

**TELEDETEKCYJNA ANALIZA SUKCESJI BRZOZY
OMSZONEJ (*BETULA PUBESCENS* EHRH.)
NA TERENIE
PARKU NARODOWEGO THINGVELLIR, ISLANDIA**

REMOTELY SENSED ANALYSIS ON SUCCESSION
OF COMMON WHITE BIRCH (*BETULA PUBESCENS*
EHRH.) IN THINGVELLIR NATIONAL PARK, ICELAND

Paweł Strzeliński, Agata Wencel

Katedra Urządzania Lasu, Wydział Leśny, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Słowa kluczowe: teledetekcja, brzoza omszona, Parka Narodowy Thingvellir, Islandia
Keywords: remote sensing, white birch, Thingvellir National Park, Iceland

Wstęp

Pojawienie się na Islandii ludzi silnie zmieniło ekosystem wyspy. Zanim to nastąpiło lasy i zarośla brzozowe pokrywały według różnych źródeł nawet do 40% powierzchni wyspy (Aradottir i Eysteinnsson, 2005). Obecnie brzozy zajmują 1,2% powierzchni, przy czym 80,8% tego obszaru zajmują zarośla brzozowe o średniej wysokości do 2 m, 15,1% – 2–4m, 2,4% – 4–8 m, a tylko 1,7% powyżej 8 m (Jónsson, 2004). Za początki zorganizowanego leśnictwa w Islandii uznaje się rok 1899 roku, kiedy to posadzono pierwszy drzewostan sosnowy w Thingvellir. Mniej więcej w tym samym okresie zasięg brzozy osiągnął postglacjalne minimum: 1% całkowitej powierzchni kraju. Początkowo działania leśników skupiały się głównie na ochronie pozostałości naturalnych lasów brzozowych, ale przez ostatnie 50 lat podjęto się także zalesień. W pierwszych latach zalesienia prowadzone były głównie z wykorzystaniem rodzimej brzozy omszonej (*Betula pubescens* EHRH.), jedynego gatunku drzewa dostępnego w dwóch szkółkach na terenie kraju. Później zaczęto eksperymentować z sadzeniem gatunków iglastych, a nawet przekształcono 200 ha naturalnych drzewostanów brzozowych w iglaste (Thingvellir National Park Management Plan, 2004). Ostatnio jednak coraz więcej uwagi poświęca się ponownie brzozie, głównie ze względu na to że jest jedynym rodzimym gatunkiem zdolnym do formowania drzewostanów w Islandii. Inną przyczyną jest duża zdolność do odnawiania i odporność na choroby.

Ponowne zainteresowanie spowodowało, że zauważono konieczność inwentaryzowania i badania stanu, dotąd odsuniętych na dalszy plan, lasów i zarośli brzozowych. Większość lasów w Islandii jest własnością Skógrækt Ríkisins (Lasy Państwowe), które współpracują

również z parkami narodowymi i prywatnymi właścicielami pomagając im w gospodarowaniu lasami.

Podstawą niniejszej pracy jest projekt, wykonywany na zlecenie Skógrækt Ríkisins i RALA (Instytut Badań Rolniczych i Leśnych) dotyczący lasów i zarośli brzozowych znajdujących się na terenie Parku Narodowego Thingvellir, a zarządzanych przez Skógrækt Ríkisins. Podstawowe prace nad projektem wykonywane były od początku lipca do końca września 2005 roku.

Podstawowe cele pracy pokrywały się częściowo z celami wyznaczonymi przez Skógrækt Ríkisins i RALA. Są to:

- 1) analiza sukcesji brzozy omszonej (*Betula pubescens* EHRH.) na terenie Parku Narodowego Thingvellir,
- 2) ocena stanu ilościowego brzozy,
- 3) klasyfikacja podstawowych typów pokrywy roślinnej,
- 4) ocena możliwości wykorzystania danych teledetekcyjnych na terenie Parku Narodowego Thingvellir.

