zbiorniki retencyjne, o ogromnych możliwościach pochłaniania i magazynowania wody oraz zwiększają różnorodność biologiczną, zarówno na poziomie gatunkowym, jak i ekosystemalnym, stanowiąc ostoję dla wielu rzadkich i zagrożonych, wysoce wyspecjalizowanych gatunków roślin i zwierząt (Herbichowa 2004, Herbichowa i Potocka 2004, Hutorowicz 2004, Namura-Ochalska 2005, 2007, 2008).

W pracy podjęto próbę zastosowanie zdjęć lotniczych do identyfikacji zbiorowisk torfowiskowych wykształconych w toku zarastania śródlęśnych jezior oligo-humotroficznym oraz przedstawienia ich struktury przestrzennej. Niniejszy artykuł jest częścią wieloletnich badań nad procesem zarastania śródlęśnych jezior oligo-humotroficznym.

### Teren badań i metody

Reprezentantem śródlęśnych, oligo-humotroficznym jezior zarastających torfowiskami przejściowymi i wysokimi są dwa, małe nieprzeływowe jeziora „Karzełek” i „Zdręczno Małe”, oddalone od siebie o około 500 m, położone wśród lasów Napiwodzko-Ramuckich na Pojezierzu Olsztyńskim, w Nadleśnictwie Nidzica. (rys. 1). Objęte badaniami jeziora zróżnicowane są m.in. pod względem stopnia ich ładowienia oraz wykształconej w kolejnych strefach zarastania roślinności. Obydwa akweny wraz z torfowiskami objęte są siecią obszarów chronionych Natura 2000 jako „Puszcza Napiwodzko-Ramucka”.

Roślinność torfowisk powstałych w toku długoletniej sukcesji opracowano fitosocjologicznie w momencie rozpoczęcia badań; w 1993 r. w każdym homogenicznym płacie roślinności w kolejnych strefach zarastania obydwu jezior wykonano zdjęcia fitosocjologiczne metodą Brauna-Blanqueta i na podstawie kryteriów florystycznych wyróżniono i sklasyfikowano typy fitocenoz (Namura-Ochalska 2007). Dla oceny przestrzenno-czasowych zmian roślinności torfowiskowej zdjęcia fitosocjologiczne powtarzano co 4-5 lat. Aktualną typologię zbiorowisk torfowiskowych wykonano w lipcu w 2008. Na opracowanych fitosocjologicznie torfowiskach dokonano próby zastosowania aktualnych obrazów lotniczych dla wyróżnienia, identyfikacji i przedstawienia struktury przestrzennej zbiorowisk roślinnych. Zdjęcia lotnicze zostały wykonane w tym samym czasie – w lipcu 2008 r. przez eksperta w dziedzinie teledetekcji – dr Marka Ostrowskiego Dla identyfikacji syntaksonów torfowiskowych wykorzystano tradycyjne zdjęcia lotnicze o barwach naturalnych wykonane aparatem fotograficznym Canon EOS-1Ds. W lipcu 2008 r. dokonano konfrontacji terenowej rzeczywistej roślinności z jej obrazem na zdjęciu lotniczym. Wydzielenia na zdjęciach lotniczych różniące się barwą, fototonem, strukturą lub teksturą zidentyfikowano w terenie i ponumerowano, przypisując odpowiadające im typy fitocenoz, jak również dokonano próby rozpoznania wyróżnionych w terenie elementów odpowiednim pikselom na zobrazeniach lotniczych. Dla reprezentatywnej części torfowisk przedstawiono strukturę przestrzenną zbiorowisk roślinnych wykształconych w toku zarastania jezior oligo-humotroficznym.

Wyróżnione na zdjęciach i zidentyfikowane w terenie typy fitocenoz stanowią klucz do fointerpretacji roślinności torfowiskowej, który zostanie uzupełniony o nowe zobrażenia lotnicze śródlęśnych układów wodno-torfowiskowych. W niniejszej pracy dokonano próby fointerpretacji jedynie dwóch spośród 13 śródlęśnych, zarastających torfowiskami jezior oligo-humotroficznym.

