

EWA KLECZEWSKA
ANDRZEJ KIJOWSKI

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
Poznań

PRZYDATNOŚĆ POWTARZANYCH ZDJĘĆ LOTNICZYCH W BADANIACH EROZJI GLEB

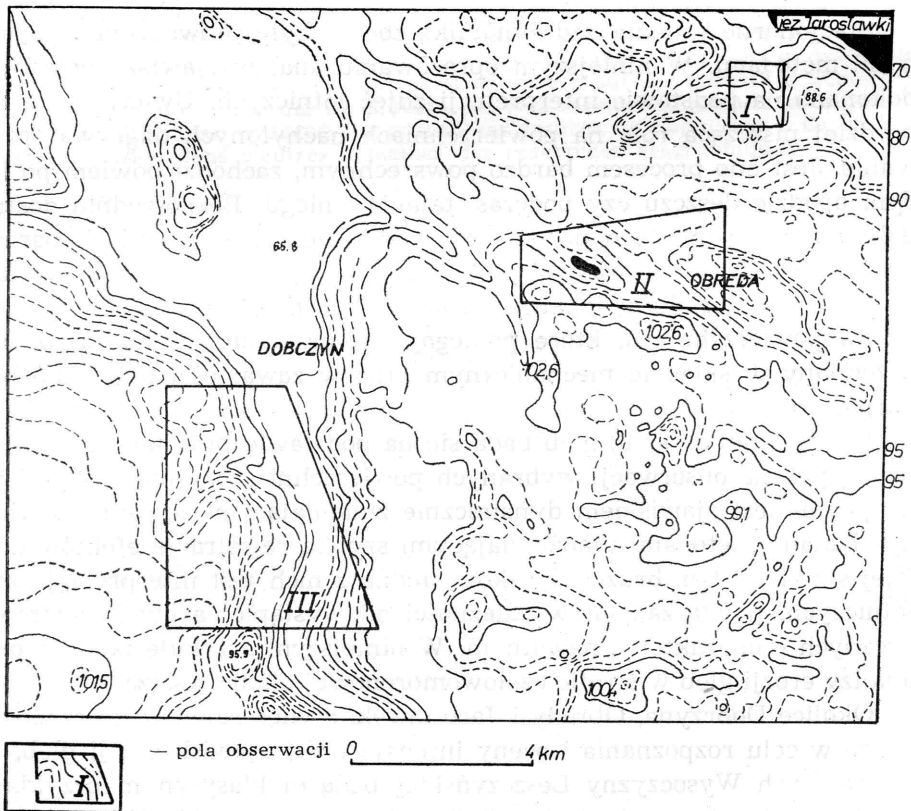
Stacjonarne badania nad dynamiką zboczy były prowadzone różnorodnymi metodami. W niniejszym opracowaniu analizy zjawiska erozji gleb dokonano na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych. Uważa się, iż najbardziej niszczącą rolę na powierzchniach nachylonych odgrywa spłukiwanie. Jest ono procesem bardzo powszechnym, zachodzi bowiem po każdym opadzie deszczu czy podczas tajania śniegu. Bezpośrednio dostrzegalnymi objawami tego procesu są bruzdy erozyjne o różnych parametrach, zmętnienie spływającej po stokach wody, czy wreszcie akumulacja wymytego materiału na lokalnych spłaszczeniach terenowych.

Na powierzchniach, które podlegają spłukiwaniu, zachodzą ponadto przemiany w składzie mechanicznym oraz w zawartości składników pokarmowych.

Erozję (spłukiwanie) gleb bada się na podstawie prac terenowych, polegających na obserwacji wybranych powierzchni erozyjnych. Wymieniony proces jest zjawiskiem dynamicznie zmieniającym się, toteż powinien być badany metodami umożliwiającymi szybką rejestrację efektów erozji i jej skutków, tzn. bruzd i stożków. Jedną z nich jest interpretacja zdjęć lotniczych, powtarzanych w zależności od wystąpienia opadów atmosferycznych o charakterze nawalnym. W niniejszym artykule podjęto próbę analizy erozji gleb w strefie czołowomorenowej okolic Książa.

