

## ZASTOSOWANIE METOD SATELITARNYCH W OCENIE EROZJI POWIERZCHNIOWEJ – GÓRY IZERSKIE

**Andrzej Strużyński, Edward Pierzgalski, Magdalena Janek**

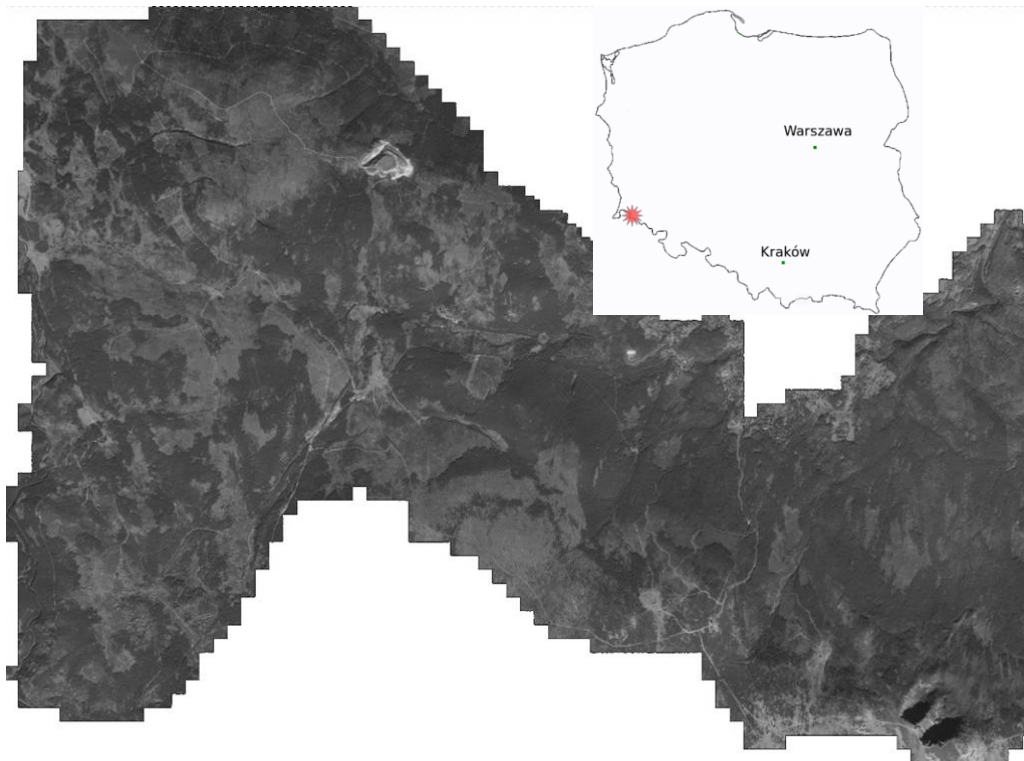
*Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

### Wstęp

W latach 80-tych zeszłego stulecia w Karkonoszach i Górach Izerskich uszkodzone zostały znaczne obszary lasów, co spowodowało poważne zmiany w funkcjonowaniu ekosystemu. Wpłynęło to na zmniejszenie efektywności gospodarki leśnej, a także spowodowało zwiększenie erozji wodnej liniowej i powierzchniowej na tym obszarze. W latach 1996/7 wykonano pomiary terenowe przez zespół badawczy w skład którego weszły ośrodki: Instytut Badawczy Leśnictwa /o w Krakowie, Katedra Inżynierii Wodnej AR w Krakowie, Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie. Ocena składu chemicznego podłoża, intensywności erozji i powierzchni dotkniętych klęską ekologiczną, wykonana została na podstawie pomiarów terenowych i interpretacji zdjęć satelitarnych z lat 1986 i 1992. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki interpretacji obrazu satelitarnego z roku 2005 wykonanego w 4 pasmach spektralnych, a także Numerycznego Modelu Terenu. Kalibrację obrazów przeprowadzono w oparciu o wizję lokalną i pomiary terenowe wykonane w maju 2008.

### 1. Obszar badań

Obszar badań obejmuje fragmenty Karkonoszy i Gór Izerskich (Sudety Zachodnie). Całkowita powierzchnia poddana interpretacji zdjęć satelitarnych wynosi 108 km<sup>2</sup> i obejmuje obszary obrębów: Szklarska Poręba, Piechowice, Świeradów i Karkonoskiego Parku Narodowego. Obszar ten od zachodu ograniczony jest Bramą Żytauską, a od wschodu, na wysokości Przełęczy Szklarskiej, Karkonoszami i Kotliną Jeleniogórską. Północna część Gór Izerskich utworzona jest z tzw. metamorfiku izerskiego, masywu utworzonego ze starych skał przeobrażonych i poprzecinanych żyłami kwarcowymi. Ze względu na powstałe w latach 80-tych XX wieku wylesienia, szczególną uwagę poświęcono w opracowaniu rejonowi Wysokiej Kopy (1126 m n.p.m.). Karkonosze zbudowane są głównie z granitów wieku karbońskiego. Choć góry te nie należą do gór wysokich, klimat w nich panujący jest dość surowy. Średnia roczna temperatura na Śnieżce wynosi 0,4°C, na Szrenicy 1,9°C. W Karpaczu i Szklarskiej Porębie, temperatura osiąga 6,0°C. Roczna suma opadów na Śnieżce przekracza 1200 mm, na Szrenicy i Wielkim Szyszaku osiąga 1400 mm. Dodatkowo występują tu silne wiatry i huragany, zjawiska fenowe, a także gwałtowne zmiany pogody. W niniejszym opracowaniu interpretacji zdjęć satelitarnych poddany został niewielki obszar Karkonoszy znajdujący się w bezpośrednim sąsiedztwie Gór Izerskich (Ryc.1).