## Wyniki

Zdjęcia lotnicze przedstawiają znacznie większy fragment terenu oraz znacznie większą liczbę wyróżnionych elementów; dla zobrazowania ich zalet najlepiej porównać widok ogólny obydwu jezior uzyskany z lotu ptaka z obrazem na zdjęciu wykonanym w terenie (fot. 1 i 2 oraz fot. 3 i 4). Wiele informacji o pokryciu terenu możemy z łatwością rozpoznać na zdjęciu lotniczym bez konieczności fotointerpretacji nadzorowanej np.: siedliskowe typy lasu, jezioro, torfowisko, kępkową i bezkępkową budowę zbiorowisk, pływające wyspy, ścieżki, kształt linii brzegowej z licznymi zatoczkami i półwyspami, oczka wodne w ple torfowcowym, hydrofity na tafli jeziora, wkraczające drzewa i krzewy, a nawet poszczególne gatunki drzew: sosnę, brzozę, olszę (fot. 5 i 6).



**Fot. 1.** Karzelek – typowe, śródleśne, zarastające jezioro oligo-humotroficzne – zdjęcie lotnicze (fot. M. Ostrowski)

*Photo 1. Karzelek – typical overgrowing oligo-humotrophic mid-forest lakes – aerial photo*



**Fot. 2.** Karzelek – typowe, śródleśne, zarastające jezioro oligo-humotroficzne – zdjęcie naziemne (fot. A. Namura-Ochalska)

*Photo 2. Karzelek – typical overgrowing oligo-humotrophic mid-forest lakes – ground photo*



**Fot. 3.** Zdęcno Małe – typowe, śródleśne, zarastające jezioro oligo-humotroficzne – zdjęcie lotnicze (fot. M. Ostrowski)

*Photo 3. Zdęcno Małe – typical overgrowing oligo-humotrophic mid-forest lakes - aerial photo*

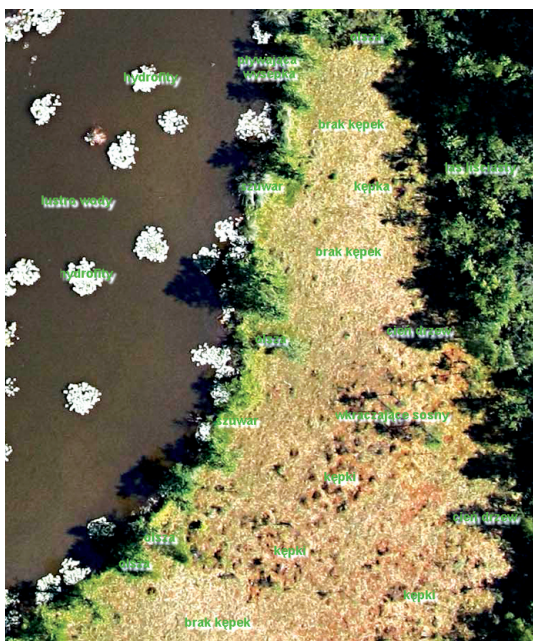


**Fot. 4.** Zdręczno Małe – typowe, śródleśne, zarastające jezioro oligo-humotroficzne – zdjęcie naziemne (fot. A. Namura-Ochalska)

*Photo 4. Zdręczno Małe – typical overgrowing oligo-humotrophic mid-forest lakes - ground photo*



**Fot. 5.** Karzełek – pokrycie terenu  
*Photo 5. Karzełek – land cover*



**Fot. 6.** Zdręczno Małe – pokrycie terenu  
*Photo 6. Zdręczno Małe – land cover*

### Zbiorowiska roślinne wykształcone w toku zarastania jeziora Karzelek zidentyfikowane na zdjęciu lotniczym

Na zdjęciu lotniczym zidentyfikowano fitosocjologicznie 9 zbiorowisk roślinnych, przypisując im kolejny (czerwony) numer porządkowy (fot. 7). Na ciemnej tafli jeziora, spowodowanej silnym odbiciem promieniowania słonecznego, wyraźnie kontrastują, odznaczające się jasnym tonem rośliny wodne o pływających liściach; na jeziorze Karzelek są to grążele żółte *Nuphar luteum*, tworzące jedynie w strefie przybrzeżnej fragmentaryczne fitocenozy (nr 1). Na zielonym ple torfowcowym możemy rozpoznać płaty mszaru wysoko-torfowiskowego *Sphagnetum magellanici*, odznaczające się bordowo-pomarańczową barwą, z masowo występującym torfowcem magellańskim *Sph. magellanicum*, charakterystycznym gatunkiem zespołu (nr 2). W bliskim sąsiedztwie wody jeziora wykształca się bezkępkowy mszar przygielkowy *Rhynchosporium albae*, z dominującą przygielką białą *Rhynchospora alba* o delikatnej budowie osobników, odznaczający się na obrazie lotniczym zgnięzieloną barwą, głównie dzięki warstwie mszystej zbudowanej w 100% z torfowca kończystego *Sphagnum fallax* (nr 3). W inicyjalnej fazie zarastania graniczącej z lustrem wody zidentyfikowano wąski pas mszaru *Caricetum lasiocarpae* z dominującą turzycą nitkowatą *Carex lasiocarpa* (nr 4).

