

IWONA PIOTROWSKA

PROGNOZA ROZWOJU EROZJI WODNEJ GLEB
NA OBSZARZE MŁODOGLACJALNYM
UWZGLĘDNIAJĄCA ZMIANY STRUKTURY UŻYTKOWANIA ZIEMI
(Zlewnia Górnej Parsęty, Pomorze Zachodnie)

ZARYS TREŚCI

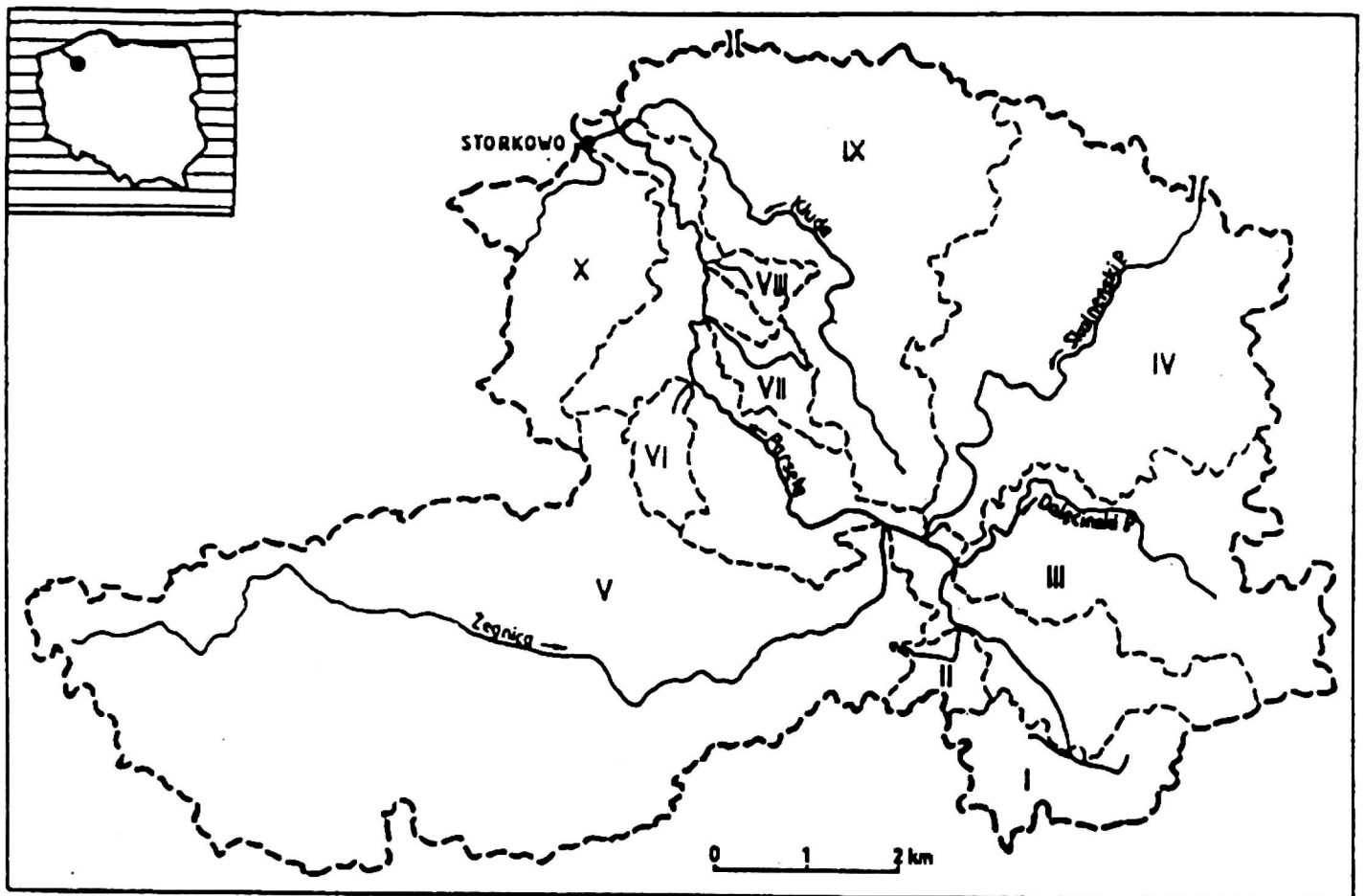
Jednym z procesów morfogenetycznych określających współczesny system denudacyjny, prowadzących do transformacji rzeźby na obszarach użytkowanych rolniczo są procesy erozji gleb. Mogą one być modyfikowane poprzez różnorodne formy antropopresji. Badania prowadzone nad wielkością procesów erozji gleb wykazują nasilenie się zjawiska w zależności od ukształtowania terenu, właściwości materiału glebowego, częstotliwości i natężenia opadów atmosferycznych, pokrycia terenu i użytkowania ziemi. Procesy erozji wodnej gleb rozpoznawane są zarówno poprzez badania terenowe, jak i modelowe. W opracowaniu przedstawiono aplikację zmodyfikowanego uniwersalnego równania erozji gleb DR-USLE do badania erozji wodnej gleb obszarów strefy młodoglacjalnej. Analizowano różnorodne uwarunkowania, wśród których najważniejsze znaczenie przypisano zmianom struktury użytkowania ziemi i opadów atmosferycznych, oraz obliczono wielkość erozji gleb w latach 1875–1993. Przeprowadzone badania stanowiły podstawę modelowania, efektem którego było opracowanie scenariuszy rozwoju procesów erozji wodnej gleb na najbliższe lata.

WPROWADZENIE

Badania zmian użytkowania ziemi można rozpatrywać w różnorodnych ujęciach, takich jak geomorfologiczne, gleboznawcze, klimatyczne, ekonomiczne czy ekologiczne. Zmiany te zachodzą w zróżnicowanym rytmie, uwarunkowanym czynnikami o charakterze naturalnym (rzeźba, litologia, gleby, klimat, wody), względnie antropogenicznym (warunki społeczno-ekonomiczne, agrotechnika). Wszelkie zmiany pojawiające się w środowisku przyrodniczym, związane ze sposobem użytkowania ziemi modyfikują pozostałe elementy, takie jak np. zmiany rzeźby, pokrywy glebowej czy warunków wilgotnościowych gleby. Na obszarach użytkowa-

nych rolniczo zachodzą ważne procesy erozji wodnej gleb określające współczesny system denudacyjny, które w efekcie prowadzą do transformacji rzeźby.

Spośród różnorodnych modeli matematycznych analizujących i testujących procesy erozyjne gleb w geoekosystemach młodoglacjalnych najbardziej przystępnym i porównywalnym jest wieloczynnikowy model prognostyczny, zwany Uniwersalnym Równaniem Erozji Gleb – USLE (*Universal Soil Loss Equation*) (RENARD, FOSTER, WEISIES, PORTER 1991; WISCHMEIER, SMITH 1958, 1965). Możliwość dokładnego określenia współczynników erozji i wysoki stopień aplikacji modelu USLE (w 84% przypadków wartości obliczone według równania odchylają się od wartości po-



Rys. 1. Zlewnia górnej Parsęty (I, II – zlewnie częściowe)
 Fig. 1. The upper Parsęta catchment (I, II – subcatchments)

mierzonych do $4,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) stawia go w rzędzie najczęściej stosowanych (BANASIK 1983; MADEJSKI 1979; BOLLINNE, ROSSEAU 1978; VAN GHELUE, VAN MOLLE 1984).

