Rozdział 13

Typy i kierunki współczesnych przekształceń rzeźby Polski

Odra w okolicach Wrocławia w czasie powodzi w lipcu 1997 i w czasie normalnego przepływu wody w lipcu 2019 (ESA/Copernicus)

Rozdział 13

Typy i kierunki współczesnych przekształceń rzeźby Polski

Leszek Starkel

Współczesne kształtowanie środowiska przyrodniczego obszaru Polski znajduje odbicie w przekształcaniu rzeźby, która jest geometrycznym obrazem zmian w obiegu materii zarówno przebiegających w przeszłości, jak i odbywających się współcześnie na terytorium Polski. Rzeźba jest w zasadzie elementem środowiska dziedziczonym z przeszłości (rozdz. 1).

Układające się równoleżnikowo strefy morfogenetyczne na obszarze Polski wynikają z tektonicznych zdarzeń przełomu mezozoiku i kenozoiku oraz neogenu. Zakończenie tektonicznych procesów orogenezy alpejskiej znalazło kontynuację w postaci wciąż trwających ograniczonych ruchów neotektonicznych. Zastana na przełomie neogenu i czwartorzędu makrorzeźba kraju i właściwa jej różnorodność litologiczna odegrała istotną rolę w niższej rangi przekształcaniach rzeźby podczas czwartorzędu. Litologia skał podłoża zadecydowała o regionalnych różnicach w tempie i kierunkach przemian współczesnych (rozdz. 3–10). Cechą tego strefowego układu rzeźby (ryc. 13.1) jest naprzemianległość stref o większej degradacji i o przewadze akumulacji o amplitudzie kontrastów w typie i natężeniu procesów wygasających ku północy wraz ze zmniejszaniem się energii rzeźby, zmieniającymi się warunkami klimatycznymi (rozdz. 2), a szczególnie ze zmniejszającą się wysokością opadów (Bogacki, Starkel 1991). Elementem łączącym te strefy są duże systemy rzeczne, wzdłuż których następuje odpływ nadwyżek wody i transfer rumowiska rzeczno-głazowego od obszarów wododzielnych do bazy erozyjnej Bałtyku, połączone z kształtowaniem krzywej erozyjnej koryt rzecznych i towarzyszących im równin zalewowych (rozdz. 11–12).

Czynnikiem modyfikującym wielkość przemian i ciągłość przestrzenną obiegu materii w systemach fluwialnych jest dziś gospodarcza działalność człowieka, który niszcząc od dawna szatę roślinną i inne zasoby geoelementów, przyspieszył obieg wody i natężenie powierzchniowych procesów, a równocześnie rozerwał ciągłość obiegu materii (transferu) w obrębie systemów stokowych i fluwialnych

Ryc. 13.1. Główne strefy morfogenetyczne Polski – na przemian o przewadze denudacji i akumulacji

1 – zasięg wysokościowy stref (od poziomu dolin tranzytowych do kulminacji), 2 – znaczna przewaga denudacji, 3 – przewaga agradacji, 4 – nieznaczna przewaga denudacji

(tych ostatnich także w profilu podłużnym dolin). Ciągłość ta bywa przywracana jedynie wyjątkowo podczas zdarzeń ekstremalnych.

13.1. Rola odziedziczonej rzeźby

Współczesna rzeźba Polski nosi cechy niekiedy odziedziczone z odległej przeszłości (przedczwartorzędowe), przeważnie zmodyfikowane przez późniejszy rytm wahań klimatycznych, widoczny w sekwencji morfogenezy peryglacjalnych i strefy umiarkowanej, przekształcających również obszary objęte starszymi transgresjami lądolodów skandynawskich (Starkel 2005). Szczególne znamiona ostatniej morfogenezy peryglacjalnej widoczne są na około 70% powierzchni Polski zarówno w rzeźbie stoków i obszarów wododzielnych, jak i dolin przedpola lądolodu (20 000–13 000 lat BP – Kozarski 1991), która jest nadal adaptowana, nabierając powoli cech fluwialnej morfogenezy strefy umiarkowanej. Cały obszar Polski od neolitu podlega nasilającej się transformacji wywołanej przyspieszonym obiegiem materii w wyniku wylesienia i uprawy roli oraz bezpośrednią ingerencją człowieka, zmieniającą kształty form i blokującą swobodny przepływ wody i rumowiska.