Ryc. 1. Ortofotomapa przedstawiająca badany obszar (barwy naturalne)

## 2. Charakterystyka morfologiczna obszaru, opis procesu degradacji i celu pracy

### 2.1. określenie rodzaju gleb i rodzajów erozji potencjalnej występujących w Górach Izerskich

Gleby należą w większości do działu gleb autogenicznych, rzędu brunatnoziemnych, typów brunatnych kwaśnych i właściwych, oraz do podtypów: bielcowanych i wylugowanych. W miejscach załamania spadków pojawiają się także gleby należące do działu gleb napływowych, rzędu i typu deluwialnych. Pod względem własności fizycznych i fizykochemicznych należą one do gleb średnich i lekkich. Przeważają gliny lekkie pylaste i lekkie. Zawartość materii organicznej jest duża w poziomach organicznych do 40,1 %, a w poziomach próchnicznych od 1,2 do 5,6 % . Poziom próchniczny w badanych glebach jest na ogół dobrze wykształcony [Bartnik i inni 1998].

Badany rejon należy do typu A strefy morfodynamicznej. Jest to strefa o przewadze procesów degradacji. Należą do nich najbardziej erozyjne tereny, w których większość wyerodowanego materiału jest unoszona poza obręb zlewni. Skutkiem takiej erozji może być zniszczenie profilu gleby, niekiedy jego podłoża, oraz częściowe lub całkowite rozczłonkowanie reliefu. Na intensyfikację procesów erozji wpływa działalność człowieka. Antropopresja przejawiająca się zanieczyszczeniem atmosfery

gleby często powoduje osłabienie i wymieranie drzewostanów. Erozja powierzchniowa, polega na równoważnym, powolnym i ciągłym zmywaniu cząstek gleby przez wodę. Powoduje ona zmiany w profilu glebowym na zboczu stoku i u jego podnóża i zwiększa miąższość gleb namytych. Erozja liniowa powstaje przy skoncentrowanym spływie wody w aluviach, a jej efektem są wyżłobienia. Główną przyczyną tworzenia się żłobin jest spadek stoku, a ich rozmiary zależą od podatności podłoża na rozmywanie [Bartnik i inni 1998]. Dla badanego obszaru zagrożenie erozją opracowano wg sześciostopniowej skali opracowanej przez Siutę [Korelewski 1983] dla obszarów zalesionych [Bartnik i inni 1998] (Tabela 1).

Tabela 1  
Zagrożenie erozją wodną poszczególnych grup gleb wg Siuty [Korelewski 1983]

Grupy gleb	Nachylenie terenu w stopniach				
	do 3° do 5.2%	3-6° 5.2-10.5 %	6-10° 10.5-17.6 %	10-15° 17.6-26.8 %	powyżej 15° powyżej 26.8 %
Stopnie zagrożenia erozją (erozja potencjalna)					
1	0-1	2 (+)	3 +	4 +	5 +
2	0-1	1-2	2-3 (+)	3-4 +	5 +
3	0	0-1	2	3 +	4-5 +
4	0	0-1	1-2	2-3 (+)	3-5 (+)

Erozje liniową zaznaczono krzyżykiem:

(+) - przemiana żłobin w większe formy wklęsłe jest raczej mało spodziewana,  
+ - sygnalizuje łatwość pogłębiania się żłobin i rozczłonkowanie się reliefu (doliny suche).

Uwzględnienie sum rocznych opadów:

- w rejonach o opadach poniżej 600 mm przyjmujemy stopień niższy, a powyżej 600 mm - wyższy (dotyczy stopni podanych alternatywnie)  
- przy opadach: poniżej 600 mm - stopień 3, 600-800 mm stopień 4, powyżej 800 mm - stopień 5 (dotyczy przypadku określenia erozji w granicach 3-5 stopni).

Z powodów gospodarczych przeprowadzonych w XX wieku na terenach leśnych zmieniona została naturalna paleta gatunkowa. Najbardziej cenione gatunki jak jodła, świerk i buk zostały objęte gospodarką leśną. Obszary lasu zostały podzielone na powierzchnie o ściśle określonej gospodarce leśnej: bór górski, bór wysokogórski, bór mieszany górski, las mieszany górski i las górski [Mapa przeglądowa siedlisk 1999a, Mapa przeglądowa siedlisk 1999b]. Spowodowało to obniżenie pierwotnej różnorodności gatunkowej. Poza tym wylesienia gospodarcze i rolnicze zmniejszyły powierzchnię lasów, doprowadzając do obniżenia ich granicy nawet do 200 m. Poza tym udział świerka bardzo zwiększył się w porównaniu z innymi gatunkami drzew. Należy tu wspomnieć, że gatunek ten jest bardzo wrażliwy na skażenie środowiska. W latach 80-tych drzewostan świerka pospolitego stanowił do 90% udziału w drzewostanie [Przybylski 1994]. Wylesienia dotyczyły dużych powierzchni lasów. Procesy erozyjne, związane między innymi ze zmniejszaniem się zasobności gleby w składniki pokarmowe, zachodziły szczególnie intensywnie w okresie nagłego