Podstawą realizacji wszystkich celów była analiza i interpretacja zdjęć wykonanych przez satelitę SPOT5. Badania objęły obszar Parku znajdujący się w granicach sprzed 2004 roku (rys.1), który jest ogrodzony od wielu lat, dzięki czemu jest chroniona przed wypasem owiec. Tradycyjny wypas owiec jest obecnie podstawowym czynnikiem hamującym powrót brzozy na obszary kiedyś przez nią zajmowane. Ogrodzony obszar obejmuje powierzchnię 5003 ha, z czego 18% obejmuje jezioro Thingvallavatn.

Charakterystyka terenu badań

Park Narodowy Thingvellir (ÞINGVELLIR ÞJÓÐGARÐUR) został ustanowiony w 1928 roku jako pierwszy obszar ochronny w Islandii. Prawo określiło go „chronioną świętością narodową wszystkich Islandczyków, wieczną własnością narodu Islandzkiego, będącą pod ochroną parlamentu, niemożliwą do sprzedania lub zastawienia” (TNP Management Plan, 2004). Park znajduje się w południowo-zachodniej części Islandii, na terenie gminy Bláskógabyggð, około 50 km od stolicy kraju – Reykjavíku. Obszar Thingvellir jest częścią przełomu biegnącego przez Islandię, usytuowanego na granicy płyt tektonicznych Grzbietu Środkowo-Atlantyckiego i stanowi szeroką na 7 km dolinę leżącą pomiędzy uskokami Almanagjá i Heiðargjá.

Będąc pod wpływem częstych zimowych frontów niżowych, powodujących gwałtowne zmiany pogody (cyklony), obszar Parku charakteryzuje się silnymi wiatrami (średnio miesięcznie 2,7–3,1 m/s), przy czym 1–7 dni rocznie stanowią wiatry o sile 8 w skali Beauforta. Roczne średnie temperatury są niższe na terenie Thingvellir w porównaniu z innymi nizinami południowo-zachodniej Islandii; średnia roczna to +3°C, znaczna jest także liczba dni mroźnych (162 dni) (Einarsson, 1992).

Większość powierzchni Parku jest pokryta lawą, która wypłynęła z wulkanu położonego na południowym stoku góry Hrafnabjörg na wschód od doliny około 10 tysięcy lat temu, co powoduje, że tamtejsze gleby są głównie pochodzenia eolicznego, silnie odwodnione, z małą zawartością ilów i frakcją mineralną składającą się głównie z pyłu wulkanicznego (Saemundsson, 1992). Gleby te są bardzo wrażliwe na działanie erozji wodnej i wietrznej (Arnalds i Thorsteinsson, 1992).

Na terenie Parku Narodowego Thingvellir opisano 172 gatunki roślin wyższych, co stanowi około 40% flory islandzkiej. Jedną z cech charakterystycznych tego terenu jest niewielka ilość drzew. Przed zasiedleniem Islandii niziny wokół jeziora Thingvallavatn, podobnie jak większość nizin w kraju, były pokryte lasami brzozowymi (Jónasson, 1992). Współcześnie lasy i zarośla brzozowe ograniczone są w większości do powierzchni chronionych (ogrodzonych), co wskazuje na to, że brak dużych roślinożerców może pozwolić na rozwinięcie się lasów podobnych do tych z przeszłości (Arnalds i Thorsteinsson, 1992). To, że lasy brzozowe są charakterystyczne dla obszaru Thingvellir, podkreśla tradycyjna nazwa tego terenu w języku islandzkim: Bláskógar (dosłownie *niebieskie lasy*). W najbardziej wysuniętej na północ części parku wystąpił proces pustynnienia.

Faunę badanego obszaru stanowią głównie ptaki, z czego 52 to gatunki gniazdujące (związane głównie z jeziorem Thingvallavatn), a dalszych 30 występuje okresowo. Ssaki natomiast są reprezentowane głównie przez lisa polarnego (*Alopex lagopus* L.) oraz norkę amerykańską (*Mustela Visio* L.).