Celem badawczym opracowania jest przedstawienie scenariuszy rozwoju erozji wodnej gleb w zlewni górnej Parsęty mogącej występować w najbliższych latach, przy wykorzystaniu obliczeń wielkości erozji wodnej gleb przeprowadzonych dla obszarów użytkowanych rolniczo w latach 1875–1993. Podstawą oszacowania erozji wodnej gleb była aplikacja zmodyfikowanego uniwersalnego równania erozji gleb DR-USLE (PIOTROWSKA 1998). Praca wykonana została w ramach badań prowadzonych w Zakładzie Geomorfologii Dynamicznej i Monitoringu Środowiska Instytutu Badań Czwartorzędu i Geologii UAM.

OBSZAR BADAŃ

Badania struktury użytkowania ziemi i na jej podstawie erozji wodnej gleb prowadzono na obszarze młodoglacjalnej zlewni górnej Parsęty (ryc. 1) i jej 10 zlewniach częściowych (subsystemach) o łącznej powierzchni 74 km^2 , należących do geosystemów nizinnych umiarkowanej strefy klimatycznej (KOSTRZEWSKI 1986, 1993).

Zlewnia zlokalizowana jest w środkowej części makroregionu Pojezierze Zachodniopomorskie, na granicy mezoregionów Pojezierze Drawskie i Pojezierze Bytowskie. Położenie zlewni górnej Parsęty na północnym skłonie środkowopomorskiego ciągu czołowomorenowego w obrębie tzw. łobu Parsęty (KARCZEWSKI 1989), w zasięgu form poglacjalnych, znajduje swoje odzwierciedlenie w zróżnicowaniu typów rzeźby, mozaice litologicznej, glebowej i użytkowaniu ziemi.

Badania przeprowadzone w 1993 r. pozwoliły na określenie struktury dominujących form użytkowania ziemi w zlewni górnej Parsęty, która była efektem długoletnich przemian związanych z działalnością człowieka. Analiza struktury użytkowania ziemi w latach 1875–1993 wykazała dużą zmienność powierzchni leśnych, gruntów ornych oraz łąk. Zaobserwowane zmiany struktury użytkowania ziemi przez człowieka miały istotny wpływ na kształtowanie się procesów erozji gleb, jak również były podstawą opracowania scenariuszy erozji wodnej gleb.

METODY BADAŃ

Podstawową metodą badania wielkości erozji wodnej gleb w zlewni górnej Parsęty było zastosowanie uniwersalnego równania erozji gleb, pozwalającego na obliczenie średniej rocznej ilości wymytego materiału glebowego

$$E = RKLSCP$$

(WISCHMEIER, SMITH 1958, 1978), gdzie E – obliczony wskaźnik średniej rocznej masy gleby erodowanej z jednostki powierzchni [$t\ ha^{-1}\ rok^{-1}$], R – współczynnik średniej rocznej erozyjności deszczy i spływów [$Je\ rok^{-1}$]*, K – współczynnik podatności gleby na erozję [$t\ ha^{-1}\ Je^{-1}$], LS – parametr topograficzny dotyczący powierzchni zlewni: długości zbocza i spadku zbocza, C – bezwymiarowy współczynnik rodzaju upraw i sposobu użytkowania ziemi, P – bezwymiarowy współczynnik zabiegów przeciwdziałających erozji [Je] = [$MJ\ ha^{-1}\ cm\ h^{-1}$].

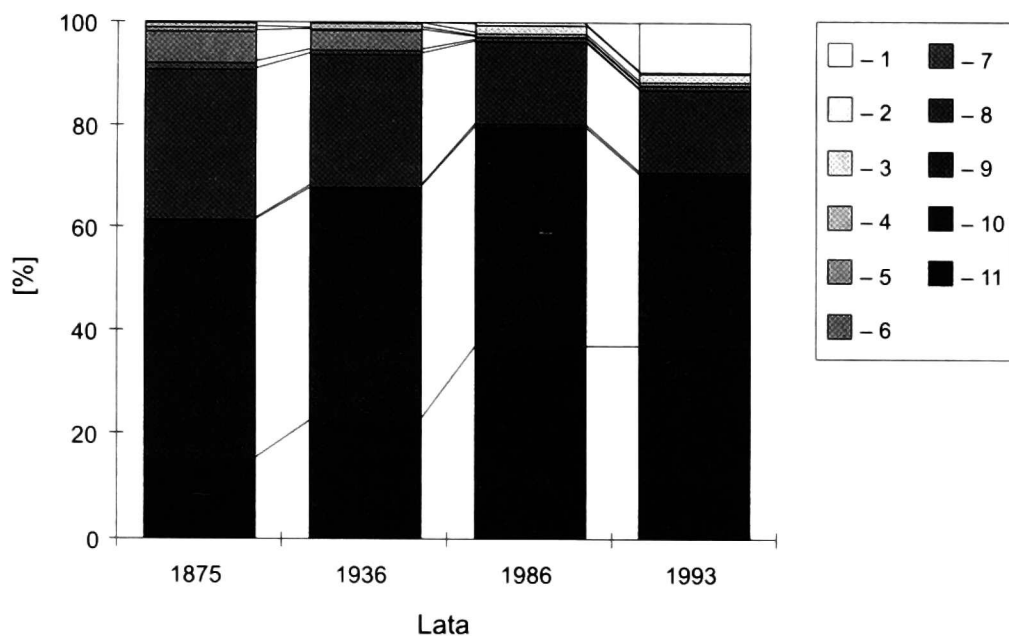
W opracowaniu wykorzystano metodę strat glebowych zastosowaną w programie komputerowym DR-USLE v.2.1., wersję zmodyfikowaną, uzupełnioną o wskaźnik dopływu rumowiska DR (BANASIK, GÓRSKI 1993, SGGW, Warsza-

wa). Model ten stanowi jedną z metod oceny ilości materiału erodowanego na obszarach nachylonych (BANASIK, GÓRSKI 1992), który może być wynoszony z terenu zlewni przez rzeki w postaci osadu. Model DR-USLE ma niewątpliwie istotne znaczenie predykcyjne, dotyczące procesów erozyjnych gleb, a przy znajomości realnych uwarunkowań istniejących w środowisku przyrodniczym zlewni pojawia się możliwość praktycznej aplikacji w badaniach przeciwoerozyjnych.

Badania struktury użytkowania ziemi realizowano na podstawie przeprowadzonej analizy i oceny wybranych następujących materiałów kartograficznych:

- Generalstabskarte GK – 1:100000 z 1833 r. (mapa wyjściowa do dalszych badań),
- Messtischblätter – 1:25000 z 1875 r.,
- Messtischblätter – 1:25000 z 1936 r.,
- Mapa topograficzna – 1:10000 z 1986 r.,
- Mapa topograficzna – 1:10000 z 1993 r. (aktualizacja na podstawie kartowania terenowego).

