

# Ocena zasięgu żeru boreczników w Puszczy Kozienickiej na podstawie zdjęć wykonanych przez satelitę Landsat Thematic Mapper

*Assessment of conifer sawfly infestation range  
in Kozienice Forest based on Landsat TM satellite images*

Emilia WIŚNIEWSKA, Tomasz ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI

**R**apid changes in the environment bring about the need to monitor its condition in a quick and repetitive way. Research referring to environment monitoring and cartographic presentation of its results has been carried out in the Institute of Geodesy and Cartography for many years.

Usage of satellite remote sensing techniques and performing the analyses of satellite images within spatial information systems, which allow for collection of multi-source data on environment, enabled the localization of impaired forests.

The reasons of stand damage are among others forest diseases related to insect pests infestations and appearance of patho-

genic fungus. These phenomena result from both: lack of individual forest immunity and threat to forest environment caused by biotic, abiotic and anthropogenic factors.

Tasks related to monitoring of insect infestation consequences with the help of satellite images acquired by Landsat Thematic Mapper are presented in this paper. The presented work was accomplished in the frame of a research project No 9 T12E 02514 financed by the Polish Research Committee. Kozienice Forest serves as a test site for which the analysis of stand damage resulting from conifer sawfly (*Diprionidae*) infestation was carried out.

## Wstęp

Jedną z przyczyn uszkodzenia drzewostanów są choroby lasu, związane z gradacjami szkodników owadzi i z występowaniem grzybów patogenicznych. Zjawiska te są wypadkową indywidualnej odporności lasów oraz zagrożenia środowiska leśnego przez czynniki biotyczne, abiotyczne i antropogeniczne. Nie bez znaczenia jest też ścieranie się na terenie Polski wpływów dwóch klimatów: oceanicznego z zachodu i kontynentalnego ze wschodu. W związku z tym w faunie naszego kraju wstępują gatunki szkodników i patogeny grzybowe charakterystyczne zarówno dla klimatu morskiego, jak i kontynentalnego.

Często występujące w Polsce monokultury i drzewostany o składzie gatunkowym nie odpowiadającym

warunkom siedliska mają mikroklimat sprzyjający występowaniu szkodników. Sprzyja temu stan fizjologiczny drzew rosnących na niewłaściwych glebach, ale przede wszystkim w monokulturach brakuje, lub jest ich za mało, wielu pożytecznych organizmów, jak pasożyty, drapieżcy, patogeny szkodników, których obecność zabezpiecza przed masowymi pojavami szkodników owadzi.

Tak więc polskie lasy znajdują się w stanie stałego lub okresowego zagrożenia przez częste gradacje ponad 50 gatunków szkodliwych owadów i ponad 25 gatunków patogenicznych grzybów (PIOŚ, 1994). Szkodniki owadzie pojawiają się u nas z dużą częstotliwością i w masowym niekiedy nasileniu. W ostatnich latach uaktywniły się przy tym nowe, mało dotąd poznane gatunki owadów, skróciły się tzw. okresy mię-

dygradacyjne wśród najgroźniejszych szkodników owadzi, pogorszył się stan sanitarny drzewostanów i nasiliło się występowanie szkodników wtórnych.

Zagadnienia związane z monitorowaniem następstw gradacji owadzi z wykorzystaniem zdjęcia wykonanego przez satelitę Landsat Thematic Mapper zostały omówione w tej pracy, która została zrealizowana w ramach projektu badawczego nr 9 T12E 02514 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych. Polygonem badawczym były lasy Puszczy Kozienickiej, dla których przeprowadzona została analiza uszkodzenia drzewostanów na skutek żerów boreczników (*Diprionidae*).

Wybór Puszczy Kozienickiej do badań wynika ze składu gatunkowego lasów, które tworzone są w dominującym stopniu przez sosnę (będącą głównym gatunkiem polskich lasów), występującą tu na siedliskach borowych i lasowych, oraz z wysokiego stopnia zagrożenia uszkodzeniami przemysłowymi, a co za tym idzie atakami szkodników owadzi.