Zarys metodyki

Podstawą klasyfikacji podstawowych typów roślinności oraz określenia aktualnego stanu brzozy były kompozycje barwne zdjęcia wykonane 14.09.2003 roku, przez satelitę SPOT5 (zdjęcie podstawowe), obejmujące obszar Parku Narodowego Thingvellir i jego okolic, z wykorzystaniem różnych kombinacji kanałów o rozdzielczości terenowej 10 m. Chmury widoczne na zdjęciu zasłaniają około 4% obszaru parku.

Dodatkowo wykorzystano także dwa inne zdjęcia SPOT5 wykonane w 2003 roku (zdjęcia pomocnicze). Obejmowały one jednak tylko część powierzchni parku i mogły być wykorzystywane jedynie jako materiał pomocniczy. Jedno z tych zdjęć miało parametry takie same jak zdjęcie podstawowe, natomiast drugie jest połączeniem zdjęcia wielospektralnego (4 kanały) ze zdjęciem panchromatycznym, dzięki czemu uzyskano lepszą jakość i rozdzielczość terenową (2,5 m).

W celu określenia zmian w obszarze zajmowanym przez brzozę wykorzystano poligony treningowe, wykonane na podstawie danych z obserwacji terenowych. W latach 1972–1978 obserwatorzy w terenie rysowali zasięg na zdjęciach lotniczych z lat 1955–1970. Później dane te zostały przedstawione na mapach i w latach 90. zdigitalizowane.

Pierwszym etapem prac było zebranie informacji o terenie, lokalizacja granic, zapoznanie się z terenem oraz decyzja o liczbie i rodzajach klas roślinności, które były później brane pod uwagę podczas klasyfikacji. Wstępnie ustalono, że optymalną liczbą klas będzie 4 – pokrywa trawiasta, pokrywa mszysta, drzewa liściaste/brzoza, drzewa iglaste.

Wybór kombinacji kanałów mających największą wartość informacyjną, polegał na wyseparowaniu spośród dostępnych kanałów (zielony, czerwony, bliska i średnia podczerwień) tych, które pozwoliły wyróżnić cztery podstawowe klasy pokrywy roślinnej. Wybranie odpowiednich kanałów było konieczne w celu poprawy jakości obrazu, zwiększenia kontrastu między interesującymi badanymi klasami, a co za tym idzie – umożliwiło wzrokową analizę zdjęcia. Na tym etapie najlepszą kombinacją wynikającą z obserwacji terenowych okazały się kanały 2 i 4 (rys. 2). Kolejnym krokiem było poprawienie kontrastu i jasności obrazu uzyskanego z kombinacji tych dwóch kanałów oraz klasyfikacja automatyczna z wykorzystaniem funkcji AOI (*Area Of Interest*) z programu Erdas Imagine 8.6.

Kolejnym etapem prac była modyfikacja sygnatur, polegająca na przekształcaniu parametrów pikseli w ramach wcześniej ustalonych klas, celem lepszego ich rozróżnienia. Zadanie to wykonano wykorzystując moduł Signature Editor z programu Erdas Imagine 8.6. W trakcie modyfikowania sygnatur i łączenia ich w przyjęte klasy (z wykorzystaniem spostrzeżeń terenowych z poligonów treningowych), okazało się, że nie jest możliwe wyodrębnienie na podstawie statystycznej drzewostanów iglastych. Klasa ta została więc pominięta a tereny przez nią zajmowane zostały potraktowane jako obszary niesklasyfikowane. Tym sposobem powstał plik zawierający charakterystyki trzech klas docelowych (liściaste/brzoza, mchy i trawy) oraz klasę zawierającą wszystkie tereny nie mające znaczenia dla wyników końcowych oraz niemożliwe do sklasyfikowania (rys. 3.).