obumierania drzewostanów na skutek odsłonięcia stoków pokrytych w niewielkim stopniu roślinnością runa, charakterystyczną dla zwartych drzewostanów. Po powstaniu nowych zbiorowisk roślinnych z *Calamagrostis* sp. i *Deschampsia* sp. niebezpieczeństwo erozji zmniejszyło się, a obumierające części nadziemne roślin w procesie rozkładu wzbogacają glebę w składniki pokarmowe dostępne dla drzew, które zdołały przetrwać. Pomimo że roślinność runa tworzy zwartą pokrywę niekorzystną z punktu widzenia odnowień naturalnych i sztucznych, to z punktu widzenia procesów erozyjnych pełni ona niezwykle istotne w tych warunkach funkcje glebochronne [Bartnik i inni 1998]. Należy zauważyć, że pojawiające się zagrożenie i powstała katastrofa ekologiczna spowodowała liczne prace w Nadleśnictwie Szklarska Poręba. W 1999 roku ukazało się wyczerpujące opracowanie będące odzwierciedleniem wieloletniego monitoringu przeprowadzonego w obrębach Szklarska Poręba i Piechowice [Mapa przeglądowa zagrożenia środowiska leśnego i ochrony lasu 1999c i 1999d]. W opracowaniu zamieszczone są lokalizacje stałych partii kontrolnych poszukiwań brudnicy mniszki i zasnuń, a także położenie punktów monitoringu technicznego i biologicznego. Zidentyfikowano również obszary zagrożone przez zwierzynę łowną, szkodniki wtórne, granice obszarów zagrożonych przez szkodniki pierwotne i granice stref uszkodzeń przez przemysł. Przedstawione zostały również powierzchnie drzewostanów istniejących na gruntach porolnych. Z opracowania wynika, że wiele powierzchni leżących w granicach obu obrębów zagrożonych jest przez szkodniki wtórne.

## **2.2. Stan obecny**

Odnowienia lasów są procesem długotrwałym, jednakże prace wykonane przez leśników prowadzą do odnowień powierzchni leśnych. Wizja lokalna wykonana w czerwcu 2008, pozwoliła na scharakteryzowanie obszarów leśnych do potrzeb interpretacji przeglądu satelitarnego. W wyniku wyjazdu w teren zaobserwowano młode lasy rosnące w rejonie Wysokiej Kopy, obszaru najbardziej dotkniętego katastrofą ekologiczną z lat 80-tych XX wieku. Zniszczone drzewostany zostały w znacznej części usunięte, a na ich miejscu prowadzone są systematyczne odnowienia. Na wylesionych obszarach odnaleziono kilkunastoletnie drzewa, które zostały odnowione tuż po zaistniałej katastrofie (Ryc. 2). Na niższych partiach stoków tego regionu nie zaobserwowano widocznych znaków uszkodzeń drzewostanu, również na dolnych partiach północnych stoków najwyższych szczytów Gór Izerskich stan lasów można określić jako dobry.

## **2.3. Cel pracy**

Celem artykułu jest określenie zmian procesów erozyjnych poprzez charakterystykę zmian zalesienia badanego obszaru w latach 1997 - 2005. Na podstawie przeprowadzonych prac terenowych i kameralnych w niniejszej ocenie sklasyfikowano stanowiska obszarów leśnych, polan śródleśnych i łąk na wybranych obszarach Gór Izerskich i Karkonoszy.

# **3. Metodyka interpretacyjna i pomiarowa**

## **3.1. Źródła danych**

Podstawowymi źródłami danych zastosowanych w opracowaniu są:

– zdjęcie satelitalne [Techmex 2005],



Ryc. 2. Odnowienia leśne na Wysokiej Kopie. Rejon największych wylesień

– numeryczny model terenu [CODGiK 2004],

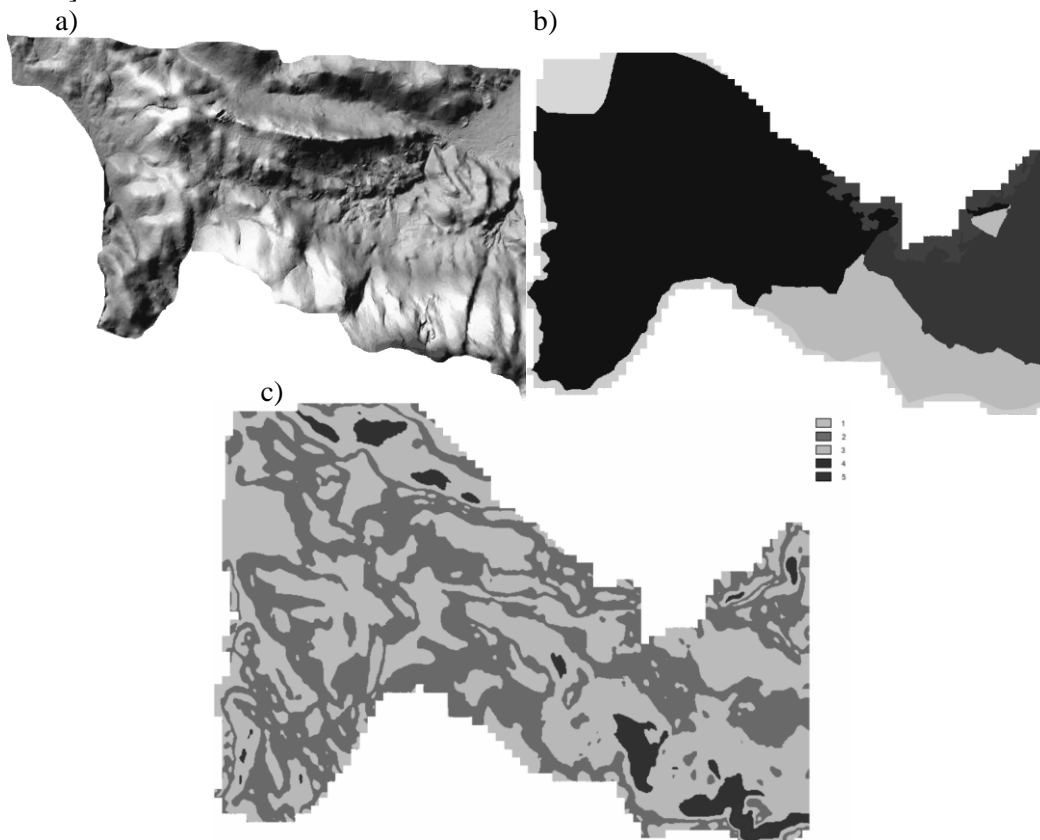
– mapa powierzchniowego zasięgu obrębów leśnych,

**Wielospektralne zdjęcie satelitalne** wykonane przez amerykańskiego satelitę Iconos w dniu 5 października 2005r obejmuje obszar sfery o powierzchni  $170\text{km}^2$ , która wypełniona jest zamówionymi danymi rastrowymi na powierzchni  $108\text{km}^2$ . Obraz charakteryzuje się rozdzielczością  $0,8\text{ m}$  i wykonany jest w spektrach widzialnych (RGB – czerwony, zielony, niebieski) i w bliskiej podczerwieni (NI). Ze względu na porę roku pomimo, że wykonane zostało w godzinach południowych, znajdują się na nim cienie dolin i drzew, co utrudniło nieznacznie klasyfikację metodami komputerowymi. Zobrazowanie skorygowane zostało do układu PUWG 1992. Dane przesłane zostały w formie dwóch plików GeoTIFF charakteryzujących się dokładnością planimetryczną odpowiednią dla skali 1:5000 (CE90–  $4\text{m}$ , RMSE–  $2\text{m}$ ).

Udział podczerwieni w widmie (dla obrazów w widmach NRG) zmienia się z zależności od ekspozycji stoku, co powoduje, że wysoko położone strome stoki północne mają odcień niebiesko-zielony w porównaniu ze stokami o ekspozycji południowej. Odcień ten można również zauważyć na terenach słabo pokrytych (lub nie pokrytych) roślinnością, a także rzekach i zbiornikach wodnych. Jest to związane z silnym pochłanianiem promieni „cieplnych” przez te obiekty (powodujące w konsekwencji ich nagrzewanie).

**Numeryczny Model Terenu (NMT)** znajduje się na piętnastu arkuszach zapisanych w formatach: ESRI TIN, INTERGRAPH TTN i ASCII. Zakupione opracowanie zostało wykonane w układzie współrzędnych PUWG 1992 z poziomem odniesienia Kronsztadt 86 w oparciu o stereoskopowe zdjęcia uzyskane z nalotów lotniczych wykonanych w roku kwietniu 2004. „Do opracowania ortofotomapy wykorzystano czarno-białe, zdjęcia lotnicze wykonane w skali 1:26 000. Zdjęcia

zostały zeskanowane dokładnością 14 mikrometrów i zapisane formacie TIF z kompresją jpeg. Model numeryczny terenu został wykonany na bazie automatycznie wygenerowanej siatki punktów wysokościowych o rozmiarach piksela 25m [CODGiK 2004]. Model terenu przesłany został w 135 plikach, które zostały scalone w jeden i poddane dalszej obróbce. Przykład wizualizacji wykonanej w programie Surfer z rozdzielczością 20 wykonaną w technice „3D surface” przedstawiono na rycinie 3. Ze zobrazowania usunięto obszary interpolacji pustych danych terenu, będących poza granicami Polski. Numeryczny model terenu posłużył do wykonania modelu spadków, który stał źródłem danych do określenia stopni zagrożenia erozją wg Siuty [Korelewski 1983].



**kolory oznaczają:** niebieski – Szklarska Poręba, czerwony – Piechowice, zielony – KPN, żółty – Świeradów, fioletowy – obszary miejskie, jasnoniebieski – obszar Czech

Ryc. 3. Numeryczny Model Terenu wykonany za pomocą oprogramowania Surfer (a), oraz mapa obrębów leśnych (b), klasy zagrożenia erozją (c)

### 3.2. Metodyka prac interpretacyjnych wykonanych w celu określenia powierzchni zajmowanej przez odpowiednie rodzaje użytków leśnych i łąk