W odziedziczonej z przeszłości rzeźbie istotna jest jedna cecha różnicująca: obecność systemów o różnym stopniu otwarcia w przestrzennym obiegu materii. Najpowszechniejszym systemem jest otwarty system rzeczny, w którym woda i substancje mineralne są przenoszone po stokach do den dolin, a następnie korytami rzek dalej w dół ich biegu (ryc. 13.2). Szczególnie istotną rolę odgrywają duże doliny tranzytowe przenoszące rumowisko z biegiem rzeki (rozdz. 11, 12). Wielkość i skala przemieszczeń zależą od reżimu powodziowego, rzeźby i litologii podłoża.

Obok systemów otwartych funkcjonują systemy częściowo otwarte, w których występują niemal wyłącznie transport poprzeczny, a w obniżeniach bezodpływowych przebiega agradacja.

Ryc. 13.2. Długość spływu wody i transportu na stokach w zależności od wysokości, natężenia i czasu trwania opadu (szczegółowe objaśnienie w treści rozdz. 11, 12)

Należą do nich kary polodowcowe w Tatrach, zlewnie zamkniętych basenów jeziornych i zagłębień wytopiskowych zarastanych torfowiskami. Złożony charakter mają młode systemy dolinne strefy młodoglacjalnej (rozdz. 9) o odcinkach na przemian erozyjnych i agradacyjnych, często z jeziorami przepływowymi położonymi w rynnach o zboczach o profilu wypukłym (Koutaniemi, Rachocki 1981). Również w obrębie wyżyn krasowych zagłębienia bezodpływowe mają ograniczone odprowadzanie jedynie poprzez drenaż podziemny. W przypadku szerokich równin zalewowych, będących strefami depozycji, przepływ materii między stokami a korytami rzek jest w znacznym stopniu ograniczony. To samo dotyczy wszelkiego rodzaju barier w obiegu materii pochodzenia antropogenicznego, takich jak: wały, krawędzie i inne biegnące w poprzek formy stokowe i dolinne.

13.2. Rola litologii podłoża

Litologia skał podłoża decyduje o zróżnicowaniu pokryw zwietrzelinowych i gleb (a pośrednio o nachyleniach i kształtach stoków), te zaś z kolei – o przepuszczalności podłoża, obiegu wody i typie modelowania stoków (rozdz. 1). Dlatego taka różnorodność procesów modelujących obserwowana jest w strefie Wyżyn Polskich i w Sudetach (rozdz. 5, 7). Ale nawet w pozornie monotonicznych Karpatach fliszowych zależnie od kształtu stoków i składu mechanicznego pokryw peryglacjalnych rejestruje się kilka kontrastowo różnych typów modelowania (Starkel 1960). W zależności od przepuszczalności podłoża woda opadowa lub roztopowa albo infiltruje w głąb i jest retencjonowana lub odpływa podziemnie, albo spływa po powierzchni. Można zatem wyróżnić trzy podstawowe grupy typów modelowania stoków: infiltracyjno-spływowy, retencyjno-grawitacyjny i powierzchniowo-zmywowy. Do pierwszej grupy można zaliczyć typ krasowy (w skałach ulegających ługowaniu), powszechny typ ługowania pokryw (z przewagą spływu śródpokrywowego) – głównie na obszarach leśnych i typ sufozyjny – wymywania podziemnego. Do retencyjno-grawitacyjnej grupy należy modelowanie przez różne procesy grawitacyjne: przy płytkiej infiltracji powstają spływy i osuwiska ziemne, przy głębokiej sięgającej litej skały – osuwiska skalne. Wreszcie typ zmywowy

o przewadze spłukiwania i erozji liniowej obejmuje obszary wylesione, głównie grunty orne.

Poza tymi kategoriami obserwuje się na bardziej stromych stokach typ modelowania grawitacyjnego przez odpadanie, a na bezleśnych powierzchniach gruntów ornych rolę rzeźbotwórczą odgrywają procesy eoliczne (strefa wydm nadmorskich, Doły Jasielsko-Sanockie). Litologia skał podłoża łącznie z rozczłonkowaniem rzeźby wpływa istotnie na skalę współczesnych przeobrażeń rzeźby. Dlatego największe przeobrażenia rzeźby obserwuje się w takich regionach Polski, jak płaty wyżynne okryte miększym płaszczem lessu z siecią wąwozów i form sufozyjnych, stoki z osuwiskami skalno-zwietrzelinowymi w Karpatach fliszowych, aktywnie rozmywane formy krasu gipsowego, wysokogórskie stoki żłobów lodowcowych modelowane przez spływy gruzowe, klify i rozwiewane wydmy mierzei nadmorskich (ryc. 13.3).