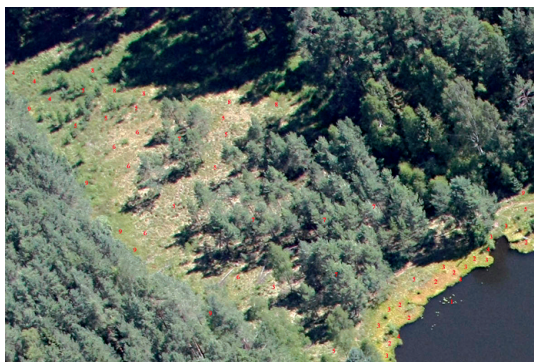
Wyróżnia się na zdjęciu lotniczym widocznymi, pokładającymi się na tafli jeziora lub rzucającymi cień długimi pędami nadziemnymi, głównie dominującej turzycy z domieszką wysokich bylin bagiennych ze związku *Magnocaricion*. Występowanie *C. lasiocarpae* stwierdzono również w strefie przyokrajkowej, graniczącej z kolei z mineralnym podłożem, gdzie mszar z panującą turzycą nitkowatą zajmuje znaczną powierzchnię i charakteryzuje się widocznymi na obrazie lotniczym kępami płonnika cienkiego *Polytrichum strictum* i płonnika pospolitego *P. commune*, z wkraczającym, bądź nie, podrostem drzew: brzożami i sosnami (nr 4). Dzięki kępowej budowie bardzo dobrze widocznej na obrazie fotograficznym, możemy wyróżnić fitocenozy wysoko-torfowiskowego mszaru wełniankowego *Eriophoro vaginati-Sphagnetum recurvi* z panującą, rozrastającą się kępowo wełnianką pochwowatą *Eriophorum vaginatum* (nr 5). Brązowe kępy na zdjęciu odzwierciedlają występujące na torfowisku kępy *E. vaginatum* porośnięte brunatnymi mchami, głównie płonnikiem cienkim *P. strictum*, niektóre z widocznym podrostem sosen i brzoż. Na torfowisku otaczającym jezioro Karzelek wysoko-torfowiskowy, kępkowo-dolinkowy mszar z obficie występującą wełnianką pochwowatą zajmuje stosunkowo duże powierzchnie. Numerem „6” oznaczono zidentyfikowany na zdjęciu lotniczym bezkępkowy mszar wełniankowy *Eriophoro angustifolii-Sphagnetum recurvi* z obficie występującą wełnianką wąskolistną *E. angustifolium* o wroście rozłogowym i niekępkowym, zielonym torfowcem kończystym *Sph. fallax*. Wykształca się w lokalnych obniżeniach terenu, często na obrzeżach torfowiska. Fitocenozy torfowiskowe z dominującymi wełniankami najlepiej widoczne są na zdjęciach lotniczych wykonywanych w porze ich kwitnienia i owocowania.

Zbiorowisko kontynentalnych torfowisk wysokich *Ledo-Sphagnetum* odznacza się luźnym i niskim drzewostanem sosnowym *Pinus sylvestris*, którego biochorę wyznaczają doskonale widoczne na zdjęciu wkraczające drzewa (nr 7). Torfowisko leśne z licznymi wykrotami zajmuje największą część torfowiska objętego fotointerpretacją. Budowę bezkępkową i szaro-zielonym fotonem odznacza się mszar dolinkowy *Sphagno-Caricetum rostratae* z dominującą turzycą dzióbkową *C. rostrata* w warstwie zielonej i torfowcem kończystym *Sph. fallax* w warstwie mszystej. (nr 8). Natomiast wilgotny okrajek otaczający torfowisko łatwo można wyróżnić po jego intensywnie zielonej barwie spowodowanej dużymi bylinami bagiennymi, takimi np. jak obficie występujący sit rozpięchły *Juncus effusus*, braku przejaśnień obrazujących podsuszony torfowce oraz po lokalizacji graniczącej z mineralnym podłożem i borem sosnowym (nr 9).