Obecna Puszcza Kozienicka obejmuje kompleks leśny w widłach rzeki Radomki i Wisły. Teren Puszczy podzielony jest na obręby: Kozienice, Pionki, Zagóźdon (14 960 ha), wchodzące w skład Nadleśnictwa Kozienice, obręby: Garbatka i Zwoleń (10 229 ha) w Nadleśnictwie Zwoleń i obręb Jedlnia (4783 ha) w Nadleśnictwie Radom. Obszar ten został ustanowiony, na mocy Zarządzenia nr 30 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 19 XII 1994 r., jednym z Leśnych Kompleksów Promocyjnych (LKP), których podstawowym zadaniem jest promowanie proekologicznych technologii w gospodarce leśnej i zasad ochrony przyrody w lasach.

Potrzeba zachowania lokalnego krajobrazu przyrodniczo-geograficznego oraz znacznych obszarów naturalnych lasów Puszczy Kozienickiej, a także ich siedlisk z bogatą roślinnością zielną i ciekawym ukształtowaniem powierzchni oraz propagowanie — obok walorów przyrodniczych — walorów historycznych i kulturowych tych terenów wpłynęła na decyzję o utworzeniu w 1983 r. Kozienickiego Parku Krajobrazowego (Krzemiński, 1997).

Najgroźniejszymi czynnikami skażenia środowiska prowadzącymi do zakłóceń równowagi ekologicznej lasów Puszczy Kozienickiej są pyły i gazy emitowane przez elektrownię „Kozienice”, a także zakłady przemysłowe zlokalizowane w Pionkach i Radomiu. Miernikiem tego skażenia jest wzrost zasięgu stref zagrożenia, jaki jest określany podczas inwentaryzacji szkód przemysłowych i ustalania stref zagrożenia lasu. Kolejnym czynnikiem powodującym zmiany w środowisku przyrodniczym jest obniżenie poziomu wód gruntowych określane jako tak zwany lej depresyjny. Duże zagrożenie stanowi penetracja lasu przez ludność, co jest uwarunkowane sąsiedztwem Radomia oraz bliskim położeniem Pionek, Kozienic i Zwolenia. Presja na środowisko przyrodnicze powoduje obniżenie stanu zdrowotnego i sanitarnego lasów. Przejawem tego jest wzrost wydzielania się posuszu oraz występowanie szkodliwych owadów leśnych i rozwój ognisk patogenicznych grzybów.

## Materiały i metoda

Do prezentowanych tutaj analiz wykorzystano zdjęcie wykonane przez satelitę Landsat TM oraz dane inwentaryzacji urządzania lasu i badania terenowe oceniające defoliacje z 1994 roku, kiedy to na terenie Puszczy Kozienickiej obserwowano intensywne żery boreczników. Zgromadzone dane były zintegrowane i analizowane w systemie informacji przestrzennej. Utworzony system informacji przestrzennej umożliwił wykonanie analiz przestrzennych danych z zakresu urządzania lasu, z oceną uszkodzenia wybranych drzewostanów oraz przeprowadzenie przetworzeń i klasyfikacji zdjęć satelitarnych.

W układzie gatunkowym Puszczy Kozienickiej panująca jest sosna (82,7%) i jako gatunek panujący tworzy w większości drzewostany mieszane z dębem szypułkowym i bezszypułkowym. Oba gatunki dębów zajmują 5,8%, olsza czarna — 4,8%, jodła — 3,6%, brzoza — 1,9% i inne — 1% powierzchni. Na terenie Puszczy dominują siedliska borowe — 62,8%, siedliska lasów zajmują 34,2%, a olsowe — 3,0% powierzchni.

Analizowane drzewostany sosnowe w większości charakteryzuje zwarcie umiarkowane (42%) i przerywane (44%). Zwarcie pełne występuje w 8% drzewostanów. W pozostałych drzewostanach jest zwarcie luźne (3%) lub też są to uprawy i młodniki.

Średni wiek drzewostanów sosnowych w Leśnym Kompleksie Promocyjnym wynosi 50 lat, średnia pierśnica sosen wynosi 19 cm, wysokość — 16 m, a średnia zasobność drzewostanów — 190 m<sup>3</sup>/ha. Sosna w 65% procentach wydzieleń występuje jako jedyny gatunek pierwszego piętra. W pozostałych 35% wydzieleń drzewostany sosnowe mają przede wszystkim domieszki dębowe i brzozowe.