Skład litologiczny skał podłoża i typ transportowanego materiału wpływają też na sposoby modelowania koryt i równin zalewowych. Koryta skalne (na ogół w najwyżej położonych odcinkach źródłowych) charakteryzują niewyrównane profile zależne od odporności i tektoniki skał. Koryta żwirowo-dennych rzek z dostawą rumowiska w czasie częstych powodzi mają charakter roztokowy, typowy dla nieuregulowanych odcinków rzek Beskidów i Podhala. Koryta rzek z natury meandrowych wycięte w łatwo rozmywanych aluviach mają wspólny poziom wody ze zwierciadłem wód gruntowych. W nieuregulowanych odcinkach ulegają przemieszczaniu poprzez erozję boczną lub przerzuty koryt.

13.3. Klimatyczne uwarunkowania procesów

Klimat narzuca tempo, a także i typ modelowania poprzez roczny rytm procesów i pojawianie się zjawisk ekstremalnych, w czasie których następuje przekroczenie wartości progowych procesów (rozdz. 2).

Występowanie na obszarze Polski lata z opadami ulewnymi i rozlewnymi oraz zimy z pokrywą śnieżną i mrozem narzuca podstawowy podział na dwa półrocza, które były brane od dawna pod uwagę w analizach procesów geomorfologicznych (Gerlach 1966).

W rzeczywistości tych pór morfogenetycznych jest więcej, bo szczególnie aktywne bywają okresy przejściowe, np. roztopowe (Starkel 1978). Wraz z wysokością nad poziom morza czas występowania i długość trwania pór morfogenetycznych ulegają zmianie (Kłapa 1980). Jednak bodaj najbardziej istotną cechą morfogenetycznych pór roku, z którymi związane jest występowanie określonych procesów, jest charakterystyczna dla naszej dziedziny klimatycznej ich niestabilność; dotyczy to zarówno czasu występowania (początek i koniec), jak ich długości (liczonej w dniach) oraz zmienności pogody w trakcie określonej pory roku (Starkel 1960, Słupik 1981). W miesiącach zimowych liczba fal mrozu i pojawiania się – trwającej przez kilka dni – pokrywy śnieżnej często przekracza trzy do pięciu i występują one nawet już od wczesnego listopada aż do początku kwietnia.

Ryc. 13.3. Obszary intensywnie przemodelowywane morfogenetycznie (wg Bogackiego, Starkla 1991, zmienione)

1 – góry i pogórza modelowane m.in. przez erozję liniową, procesy grawitacyjne, 2 – wyżyny lessowe, 3 – wzgórza morenowe, 4 – klify, 5 – obszary intensywnej deflacji, 6 – zalewowe dna dolin z akumulacją materiału mineralnego i biogenicznego, 7 – obszary górnicze i dużych aglomeracji

Odpowiada im liczba odwilży, które w górach i na północno-wschodnim krańcu Polski zastępowane są zwykle przez jedną dłuższą fazę marcowo-kwietniowych roztopów.

Okres wiosny charakteryzują najczęściej szybko zmieniające się epizody opadów i susz, latem są to na ogół dłuższe okresy opadowe przegradzane falami upałów. Jesień (IX–XI) jest porą o bardziej wyrównanych opadach z przewagą okresów z niedoborami opadów.

Znaczna powierzchnia zajmowana nadal na płaskowyżach lessowych i wysoczyznach polodowcowych przez grunty orne powoduje, że na czoło procesów

groźnych dla gospodarki wysuwa się splukiwanie i gwałtowne wezbrania w czasie ulew i roztopów. Dlatego J. Rodzik i in. (1998), w rozdziale o Wyżynach Polskich (rozdz. 7), wyróżnili osiem morfogenetycznych pór roku, biorąc pod uwagę nie tylko roczny rytm termiczno-opadowy, ale równoległe roczny cykl prac polowych w rolnictwie. Autorzy ci stwierdzili wyraźną późnowiosenną fazę wzmożonej erozji wodnej gleb przed pełnym rozwojem szaty roślinnej i towarzyszących jej częstych majowych ulew, oraz fazę po żniwach, diachroniczną w skali kraju, gdy ponownie odsłonięta jest gleba na działanie procesów.