### Zbiorowiska torfowiskowe wykształcone w toku zarastania jeziora „Zdręczno Male” zidentyfikowane na zdjęciu lotniczym

Na obrazie lotniczym jeziora *Zdręczno Male* wyraźnie widoczne są, podobnie jak na lustrze wody *Karzelka*, jasne plamy roślin wodnych o liściach pływających; tu głównie grzybieni białych *Nymphaea alba* (nr 1). Na torfowisku zidentyfikowano 6 zbiorowisk roślinnych, z pominięciem zarośli wierzbowych wykształconych w wilgotnym, okrajowym obniżeniu terenu (fot. 8). Nad samym brzegiem jeziora w bezpośrednim sąsiedztwie z wodą wykształcił się szuwar kłociowy *Cladietum marisci* z dominującą kłocią wiechowatą należącą do najbardziej okazałych naszych bylin. Na zdjęciu lotniczym wyróżnia się sino-niebieskim kolorem, z widocznymi potężnymi nadziemnymi pędami kłoci (nr. 2).

W strefie przybrzeżnej intensywnie jasnozielona barwa obrazuje występowanie szuwaru paprociowego z obficie występującym, jasno zielonym zachylnikiem błotnym *Thelypteris palustris*, z domieszką gatunków ze związku *Magnocaricion* (nr 3). W jego sąsiedztwie z numerem „4” zidentyfikowano bezkępkowy mszar przygielkowy z dominującą *Rhynchospora alba* w warstwie zielnej, o barwie ciemniejszej zieleni, charakterystycznej dla torfowca kończystego *Sph. fallax*, osiągającego w warstwie mszystej 100% pokrywanie. Stosunkowo największą powierzchnie na badanym torfowisku zajmuje bezkępkowy, co widać na zdjęciu, mszar wełniankowy *Eriophora angustifolii-Sphagnetum recurvi*, z większym lub mniejszym udziałem wełnianki wąskolistnej *E. angustifolium* oraz z masowo występującym zielonym torfowcem kończystym w warstwie mszystej (nr 5).



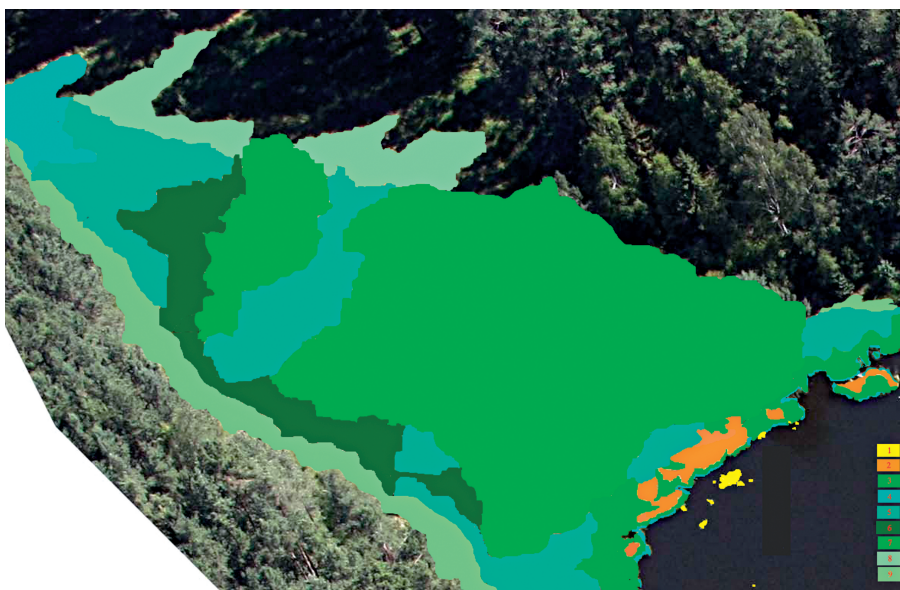
**Fot. 7.** Karzelek – fotointerpretacja fitosocjologiczna