Wszystkie wybrane mapy odpowiadały kryteriom decydującym o stopniu przydatności i dokładności zawartych informacji z uwagi na dużą skalę zapewniającą uzyskanie maksymalnej ilości treści dotyczącej pokrycia terenu, możliwość dokonania analizy przestrzennej form użytkowania ziemi, dobrą jakość map i sposób przedstawienia zjawisk oraz czytelność, warunkującą otrzymanie realnego obrazu środowiska przyrodniczego. Błędy wynikające z pomiarów kartometrycznych czy gleboznawczych znajdują swoje odzwierciedlenie w ostatecznym efekcie badań erozji wodnej gleb i mogą wpływać na występujący błąd obliczeń od 1,4 do 36% końcowej wielkości erozji gleb (PIOTROWSKA 1997).



Ryc. 2. Dynamika zmian użytkowania ziemi w zlewni górnej Parsęty w latach 1875–1993

1 – ugory, odłogi, 2 – nieużytki, 3 – obiekty przemysłowe, 4 – obszary zabudowane, 5 – wody, 6 – bagna, torfowiska, 7 – wrzosowiska, 8 – łąki, 9 – sady, 10 – grunty orne, 11 – lasy

Fig. 2. Dynamics of land use in the upper Parsęta catchment in the years 1875–1993

1 – fallow land, 2 – wasteland, 3 – industrial facilities, 4 – built-up areas, 5 – water bodies, 6 – marshland, 7 – moorland, 8 – grassland, 9 – orchards, 10 – arable land, 11 – woodland

W przedstawianym opracowaniu użytkowanie ziemi traktowano jako sposób jej wykorzystania uzależniony od uwarunkowań przyrodniczych i społeczno-ekonomicznych, analizowany zgodnie z przyjętą klasyfikacją zastosowaną w 1992 r. do realizacji programu CORINE Land Cover (*Coordination of Information on the Environment*) (BARAŃSKI, CIOŁKOSZ 1995; PIOTROWSKA 1997). Zrozumienie przedstawianych form użytkowania nie podlega dyskusji, niemniej konieczne dla dalszych analiz jest wyjaśnienie kategorii nowych form – odłogów i ugorów. Z tego też powodu klasyfikację form użytkowania ziemi dla potrzeb niniejszej pracy zmodyfikowano, uzupełniając ją o te właśnie kategorie. Odłogi to część gruntów ornych nie uprawianych i nie obsiewanych, pozostawionych na kilka lat, na których nie wykonuje się żadnych zabiegów. Po czasie spoczynku podejmuje się dalszą uprawę lub ze względu na słabą jakość gleb przeznaczają się je pod zalesienie i ugory – pola nie obsiewane przez 1–4 lat. Ugór

stosuje się w celu pobudzenia nityfikacji, przywrócenia żyzności i poprawy struktury gleby. Te kategorie pojawiają się masowo po 1990 r. Przyczyną tej sytuacji były zmiany przepisów o ustawowym obowiązku rolniczego wykorzystania gruntów.

ZMIANY STRUKTURY UŻYTKOWANIA ZIEMI W ZLEWNI GÓRNEJ PARSEŃTY W LATACH 1875–1993

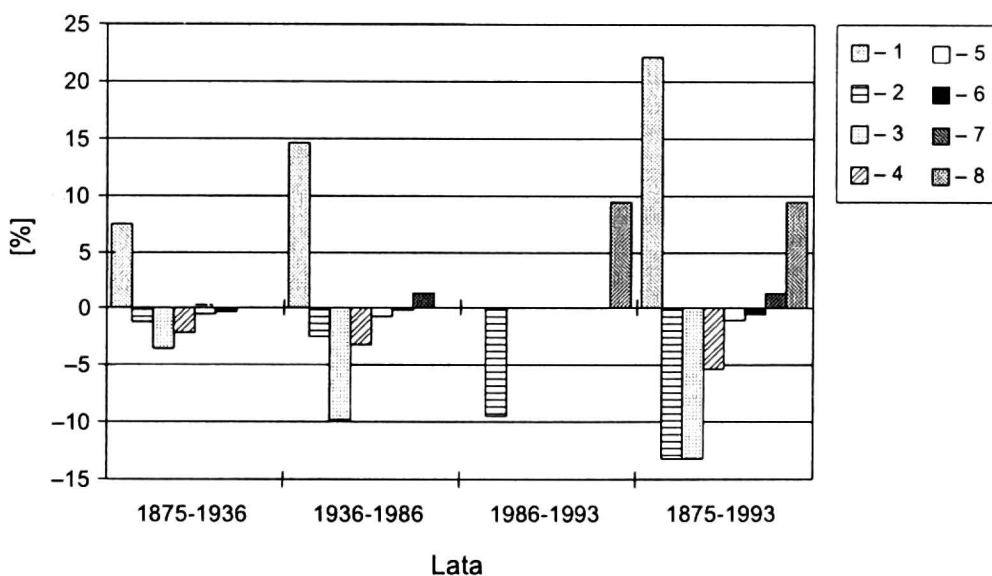
Badania struktury użytkowania ziemi w latach 1875–1993 wykazały dużą zmienność powierzchni leśnych, gruntów ornych oraz łąk (ryc. 2). Struktura dominujących form użytkowania ziemi w zlewni górnej Parsęty w 1993 r. przedstawiała się następująco: 33,5% grunty orne, 16% użytki zielone oraz 37% lasy i była efektem długoletnich przemian związanych z działalnością człowieka (PIOTROWSKA 1997).

Przestrzenne rozmieszczenie form użytkowania zdeterminowane jest róż-

nicowaniem geomorfologicznym, litologicznym i glebowym. Wśród czynników antropogenicznych bezpośrednio wpływających na sposób użytkowania ziemi, a w konsekwencji na zachodzące procesy erozji gleb, należy wymienić stosowane uprawy (zbożowe, okopowe) i zabiegi agrotechniczne (melioracje, kierunki upraw). Dużą zmiennością powierzchniową w badanym przedziale czasu odznaczały się obszary lasów, gruntów ornych, łąk, bagien i torfowisk. Na podstawie przeprowadzonych badań kartometrycznych określono wielkości poszczególnych form użytkowania, tendencję i tempo ich zmian zarówno w ujęciu całej zlewni, jak i jej subsystemów (ryc. 3). Największą dynamikę zmian form użytkowania ziemi w latach 1875–1993 stwierdzono na obszarach zajętych przez lasy, gdzie odnotowano wzrost powierzchni o 147%. Zaobserwowany znaczny wzrost lasów, szczególnie w latach 1936–1986, wynikał z podjętych po wojnie prac, prowadzonych zgodnie z polityką leśną, polegających na zalesianiu nieużytków i gruntów or-

nych występujących na słabszych kompleksach rolniczej przydatności gleb.