Okolice Dobrzyzna, Obredy i Jarosławek, a więc rejon gdzie rozpoczęto prace w celu rozpoznania i oceny intensywności zjawisk erozji gleb, leżą w granicach Wysoczyzny Leszczyńskiej będącej klasycznym przykładem rzeźby strefy marginalnej glaciostadiału leszczyńskiego [4]. Na wysoczyznę

nasadzone są wyspowo występujące pagórki czołomorenowe (w części środkowej obszaru) oraz pagórki ozów (w części północno-zachodniej). Najbardziej uderzającą cechą wykształcenia wysoczyzny morenowej jest jej intensywne rozcięcie. Występują tu liczne podłużne płaskowyże — wyspy wysoczyznowe, rozdzielone dość wąskimi dolinami, będącymi przeobrażonymi rynnami polodowcowymi. Wyspy wysoczyznowe mają z reguły cokół z iłu pliocenkiego, przykryty stosunkowo cienką warstwą utworów plejstocenkich. Rynny są wcięte w utwory plioceniczne i wypełnione serią piasków oraz żwirów wodnolodowcowych w dolnej części, a w górnej — utworami organogenicznymi (torfami) lub zajęte przez jeziora typu rynnowego [2]. Analizując rozmieszczenie grup wysp wysoczyznowych, należy zwrócić szczególną uwagę na bardzo szeroką i długą rynnę o orientacji wschód-zachód, tzw. Rynnę Dolską, przecinającą w poprzek wysoczyznę między Leszmem a Żerkowem i dzielącą ją na część północną i południową. W części północno-wschodniej omawianego obszaru, zwanego Ostańcami Dolskimi (według [2]), w zasięgu którego wykształcona została powyższa rynnica, zlokalizowane są pola, na których prowadzono obserwacje zjawisk erozji gleb: pola Jarosławek, Obredy i Dobczyń (rys. 1).



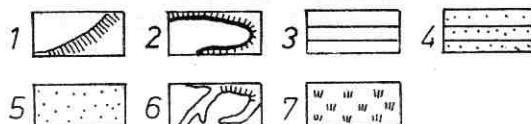
Rys. 1. Mapa hipsometryczna

W rozwoju form rozcięcia marginalnego rejonu Ostańców Dolskich można wyróżnić co najmniej dwa etapy, związane z różnym położeniem krawędzi lądolodu na tym terenie [2]. Ta dwuetapowość rozwoju owych form zaznaczona jest również w postaci kilku występujących tutaj poziomów wysoczyznowych. Obszar, na którym przeprowadzono badania, położony we wschodniej rubieży terenu, odpowiada według T. Bartkowskiego [2] wysokiemu (Dobczyn) i średniemu (Obreda, Jarosławki) poziomowi. Dna tychże poziomów zbudowane są z pliocenu (ił poznański), powierzchniowo przeważają piaski gliniaste i gliny (rys. 2). Na omawianym terenie uprawiano kukurydzę, buraki cukrowe, ziemniaki i zboża.



Rys. 2. Wycinek mapy morfologicznej północno-wschodniej części Ostańców Dolskich (według T. Bartkowskiego). Legenda:

1 — krawędzie, 2 — najwyższy poziom wysoczyznowy, 3 — środkowy poziom wysoczyznowy, 4 — niski poziom wysoczyznowy, 5 — płaszczysty poziom terasowy w rynnach, 6 — dolinki rozcinające zbocza wysoczyzny, 7 — płaskie dno rynny



OPADY

Miejscowością położoną najbliżej obszaru Dobczyna, Obredy i Jarosławek, rejestrującą opady atmosferyczne, jest Chwałkowo Kościelne. Leży ono na wschód od wymienionego obszaru w tej samej jednostce morfologicznej, tzn. Ostańców Dolskich. Zdjęcia lotnicze tego obszaru wykonane były w trzech nalotach: 31 V 1975, 19 VI 1975, 17 VII 1975. Dla tych i poprzedzających je miesięcy zebrano sumy opadów (tabela 1). Porównując czas fotografowania z opadami, można stwierdzić, że największy ślad zawilgoceń powierzchniowych zaobserwowano w czerwcu, ponieważ dwa dni przed wykonaniem nalotu 19 VI wystąpił opad o charakterze nawałnym w wysokości 45,5 mm. Pojawiło się też ogólne zaciemnienie obrazu na skutek wysokiej wilgotności powierzchni. Zdjęcia wykonane 17 VII charakteryzowały się nikłymi śladami zawilgoceń. Największe opady w tym miesiącu zanotowano w dniach 18—21 VII. Zestawienie opadów z okresem fotografowania było podstawą do określenia powstania bruzd erozyj-

nych i stożków napływowych. Zdjęcia lotnicze sporządzone w maju pozwoliły dostrzec początek pojawienia się elementów erozyjnych. W czerwcu zaobserwowano w Dobczynie i Obredzie bruzdy i stożki. Największą intensywność i rozmiary erozji stwierdzono w lipcu, po ostatnim deszczu nawalnym z dnia 20 VII.