*Photo 7.* Karzelek – photointerpretation of phytocoenosis



**Fot. 8.** Zdręczno Male – fotointerpretacja fitosocjologiczna

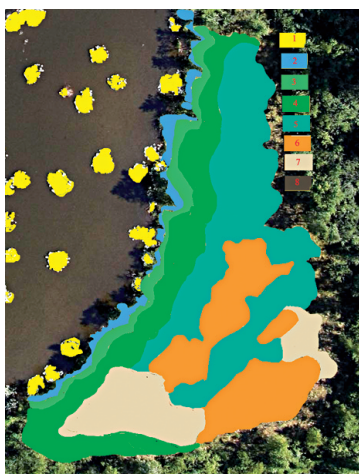
*Photo 8.* Zdręczno Male – photointerpretation of phytocoenosis



**Fot. 9.** Karzelek – struktura przestrzenna roślinności torfowiskowej.

Zbiorowiska: (1) – zespół lilii wodnych *Nupharo-Nymphaeetum*, (2) – mszar z dominującym torfowcem magellańskim *Sphagnetum magellanici*, (3) – zbiorowisko z panującą przygielką białą *Rhynchosporetum albae*, (4) – mszar z dominującą turzycą nitkowatą *Caricetum lasiocarpae*, (5) – mszar wełniankowy z wełnianką pochwowatą *Eriophoro vaginati-Sphagnetum recurvi*, (6) – mszar wełniankowy z wełnianką wąskolistną *Eriophoro angustifoliumi-Sphagnetum recurvi*, (7) – torfowisko leśne *Ledo-Sphagnetum magellanici*, (8) – zespół turzycy dzióbkowej *Sphagno-Caricetum rostratae*, (9) – zbiorowisko okrajkowe z sitem rozpięchłym *Juncus effusus*

Photo 9. Karzelek – spatial structure of peatland vegetation



**Fot. 10.** Zdręczno Male – struktura przestrzenna roślinności torfowiskowej

Zbiorowiska: (1) – zespół lilii wodnych *Nupharo-Nymphaeetum*, (2) – szuwar kłociowy *Cladietum marisci*, (3) – zbiorowisko z dominującą paprocią - zachyłnikiem błotnym *Thelypteridi-Phragmitetum*, (4) – zbiorowisko z panującą przygielką białą *Rhynchosporetum albae*, (5) – mszar wełniankowy z wełnianką wąskolistną *Eriophoro angustifolii-Sphagnetum recurvi*, (6) – mszar z dominującym torfowcem magellańskim *Sphagnetum magellanici*, (7) – zespół turzycy dzióbkowej *Sphagno-Caricetum rostratae*

Photo 10. Zdręczno Male – spatial structure of peatland vegetation

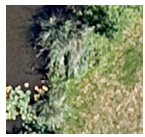



Przy problemach z jego rozpoznaniem na zobrażowaniu lotniczym zdjęcie należy wykonywać w okresie owocowania welnianek, odznaczających się obficie występującym, białym puchem kiełichowym. Na zdjęciu lotniczym z łatwością natomiast można zidentyfikować wysoko-torfowiskowy mszar *Sphagnetum magellanici*, zarówno na podstawie budowy kępowo-dolinkowej zbiorowiska, jak i bordowej barwy torfowca magellańskiego *Sph. magellanicum* i torfowca brunatnego *Sph. fuscum* (nr 6). Wyraźnie widoczne są również kępy brunatnych mchów z wkraczającymi sosnami w warstwie b lub bez drzew. Zidentyfikowany z kolei mszar *Sphagno-Caricetum rostratae* z dominującą turzycą dzióbkowatą *C. rostrata* charakteryzuje się bezkępową budową, sino-zieloną barwą ze stosunkowo licznymi przejaśnieniami (nr 7).

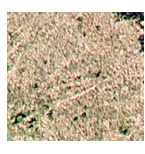


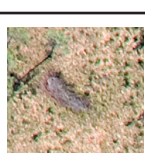
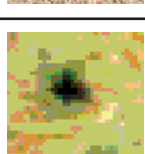
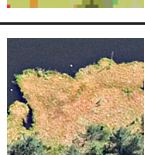
### Klucz do fotointerpretacji zbiorowisk torfowiskowych wykształconych w toku zarastania jezior oligo-humotroficznych

Na podstawie wyróżnionych na zdjęciach lotniczych i zidentyfikowanych w terenie fitocenoz torfowisk przejściowych i wysokich sporządzono klucz fotointerpretacyjny, stanowiący legendę do interpretacji zdjęć lotniczych i identyfikacji fitosocjologicznej.