Następny etap prac (weryfikacja) polegał przede wszystkim na sprawdzeniu w terenie obszarów, co do których były wątpliwości czy zostały prawidłowo sklasyfikowane. Ponieważ klasyfikacja nadzorowana oraz dalsze analizy (porównanie histogramów dla par klas w poszczególnych kanałach, a także analiza statystyczna wykonana z użyciem modułu Bands Separability z programu Erdas Imagine 8.6.), nie pozwoliły na wyodrębnienie drzewostanów iglastych a pewna część obszaru nie została sklasyfikowana ze względu na chmury, konieczne było uzupełnienie wyników o te informacje.

Na podstawie interpretacji wizualnej zdjęcia podstawowego, wspartej obserwacjami w terenie, powstały pliki poligonowe obejmujące drzewostany iglaste. Natomiast pliki poligonowe dotyczące roślinności na terenach pokrytych chmurami powstały na podstawie interpretacji wizualnej zdjęcia pomocniczego (obejmującego część obszaru badań) i obserwacji terenowych.

Kolejna weryfikacja miała na celu ponowne sprawdzenie zgodności klasyfikacji w obserwacjach terenowymi i ewentualne uzupełnienie lub poprawienie danych.

Prace terenowe były prowadzone równoległe z pracami kameralnymi. Niemal na każdym etapie konieczne było porównywanie elementów zdjęcia z tym, co znajduje się w terenie. Dokładne poznanie terenu, a także specyficznej roślinności (z punktu widzenia obcokrajowca), było niezbędne do prawidłowego przeprowadzenia klasyfikacji.

Podstawą tej części badań było oddzielenie informacji o brzozie od innych klas roślinności. Ponieważ plik zawierający informacje o klasyfikacji zawierał wszystkie informacje zawarte w jednej warstwie, po nałożeniu warstwy poligonowej zawierającej informacje o brzozie z lat 1972-1978, efekt okazałby się nieczytelny. Dlatego na podstawie informacji zawartych w pliku klasyfikacji stworzono warstwę poligonową obrazującą tylko zasięg brzozy (rys. 4.). Dzięki takiej warstwie informacje można było swobodnie nakładać na inne warstwy, zarówno rastrowe jak i wektorowe oraz łączyć je otrzymując dokładny i wyraźny obraz, umożliwiając dokonywanie porównań. W celu porównania zasięgu brzozy z lat 1972-1978 i z roku 2003, na przedstawioną powyżej warstwę poligonową nałożono warstwę z danymi starszymi. W związku z różnicami w dokładności danych (dane z lat 1972-1978 są mniej precyzyjne), nie było możliwe dokładne porównanie ilościowe a jedynie porównanie przestrzenne.

Po zakończeniu podstawowego zakresu prac, dodatkowo zostały wykonane pliki zawierające dane poligonowe dla pozostałych klas roślinności, co umożliwiło wykorzystanie tych danych do innych celów, a także plik zawierający dane wektorowe przebiegu dróg na badanym obszarze, mający na celu dokładniejsze zmapowanie terenu. Ostatnim etapem było wykonanie map zawierających informacje o rozmieszczeniu klas roślinności w skali 1:50 000 i 1:25 000.

W pracy wykorzystano oprogramowanie Erdas Imagine 8.6, ArcView 3.2 oraz ArcGis 8.3.

Omówienie wyników

Poważnym utrudnieniem w analizie roślinności i jej podziale na klasy było znaczne rozproszenie i wzajemne przenikanie poszczególnych jednorodnych płatów. Na badanym terenie występuje dużo obszarów przejściowych i miejsc gdzie wszystko rośnie razem, występują też małe powierzchniowo obszary ze specyficzną roślinnością, zwłaszcza w pobliżu cieków i zbiorników wodnych oraz w szczelinach skalnych.

W tabeli 1 zestawiono podstawowe informacje liczbowe, dotyczące powierzchniowego udziału poszczególnych klas roślinności.