Tabela 1

**Sumy opadów w Chwałkowie Kościelnym
od IV do VII 1975 roku**

Dni	Miesiąc			
	IV	V	VI	VII
1	—	—	—	3,8
2	—	—	—	—
3	—	2,6	—	—
4	—	—	—	—
5	4,8	—	—	—
6	—	—	—	—
7	—	—	—	—
8	—	—	—	—
9	—	—	6,6	—
10	19,7	—	3,3	28,7
11	—	—	—	—
12	—	3,1	—	—
13	—	—	—	—
14	7,3	11,2	—	—
15	11,5	—	5,9	—
16	9,8	—	45,5*	—
17	4,0	—	—	—x
18	—	0,7	—	4,5
19	—	53,8	—x	27,3
20	—	—	0,8	77,0*
21	0,3	—	—	3,3
22	—	—	—	—
23	—	—	—	—
24	—	—	—	8,9
25	—	—	—	—
26	—	1,2	—	7,4
27	—	—	—	17,0
28	—	—	—	3,5
29	—	—	—	—
30	—	—	—	2,5
31	—	—x	—	1,4
Suma (w mm)	57,4	72,6	62,1	185,8

x — dzień fotografowania

* — wskaźnik deszczu nawalnego = $\frac{\text{suma opadów}}{\sqrt{\text{czas opadu}}}$
(wartość wskaźnika 4 określa opad jako ulewę nawalną)

Autorzy uważają, że wystąpienie w każdym okresie fotografowania deszczu nawalnego ma decydujący wpływ na wielkość i formy erozji. K. Chomicz pisze [3]: „Częstotliwość deszczów nawalnych jest największa w lipcu dla regionu Poznańskiego. Rejon Poznański i Śląsk odznaczają się największą wydajnością deszczów nawalnych, które występują w okresie od 12. 04. do 21. 10. i wynoszą od 240 do 140 mm w ciągu 3 godzin.” Zestawienie przedstawia deszcze nawalne i ich wskaźniki w poszczególnych dniach:

19 V	— 53,8 mm	wsk. 4,0	czas opadu 180 min
16 VI	— 45,5 mm	wsk. 3,3	czas opadu 180 min
20 VII	— 77,0 mm	wsk. 4,9	czas opadu 240 min

Opad z dnia 16 VI, jak wynika ze wskaźnika, miał jedynie charakter deszczu nawalnego.

OPIS KALEK INTERPRETACYJNYCH PÓL OKOLIC JAROSŁAWEK, OBREDY I DOBCZYNA

Pierwszym rejonem obserwacji jest pole (I) w okolicy jeziora Jarosławki, którego stoki mają ekspozycję wschodnią i północną. Badania i analizę zdjęć lotniczych pod kątem erozji rozpoczęto w 1975 roku. Pole użytkowane było rolniczo (uprawa kukurydzy). Zdjęcia lotnicze nad obszarem Jarosławek wykonano w trzech nalotach: 31 V 1975, 19 VI 1975, 17 VII 1975. Materiały lotnicze z 31 V zarejestrowały pierwsze ślady form erozyjnych w postaci bruzdy i stożka napływowego. Zdjęcie naziemne (fot. 1) przedstawia widok stożka napływowego.