Przekształcanie rzeźby realizowane jest w trakcie opadów o wysokim natężeniu, wysokości i czasie trwania (jak też gwałtownych roztopów i huraganowych wiatrów), podczas których dochodzi do przekroczenia wartości progowych procesów zarówno stokowych, jak i fluwialnych. Rodzaj procesów zależy głównie od natężenia opadów, które decydują o udziale infiltracji i spływu powierzchniowego. Długość transportu niesionego rumowiska w czasie pojedynczych zdarzeń zależy od czasu trwania i natężenia spływu (ryc. 13.2).

Zjawiska ekstremalne mogą mieć albo zasięg lokalny, albo regionalny (Starkel 1986, 2006a, Rodzik i in. 1998, Jania, Zwoliński 2011). Przy zasięgu regionalnym dochodzi do wezbrań, które wykraczają poza granice regionu i fala powodziowa dochodzi nawet do morza (rozdz. 2, 11, 12). Równoczesność transformacji stoków i koryt wiąże się najczęściej z nałożeniem się lokalnych ulew o dużym natężeniu na opad rozlewny, co miało miejsce np. w lipcu 1997 r. (Starkel 2006a). Szczególną rolę odgrywają serie lat z ekstremalnymi opadami i powodzią (Ziętara 1968, Soja 1977, Rączkowski, Mrozek 2002, Starkel 2006a), których efektem jest utrwalenie nowego kierunku zmian, np. w ewolucji koryt, lub rozprzestrzenianie się dużych osuwisk. Długie pory opadowe, jak np. jesienią 1974 r., prowadzą do głębokiej infiltracji w podłoże i powstania licznych i głębokich osuwisk (Gil, Starkel 1979).

Na obszarach niżowych podobną rolę w modelowaniu stoków spełniają lokalne ulewy i gwałtowne roztopy po mroźnej i śnieżnej zimie (Kostrzewski i in. 1992). Te ostatnie prowadzą do wezbrań połączonych niekiedy z zatorami (rozdz. 8, 9, Zwoliński 2008). Na obszarach młodogłacjalnych ważne znaczenie mają zarówno sekularne jak i ekstremalne procesy wodnej i eolicznej erozji gleb (Zwoliński 2008, Majewski 2020).

Różny zasięg przestrzenny występowania ekstremalnych zjawisk meteorologicznych prowadzi w efekcie do lokalnych różnic w głębokości, gęstości i typie rozczłonkowania rzeźby, które po latach nie znajdują wyjaśnienia w zróżnicowaniu przestrzennym cech środowiska, a mają swe źródło w powstawaniu kiedyś w przeszłości nowych wąwozów, kanałów sufozyjnych, zerw i spływów ziemnych.

13.4. Rola typu i struktury przestrzennej użytkowania ziemi

Udział lasów w różnych typach rzeźby obszaru Polski jest zróżnicowany od kilku do ponad 50% powierzchni. Są to tereny, gdzie dominuje infiltracja i denudacja chemiczna.

Na użytkach zielonych, choć obserwujemy intensywny spływ powierzchniowy, efekty erozyjne są znikome. Na obu obszarach działalność erozyjna skoncentrowana jest w obrębie dróg, które wcięte w powierzchnię terenu drenują pokrywy stokowe (Froehlich, Słupik 1980). O ile w lasach z 1 ha odprowadzane jest 0,001–0,01 ton w ciągu roku, to na gruntach ornych 1–20 ton, a na uprawach ziemniaków nawet ponad 100 ton (rozdz. 4, 7, 9). Przy uprawie zgodnej ze spadkami na stokach obserwuje się wydłużanie wklęsłego podnóża poprzez wkraczanie deluwii i proluwii na brzeżne partie równin zalewowych. Jest to kontynuacja kierunku transformacji stoków, odziedziczonych po morfogenezie peryglacjalnej. Układ działek wzdłuż poziomic typowy dla obszarów wyżynnych przy równoczesnym podziale na mniejsze działki prowadzi do przerwania ciągłości w obiegu wody i transporcie zawiesiny na stokach (Gerlach 1966). Pojedyncze działki oddzielone miedzami stają się samodzielnymi jednostkami niwelowanymi przez splukiwanie i orkę. Jedynymi rynnami odprowadzającymi stają się większe bruzdy i drogi polne. Na stokach uprawnych niekiedy większą rolę odgrywa denudacja agrotechniczna niż proces splukiwania (Twardy 1998). Na terenach zurbanizowanych zabudowane i wybrukowane powierzchnie ograniczają infiltrację, a synchroniczny z opadem spływ powierzchniowy lub sieć kanalizacyjna prowadzą do gwałtownych wezbrań (Ciupa 2004). Systemy nasypów, dróg, rowów melioracyjnych i wałów powodują, że naturalne geoeosystemy stokowe lub dolinne zostały rozbite na samodzielne fragmenty. Obserwowane zmiany rzeźby są efektem dwóch równoległe występujących kierunków zmian:

- przyspieszenia procesów spływu i erozji w wyniku orki i upraw roślin okopowych, gęstszej sieci dróg i kanalizacji,
- zahamowania obiegu wskutek przerwania ciągłości obiegu przez układ pól, przemienność upraw i zabudowę, sieć nasypów, zapór.

Eksploatacja górnicza (podziemna) prowadzi do różnych typów osiadania i zaburzeń równowagi form dotąd stabilnych.

13.5. Regionalne różnice w kierunkach przemian

Różne typy rzeźby, gleb i użytkowania przyczyniają się do regionalnych różnic we współczesnym przekształcaniu rzeźby. Możemy wydzielić regiony, w których dominuje degradacja albo agradacja (Bogacki, Starkel 1991; ryc. 13.3). Degradacja przeważa na terenach górskich i wyżynnych. Dotyczy to całych stoków (lub tylko górskich odcinków), górnych biegów dolin górskich i źródłowych odcinków dolin wyżynnych. Obszarami równowagi są równinne wysoczyzny i terasy. Natomiast agradacja dominuje na równinach zalewowych den dolin, w obniżeniach jeziornych i bagiennych, a także na podnóżach długich stoków. Zarówno w systemach stokowych, jak i dolinnych – zależnie od typu i skali zjawiska – obserwujemy przemieszczanie się rumowiska na różne odległości; mówimy o kaskadowym (i odcinkowym) systemie transportu (ryc. 13.2).

Skala przekształcania rzeźby w różnych regionach Polski jest różna (ryc. 13.3). Największe zmiany obserwujemy na obszarach górskich, wyżynnych i strefy

młodoglacjalnej. Znacznie mniejsze są one na terenach nizinnych i płaskich. Duże natężenie osiąga spłukiwanie i erozja wąwozowa wspomagana sufozją na wyżynach lessowych (rozdz. 7), a niekiedy też w pagórkowatym krajobrazie młodoglacjalnym (rozdz. 9), procesy grawitacyjne natomiast w Karpatach fliszowych (rozdz. 4), na wysokogórskich stokach Tatr i Karkonoszy (rozdz. 3, 5) oraz lokalnie na krawędziach wysoczyzn i na klifach (rozdz. 10). W regionach przemysłowych i górniczych oraz na terenach aglomeracji miejskich skala przekształceń rzeźby w ostatnim stuleciu przekroczyła niekiedy wielokrotnie zmiany rzeźby związane z procesami naturalnymi i przerwała łączność naturalnych systemów stokowych i dolinnych (Gilewska 1991; rozdz. 8, 9).

13.6. Główne kierunki przekształceń stoków i den dolin

Na obszarach wylesionych i objętych uprawą roli w różnych regionach Polski obserwuje się podobne kierunki przekształceń stoków i den dolin, związane z dominacją jednego z przewodnich procesów: spłukiwania, procesów grawitacyjnych lub deflacji w przypadku stoków, a tendencji do rozcinania lub agradacji w przypadku koryt rzek i równin zalewowych (ryc. 13.4).

Przeważającym kształtem stoków jest stok wypukło-wklęsły, modelowany przez spłukiwanie. Erozja gleb powoduje, że stok taki jest obniżany szczególnie w części środkowej. Zależnie od skali natężenia zmywu podnóże stoku jest wydłużane i wkracza na równinę zalewową – dno doliny (ryc. 13.4Aa). W przypadku trwałej granicy między gruntem ornym na stoku i łąką lub pastwiskiem w dnie doliny na granicy użytków wykształca się akumulacyjna krawędź (ryc. 13.4Ab). Na stokach bardziej stromych o kierunku orki prostopadłym do spadku dochodzi do powstania schodowego profilu z terasami, z których każda składa się z odcinka obniżanego i nadbudowywanego (ryc. 13.4Ac).