Prace interpretacyjne rozpoczęto od obróbki danych w pełnej rozdzielczości (rozmiar piksela – 0.8m) lecz ze względów obliczeniowych poprzez uśrednianie barwy ograniczono wielkość piksela do 25 metrów, co odpowiada obszarowi zajmowanemu przez niewielką grupę drzew, a następnie wyszczególniono 7 klas określających

roślinność, obszary nieporośnięte, a także obszary puste (brak sceny). W tym celu stworzone zostały sygnatury poszczególnych obszarów (program Idrisi). W celu osiągnięcia największej poprawności kwalifikacji obszarów dokonano szeregu operacji na obrazach satelitarnych (integracja informacji dostępnych w poszczególnych widmach spektralnych). Następnie przeprowadzono procedury klasyfikacyjne („piped, mindist i maxlike”). Metoda „piped” jest najszybsza i najmniej dokładna, a procedura „maxlike” jest opisywana jako najdokładniejsza. W wyniku przeprowadzonych prac najlepsze wyniki osiągnięto przy pomocy procedury „mindist” dla wszystkich 4 posiadanych pasm widma, a także procedury „maxlike” wykonanej przy zastosowaniu obrazów wykonanych w widmach: bliskiej podczerwieni, czerwieni i zieleni. Obie w/w procedury należą do grupy tzw. „hard classifiers”, które w odróżnieniu od grupy metod typu „soft classifiers” do interpretacji wymagają wcześniejszego zdefiniowania sygnatur obszarów, które mają być wyszukiwane na obrazach. Na odcień obserwowanych powierzchni ma wpływ nie tylko ich stan, lecz również ekspozycja i nachylenie. W związku z tym podobne użytki znajdujące się na stokach północnych i południowych mogą zostać zakwalifikowane przez program do różnych klas. Z tego powodu obszary opisane jako należące do klas 5 i 6 mogą określać bardzo podobne siedliska. Skłoniło to autora do zgrupowania klas 2 i 3, a także 4, 5 i 6. Obiekty znajdujące się w grupach 2 i 3 można dla oceny stanu lasów interpretować jako jedną grupę i interpretować jako obiekty porastające młodym lasem, natomiast 4, 5 i 6 traktować jako obszary leśne. W dalszej części opracowania interpretowane zostaną klasy połączone 2/3 oraz 4/5/6 (Tab 2).

Tabela 2

Zestawienie klas użytkowania lasów  
znajdujących się na obszarze Sudetów i Karkonoszy

Nr klasy	klasy pierwotne	Klasy uproszczone
1	drogi, skały i obszary odkryte lub ubogie nieużytki	obszary nie porośnięte lasem
2	nieużytki na obszarach wylesionych kilkunastoletnie odnowienia	i lasy młode
3	młode lasy odnawiające się na obszarach wylesionych	
4	las młode	las
5	las wieloletnie	
6	las przeredzone wieloletnie	
7	obszar nie wypełniony danymi satelitarnymi	brak danych satelitarnych

#### 4. Przedstawienie wyników

##### 4.1. Klasyfikacja obszarów na podstawie interpretacji zdjęć satelitarnych

Klasyfikacja poszczególnych grup powierzchni leśnych i obszarów nieporośniętych, pozwoliła na ujęcie ilościowe zmian zagospodarowania badanego

terenu (tab. 3). Przedstawione powierzchnie zostały wybrane na podstawie wizji lokalnej wykonanej w czerwcu 2008 (patrz: pkt 2.2). Ich rozmieszczenie w przestrzeni całej sceny zobrazowane zostało na rycinie 11. Lasy porastające obszary na których występowały drzewostany uszkodzone i zniszczone (klasy 2 i 3) znajdują się głównie w zachodniej części Gór Izerskich. Są to obszary na których leżą szczyty (od północy): Tkacka Góra (897 m n.p.m.), Dział Izerski (904 m n.p.m.), Cicha Równina (1002 m n.p.m.), Wysoka Kopa (około 1100 m n.p.m.), Sine Skałki (1122 m n.p.m.) (patrz: załącznik 1). Na tym obszarze występuje ciągle największe zróżnicowanie wiekowe drzewostanów. Obszar odnawiającego się lasu w rejonie góry Wysokiej Kopy, Sinych Skałek i Przedniej Kopy zajmuje powierzchnię 254 ha, natomiast las porastający południowo-wschodni stok Wysokiej Kopy i Złotych Jam zajmuje 285 ha. Powierzchnia odkryta w rejonie g. Czerwone Skałki zajmuje pow. 54 ha. Powierzchnia lasu dość nieregularnie porastającego obszar w rejonie Torfowiska Izerskiego i Mokrej przełęczy (w granicach obszaru zakupionego do interpretacji) wynosi 279 ha.