Domieszki w pierwszym piętrze, zróżnicowanie gatunkowe w niższych piętrach, a także zróżnicowane zwarcie mają istotny wpływ na dokładność klasyfikacji zdjęć satelitarnych i liczbę klas możliwych do wydzielenia. Wynika to z faktu, że sensor satelity rejestruje wartość uśrednioną dla pojedynczego piksela obejmującego powierzchnię, na której znajdują się różne elementy lasu, charakteryzujące się zróżnicowanym zakresem odbić spektralnych.

Zgromadzone materiały opisujące Puszcę Kozienicką, oprócz zdjęć satelitarnych i danych urządzeniowych zawierają również dane terenowe z oceną defoliacji w wybranych 300 drzewostanach sosnowych.

Zintegrowanie w systemie informacji przestrzennej danych obrazowych, kartograficznych i opisowych, pozwoliło na przeprowadzenie analiz statystycznych określających możliwość wydzielenia dzięki klasyfikacji zdjęć satelitarnych drzewostanów sosnowych o różnym stopniu defoliacji.

## Jednoczynnikowa analiza wariancji klas defoliacji

W pierwszym etapie analiz wykonano jednoczynnikową analizę wariancji w celu ustalenia, czy między kilkoma grupami (czynnikami) istnieją różnice statystycznie istotne. W prowadzonych tutaj analizach grupami tymi były 20% klasy defoliacji: 0–19%, 20–39%, 40–59%, 60–79%, powyżej 80%. Jednoczynnikowe analizy wariancji zostały wykonane dla kanałów surowych i wagowanych Landsat TM, w których badano równość średnich dla przyjętych klas defoliacji.

Zanim jednak przystąpiono do przeprowadzenia jednoczynnikowej analizy wariancji, poddano ocenie powierzchnie testowe pod względem ich jednorodności, a więc reprezentatywności. Pikselowa budowa zdjęcia rastrowego powoduje, że średnia odbicia spektralnego wyliczona dla danego wydzielenia nie zawsze jest reprezentatywna, gdyż jest ona wyliczona ze zróżnicowanych wartości pikseli reprezentujących na przykład gniazda, albo domieszki innych gatunków, wchodzących w skład jednego wydzielenia drzewostanowego. Po przeanalizowaniu wartości odchyłeń standardowych, a także ocenie wizualnej wybrano do analizy 109 jednorodnych spektralnie wydzieleni.

Analizy spektralne zdjęć Landsat TM pozwoliły wyróżnić homogeniczne klasy defoliacji w poszczególnych kanałach spektralnych oraz kanałach wagowanych. Wagowania kanałów stosowano do obliczenia wskaźników biomasy, uszkodzeń, roślinności i jasności.

Kanałami, w których jest najlepsze rozróżnienie klas defoliacji, są kanały TM7 i TM5 (kanały średniej podczerwieni) oraz kanał wagowany – wskaźnik uszkodzeń. Wyniki wykonanych jednoczynnikowych analiz wariancji dla niniejszych kanałów przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Zestawienie wyników jednoczynnikowej analizy wariancji  
*The results of the univariate analysis of variance*

Defoliacja <i>Defoliation</i> [%]	Oznaczenie klasy defoliacji <i>Defoliation</i> <i>classes</i>	TM5	TM7	Wskaźnik uszkodzeń <i>Damage</i> <i>index</i>
0–19	10	X	X	X
20–39	30	X	X	
40–59	50	X	X	X
60–79	70		X	X
powyżej 80 <i>above 80</i>	80	X	X	X

## Regresja pojedyncza defoliacji

W celu stwierdzenia, czy między odbiciami spektralnymi rejestrowanymi skanerem Landsat Thematic Mapper a defoliacją istnieje zależność i jak silny jest ten związek, przeprowadzono analizę regresji i korelacji. Celem teorii korelacji jest rozwiązanie zależności między dwiema lub więcej wielkościami, a także

określenie ścisłości (miary) zależności i wiarygodności (prawdopodobieństwa) otrzymanych charakterystyk.

Zależność pomiędzy cechami charakteryzuje współczynnik korelacji  $R$ , przyjmujący wartości z przedziału  $[-1,1]$ . Określa on siłę związku między zmiennymi. Jednak miarą dopasowania linii regresji do danych empirycznych jest współczynnik determinacji  $R^2$ , przyjmujący wartości w przedziale  $[0,1]$  lub  $[0\%, 100\%]$ .

Regresję pojedynczą defoliacji wykonano dla poszczególnych kanałów surowych oraz wagowanych.