Tabela 1. Powierzchnia poszczególnych klas roślinności

Klasy roślinności	Powierzchnia klasy [ha]	Procent powierzchni parku [%]	Procent suchego łądu [%]	Procent powierzchni pokrytej roślinnością [%]
Liściaste/brzoza	2705,1	54,1	66,0	72,7
Iglaste	20,4	0,4	0,5	0,6
Trawa	932,5	1,3	1,5	1,7
Mchy	63,3	18,6	23,0	25,0
Inne	1281,7	25,6	9,0	–
Razem	5003	100	100	100

Jak widać na rysunku 5. dane z lat 1972–1978 w wielu miejscach nie pokrywają się z danymi aktualnymi. W części przypadków nie wynika to jednak ze zmian roślinności ale z mniejszej dokładności danych starszych. Jest to najprawdopodobniej efektem tego, że przy informacjach zbieranych i opracowywanych dla całego kraju nie przywiązywano wagi do szczegółów. Poza tym dane są najprawdopodobniej zniekształcone po wielokrotnej digitalizacji; wykazują również lekkie przesunięcie w kierunku północnym.

W dwóch miejscach klasyfikacja zdjęcia wskazała na występowanie brzozy mimo, że nie mogło jej tam być. Są to miejsca na rysunku 5 oznaczone numerami 2 i 4. W miejscu oznaczonym numerem 2 znajdują się pozostałości farmy Skógarkot, która powstała kilkaset lat temu, a obecnie jest to teren porośnięty trawami. Natomiast w miejscu oznaczonym numerem 4 znajduje się największy z drzewostanów iglastych na terenie parku, posadzony na początku XX wieku. Różnice na obszarze zaznaczonym numerem 1 biorą się najprawdopodobniej z różnic w skali (uogólnione dane).

Jednak mimo małej dokładności danych można stwierdzić, że obszar zajmowany przez brzozę nie zmienił się znacząco. Jedyne miejsca w których najprawdopodobniej zaszły zmiany to obszary oznaczone numerami 3 i 5, potwierdzają to obserwacje terenowe oraz zdjęcie lotnicze tych okolic, wykonane pod koniec lat 80.

Wnioski

Dzięki zdjęciom satelitarnym udało się uzyskać mapę roślinności dla terenu Parku Narodowego Thingvellir, co chociażby ze względu na silne zróżnicowanie terenu i pokrywy roślinnej oraz trudną dostępność niektórych miejsc byłoby niemożliwe lub wymagałoby ogromnych nakładów pracy w przypadku wykorzystania tradycyjnych metod. Jak zresztą wspomniano, w Thingvellir National Park Management Plan (2004) próby takich prac były podejmowane kilkakrotnie ale nigdy nie zostały one skończone. Tradycyjnymi metodami trudne byłoby również uzyskanie informacji o stanie ilościowym brzozy oraz powierzchniach zajmowanych przez pozostałe typy roślinności.

Nawet, jeśli nie było możliwe uzyskanie precyzyjnych informacji o zmianach w obszarze zajmowanym przez brzozę w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat ze względu na jakość informacji, być może informacje uzyskane na temat aktualnej sytuacji brzozy będą mogły posłużyć do porównań w przyszłości. Poza tym nie bez znaczenia jest fakt, że dane z lat 1872–1978 zostały zweryfikowane. Niewykluczone jest również, że zachowanie materiałów na podstawie których wykonane zostały pliki zawierające dane poligonowe pozwoliłoby na poprawienie danych i zwiększenie ich dokładności, a co za tym idzie umożliwiłoby dokonanie dokładniejszych porównań. Podkreśla to zasadność archiwizowania nie tylko opracowania ale również materiałów źródłowych.