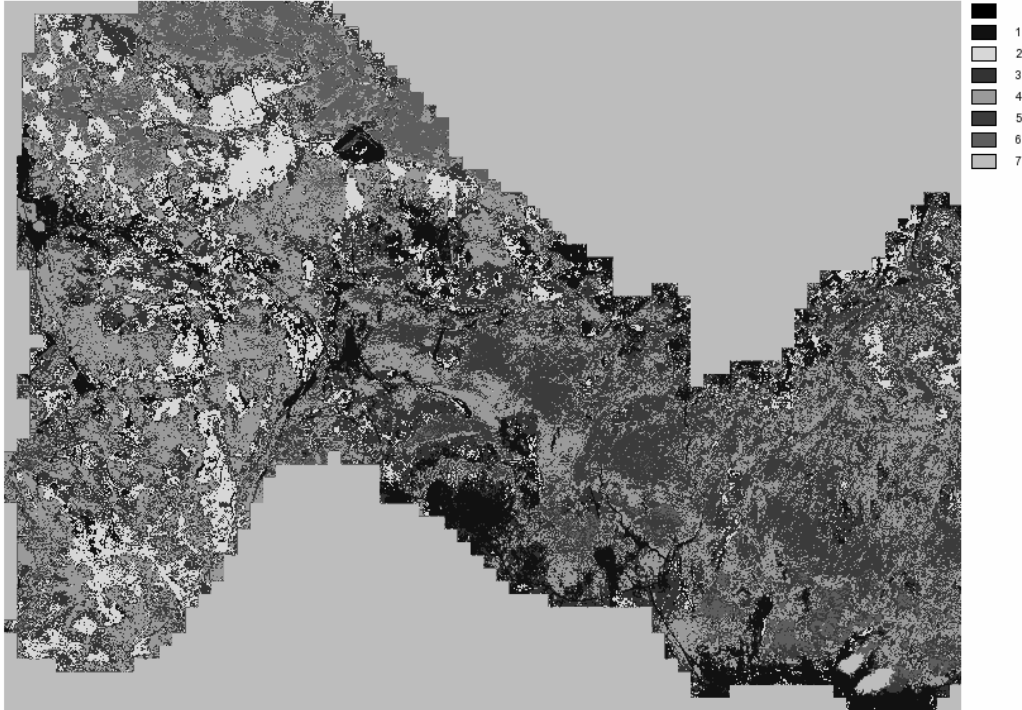
Tabela 3

Powierzchnie zajęte przez poszczególne klasy lasów i innych użytków		
Klasa	ilość pikseli	Powierzchnia km <sup>2</sup>
1	31158	12.44
2/3	100650	40.22
4/5/6	137491	54.94
7	156135	

Pasma gór ciągnące się od góry Babiniec (998 m n.p.m.) poprzez Skalną Bramę, Owce Skały do góry Przedział dzieli las na porastający stok południowy (przewaga koloru zielonego) i północny (przewaga koloru fioletowego). Powierzchnia lasu od g. Babiniec do Szrenickiego Potoku wynosi ponad 1081 ha. Obszary leżące na wschód od Szklarskiej Poręby (prawa północna część sceny wypełnionej danymi) zostały zakwalifikowane mozaikowo do klas 2, 3, 4 i 5. Na obszarach tych prowadzona jest gospodarka leśna (wycinki, zadrzewienia, szkółki leśne) co powoduje, że drzewostany są bardzo zróżnicowane wiekowo. W latach 80-tych, również na tych obszarach zaobserwowano uszkodzenia drzewostanu. Powierzchnia lasów rosnących od Szrenickiego Potoku do granicy zakupionej sceny znajdująca się w klasach 3, 4, 5 i 6 zajmuje powierzchnię około 1695 ha. Obszar powyżej Jakuszyc (od g. Kocierz 928 m n.p.m. do granicy Polski) charakteryzuje się obszarami słabo porośniętymi (pow. 263 ha) i rozdzielonymi lasem o powierzchni 41 hektarów (obszar o przewadze koloru czerwonego). Dalej na wschód, powyżej granicy Karkonoskiego Parku Narodowego zaobserwować można duże zróżnicowanie roślinności porastającej północne stoki gór. Obszar wokół Mumławskiego Wierchu (pow 114 ha – kolor niebieski) jest prawie odkryty, porośnięty mało wymagającymi gatunkami traw. Nieporośnięte lasami obszary (kl. 1) znajdujące się w rejonie południowym i południowo-wschodnim to rejon wysokich szczytów Kamiennika (1236m n.p.m.), Szrenicy (1361m n.p.m.),



Sokolnika (1348m n.p.m.) i Łabskiego Szczytu (1472m n.p.m.) naturalnie porośniętego



Ryc. 4. Wyniki interpretacji obrazu satelitarnego wykonanego za pomocą metody „mindist”

Wyniki obu metod interpretacyjnych są obarczone błędami. W obrazie będącym wynikiem uruchomienia procedury „mindist”, w rejonie wysokogórskim (prawy dolny róg obrazów) zaobserwowano obszary zakwalifikowane do niewłaściwych klas. Obraz wybrany jako jeden z lepszych, ze względu na warunki oświetlenia i zachmurzenia, sfotografowany został przy słońcu świecącym dość nisko nad horyzontem (5 października, godziny przedpołudniowe). Z tego powodu północne stoki są znacznie mniej oświetlone od południowych. W w/w obszarze zaobserwowano m.in powierzchnie leżące w całkowitym zacienieniu, niepoprawnie zakwalifikowane jako tło. Obszary te o powierzchni 22 ha, powinny zostać zakwalifikowane do klasy 1.

#### 4.2. Określenie erozji potencjalnej w Górach Izerskich

Numeryczny Model Terenu posłużył do stworzenia mapy spadków. Największą powierzchnię badanej sceny (ponad 10km<sup>2</sup>) zajmują zbocza o nachyleniu od 6 do 7 %, a 80% interpretowanej całości stanowią obszary o nachyleniu do 10 %. W zależności od nachylenia terenu, poszczególne grupy gleb zakwalifikowane zostały do jednego z sześciu stopni zagrożenia erozją (potencjalną) (patrz: tab. 1, ryc. 3c).