	Zespół lilii wodnych <i>Nupharo-Nymphaeetum</i> jasny kolor liści grążeli żółtych lub grzybieni białych na ciemnej tafli jeziora
	Mszar z dominującym torfowcem magellańskim <i>Sphagnetum magellanici</i> wyróżnia się bordowo-pomarańczową barwą torfowca magellańskiego
	Mszar przygielkowy <i>Rhynchosporium albae</i> odznaczający się zgniło zielonym kolorem i bezkępową budową
	Mszar welniankowy <i>Eriophoro vaginati-Sphagnetum recurvi</i> z charakterystyczną kępowo-dolinkową budową zbiorowiska
	Mszar welniankowy <i>Eriophoro angustifolii-Sphagnetum recurvi</i> odznaczający się brakiem budowy kępowej
	Torfowisko leśne <i>Ledo-Sphagnetum</i> w powiększeniu bardzo dobrze widoczne sosny

	<p>Szuwar kłociowy <i>Cladietum marisci</i> w strefie litoralnej o sino-niebieskiej barwie z widocznymi pędami kłoci wiechowatej</p>
	<p>Szuwar paprociowy <i>Thelypteridi-Phragmitetum</i> z dominującym zachyłnikiem błotnym jasno zielony, w przybrzeżnej strefie jeziora</p>

Na zdjęciu lotniczym, poza zbiorowiskami roślinnymi, widoczne są również inne elementy torfowiska, takie jak np:

	<p>Ścieżki</p>
	<p>Wykroty sosen</p>
	<p>Przejaśnienia obrazujące wyschnięte darnie torfowce</p>
	<p>„Kąpielisko” zwierząt (buchtowisko)</p>
	<p>Oczka wodne na pomoście torfowcowym</p>
	<p>Pło torfowiskowe narastające na lustro wody z urozmaiconą linią brzegową</p>

## Podsumowanie

Na podstawie nadzorowanej fotointerpretacji fitosocjologicznej torfowisk wykształconych w toku zarastania obydwu jezior wyróżniono i zidentyfikowano jedenaście zbiorowisk roślinnych:

- mszar z dominującą turzycą nitkową *Caricetum lasiocarpae*
- szuwar kłociowy *Cladietum marisci*
- zbiorowisko z dominującą paprocią *Thelypteridi-Phragmitetum*
- zbiorowisko z panującą przygielką białą *Rhynchosporium albae*
- mszar wełniankowy z wełnianką wąskolistną *Eriophoro angustifolii-Sphagnetum recurvi*
- zespół turzycy dzióbkowej *Sphagno-Caricetum rostratae*
- mszar z dominującym torfowcem magellańskim *Sphagnetum magellanicum*
- mszar wełniankowy z wełnianką pochwowatą *Eriophoro vaginati-Sphagnetum recurvi*
- torfowisko leśne *Ledo-Sphagnetum magellanicum*
- zbiorowisko okrajkowe z sitem rozpięchłym *Juncus effusus*
- zbiorowisko lilii wodnych *Nupharo-Nymphaetum* na tafli jeziora.

W porównaniu z fitosocjologicznym opracowaniem terenowym na zdjęciach lotniczych nie udało się zidentyfikować jedynie mszaru z turzycą bagienną *Carex limosa* oraz zbiorowiska kwaśnych młak turzycowych *Carici canescentis-Agrostietum caninae*, ponieważ w otoczeniu objętych badaniami jezior występują jedynie na niewielkich powierzchniach. Dokumentację fitosocjologiczną zidentyfikowanych syntaksonów w terenie i ich charakterystykę przedstawiono na konferencji w Rogowie w 2007 r. (Namura-Ochalska 2007).