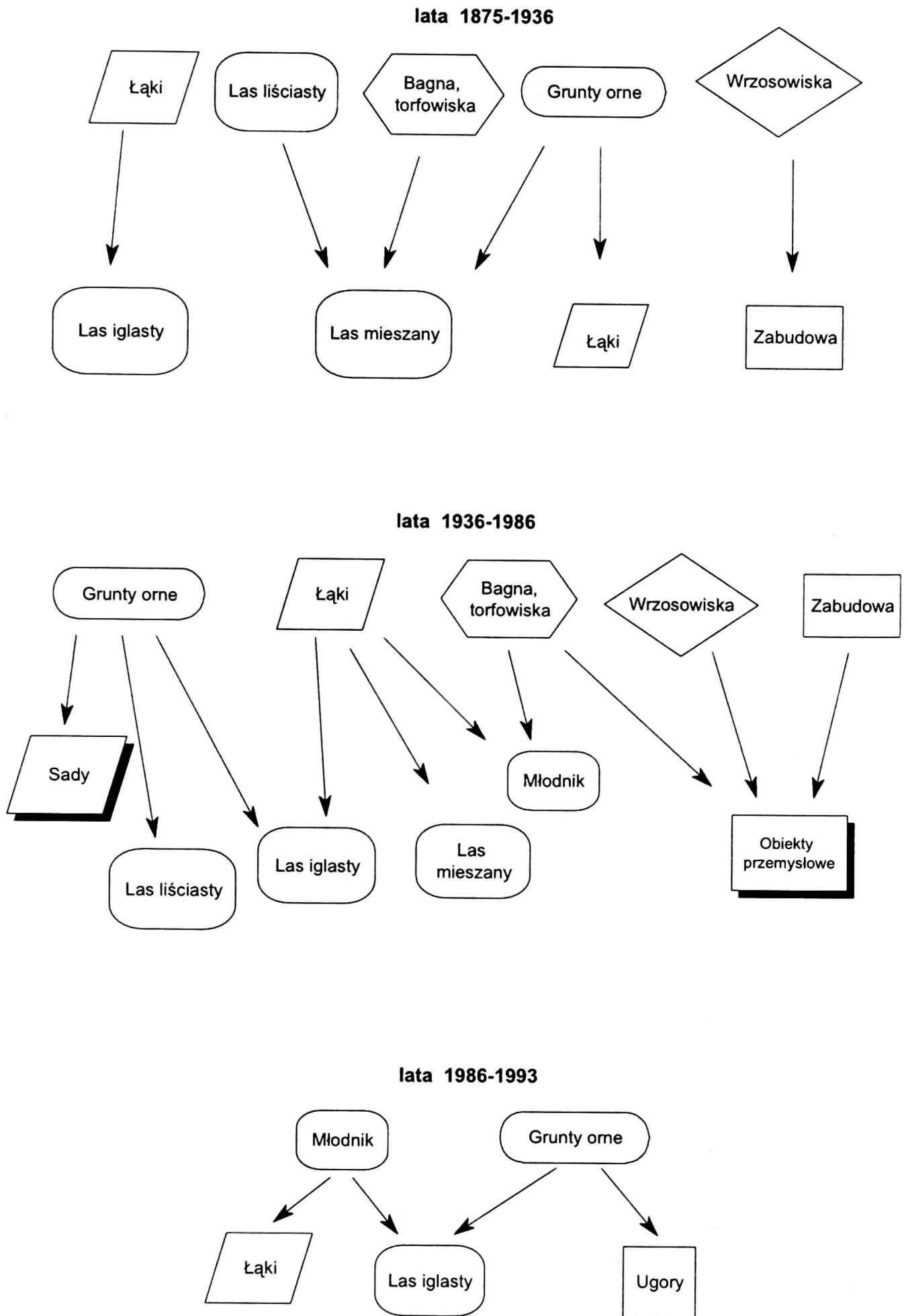
Spadek powierzchni gruntów ornych w latach 1875–1993 wyniósł 28%. Na zmniejszanie się powierzchni gruntów ornych zwracano już uwagę w latach 60. (GLEBOCKI 1965). Jednak największy spadek (33%) zaobserwowano w latach 1986–1993, którego efektem było pojawienie się znacznych powierzchni ugorów i odłogów. Do głównych przyczyn należy zaliczyć ogólnokrajowe zmiany gospodarcze i zmiany własności ziemi, w wyniku których grunty orne użytkowane przez Państwowe Gospodarstwa Rolne pozostały niezagospodarowane. Zjawisko to obserwowano na terenie całego kraju. Miało więc ono charakter powszechny, a województwo koszalińskie należało do grupy o największym przyroście ugorów i odłogów. Następną formą o równie wysokim jak grunty orne wskaźniku spadku w latach 1875–1993 są powierzchnie łąk (45%). Część powierzchni łąk zalesiano lub w wyniku prowadzonych początkowo melioracji zamieniano je na grunty orne.



Ryc. 3. Tempo przyrostów i ubytków form użytkowania ziemi w zlewni górnej Parsęty w latach 1875–1993

1 - lasy, 2 - grunty orne, 3 - łąki, 4 - bagna, torfowiska, 5 - wrzosowiska, 6 - wody, 7 - obiekty przemysłowe, 8 - ugory, odłogi

Fig. 3. Rate of increase and loss of land use in the upper Parsęta catchment in the years 1875–1993
1 - woodland, 2 - arable fields, 3 - grassland, 4 - marshland, 5 - moorland, 6 - water bodies, 7 - industrial facilities, 8 - fallow land



Ryc. 4. Modele przejść form użytkowania ziemi w zlewni górnej Parsęty w latach 1875–1993
 Fig. 4. Transition models of land use in the upper Parsęta catchment in the years 1875–1993

Tendencje zmian form użytkowania ziemi rozpatrywano nie tylko w ujęciu ilościowym, lecz także określono ich zasięgi powierzchniowe. Efektem tych prac było sporządzenie map dynamiki zmian powierzchni łąk i powierzchni lasów w latach 1875–1993. Dynamika i tempo zmian form użytkowania ziemi były podstawą opracowania modeli dominujących przejść form użytkowania ziemi w zlewni górnej Parsęty (ryc. 4).

Podstawowymi formami przejść użytków były przejścia lasu w łąkę lub grunty orne, łąki w las lub też grunty orne. W obrębie gruntów orných dominowały przejścia w łąkę, las lub ugór. Należy jednak zaznaczyć, że poszczególne formy przejść zachodziły nierównomiernie w czasie. Na niektórych powierzchniach, jak w zlewni Źródeł Parsęty czy Żegnicy, obserwowano przejścia przy kolejnych zmianach użytków i powrót do układu początkowego, np. łąka ⇒ grunty orne ⇒ łąka.

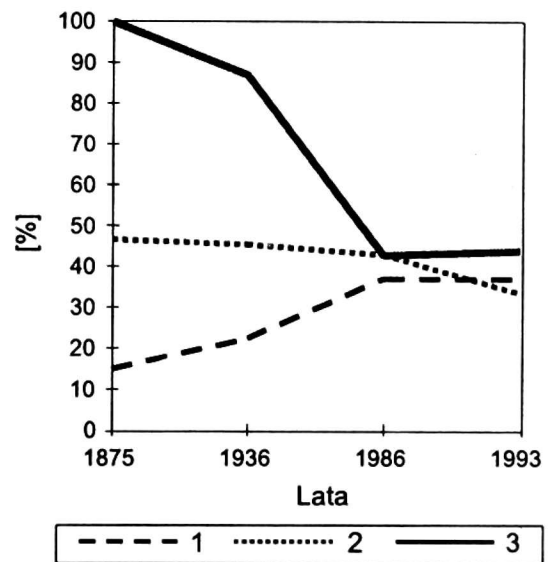
ZMIANY UŻYTKOWANIA ZIEMI A PROCESY EROZJI WODNEJ GLEB

Na podstawie zastosowanego modelu DR-USLE w badaniach procesów erozji gleb na obszarze zlewni górnej Parsęty określono wielkości parametrów składowych równania erozji gleb oraz wielkość erozji gleb (PIOTROWSKA 1998). Przy założeniu względnie stałych charakterystyk glebowych i uwzględnieniu pozostałych składowych zmiennych w badanym przedziale czasowym otrzymano wartości dla rozpatrywanych lat. Erozja wodna gleb kształtowała się odpowiednio na poziomie 113,9, 99,0, 48,8 i 50 t km⁻² rok⁻¹ dla kolejnych lat 1875, 1936, 1986 i 1993 (ryc. 5).