W tabeli 4 zestawiono powierzchnie klas użytkowania na obszarach wyróżniających się różnym stopniem zagrożenia erozją wodną. Największe powierzchnie leśne znajdują się w obszarach o średnim zagrożeniu erozyjnym 2(+) (klasa 3 - 13.26 km<sup>2</sup>, klasa 4 – 13.01 km<sup>2</sup>). Obszary zaklasyfikowane jako 3 i 4 zajmują

największe powierzchnie również na łagodnych stokach (stopień 1) i zakwalifikowanych do stopnia 3+ erozji potencjalnej. W tym przypadku pojawiają się w dużej ilości powierzchnie zakwalifikowane do klasy 5. Lasy przerzedzone wieloletnie (klasa 6) porastają zbliżone powierzchnie na obszarach o różnych stopniach zagrożenia, lecz procentowy udział tych powierzchni jest bardzo zróżnicowany.

Tabela 4

Zestawienie poszczególnych powierzchni leśnych Gór Izerskich sklasyfikowanych na podstawie interpretacji obrazów satelitarnych porastających gleby znajdujące się w poszczególnych stopniach zagrożenia erozją

Klasa użytkowania powierzchni	Powierzchnia zagrożenia erozją				
	stopień:				
	1	2(+)	3+	4+	5+
	[km <sup>2</sup> ]	[km <sup>2</sup> ]	[km <sup>2</sup> ]	[km <sup>2</sup> ]	[km <sup>2</sup> ]
1	4.88	5.28	1.83	0.46	0.22
2	4.36	6.86	1.79	0.12	0
3	7.59	13.26	5.57	0.65	0.01
4	8.5	13.01	7.53	1.05	0.01
5	3.18	5.52	6.82	0.98	0.03
6	1.21	2.32	3.34	1.42	0.02

Największą powierzchnię zajmują gleby określone 2(+) stopniem zagrożenia erozją (tab. 4) - pow. 46.26 km<sup>2</sup>. Porośnięte są one w podobnym stopniu przez lasy młode (klasa 2 i 3 - 43.5%), jak i dojrzałe (klasa 4, 5 i 6 - 45.1%). Obszary nieporośnięte stanowią 11,4% powierzchni. W podobnym stopniu wykształcona jest gospodarka leśna na obszarach słabo zagrożonych erozją spływową (stopień zagrożenia 1 – powierzchnia ca. 29.73 km<sup>2</sup>). Klasy 2 i 3 stanowią 40.22%, a 4, 5 i 6 – 43.36%. Obszary o 3+ stopniu erozji potencjalnej porośnięte są lasami w 65% (klasy 4, 5 i 6). Młode lub rzadkie lasy (klasa 2 i 3) stanowią 27.4% powierzchni, a obszary nieporośnięte lub pokryte ubogimi trawami (klasa 1) stanowią jedynie 6.8%. Stopień 4+ występuje na niewielkiej powierzchni 4.7 km<sup>2</sup>. Są one głównie porośnięte lasem dojrzałym (73.7%). Niewielkie powierzchnie o największych spadkach znajdujące się w rejonie Śnieżnych Kotłów są to głównie tereny odkryte (blisko 75% tych powierzchni).

## 5. Podsumowanie i dyskusja

W wyniku wykonanych interpretacji zdjęć satelitarnych, możliwe stało się zakwalifikowanie obszarów do poszczególnych klas użytkowania Gór Izerskich i fragmentu zachodniej części Karkonoszy. Klasyfikacja poszczególnych 6 grup powierzchni leśnych i innych obszarów, pozwoliła na ujęcie ilościowe zmian zagospodarowania badanego terenu (tab. 3).

Powierzchnia nie pokryta roślinnością (klasa 1) w roku 2005 zajmowała w scenie 12,4 km<sup>2</sup>, co stanowiło 7,3% interpretowanej powierzchni. Powierzchnia młodych lasów porastających obszary ubogie i wylesione (klasy 2 i 3), w stanowiła 24% powierzchni, czyli 40,2 km<sup>2</sup>, a obszary leśne (klasy 4, 5 i 6) – 54,9 km<sup>2</sup>, co stanowiło 32% badanej powierzchni Gór Izerskich.

Największe spadki terenu występują w północno-wschodniej części Gór Izerskich (na wschód od Szrenicy). Również stoki szczytów Babiniec i Przedział charakteryzują się dużymi nachyleniami (10-20%). Rejon Wysokiej Kopy jest to obszar o względnie małych spadkach (od 0 do 10%). Obszary o określonych spadkach zostały podzielone na grupy zagrożenia erozją wg metody Korelewskiego [1983].

Gleby występujące w Górach Izerskich odznaczają się dużą erozyjnością. Są to gleby w których erozja powierzchniowa łatwo przekształcać się może w erozję liniową. Już przy stopniu zagrożenia 3+, pojawiać się będzie ta forma erozji, co przy słabo wykształconych glebach leśnych stanowi dużą stratę substancji odżywczych dla roślin. Nieco poniżej 30% powierzchni poddanej ocenie jest silnie zagrożona erozją liniową, a na blisko 43% występować może proces erozji powierzchniowej.