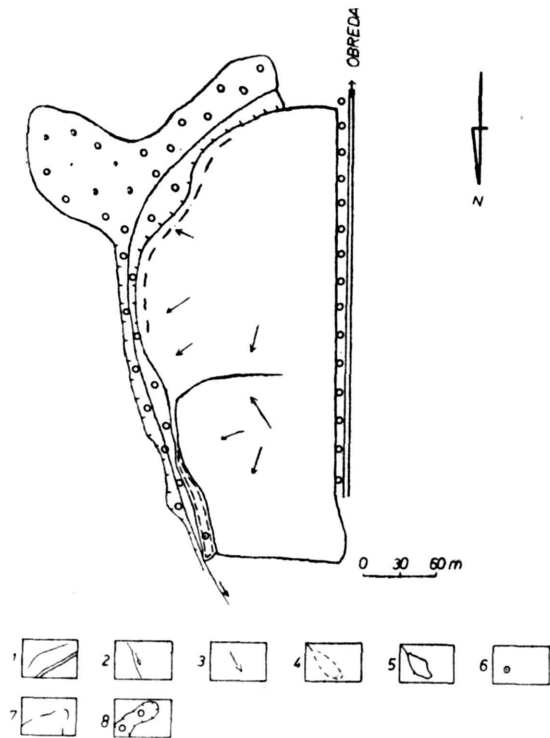
Na podstawie zdjęć lotniczych wykonano pomiary powierzchni alimentacyjnej — 5,2 ha, długości bruzdy — 135 m i powierzchni stożka napływowego — 7,38 ar oraz wyznaczono kierunki spływu wód opadowych.

Zdjęcia lotnicze i badania terenowe pozwoliły stwierdzić, że materiałem budującym powierzchnie pola są piaski. Bruzda erozyjna nacina więc powierzchnie piaszczyste. Wymienione elementy erozji ilustruje rys. 3.

Drugim obszarem występowania erozji są pola Obredy (II). Nad tym terenem podobnie jak nad jeziorem Jarosławki wykonano trzy naloty. Na podstawie tych zdjęć lotniczych przeprowadzono interpretację litologii powierzchniowej. Dominującym materiałem budującym powierzchnie pól są piaski i gliny piaszczyste. Stoki o ekspozycji wschodniej budują piaski, natomiast zachodniej — gliny tworzące krawędzie lub wyraźne wychodnie. Rys. 4, który jest szkicem fotointerpretacyjnym, przedstawia pola ziemniaczane Obredy podzielone na części A, B, C, D. W ramach tych części określono początek wystąpienia erozji, a także wykonano pomiary: powierzchni alimentacyjnych (tabela 2), powierzchni strefy namyc erozyjnych (fot. 2), stożków napływowych, długości bruzd i ich szerokości (fot. 3, 4). Badania terenowe pozwoliły określić głębokość bruzdy w polu A

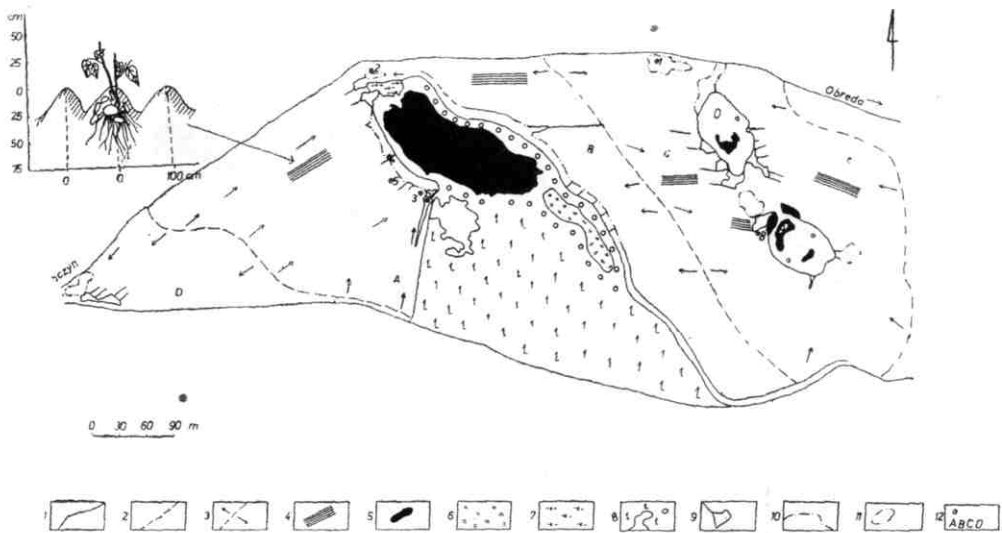


Fot. 1. Stożek napływowy w okolicy jeziora Jarosławki (pole I) — zdjęcie wykonane 25 VII 1975



Rys. 3. Szkic fotointerpretacyjny pola okolic jeziora Jarosławki:

1 — granice pola, drogi, 2 — kanały, 3 — kierunki splywu, 4 — bruzda erozyjna i stożek napływowy w początkowym stadium rozwoju (nalot majowy), 5 — bruzda erozyjna i stożek napływowy z nalotu lipcowego, 6 — stanowisko fotografii naziemnej, 7 — granica namycia erozyjnego, 8 — starsze formy erozyjne; las liściasty



Rys. 4. Szkic fotointerpretacyjny pola okolic Obredo:

1 — granica pola, 2 — granica powierzchni alimentacyjnych, 3 — kierunki splywu, 4 — rzędoma struktura uprawy ziemniaków, 5 — zbiorniki wodne, 6 — bagna, 7 — łąki, 8 — las, polana, 9 — stożek napływowy i bruzda erozyjna, 10 — strefy piaszczystych namyc erozyjnych, 11 — strefy namyc ilasto-pylastych, 12 — stanowisko fotografii naziemnej, sektory pola



Fot. 2. Powierzchnia strefy namyc erozyjnych Obredo (pole II). Zdjęcie wykonane 12 VI 1975



Fot. 3. Początek rozwoju bruzdy erozyjnej; Obreda (pole II).
Zdjęcie wykonane 12 VI 1975



Fot. 4. Stadium bruzdy po deszczu nawałnym; Obreda (pole II).
Zdjęcie wykonane 21 VII 1975 (por. fot. 3)

Charakterystyka pola ziemniaczanego Obredy

Badane elementy	Część pola			
	A	B	C	D
Ekspozycja stoku	wschod- nia	zachod- nia	wschod- nia zachod- nia	zachod- nia
Powierzchnia ali- mentacyjna (w ha)	4,67	4,24	8,02	1,8
Powierzchnia stref erozyjnych (w ha)	0,27	0,31	0,13	0,07
Bruzdy				
— liczba	6	1	14	4
— długość (w m)	75	—	—	—
— głębokość (w m)	0,7	—	—	—
— szerokość (w m)	6,0	—	—	—
Litologia	piaski	glina	piaski glina	glina

i policzyć mniejsze bruzdy, które na zdjęciach lotniczych zlewały się ze strukturą rzędową uprawy ziemniaków (tabela 2).

Powierzchnie pól zbudowane z piasków charakteryzowały się występowaniem erozji liniowej w postaci bruzd i stożków napływowych piaszczystych, które na zdjęciach lotniczych zostały zarejestrowane jako bardzo jasne powierzchnie. W obszarach zbudowanych z glin zachodziło spłukiwanie materiału ilasto-pyłastego, który na zdjęciu zaznaczył się ciemnym fototonem. Wydaje się, że oprócz decydującego wpływu intensywności opadu atmosferycznego na wielkość erozji duże znaczenie miał charakter upraw. Występowanie struktury rzędowej ziemniaków stwarza warunki do powstania liniowego spływu wód opadowych, a co za tym idzie — licznych bruzd erozyjnych. System korzeniowy ziemniaków nie ma zdolności mocnego wiązania gleby.

Szkic fotointerpretacyjny pola okolic Dobczyna (III) przedstawia obszar wykorzystany pod uprawę kukurydzy i ziemniaków (rys. 5). W tej strefie erozja wystąpiła na zboczach wschodnich i zachodnich, osiągając największe rozmiary w zakresie długości bruzd i powierzchni stożków (tabela 3). Wynika to z dużej powierzchni alimentacyjnej, a także z charakteru uprawy.

Tabela 3

**Elementy erozji wyznaczone na podstawie
analizy zdjęć lotniczych**

Badane elementy	Bruzda 1	Bruzda 2
Powierzchnia alimen- tacyjna (w ha)	19,89	
Powierzchnia stożków (w ha)	0,3645	
Bruzdy:	1	2
— długość (w m)	150	135
— szerokość (w m)	4,0	2,0
— głębokość (w m)	1,4	1,25
Litologia	piasek	piasek

Na rys. 5 przedstawiono rozmieszczenie form erozji oraz system korzeniowy kukurydzy, który odznacza się małymi zdolnościami wiązania gleby. Linijne formy erozji powstały w miejscach zbudowanych z piasków, co widoczne jest w bruzdach 1 i 2, które nacinają powierzchnie piaszczyste. W okolicy Dobczyna stwierdzono ponadto (na podstawie zdjęć lotniczych) starsze formy erozyjne w postaci dobrze wykształconych parowów.