Najwyższą zależność z defoliacją drzewostanów sosnowych mają: kanał TM7 (68,8%), wskaźnik uszkodzeń (60,1%) oraz kanał TM5 (59,6%). Dla wymienionych kanałów współczynniki korelacji są wyższe od 0,77, a wartości standardowych błędów oceny — najniższe.

## Regresja wielokrotna

Określono również regresję i korelację dla regresji wielokrotnej, która bada zależność między więcej niż dwiema zmiennymi mierzalnymi. Celem tej analizy jest powiązanie zmiennej zależnej (defoliacji) funkcją regresji z wieloma naraz innymi zmiennymi mierzalnymi (wartościami odbić spektralnych). Oprócz równania regresji wielokrotnej został również obliczony kwadrat współczynnika korelacji wielokrotnej  $R^2$  z uwzględnieniem stopni swobody, określającego siłę związku między zmienną zależną i zmiennymi niezależnymi, a także poziomy istotności współczynników korelacji poszczególnych zmiennych niezależnych.

Równanie regresji wielokrotnej między defoliacją jako zmienną zależną, a siedmioma kanałami TM jako zmiennymi niezależnymi przedstawia się następująco:

$$DEF = 161,626 - 0,885156 \cdot TM1 + 3,59979 \cdot TM2 - 3,21512 \cdot TM3 - 1,57094 \cdot TM4 + ,1199 \cdot TM5 - 1,06739 \cdot TM6 + 0,658071 \cdot TM7$$

Dla powyższego równania otrzymano wartość współczynnika determinacji  $R^2 = 73,1\%$ . Bardziej odpowiedni do porównania z modelami o innej liczbie niezależnych zmiennych jest współczynnik determinacji  $R^2$  poprawiony o liczbę stopni swobody wynoszący 71,2%. Standardowy błąd oceny SE wyrażający odchylenie standardowe rozkładu zmiennej defoliacji wynosi 7,4%. Średni błąd absolutny  $MAE$  określający średnią różnicę między wartością defoliacji pomierzonej a wartością defoliacji obliczoną na podstawie równania regresji wielokrotnej wynosi 5,7%.

Analizę regresji wielokrotnej przeprowadzono również dla różnych kombinacji kanałów. Okazało się, że współczynnik determinacji  $R^2$  poprawiony o liczbę stopni swobody w regresji wielokrotnej defoliacji mającej za zmienne niezależne kanały TM4, TM5, TM6 wynosi 71,6%.

Równanie regresji wielokrotnej między defoliacją jako zmienną zależną, a kanałami TM4, TM5, TM6

jako zmiennymi niezależnymi przedstawia się następująco:

$$DEF = 123,717 - 1,41305 \cdot TM4 + 3,2391 \cdot TM5 - 1,07399 \cdot TM6$$

Dla powyższego równania otrzymano wartość współczynnika determinacji  $R^2 = 72,4\%$  oraz współczynnik determinacji  $R^2$  poprawiony o liczbę stopni swobody wynoszący 71,6%. Standardowy błąd oceny  $SE$  wynosi 7,3%, a średni błąd absolutny  $MAE = 5,8\%$ .

### Podsumowanie

Przedstawione powyżej analizy wykazują, iż odbicie spektralne, rejestrowane zarówno w kanałach surowych, jak i wagowanych jest wysoko skorelowane z defoliacją drzewostanów. Jak wynika z tych analiz, zdjęcia satelitarne mogą służyć do określania klas defoliacji drzewostanów sosnowych, do czego najbardziej przydatne są kanały TM4, 5 i 7 oraz wskaźnik uszkodzeń.

Teoretyczne rozważania wykazały, że TM7 pozwala na wydzielenie klas o defoliacji: 0–19%, 20–39%, 40–59%, 60–79%, 80–100%. Jednakże fakt, iż na średnią wartość spektralną, rejestrowaną przez skaner satelity, wpływa nie tylko stan igliwia, ale także inne elementy drzewostanu, każe zmodyfikować to teoretyczne podejście. W praktyce, jak wykazują zaprezentowane analizy, możliwe jest (w optymalnych warunkach) wydzielenie trzech klas defoliacji: 0–50%, 50–70% i powyżej 70%.