Zdjęcia lotnicze obrazują rzeczywistą strukturę przestrzenną układów wodno-torfowiskowych. Wyraźnie wyróżniają aktualną powierzchnię jeziora o czarnej barwie oraz obszar z wykształconym torfowiskiem wysokim o charakterystycznej budowie kępkowo-dolinkowej od płatów torfowiska przejściowego o strukturze bezkępkowej, wraz z wkraczającymi gatunkami drzew i krzewów. Odmienne kolorystycznie przedstawiają się gatunki torfowców wchodzących w skład torfowisk przejściowych, od torfowców budujących mszary wysokotorfowiskowe, pierwsze mają zieloną barwę jak np. torfowiec kończysty *Sphagnum fallax*, drugie bordową, obrazującą obfite występowanie torfowca magellańskiego *Sph. magellanicum* i/lub torfowca brunatnego *Sph. fuscum*. Na podstawie monitoringu z zastosowaniem zobrazowania lotniczego możemy również wnioskować o procesach zachodzących w wodno-torfowiskowych ekosystemach takich, jak:

- tempo zanikania jezior na podstawie zmniejszającej się powierzchni lustra wody,
- wypływanie, na co wskazuje wzrost wielkości populacji zakorzenionych hydrofitów,
- zarastanie torfowisk odwzorowane na zdjęciach wkraczającymi drzewami i krzewami
- osuszanie widoczne jako przejaśnienia obrazujące wyschnięte torfowce.

Białe plamy na zdjęciach lotniczych odzwierciedlające suche darnie torfowców stanowią ważny wskaźnik dla podjęcia ich ochrony; niedobór wody stanowi bowiem największe zagrożenie dla tych cennych, rzadkich i ginących ekosystemów. Wyschnięte torfowce przybierają jasne barwy, „bieleją”, z powodu intensywnego odbijania promieni słonecznych, zabezpieczając akrotelm przed dalszą utratą wody. Budowa anatomiczna torfowców sprawia, że bardzo łatwo odzyskują utraconą wodę i charakterystyczną dla siebie barwę.

Wykorzystanie zdjęć lotniczych do identyfikacji i typologii zbiorowisk torfowiskowych oraz obserwacji i oceny przestrzenno-czasowych zmian roślinności, jak i tempa zarastania jezior oraz tor-

fowisk jest zatem jak najbardziej wskazane, stanowiąc szybką i wiarygodną metodę monitoringu kompleksów wodno-torfowiskowych. Rzeczywiste zróżnicowanie kolorystyczne roślinności i gatunków dominujących najlepiej odzwierciedlają klasyczne zdjęcia lotnicze wykonane w naturalnych barwach. Ważnym etapem zastosowania zdjęć lotniczych jest ich wykorzystanie w fitosocjologicznym kartowaniu torfowisk; w opracowaniu map roślinności rzeczywistej i ich aktualizacji.

### Literatura

- Będkowski K. 2000. Pomiar fotolotniczych powierzchni próbnych w miejscach odwzorowania stałych powierzchni próbnych. W: S. Miścicki (red.), Kombinowana inwentaryzacja lasów nizinnych z wykorzystaniem zdjęć lotniczych i stałych – kontrolnych powierzchni próbnych. Wyd. Fundacji rozwoju SGGW, Warszawa. 47-60.
- Będkowski K., Mozgawa J. 1994. Zmienność odwzorowania lasów na lotniczych obrazach wideo. Fotointerpretacja w Geografii – problemy telegoinformacji, t. 24.
- Białousz S., Mirosz K., Simla M. 1978. Wpływ wilgotności gleby, na zróżnicowanie tonu zdjęcia lotniczego, Fotointerpretacja w Geografii, t. 13.
- Ciołkosz A. 1975. Zastosowanie długofalowego promieniowania podczerwonego w badaniach termalnego zanieczyszczenia rzek. Prace IGiK. 2: 22-34.
- Ciołkosz A., Miszalski J., Olędzki J. R. 1999. Interpretacja zdjęć lotniczych. PWN. Warszawa. ss. 476.
- Czuba M. 2000. Metody i techniki wykonywania okresowych inwentaryzacji stanu lasu oraz jego monitorowania w systemie informacji przestrzennej w lasach. W: Postępy techniki w leśnictwie: 73: 7-19.
- Dietz H., Steinlein T. 1996. Determination of plant species cover by means of image analysis. J. Veg. Sci.7: 131-136.
- Everson T.M., Clarke G.P.Y., Everson C.S. 1990. Precision in monitoring plant species composition in montane grasslands. Vegetatio 88: 135-141.
- Faliński J. B. 1990. Kartografia geobotaniczna. Cz. 2: Kartografia fitosocjologiczna. Państw. Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. E. Romera, Warszawa-Wrocław. ss. 283.
- Grużewska E. 1980. Cechy fotointerpretacyjne wybranych właściwości gleb na przykładzie zlewni Bielanki w Beskidzie Niskim. W: E. Gil., E. Gromek., E., K. Woźniak. Ocena możliwości i przydatności zdjęć lotniczych panchromatycznych podczerwonych spektrostrefowych oraz obrazów termalnych w badaniach wybranych komponentów środowiska geograficznego okolic Szymborku k/Gorlic. Biblioteka Wyd. Geografii U.W. Warszawa.
- Herbichowa M. 2004. Torfowiska przejściowe i trzęsawiska (przeważnie z roślinnością z *Scheuchzeria-Caricetea nigrae*). – W: Herbich (red.), Wody słodkie i torfowiska. Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny. Ministerstwo Środowiska, Warszawa. T. 2, ss. 147-157.
- Herbichowa M. i Potocka J. 2004. Torfowiska wysokie z roślinnością torfotwórczą. – W: Herbich (red.), Wody słodkie i torfowiska. Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny. 2, ss.115-139. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Hutorowicz A. 2004. Naturalne, dystroficzne zbiorniki wodne. W Herbich J. (red.), Wody słodkie i torfowiska. Poradnik ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 - podręcznik metodyczny. Ministerstwo Środowiska, Warszawa. T. 2., ss. 72-78.
- Ilnicki P. 2002. Torfowiska i torf. Wyd. A. R. w Poznaniu. ss. 606.
- Iracka M. 1975. Metoda określania uszkodzeń drzewostanów sosnowych na podstawie spektrostrefowych zdjęć lotniczych. Informator IGiK. 2.