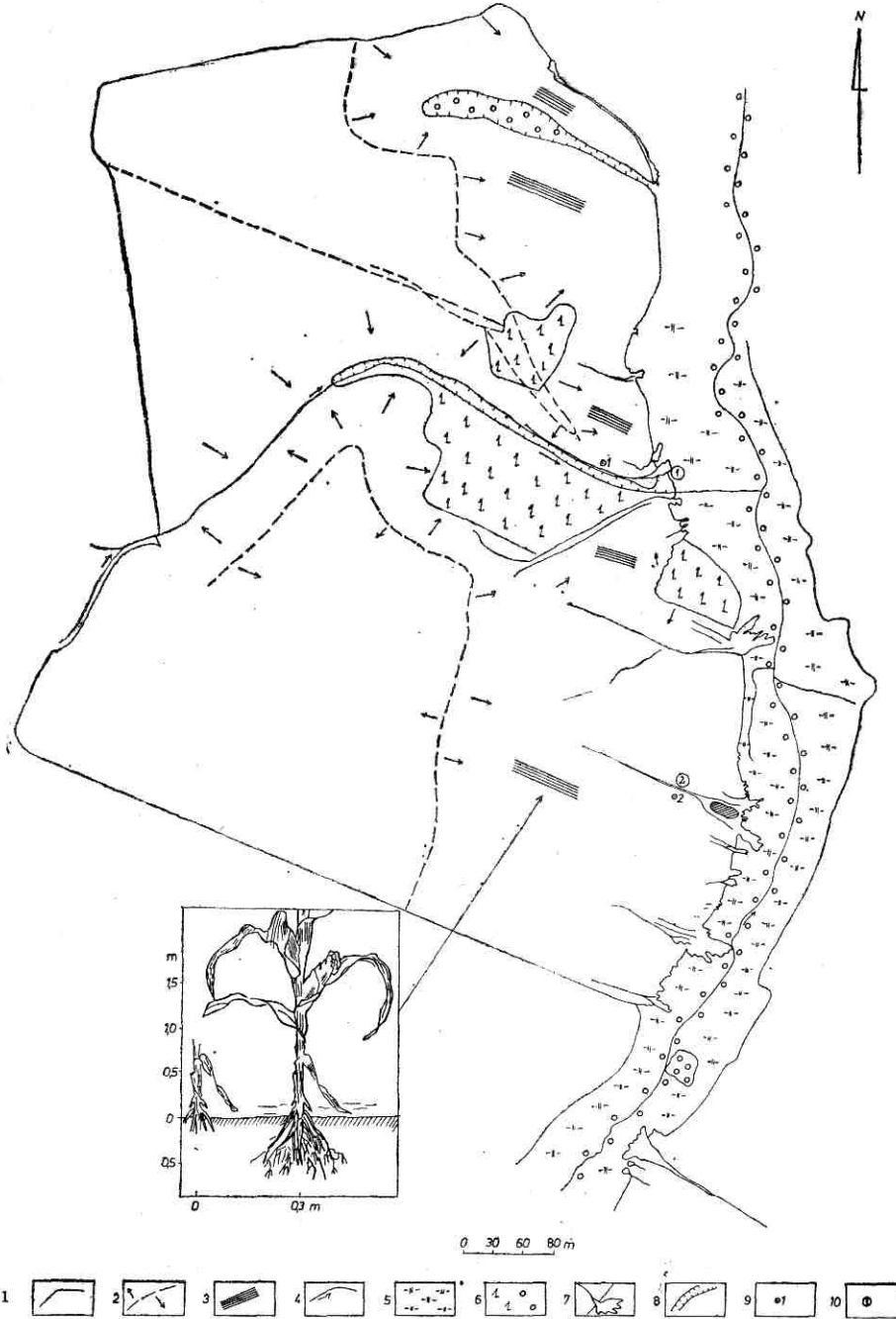
ZDJĘCIA LOTNICZE POWTARZANE JAKO PODSTAWA INTERPRETACJI ZJAWISKA EROZJI

W całym opracowaniu nie starano się o wnikliwą analizę samej erozji gleb czy czynników będących przyczyną jej występowania, lecz próbowano określić możliwości analizy erozji na podstawie posiadanych zdjęć lotniczych. Dotyczyło to głównie ustalenia, jakie elementy pośrednie czy bezpośrednie są pierwszymi czynnikami erozji obserwowanej na zdjęciach. Analizując to zagadnienie, autorzy posłużyli się zdjęciami lotniczymi, wykonanymi z wysokości 600 m w skali 1 : 3000. Sporządzono ponadto szkice fotointerpretacyjne, które zawierają wszystkie elementy erozji zinterpretowane na wymienionych materiałach lotniczych.