Znajomość charakterystyk spektralnych poszczególnych klas defoliacji, a także kanałów najsilniej skorelowanych z defoliacją, pozwoliły na wykonanie klasyfikacji zdjęcia satelitarnego pod kątem wydzielenia klas drzewostanów sosnowych nieuszkodzonych oraz zdefoliowanych. Jak już uprzednio wspomniano, w wyniku przetworzeń wydzielono drzewostany sosnowe z pozostałej części lasów Puszczy Kozienickiej. Wśród drzewostanów sosnowych dokonano podziału na drzewostany sosnowe nieuszkodzone oraz drzewostany sosnowe, których charakterystyki spektralne kwalifikują je do klasy defoliacji od 50 do 70% oraz drzewostany o defoliacji wyższej od 70%.

W wyniku klasyfikacji, aż w 540 wydzieleniach drzewostanowych, na całkowitą liczbę 6626 wydzieleni (występujących według danych inwentaryzacyjnych na analizowanym terenie Puszczy Kozienickiej), znalazły się piksele (jeden lub więcej) o wartościach spektralnych charakterystycznych dla defoliacji. Strukturę powierzchniową drzewostanów zdefoliowanych w ramach poszczególnych obrębów przedstawia tabela 2.

Wśród tych 540 drzewostanów sklasyfikowano w 522 wydzieleniach piksele zdefiniowane jako defoliacja od 50% do 70%, a w 98 wydzieleniach – jako defoliacja powyżej 70%. Wydzielenia o defoliacji od 50% do 70% określano jako **drzewostany osłabione**. Ich

Tabela 2. Powierzchnia drzewostanów uszkodzonych w poszczególnych obrębach  
*The area of damaged stands in districts*

Obręb <i>District</i>	Powierzchnia [ha] <i>Area</i>
Jedlnia	147,26
Kozienice	96,32
Pionki	5,73
Zagożdżon	5,45
Garbatka	23,37
Zwoleń	40,93
Ogółem <i>Total</i>	319,05

strukturę powierzchniową w ramach poszczególnych obrębów przedstawia tabela 3. Wydzielenia reprezentowane przez klasę defoliacji powyżej 70% określano jako **drzewostany silnie osłabione**. Ich strukturę powierzchniową w ramach poszczególnych obrębów przedstawia tabela 4.

Tabela 3. Powierzchnia drzewostanów osłabionych w poszczególnych obrębach  
*The area of impaired stands in districts*

Obręb <i>District</i>	Powierzchnia [ha] <i>Area</i>
Jedlnia	127,25
Kozienice	80,06
Pionki	5,73
Zagożdżon	5,45
Garbatka	21,89
Zwoleń	32,74
Ogółem <i>Total</i>	273,11

Tabela 4. Powierzchnia drzewostanów silnie osłabionych w poszczególnych obrębach  
*The area of heavily impaired stands in districts*

Obręb <i>District</i>	Powierzchnia [ha] <i>Area</i>
Jedlnia	20,01
Kozienice	16,26
Pionki	–
Zagożdżon	–
Garbatka	1,48
Zwoleń	8,18
Ogółem <i>Total</i>	45,94

Drzewostany uszkodzone występują przede wszystkim w obrębach: Jedlnia (Nadl. Radom), Kozienice (Nadl. Kozienice), Zwoleń (Nadl. Zwoleń) i Garbatka (Nadl. Zwoleń). Największa powierzchnia drzewostanów uszkodzonych występuje w obrębie Jedlnia, w którym występowały żery boreczników. Następnym obrę-

bem gdzie drzewostany uszkodzone zajmują równie dużą powierzchnię jest obręb Kozienice, położony najbliżej elektrowni Kozienice.

Drzewostany silnie osłabione występują, podobnie jak drzewostany osłabione, głównie w obrębach Jedlnia i Kozienice, a także w obrębie Zwolen. Na niewielkiej powierzchni (1,48 ha) zostały sklasyfikowane drzewostany silnie uszkodzone w obrębie Garbatka. Natomiast w obrębach Pionki i Zagożdżon powierzchnie takie nie występują.

W wyniku odpowiednich przetworzeń zdjęć satelitarnych, bazujących na przedstawionych tutaj analizach statystycznych, możliwe stało się rozpoznanie drzewostanów o różnym stopniu defoliacji, co przedstawia rycina 1.



Ryc. 1. Drzewostany sosnowe uszkodzone żerem borecznika zobrazowane na kompozycji barwnej Landsat TM przedstawiającej fragment Puszczy Kozienickiej: 1 – drzewostany sosnowe osłabione, 2 – drzewostany sosnowe silnie osłabione.