- Mizgalski A. 1983. Przydatność lotniczych obrazów wielospektralnych do badania zróżnicowania lasów na przykładzie Wielkopolskiego Parku Narodowego. Fotointerpretacja w Geografii, t. 16.
- Namura-Ochalska A. 2005. Contribution to the characteristic of *Cladium mariscus* (L.) Pohl population in the initial zone of floating mat on an oligo-humotrophic lake in north-eastern Poland. Acta Soc. Bot. Pol. 74, 2: 167-173.
- Namura-Ochalska A. 2007. Zmiany różnorodności biologicznej w kolejnych strefach zarastania śródlęśnych jezior oligo-humotroficznych w północno-wschodniej Polsce. W: Anderwald D. (red.) Siedliska i gatunki wskaźnikowe w lasach. Stud. i Mat. CEPL, Rogów 2/3 (16): 550-570.
- Namura-Ochalska A. 2008. Śródlęśne jeziora oligo-humotroficzne jako naturalne zbiorniki retencyjne. W: Anderwald D. (red.) Woda dla lasu, las dla wody. Stud. i Mat. CEPL, Rogów 2 (18): 125-139.
- Tobolski K. 2000. Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. PWN. Warszawa. ss. 508.
- Ostrowski M. 1996. Informacja obrazowa strategią ewolucji? 1996. Samper, Warszawa.
- Ostrowski M. 2001. Polskie parki narodowe i krajobrazowe. Lotnicze i satelitarne rozpoznawanie i analiza funkcjonowania struktur przyrodniczych na przykładzie obszarów Polski północno-wschodniej i Pomorza. [http://www.samper.pl/parki\\_narodowe/](http://www.samper.pl/parki_narodowe/)
- Ostrowski M., Symonides E. 1994. Słowiński Park Narodowy. Sci&Art. Dep. Ochr. Środowiska, Warszawa. ss. 127.
- Piekarski E. 1994. Zmiany środowiska przyrodniczego Kampinoskiego Parku Narodowego, Fotointerpretacja w Geografii – problemy telegoinformacji, t. 24.
- Wężyk P. 1998. Techniki fotogrametrii cyfrowej, GIS oraz GPS w badaniach nad przestrzenną depozycją pyłów wybranych metali ciężkich na obszarze Lasu Wolskiego w Krakowie. Archiwum Fotogrametrii Kartografii i Teledetekcji, 20: 1-10.

**Anna Namura-Ochalska**

Zakład Ekologii Roślin i Ochrony Środowiska  
Instytut Botaniki Uniwersytetu Warszawskiego  
namurka@biol.uw.edu.pl