Autorzy niniejszej pracy stwierdzili, że interpretacja rzeźby, litologii, roślinności i ekspozycji stoku na zdjęciach lotniczych dostarcza podstawowych wiadomości o wystąpieniu erozji, jej formach i rozmiarach.

Rzeźba terenu przedstawionego na zdjęciach lotniczych została zbadana za pomocą interpretoskopu. Pozwoliło to na określenie ważnego elementu erozji, a mianowicie powierzchni alimentacyjnej określonych pól, na których wystąpiły erozja i stare formy erozyjne w okolicy Dobczyna.

DOBCZYN



Rys. 5. Szkic fotointerpretacyjny pola okolic Dobczyna:

1 — granica pola, 2 — granica powierzchni alimentacyjnych, kierunki splywu, 3 — rzędowa struktura uprawy kukurydzy, 4 — kanały, 5 — łąki, 6 — las, 7 — bruzdy erozyjne i stożki napływowe, 8 — starsze formy erozyjne, 9 — stanowisko fotografii naziemnej, 10 — numer kolejny bruzdy

LITOLOGIA

Korzystając ze zdjęć lotniczych wykonanych w maju, kiedy powierzchnia pól nie była pokryta roślinnością, przeprowadzono interpretację litologii w obszarze Dobczyna, Obredy i Jarosławek. W połączeniu z wilgotnością powierzchniową, która jest ważnym wskaźnikiem litologii, wyznaczono powierzchnie gliniaste jako ciemniejsze w stosunku do pozostałych, ponieważ charakteryzowały się większą wilgotnością powierzchniową i trudną infiltracją wód opadowych, które wystąpiły w postaci wymoków. Powierzchnie piaszczyste natomiast zaznaczyły się jasnym fototonem. Tak określona litologia została ponownie przeanalizowana na zdjęciach z nalotu czerwcowego, dokonanego w innych warunkach hydrometeorologicznych. W czasie badań terenowych stwierdzono, że litologię powierzchniową określono poprawnie [1].

ROŚLINNOŚĆ

Interpretację roślinności i użytkowania terenu określono na podstawie charakteru upraw. Uprawy rzędowe widoczne z wysokości 600 m to ziemniaki, buraki cukrowe i kukurydza. Powierzchnie o strukturze jednolitej — ziarnistej odpowiadały roślinności w postaci zbóż i traw. Rzędowy charakter upraw bardzo wyraźnie zdradzał występowanie erozji liniowej i stożków napływowych o bardzo jasnym fototonie, który był głównym elementem rozpoznawczym występowania erozji. Wskutek wymywania związków odżywczych, znajdujących się w glebie, przez spływające wody opadowe następowało wzmożone nawożenie u podnóża stoków, co wyraźnie zaznaczyło się intensywniejszą roślinnością trawiastą (Dobczyn — Kanał Graniczny). W tym przypadku samo skupienie roślinności informuje o przemieszczeniu substancji w dół stoku. Rodzaj roślinności istotnie wpływa na charakter erozji. Roślinność okopowa powoduje erozję liniową, zbożowa natomiast — powierzchniową, rozproszoną (Dobczyn).

EKSPOZYCJA

Z układu stoków wywnioskowano, że największe rozmiary i intensywność erozji wystąpiły na stokach o ekspozycji wschodniej. Jedynym elementem, który tłumaczy ten fakt, jest litologia rozpoznana na zdjęciach lotniczych — piaski. W przypadku erozji liniowej i rozproszonej w utworach piaszczystych oraz gliniastych duże znaczenie ma intensywność deszczu i jego wielkość. Wyraźne skutki widoczne są po deszczach nawalnych. Należałoby prowadzić badania korelujące występowanie deszczu nawalnych, ich ilości z rozmiarami erozji. Na podstawie zdjęć lotniczych wyko-

nanych wiosną można określić warunki litologiczno-hydrologiczne, które uzależniają wystąpienie erozji.