Do 1986 r. zaobserwowano stały spadek wielkości erozji gleb towarzyszący jednoczesnemu zmniejszaniu się powierzchni zajętych przez grunty orne

i użytki zielone oraz zwiększaniu obszarów leśnych. Oznacza to, że w latach 1875–1993 w miarę postępującego spadku powierzchni zajętych przez grunty orne o 28%, spadku powierzchni łąk o 45% i wzrostu obszarów leśnych o 147% wielkość erozji gleb zmalała o 56,1% w odniesieniu do r. 1875. Są to oczywiście wartości średniej rocznej masy erodowanej gleby dla badanej powierzchni zlewni górnej Parsęty (74 km²). Na podstawie obliczeń uszczegóławiających przeprowadzonych dla wybranych zlewni cząstkowych Krętacza, Leśnego Potoku, Młyńskiego Potoku, Żegnicy i Źródeł Parsęty (ryc. 6) stwierdzono zróżnicowanie natężenia erozji gleb w zależności od typu zabiegów agrotechnicznych, opadów atmosferycznych, typów gleb, struktury użytkowania ziemi, rytmu rzeźby oraz długości dróg spływu powierzchniowego.

Oznaczało to istnienie związku między zachodzącymi zmianami struktury użytkowania ziemi w zlewni górnej Parsęty i zlewniach cząstkowych a zmiana-

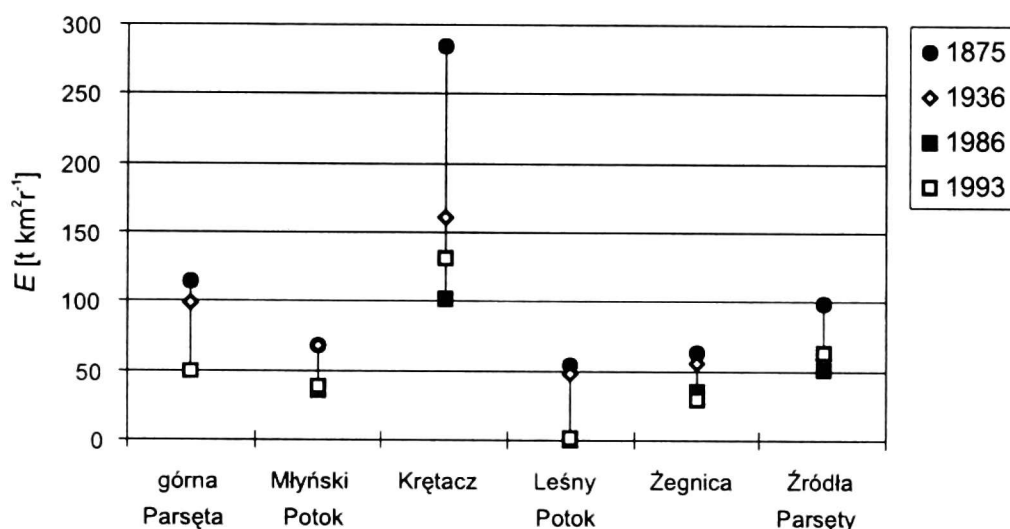


Ryc. 5. Dynamika zmian erozji gleb na tle zmian powierzchni gruntów orných i lasów w zlewni górnej Parsęty w latach 1875–1993

1 – lasy, 2 – grunty orne, 3 – erozje gleb

Fig. 5. Dynamics of soil erosion as a result of changes in the area of arable land and woodland in the upper Parsęta catchment in the years 1875–1993

1 – woodland, 2 – arable land, 3 – soil erosion



Ryc. 6. Dynamika zmian erozji gleb w wybranych zlewniach cząstkowych w zlewni górnej Parsęty w latach 1875–1993

Fig. 6. Dynamics of soil erosion in the subcatchments of the upper Parsęta catchment in the years 1875–1993

mi wielkości erozji gleb. Od początku lat 90. obserwowano dalszy spadek powierzchni gruntów ornych i pojawianie się nowej kategorii – ugorów i odłogów, czego przyczyn należy upatrywać w zachodzących zmianach społeczno-gospodarczych. Związek między zmianami struktury użytkowania ziemi a wielkością erozji gleb polegał głównie na modyfikacji jej przebiegu przez różnorodne formy użytkowania. Stwierdzenie to nawiązuje do wcześniejszych wyników badań FIGUŁY (1966), GERLACHA (1976) czy STARKLA (1980), którzy za najważniejsze przyczyny modyfikacji intensywności procesów denudacyjnych uważają zmiany zachodzące w obrębie struktury użytkowania ziemi, zwłaszcza wylesienia. Ważne w strukturze użytkowania ziemi są także zmiany powierzchni łąk i lasów w układzie użytków.

Oprócz uwarunkowań wzrostu erozji gleb związanych z użytkowaniem ziemi, należy także uwzględnić rolę opadów atmosferycznych w kształtowaniu się procesów erozji. Obserwowany w ostatnich latach powolny wzrost opadów, przy braku zmian w użytkowaniu ziemi w niektórych zlewniach cząstkowych, może w pełni odpowiadać za wzrost erozji gleb. Przeprowadzone anali-

zy statystyczne potwierdzają znaczenie struktury użytkowania ziemi jako czynnika modyfikującego w procesach erozji gleb zarówno w zlewniach cząstkowych, jak i zlewni górnej Parsęty (PIOTROWSKA 1997). Przedstawione wyniki badań dotyczących zmian użytkowania ziemi i wielkości erozji wodnej gleb stanowiły podstawę opracowania scenariuszy rozwoju erozji gleb w zlewni górnej Parsęty w najbliższych latach.

SCENARIUSZE ROZWOJU EROZJI WODNEJ GLEB NA OBSZARZE MŁODOGLACJALNEJ ZLEWNI GÓRNEJ PARSEŃTY

(opracowane na podstawie
zmian struktury użytkowania ziemi)

Zastosowanie modelu uniwersalnego równania erozji gleb DR-USLE umożliwiło obliczenie wielkości erozji wodnej gleb na obszarze zlewni górnej Parsęty i zlewni cząstkowych w przyjętym przedziale czasowym 1875–1993. Erozja wodna gleb może być traktowana jako miara zachodzących zmian w strukturze użytkowania ziemi. Model stwarza również możliwość podjęcia próby oszacowania wielkości erozji gleb roz-

wijającej się w przyszłości. Opracowano w związku z tym cztery scenariusze erozji gleb w odniesieniu do zaobserwowanych tendencji zmian użytkowania ziemi w zlewni górnej Parsęty. Przyjmując jako główny kierunek zmian form rolniczego użytkowania ziemi stałe zmniejszanie powierzchni gruntów ornych, uwzględniono także wielkość opadów atmosferycznych jako ważnego elementu funkcjonowania procesu erozji gleb.