Fig. 1. The pine stands damaged by conifer sawfly feeding shown over the background of Landsat TM colour composite presenting the part of Kozienice Forest: 1 – impaired pine stands, 2 – heavily impaired pine stands.

Zastosowanie systemu informacji przestrzennej pozwoliło na kartograficzną prezentację rozkładu uszkodzeń drzewostanów na tle mapy leśnej, a także na wykonanie analiz przestrzennych, które pozwoliły scharakteryzować drzewostany osłabione i silnie osłabione.

Drzewostany osłabione zajmują powierzchnię 273,11 ha. Zostały one wyodrębnione w 522 wydzieleniach. Średni wiek drzewostanów osłabionych wynosi 54 lata, średnia pierśnica — 19,5 cm, średnia wysokość — 16,2 m, a średnia zasobność wydzielonych drzewostanów — 209 m<sup>3</sup>/ha. Nieco innymi parametrami taksonomicznymi charakteryzują się drzewostany silnie osłabione, które zajmują powierzchnię 45,94 ha. Średni wiek drzewostanów silnie osłabionych wynosi 49 lata, śred-

nia pierśnica — 16 cm, średnia wysokość — 13,7 m, a średnia zasobność wydzielonych drzewostanów — 176 m<sup>3</sup>.

## Zakończenie

Wyniki badań przedstawione w niniejszej pracy wskazują na to, że techniki teledetekcji są doskonałym narzędziem monitorowania obszarów pokłeskowych w lasach.

Jak wykazały przedstawione wyżej badania, zdjęcia satelitarne mogą być stosowane do lokalizacji lasów uszkodzonych (jako skutek degradacji lasu w wyniku gradacji szkodników owadzych czy przemysłowych zanieczyszczeń powietrza).

Stratyfikacja kondycji lasów poprzez ocenę ich defoliacji możliwa jest jedynie wtedy, gdy zastosuje się zdjęcia wykonane w zakresach średniej i bliskiej podczerwieni. Ten wymóg spełniają jedynie: skaner Thematic Mapper, zainstalowany na satelicie Landsat oraz skaner HRVIR, zainstalowany na satelicie SPOT 4, przy czym stosując te zdjęcia nie ma możliwości rozpoznania drzewostanów ze wstępnymi stadiami uszkodzeń (defoliacji).

Do oceny uszkodzenia drzewostanów można wykorzystywać nie tylko omówione zdjęcia satelitarne, ale także materiały teledetekcyjne niosące bardziej szczegółowe informacje o drzewostanach: zdjęcia lotnicze lub wysokorozdzielcze zdjęcia satelitarne.

Możliwość zastosowania teledetekcji dla obszarów leśnych stają się pełniejsze, gdy zdjęcia zintegruje się w systemie informacji przestrzennej z mapami leśnymi i danymi opisowymi m.in. z Systemem Informatycznym Lasów Państwowych.

## Literatura

- Krzemiński M., 1997, *Kozienicki Park Krajobrazowy*, [w:] R. Zielony (red.), *Leśny Kompleks Promocyjny Lasy Puszczy Kozienickiej – monografia przyrodnicza*, Wyd. SGGW, Warszawa, 242–246.
- PIOŚ, 1994, *Ocena wpływu zagrożeń biotycznych (szkodników leśnych i chorób infekcyjnych) na stan lasów w Polsce w latach 1970–1992*, Warszawa.



Dr inż. Emilia Wiśniewska, absolwentka Wydziału Geodezji i Kartografii PW. W 2001 r. uzyskała tytuł doktora nauk leśnych na Wydziale Leśnym SGGW. Adre sdo korespondencji: Instytut Geodezji i Kartografii 02-679 Warszawa, ul. Modzelewskiego 27, tel: [22] 32 91 971, fax: [22] 32 91 950, e-mail: emilia.wisniewska@igik.edu.pl



Prof. dr hab. Tomasz Zawila-Niedźwiecki ukończył Wydział Leśny SGGW w Warszawie. Zajmuje się zastosowaniem teledetekcji i systemów informacji przestrzennej w leśnictwie i ochronie przyrody. Od 2002 r. profesor na Międzynarodowych Studiach Leśnych na Uniwersytecie Nauk Stosowanych w Eberswalde (Niemcy).