Na podstawie badań wykonanych w niniejszej pracy można wysnuć następujące wnioski:

- Brzoza omszona zajmuje powierzchnię 2705 ha, co stanowi 54,1% powierzchni Parku Narodowego Thingvellir w ramach granic sprzed 2004 roku i 66,0% powierzchni łądu.
- Cztery podstawowe typy roślinności pokrywają 74,4% powierzchni Parku, z czego 18,6% stanowią mchy, 1,3% – trawy, 54,1% – brzoza oraz 0,4% drzewostany iglaste.
- Na terenie Parku Narodowego Thingvellir w latach 1955–2003 nie zaszły znaczące zmiany w obszarze zajmowanym przez brzozę, nadal jest to klasa dominująca pod względem zajmowanej powierzchni.

Literatura

- Aradottir Á.L., Eysteinnsson T., 2005: Restoration of birch woodlands in Iceland. (In:) Standurf J.A., Madsen P. (red.): Restoration of boreal and temperate forests. CRC Press. Boca Raton: 195-209.
- Arnalds Ó., Thorsteinnsson I., 1992: The vegetation and soils of the Thingvallavetn area. *Oikos*. Vol: 64: 105-116.
- Einarsson M.Á., 1992: Climatic conditions of the Thingvallavatn area. *Oikos*. Vol. 64: 96-104.
- Jónasson P.M., 1992: The ecosystem of Thingvallavatn: a synthesis. *Oikos*. Vol. 64: 405-434.
- Jónsson T.H., 2004: Stature of Sub-arctic Birch in Relation to Growth Rate, Lifespan and Tree Form. *Annals of Botany*. Vol. 94: 753-762.
- Saemundsson K., 1992: Geology of the Thingvallavatn area. *Oikos*. Vol. 64: 40-68.
- Thingvellir National Park Management Plan 2004 to 2024.

Summary

The paper presents the use of satellite remote sensing to vegetation succession analysis in Thingvellir National Park in Iceland. The research had the below aims:

- 1) analysis of succession of common white birch (*Betula pubescens* Ehrh.)*
- 2) an assessment of quantity of birch trees*
- 3) classification of basic types of vegetative cover*
- 4) analysis of possibilities of use of remote sensing data in Thingvellir National Park.*

The paper encompassed analysis and interpretation of SPOT5 satellite images of the park and its surroundings (taken in 2003) and digital maps produced on the basis of aerial photographs and field observations (from the years 1955–1978). The analysis has covered fenced part of the park (5002 ha). Within the framework of field work, decision of number and kind of vegetation classes was made. As much as 4 classes were fixed and verified in the field – grass cover, moss cover, broad-leaved/birch cover, coniferous cover. The maps of the scale: 1:50 000 i 25 000 were made, and then verified in the field. The vegetation classes constituted respectively: grass cover – 1.0% of the park area, moss cover – 19.0%, broad-leaved trees/birch – 54%, coniferous trees – 0.3%. There was also the class 'others' (25.7% of the park area), which encompasses all areas having no meaning for final results and areas which are impossible to classify.

Selected data concerning birch (on the basis of SPOT5 and field control) were compared to data from the years 1972–1978. Unfortunately, precise quantity comparison was impossible due to differences in accuracy of data (date from the years 1972–1978 are less precise). Hence only area comparison was made.