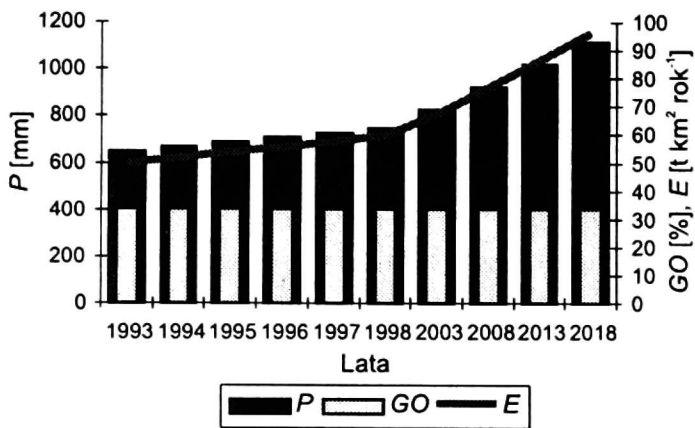
W opracowanych scenariuszach dla zlewni górnej Parsęty zmiany opadów atmosferycznych dostosowano do istniejących już w opracowaniach prognoz zmian klimatu Polski. Prognozy te uwzględniają zmianę klimatu przy podwojonej koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze ($2 \times \text{CO}_2$). Jedną z pierwszych prognoz, jak podaje KOZUCHOWSKI (1994), opracowali SADOWSKI i TOMASZEWSKA (1990) dla dorzecza Noteci, która zakłada wzrost temperatury powietrza i wystąpienie warunków klimatycznych środkowo-zachodniej Polski podobnych do warunków Europy południowej. Przygotowane scenariusze zmian agroklimatu, według RYSZKOWSKIEGO i KĘDZIORY (1993), uwzględniają wzrost średnich rocznych temperatur powietrza, sum opadów atmosferycznych i przekształcenia bilansu cieplnego. GUTRY-KORYCKA, WERNER, JAKUBIAK (1994), wykorzystując numeryczne modele ogólnej cyrkulacji atmosfery (GCM): Model Laboratorium Dynamiki Cieczi (GFDL) i Model Instytutu Goddarda (GISS), zaprezentowali rozkłady temperatur i opadów na obszarze Polski odpowiadające stanowi $2 \times \text{CO}_2$. Roczne sumy opadów atmosferycznych według tego scenariusza wykazują przyrost rzędu 3–17% w porównaniu ze średnimi wartościami obserwowanymi w latach 1891–1980. Zbliżone do powyższych ocen dane uzyskali także OBREBSKA-STARKEL i STARKEL (1991), informu-

jące o wzroście opadów zimowych o ok. 75 mm, przy braku zmian letnich. Na mapach opracowanych przez BRAZDILA (1992) (KOZUCHOWSKI 1996) Polska sytuuje się w dziedzinie niewielkiego przyrostu lub braku opadów.

W modelowaniu uwzględniono tylko istotne dla procesu erozji gleb zmiany powierzchni gruntów ornych, użytków zielonych i lasów. Zgodnie z określonymi tendencjami zmian użytkowania ziemi, wynikającymi z uzyskanych wyników: średniego rocznego dla lat 1875–1993 spadku powierzchni gruntów ornych o 0,33%, spadku użytków zielonych o 0,7% oraz wzrostu obszarów lasów o 0,51%, a także uwzględnieniu prognozy klimatycznej zakładającej wzrost rocznych sum opadów atmosferycznych o 3%, opracowano teoretyczne scenariusze zmian erozji wodnej gleb dla zlewni górnej Parsęty. Pozostałe parametry wykorzystywane w modelu DR-USLE przyjęto jako stałe. Opracowano scenariusze uwzględniające różnorodne kombinacje wyżej wymienionych głównych elementów środowiska przyrodniczego, determinujących w sposób bezpośredni procesy erozji gleb, obserwowanej szczególnie na powierzchniach stokowych agroekosystemów.

SCENARIUSZ I

W pierwszym scenariuszu zmian erozji gleb uwzględniono stałe, obserwowane szczególnie w latach 1986–1993, nie zmieniające się powierzchnie gruntów ornych występujące w niektórych zlewniach cząstkowych zlewni górnej Parsęty. Tę formę użytkowania ziemi odniesiono do przewidywanego w prognozach klimatycznych wzrostu sum rocznych opadów atmosferycznych o 3%. Ilość i natężenie opadów atmosferycznych kształtują tzw. erozyjność deszczów i odpowiadają za przebieg erozji gleb.



Ryc. 7. Scenariusz I

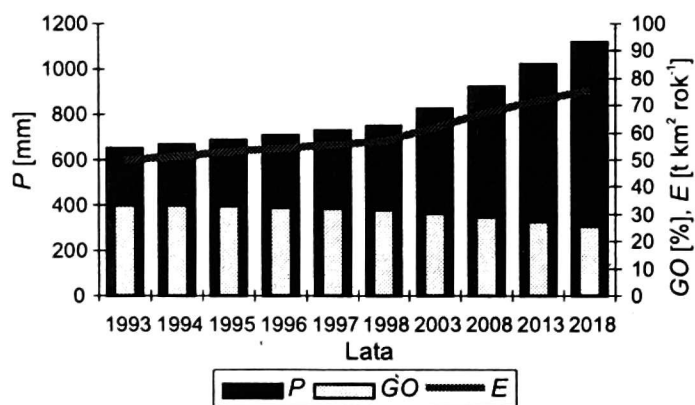
Fig. 7. The scenarios I

P – opady atmosferyczne (precipitation), *GO* – grunty orne (arable land), *E* – erozja gleb (soil erosion)

Modelowanie erozji gleb przeprowadzono dla przedziałów czasowych jednorocznych i pięcioletnich. Efektem jest stały wzrost erozji wodnej gleb średnio o ok. $2 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$, uzależniony przede wszystkim od wielkości opadów atmosferycznych. Spowoduje on prawie podwojenie wielkości erozji gleb: z $50 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ w 1993 do $100 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ w 2018 r. (ryc. 7). Modelowanie to stanowi potwierdzenie bardzo ważnego udziału warunków klimatycznych w kształtowaniu procesów erozyjnych.