Analiza zdjęć powtarzanych w różnych warunkach meteorologicznych pozwoliła wyznaczyć formy i skutki erozji. Nalot „zwiadowczy” przeprowadzony w grudniu 1975 roku umożliwił zaobserwowanie śladów bruzd erozyjnych po orkach jesiennych. W okolicy Dobczyzna bruzdy są widoczne niezależnie od orki i stanowią miejsca potencjalnych nacięć erozyjnych powierzchni przy roztopach wiosennych. W związku z tym należałoby prowadzić obserwacje, które potwierdziłyby, że opisane formy rozwijają się w tych samych miejscach stoku.

LITERATURA

- [1] BARANIECKI L., 1963: *Zastosowanie zdjęć lotniczych we wstępnej analizie terenu*, [w:] *Acta Universitatis Wratislaviensis IX. Studia Geograficzne I*, s. 15—26.
- [2] BARTKOWSKI T., 1963: *O formach rozcięcia marginalnego i niektórych formach strefy marginalnej na Nizinie Wielkopolskiej*, „Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią” t. XI, [Poznań].
- [3] CHOMICZ K., 1951: *Przebieg, rozmieszczenie i częstotliwość deszczów nawalnych w Polsce*, „Gospodarka Wodna”, z. 7/8.
- [4] KRYGOWSKI B., 1961: *Geografia fizyczna Niziny Wielkopolskiej*, część I: *Geomorfologia*, Poznań.

EWA KLECZEWSKA, ANDRZEJ KIJOWSKI

APPLICATION OF REPEATED AERIAL PHOTOGRAPHS IN THE INVESTIGATION OF SOIL EROSION

Summary

A description is given of an assessment of soil erosion made on the basis of analysis of aerial photographs. The most important factor in the destruction of the eroded surface was found to be water elution. This process should be studied by methods relying on rapid recording of erosion occurring and the effects caused, such as erosion troughs and cones. The problem was attacked using repeatable aerial photographs made after the occurrence of atmospheric precipitation classified as torrential. Comparison of time photographing the tested area with recorded atmospheric precipitation provided a basis for determining the moment of forming and development of erosion troughs and silt cones, particularly on slopes with high feed resources.

An attempt was made in this way to determine and assess the intensity of soil erosion processes in fields situated in the north-east sector of the Leszczyński highlands, called Ostańce Dolskie. This is a classical example of relief formation of the end moraine zone in the vicinity of Książ. Crops of maize, sugar beet and grain are raised in this region.

The object of these investigation was not to analyse in depth the erosion phenomenon and the factors accelerating its progress, but to discover the nature of the elements which are the primary factors in the erosion observable on the aerial photographs made from a height of 600 metres. Also prepared were photointerpretation diagrams showing all the erosion elements, plotted on to the photographs.

**L'UTILITÉ DES VUES AÉRIENNES RÉPÉTÉES DANS LES ÉTUDES
DE L'ÉROSION DES SOLS**

Résumé

Dans le présente ouvrage on a analysé les phénomènes de l'érosion des sols d'après l'interprétation des vues aériennes. Le rôle le plus destructif sur les surfaces érodées est imputé au ravinement. Ce processus devrait être étudié par les méthodes consistant à l'enregistrement rapide des effets d'érosion et de ses conséquences, c.-à-d. des sillons et des cônes d'érosion. Ce problème a été étudié au moyen des vues aériennes répétées suivant l'apparition des précipitations à caractère battantes. La comparaison du temps de la prise de photos sur les terrains étudiés avec les précipitations a donné la base à l'enregistrement du moment de la création et le développement des sillons d'érosion et des cônes de déjection, en particulier sur les pentes de forte dépendance d'alimentation.

Dans la présente conception, l'essai de l'analyse du discernement et de l'évaluation d'intensité des phénomènes d'érosion de sols a été effectué sur les champs localisés dans la partie nord—est de Wysoczyzna Leszczyńska, dite Ostańce Dolskie. C'est l'exemple classique du relief de la zone de moraine frontale des environs de Książ. Sur ce terrain on a cultivé le maïs, les betteraves à sucre et le blé.

Le but de l'étude n'était pas l'analyse approfondie de l'érosion — come phénomène pur — et des agents accélérant son action, mais la révélation du caractère des éléments étant les facteurs primaires de l'érosion observée sur les vues aériennes. Les vues aériennes exécutées à l'échelle de 1 : 3000 et de l'altitude de 600 m ont contribué à l'analyse de ce phénomène. On a aussi exécuté les croquis de photointerprétation présentant tous les éléments de l'érosion, interprétés d'après le matériel aérien ci-mentionné.