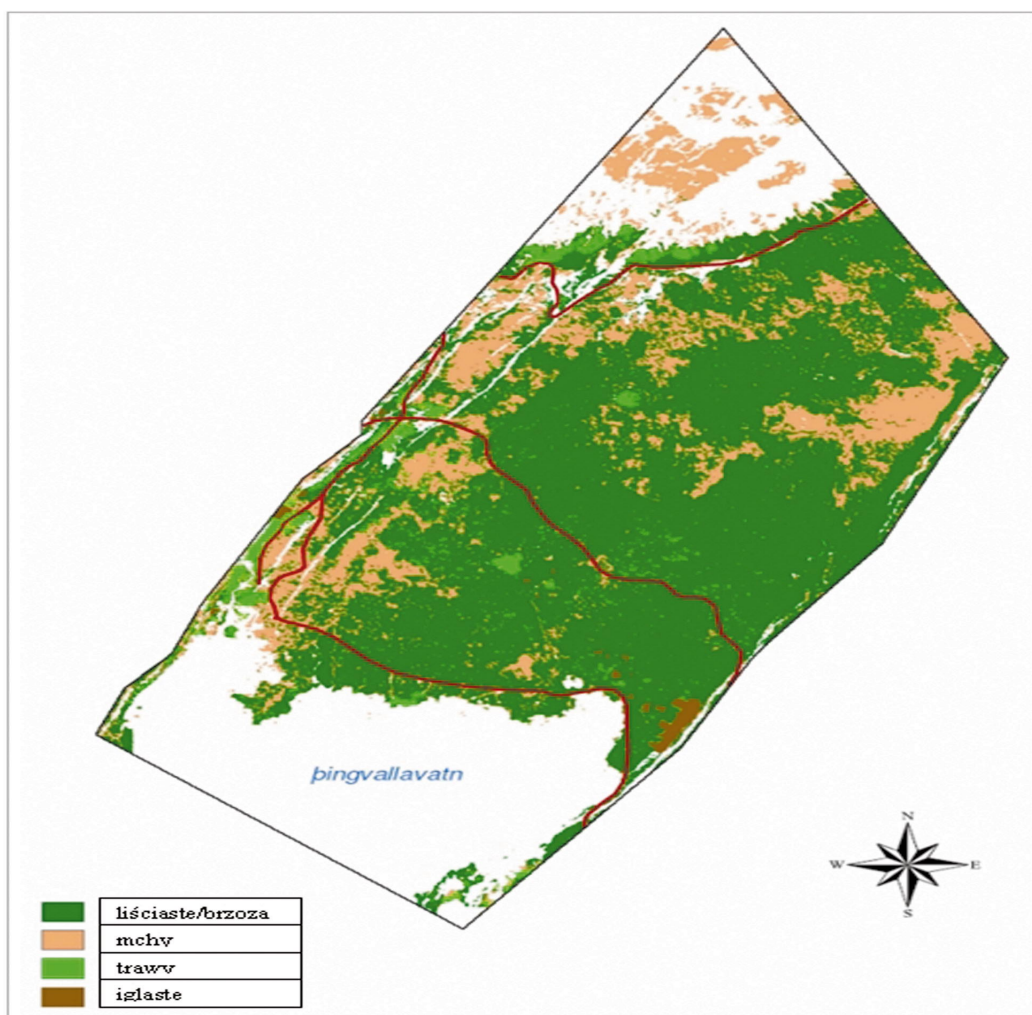
In the years 1955–2003 area covered by birch did not changed considerably, still it is the dominant class in respect of area. Presently common white birch covers 2705 ha which is 54% of Thingvellir National Park area within borders from before 2004 and 66% of land area.

The project concerned the forests and birch thickets in Thingvellir National Park commissioned by Skógrækt Ríkisins and RALA (Institut of Forest and Agricultural Research). The main works on project have been done from the beginning of July to the end of September 2005.

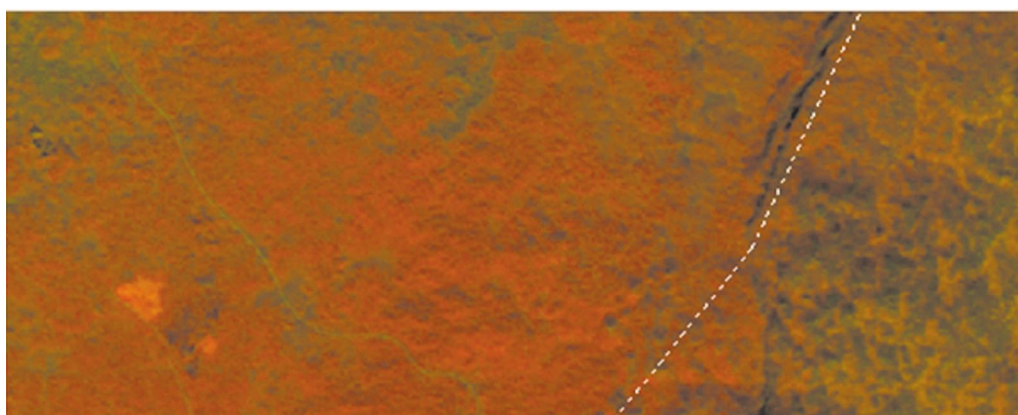
dr inż. Paweł Strzeliński
strzelin@au.poznan.pl