Lasy porastające obszary na których występowały drzewostany uszkodzone i zniszczone (klasy 2 i 3) znajdują się głównie w zachodniej części Gór Izerskich, co powoduje, że największe straty poniesione zostały w obrębie Szklarska Poręba. Jest to zastanawiające z uwagi na fakt, że jest to niższa część Gór Izerskich. Wyniki klasyfikacji stanu lasów wskazują, że znacznie bardziej zagrożone są siedliska znajdujące się na stokach południowych w porównaniu ze stokami północnymi. Możliwe jest, że wyjątkowo surowy klimat Gór Izerskich, w porównaniu z ich wysokością jest powodem występowania częstych zjawisk pogody powodujących osłabienie drzewostanów. Silne wiatry południowe przewalające się przez graniczną część Gór Izerskich i Karkonoszy mogą, lub mogły w latach 80-tych XX wieku, powodować nanoszenie zanieczyszczeń lub ułatwić propagację szkodnika z południowej części Europy.

Wyniki interpretacji wskazują, że lepiej zachowane są drzewostany występujące na większych spadkach. Autor nie podejmuje dyskusji na ten temat. Możliwe, że chemizm gleb (szczególnie niskie pH) przy dużym udziale szkieletu kwarcowego ma silniejszy wpływ na jakość siedlisk leśnych niż ich erozyjność. Dodatkową ochronę przed erozją zapewniają łąki porastające tereny pozostałe po katastrofie ekologicznej z lat 80-tych.

## LITERATURA

**Bartnik W., Michalik A., Mietelski J., Niemtur S., Strużyński A., 1997**, Ocena stanu lasów w Karkonoszach i Górach Izerskich w latach 1986 i 1992. ss. 50, maszynopis,

**Bartnik W., Michalik A., Niemtur S., Strużyński A., 1998**, Przebieg procesów wylesienia w Górach Izerskich na podstawie zdjęć satelitarnych, Las i Woda, Referaty i Materiały Pokonferencyjne, Międzynarodowa Konferencja Naukowa, „Las i Woda”, Politechnika Krakowska, IBL w Warszawie, s. 457-265,

**Korelewski K., 1983**, Przyrodnicze podstawy użytkowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej, Akademia Rolnicza w Krakowie, skrypt,

**Przybylski T., 1994**, Zagrożenie dla występowania świerka w Sudetach powodowane przez skażenie środowiska, Prace IBL ser. B, nr 21,

### **inne źródła i licencje:**

**Opr. zb., 1999a**, Mapa przeglądowa siedlisk Nadleśnictwa Szklarska Poręba obrębu Szklarska Poręba, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych we Wrocławiu – stan na 1 stycznia 1999, Powierzchnia ogólna 7011,57 ha, mapa w skali 1:25 000,

**Opr. zb., 1999b**, Mapa przeglądowa siedlisk Nadleśnictwa Szklarska Poręba obrębu Piechowice, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych we Wrocławiu – stan na 1 stycznia 1999, Powierzchnia ogólna 7170,73 ha, mapa w skali 1:25 000,

**Opr. zb., 1999c**, Mapa przeglądowa zagrożenia środowiska leśnego i ochrony lasu Nadleśnictwa Szklarska Poręba obrębu Szklarska Poręba, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych we Wrocławiu – stan na 1 stycznia 1999, Powierzchnia ogólna 7011,57 ha, mapa w skali 1:25 000,

**Opr. zb., 1999d**, Mapa przeglądowa zagrożenia środowiska leśnego i ochrony lasu Nadleśnictwa Szklarska Poręba obrębu Piechowice, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych we Wrocławiu – stan na 1 stycznia 1999, Powierzchnia ogólna 7170,73 ha, mapa w skali 1:25 000,

### **źródła danych cyfrowych:**

**Techmex, 2005**, Ortofotomapy cyfrowe pochodzące z satelity Ikonos. Techmex są, ul. Partyzantów 71, 43-316 Bielsko Białe.

**CODGiK, 2004**, NMT, Dział Fotogrametrii i Teledetekcji, 01-102 Warszawa, ul. Olbrachta 94

### **wikipedia:**

[http://pl.wikipedia.org/wiki/Karkonosze#Po.C5.82o.C5.BCenie\\_Karkonoszy](http://pl.wikipedia.org/wiki/Karkonosze#Po.C5.82o.C5.BCenie_Karkonoszy)  
[http://pl.wikipedia.org/wiki/G%C3%B3ry\\_Izerskie](http://pl.wikipedia.org/wiki/G%C3%B3ry_Izerskie)

### **oprogramowanie:**

Idrisi 2.0 for Windows,

Nr ser 20318

Surfer 8

Nr ser WS-073483-1391

AutoCad 2004

Nr ser 341-91089640

Open Office 4

Licencja Open Source

Gimp 2.4

Licencja Open Source

## **THE USE OF SATELLITE METHODS IN THE ASSESSMENT OF SURFACE EROSION - GURY IZERSKIE**

**Andzhej Struzhynski, Edward Piezhgalski, Magdalena Janek**  
*University of Agriculture in Krakow*

The article deals with analysis of erosion activity through afforestation characteristic changes in the Gury Izerskie and Karkonoszy area (West Poland) per 1997 - 2005 years. On the basis of research were classified next positions: forest areas, shrubs and meadows in selected areas. The main data sources used in the study are: image sateltane [Techmex 2005]; digital terrain model [CODGiK 2004]; map surface forest coverage.

*Key words:* linear water erosion, surface water erosion, afforestation, forest areas, shrubs, meadows, satellite methods.