SCENARIUSZ II

Kolejną tendencją zmian użytkowania ziemi mającą swoje odbicie w funkcjono-



Ryc. 8. Scenariusz II

Fig. 8. The scenarios II

P – opady atmosferyczne (precipitation), *GO* – grunty orne (arable land), *E* – erozja (soil erosion)

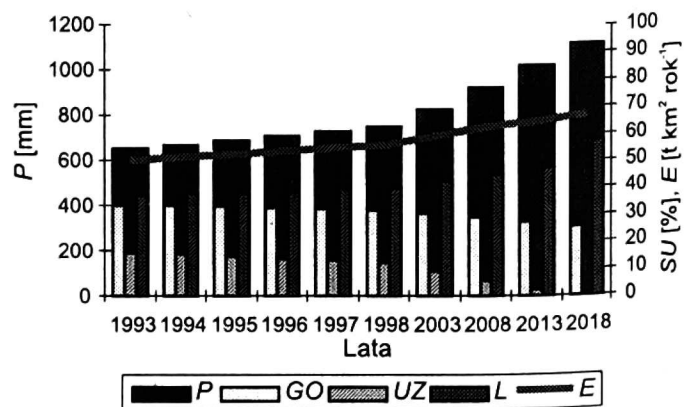
waniu systemu zlewni górnej Parsęty jest stałe zmniejszanie się powierzchni gruntów ornych. Obliczony dla lat 1875–1993 średni roczny spadek powierzchni gruntów ornych wyniósł 0,33%. Stanowił on podstawę opracowania scenariusza II. Przyrost opadów atmosferycznych kształtował się również na poziomie 3% opadów rocznych.

W tym scenariuszu odnotowano także wzrost erozji gleb, jednakże ok. $1,4 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$. W porównaniu z poprzednim modelem uwagę zwraca mniejsza intensywność erozji gleb uwarunkowana zmianami powierzchni gruntów ornych. W takim wypadku wielkość erozji gleb z $50 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ w 1993 wzrosła do ok. $80 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ w 2018 r. (ryc. 8).

SCENARIUSZ III

W scenariuszu III uwzględniono zmiany w strukturze użytkowania ziemi polegające na stałej tendencji zmniejszania się powierzchni gruntów ornych (średni roczny spadek 0,33%) i użytków zielonych (średni roczny spadek 0,7%) oraz zwiększeniu obszarów leśnych (średni roczny przyrost 0,51%).

Opady atmosferyczne kształtowały się na takim samym poziomie jak w poprzednich wariantach, tzn. wzrost rocznych sum opadów o 3%. Efektem przedstawio-



Ryc. 9. Scenariusz III

Fig. 9. The scenarios III

P – opady atmosferyczne (precipitation), *GO* – grunty orne (arable land), *UZ* – użytki zielone (grassland), *L* – lasy (woodland), *E* – erozja gleb (soil erosion)

nego modelowania jest wzrost erozji gleb, jednakże natężenie tego procesu zmodyfikowane zostało zachodzącymi zmianami w układzie podstawowych dla erozji gleb form użytkowania, jak grunty orne, użytki zielone i lasy. Przy tak przyjętych parametrach obliczony wzrost erozji gleb kształtować się może na poziomie ok. $1 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$, dając tym samym zwiększenie erozji gleb z $50 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ w 1993 do ok. $70 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ w 2018 r. (ryc. 9).

SCENARIUSZ IV

Ostatni wariant pozwalający na badanie zachodzące zmiany w procesach erozji gleb uwzględniał podobne jak w scenariuszu III parametry zmniejszającej się powierzchni gruntów ornyczych i użytków zielonych oraz wzrost obszarów leśnych. Biorąc jednak pod uwagę jedną z prognoz klimatycznych uwzględniającą brak zmian opadów atmosferycznych, przyjęto w tym modelowaniu stałą roczną sumę opadów odnotowaną dla r. 1993 (649 mm).

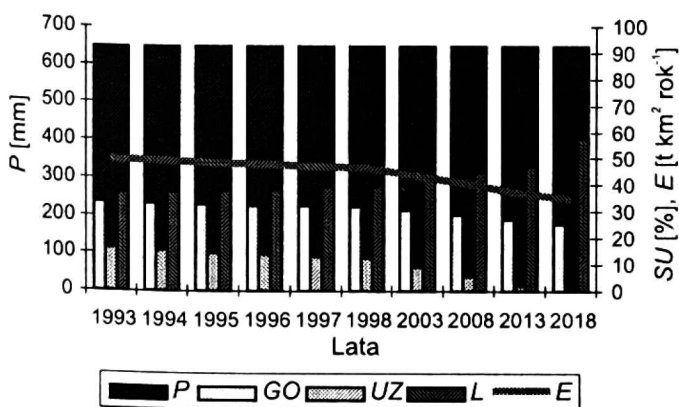
Przy założeniu stałych wartości opadów atmosferycznych, tendencji spadkowej powierzchni gruntów ornyczych i użytków zielonych oraz zwiększającej się powierzchni lasów zaznaczy się spadek wielkości erozji gleb o $1,5 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$. Wówczas erozja gleb ulegnie zmniejszeniu z $50 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ w 1993 do

ok. $45 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ w 2018 r. (ryc. 10). W przedstawionym scenariuszu IV widoczne jest modyfikujące znaczenie zmian struktury użytkowania ziemi w procesach erozji gleb.

Przedstawione scenariusze erozji gleb dla zlewni górnej Parsęty stanowią próbę określenia jej wielkości przy zmieniających się uwarunkowaniach użytkowania ziemi i opadów atmosferycznych. Opracowane na podstawie empirycznego modelu DR-USLE mogą sugerować pojawienie się określonych zmian w środowisku przyrodniczym, związanych z rolniczym wykorzystaniem ziemi. Scenariusze te mogą zatem ułatwić planowanie racjonalnej ingerencji człowieka. W wielu opracowaniach (BANASIK, GÓRSKI 1992; JÓZEFACIUK, JÓZEFACIUK 1996; WISCHMEIER, SCHMIDT 1958, 1978; VAN MOLLE, VAN GHELUE 1984) podkreśla się prognostyczny charakter zastosowanego modelu, zalecanego także przez FAO do realizacji wszystkich opracowań zmierzających do rozpoznania procesów erozji gleb.

PODSUMOWANIE

Zmiany użytkowania ziemi zachodzą w różnym rytmie, co jest uwarunkowane czynnikami o charakterze naturalnym (rzeźba, litologia, gleby, klimat, wody), względnie antropogenicznym (poziom gospodarczy, zabiegi agrotechniczne). Analizę kartograficzną można uznać za metodę stwarzającą możliwości badania zmienności czasowej i przestrzennej struktury użytkowania ziemi zarówno w ujęciu jakościowym, jak i ilościowym. Najszybciej dynamiczne zmiany zaobserwowano na obszarach gruntów ornyczych, użytków zielonych i lasów. Dla zlewni górnej Parsęty obliczono spadek powierzchni gruntów ornyczych o 28% dla lat 1875–1993 i obszarów łąk o 45%. Jednocześnie w tym samym czasie nastąpił wzrost powierzchni lasów o 147%.



Ryc. 10. Scenariusz IV

Fig. 10. The scenarios IV

P- opady atmosferyczne (precipitation), GO - grunty orne (arable land), UZ - użytki zielone (grassland), E - erozja (soil erosion)

Przetestowany model uniwersalnego równania erozji gleb USLE, zmodyfikowany przez uwzględnienie ilości rumowiska odpływającego ze zlewni (DR), okazał się bardzo przydatny w badaniach erozji wodnej gleb obszarów strefy młodoglacjalnej. Na podstawie opracowanych scenariuszy rozwoju erozji gleb należy się spodziewać wzrostu intensywności tego procesu. Wzrost erozji gleb może podnieść się do blisko 70 i/lub do prawie 100 t km² rok⁻¹ w ciągu najbliższych 25 lat przy wzroście opadów atmosferycznych wynoszącym 3%. Przy założeniu braku zmian wielkości opadów atmosferycznych w ciągu nadchodzących 25 lat stwierdzono zmniejszenie intensywności erozji gleb do ok. 35 t km² rok⁻¹. Zmniejszenie wielkości tego procesu jest w tym wypadku uwarunkowane spadkiem powierzchni gruntów ornych i użytków zielonych oraz wzrostem powierzchni lasów.