mgr inż. Agata Wencel
agatawe@poczta.onet.pl

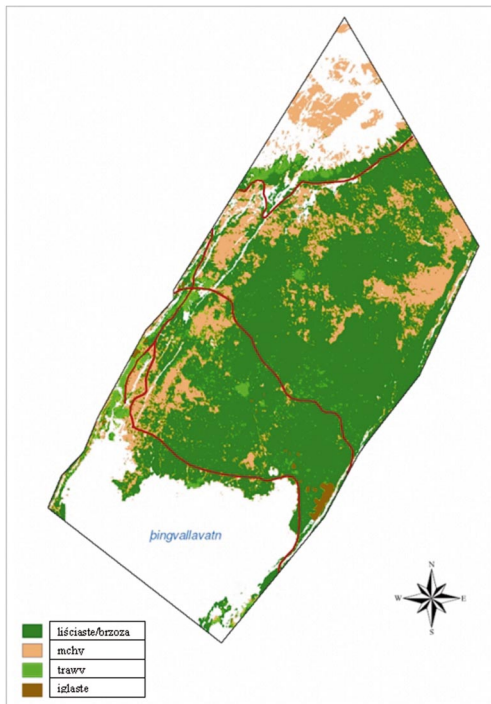
tel. (061) 848 76 67, 76 62



Rys. 1. Granice Parku Narodowego Thingvellir. Źródło: TNP Mangement Plan (2004) – zmienione (zielony obszar oznacza granice z lat 1928–2004, brązowa linia oznacza granicę obowiązującą od maja 2004)



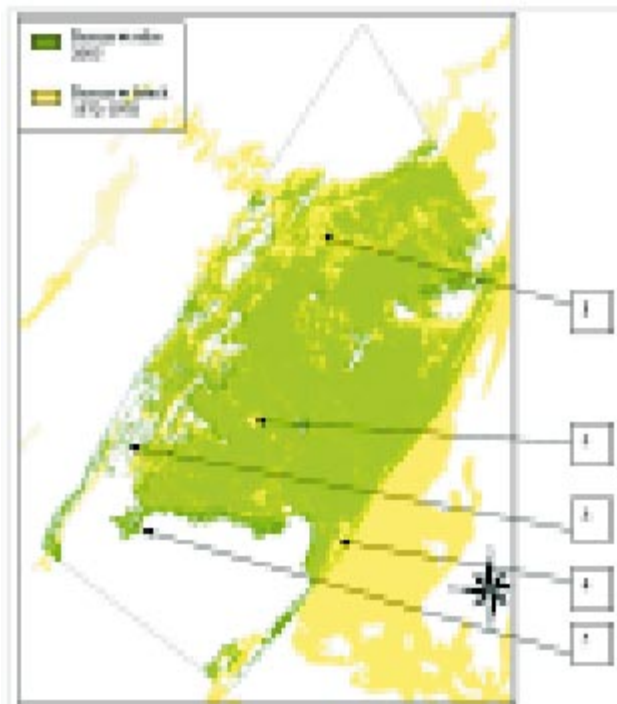
Rys. 2. Przykład kombinacji kanałów 4 i 2, po poprawie kontrastu i jasności



Rys. 3. Wynik klasyfikacji roślinności dla obszaru Parku Narodowego Thingvellir



Rys. 4. Brzoza na terenie Parku Narodowego Thingvellir



Rys. 5. Zestawienie warstw poligonowych obszarów porośniętych brzozą (objaśnienia w tekście)