LITERATURA

- BANASIK K., 1983: Rozmieszczenie użytków w zlewni jako czynnik minimalizujący natężenie transportu rumowiska w korycie rzeczonym. Katedra Budownictwa Wodnego SGGW, Warszawa, 163.
- BANASIK K., GÓRSKI D., 1992: Wykorzystanie uniwersalnego równania strat glebowych USLE do oceny ilości rumowiska unoszonego odpływającego z małych zlewni. *Gospodarka Wodna*, 3, 62–67.
- BARANOWSKI M., CIOLKOSZ A., 1995: CORINE Land Cover database of Poland. [W:] *Phare CORINE newsletter*, 2, 12–13.
- BOLINNE A., ROSSEAU P., 1978: L'érodibilité des sols de Moyenne et Haute Belgique. Utilisation d'une méthode de calcul du facteur K de l'équation universelle de perte de sol. *Bull. Soc. Géogr., Liege*, 14, 127–140.
- FIGUŁA J., 1966: Badania nad gospodarką wodną zlewni górskich zalesionych i niezalesionych. *Roczn. Nauk Roln., D*, 118.
- GERLACH T., 1976: Współczesny rozwój stoków w polskich Karpatach fliszowych. *Prace Geogr. IGiPZ PAN*, 122, 116.
- GŁĘBOCKI B., 1965: Użytkowanie ziemi. [W:] F. BARCIŃSKI, B. KRYGOWSKI, S. ZAJCHOWSKA (red.), *Województwo koszalińskie. Monografia geograficzno-gospodarcza. Inst. Zach.*
- GUTRY-KORYCKA M., WERNER P., JAKUBIAK B., 1994: Generation of time series of the meteorological values in changing climatic conditions. *Geogr. Pol.*, 62, 23–45.
- JÓZEFACIUK A., JÓZEFACIUK Cz., 1996: Mechanizm i wskazówki metodyczne badania procesów erozji. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- KARCZEWSKI A., 1989: Morfogeneza strefy marginalnej fazy pomorskiej na obszarze lobu Parsęty w vistulianie (Pomorze Środkowe). *UAM, Geografia*, 44.
- KOSTRZEWSKI A., 1986: Zastosowanie teorii funkcjonowania geosystemu do współczesnych środowisk morfogenetycznych obszarów nizinnych Polski Północno-Zachodniej. *Spraw. PTPN*, 103, 26–28.
- KOSTRZEWSKI A., 1993: Geoekosystem obszarów nizinnych. Koncepcja metodologiczna. [W:] A. KOSTRZEWSKI (red.), *Geoekosystem obszarów nizinnych*, Ossolineum, Wrocław. *Kom. Nauk. Prez. PAN „Człowiek i Środowisko”*, Z. Nauk., 6, 11–17.
- KOZUCHOWSKI K., 1996: Współczesne zmiany klimatyczne w Polsce na tle zmian globalnych. *Przegl. Geogr.*, LXVIII, 1–2, 79–98.
- KOZUCHOWSKI K., MARCINIAK K., 1994: Temperatura powietrza w Warszawie: niektóre aspekty zmienności w okresie 1779–1988. [W:] *Współczesne zmiany klimatyczne, klimat Polski i regionu Morza Bałtyckiego na tle zmian globalnych. Rozprawy i Studia Usz.*, 226, 152, 19–46.
- MADEJSKI M., 1979: Transport rumowiska unoszonego w wybranych zlewniach Podkarpacia. Instytut Budownictwa Wodnego i Ziarnego AR, Kraków.
- OBREŃSKA-STARKEL B., STARKEL L., 1991: Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego. *Zesz. IGiPZ PAN*, 4.
- PIOTROWSKA I., 1997: Zmiany struktury użytkowania ziemi i ich związek ze współczesnym systemem denudacyjnym strefy młodoglacjalnej (zlewnia górnej Parsęty, Pomorze Zachodnie). *Bibl. Gł. UAM, Poznań*.
- PIOTROWSKA I., 1998: Zastosowanie modelu DR-USLE w badaniach procesów erozji wodnej gleb w strefie młodoglacjalnej (zlewnia górnej Parsęty, Pomorze Zachodnie). *Bad. Fizjogr. nad Polską Zach.*, 49, 171–188.
- RENARD K.G., FOSTER G.R., WEISIES G.A., PORTER J.P., 1991: Revised universal soil loss equation. [W:] *Journal of Soil and Water Conservation*, 46, 1, 30–33.

- RYSZKOWSKI L., KĘDZIORA A., BAŁAZY S., 1993: Effect of global change versus forests and greenery of the agricultural landscape. [W:] 5th Symposium on the Protection of Forest Ecosystems, Białowieża 1993, 217–229.
- SADOWSKI M., TOMASZEWSKA T., 1990: Skutki ocieplenia w rolnictwie w dorzeczu Noteci. IMGW w Warszawie (mskr.).
- STARKEL L., 1980: Erozja wodna a gospodarka w Karpatach. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 235, 103–118.
- WISCHMEIER J.H., SMITH D.D., 1958: Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Amer. Geophys. Union, 39, 285–291.
- WISCHMEIER J.H., SMITH D.D., 1965: Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of Rocky mountains. Guide for selection of practices for soil and water conservation. Agriculture Handbook, 282, Agricultural Research Service, Washington, 47.
- WISCHMEIER J.H., SMITH D.D., 1978: Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. Agr. Handbook, 537, USDA-ARS.
- VAN GHELUE P., VAN MOLLE M., 1984: The large scale mapping of soil erosion due to overland flow and mass movement. Supl. Bd., 49, 183–194.

Recenzent: prof. UAM dr hab. Bolesław Nowaczyk

*Instytut Badań Czwartorzędu i Geoekologii
Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu*

THE FORECAST OF SOIL EROSION BY WATER IN POSTGLACIAL AREAS PREPARED
ON THE LAND USE CHANGES
(the Upper Parsęta Catchment, West Pomerania)

Summary

Land use changes at a varying rate determined by natural factors (relief, lithology, soils, climate, water) or man-made ones (the economic level, agricultural practices). Cartographic analysis can be considered a method that allows the study of temporal and spatial changes in the land-use pattern both in qualitative and quantitative terms. The most dynamic changes in the Parsęta catchment were observed in the areas of arable land, grassland and woodland. Between 1875 and 1993 the area of arable land declined by 28% and of meadows by 45%, while woodland increased by 147%. The tested model

of a universal soil-erosion equation USLE, modified to take account of the amount of debris leaving the catchment (DR), turned out to be very useful in the study of soil erosion by water in postglacial areas. The scenarios of soil erosion prepared on its basis foresee this process to grow in intensity, to almost 70 and/or 100 t km² year⁻¹ over next 25 years if precipitation increases. Assuming rainfall to be stable, soil erosion may drop to about 35 t km² rok⁻¹ over the next 25 years as a result of the dwindling area of arable land and grassland and the growing area of woodland.