Stoki modelowane przez procesy osuwiskowe, obejmujące znaczne miąższości gruntu, osiągają ostatecznie profil wypukło-wklęsło-wypukły. Poniżej wklęsłej niszy nieuprzątnięte koluwia budują wypukły jezior (ryc. 13.4Ba). Inny profil przybierają stoki osuwiskowe uruchamiane wskutek podmywania przez rzekę lub podcięte przy budowie drogi lub domu (ryc. 13.4Bb).

Stoki przemodelowane przez procesy eoliczne poza przewiewanymi wydymami nadmorskimi (rozdz. 10) zostały opisane jedynie z Dołów Jasielsko-Sanockich, gdzie uprawiany stok dowietrzny jest obniżany zarówno przez deflację, jak i spłukiwanie, a zawietrzny nadbudowywany przez osady nawiane, dodatkowo przemylane przez spłukiwanie (Gerlach, Koszarski 1968; ryc. 13.4C).

W dnach dolin występują trzy podstawowe kierunki przekształceń koryt: pogłębiania koryt, nadbudowywania równiny zalewowej i równoczesnego powiększania erozyjnego przekroju koryt poprzez boczną migrację, depozycji na równinie zalewowej.

Pogłębianie koryt (ryc. 13.4D) obserwowane jest zarówno na obszarach zmniejszania dostawy rumowiska (wskutek zalesiania lub budowy zbiorników

Ryc. 13.4. Typy współczesnych przekształceń

A–C – stoków w warunkach ingerencji człowieka pod wpływem: A – wzmożonego splukiwania: Aa – stok wypukło-wklęsły, Ab – nadbudowane podnóże stoku, Ac – stok z terasami rolnymi, B – procesów grawitacyjnych: Ba – stok wylesiony i zabudowany, Bb – stok podcięty, C – deflacji oraz D–F den dolin: D – w wyniku intensywnego pogłębiania koryt, E – równoczesnego wcinania koryt i nadbudowy równiny zalewowej, F – postępującej aggradacji; 1 – pierwotny kształt stoku, 2 – przekształcony profil stoku, 3 – nadbudowa osadami mineralnymi, 4 – nadbudowa organogeniczna

retencyjnych), jak i zwiększenia spadku przez wyprostowanie biegu koryt. Pogłębianie przekraczające niekiedy 3 m w minionym stuleciu (np. u brzegu Karpat) powoduje, że fala powodziowa nie sięga już poziomu 6–8 m nad poziom średniej wody, co prowadzi do tworzenia niższej listwy terasowej.

Gdy pogłębianie jest umiarkowane, wówczas równocześnie jest nadbudowywana równina zalewowa (ryc. 13.4E). Tendencja do aggradacji jest charakterystyczna zarówno dla długich odcinków większości dolin rzek niżowych (ryc. 13.4F), gdzie przy niewielkim transporcie zawiesiny depozycję mineralną zastępuje biogenna, jak i w dolinach wyżyn lessowych, gdy w czasie ulew i roztopów dostawa ze stoków bywa bardzo wysoka (rozdz. 7, 8, 9).

13.7. Współczesne tendencje zmian rzeźby w perspektywie zmian klimatu i zmian ekonomiczno-społecznych

Szybko postępujące w ostatnim 20-leciu zmiany gospodarcze i społeczne w kraju powodują zarówno istotne zmiany użytkowania ziemi, jak i dalszą degradację

środowiska. Z drugiej strony globalne zmiany klimatu i polityka proekologiczna wymuszają zmianę sposobu patrzenia na zasoby i walory środowiska i skłaniają do podejmowania radykalnych środków zmierzających do odbudowy równowagi i renaturalizacji geoeosystemów (Starkel 2006b).

Aktualne tendencje zmian rzeźby cechuje wyraźna polaryzacja. Z jednej strony obserwuje się działania przyspieszające, a z drugiej strony hamujące obieg materii. Do pierwszych należy przyspieszenie spływu wody, odprowadzania rumowiska i erozji wgłębnej. Na obszarach górskich i częściowo wyżynnych dokonuje się ono szczególnie poprzez wzrost powierzchni zabudowanych i sieci dróg, a na terenach niżowych – głównie poprzez melioracje rolne i systemy kanalizacyjne.

Natomiast do działań hamujących obieg i denudację należy zaliczyć przede wszystkim kurczenie się arealów gruntów ornych, szybkie na obszarach urzeźbionych i na gruntach najmniej żyznych, a także łączenie małych pól w duże wielohektarowe z redukcją gęstej sieci miedz i dróg. Towarzyszy temu jednak hamowanie naturalnego przepływu wody, substancji mineralnych i biotycznych poprzez budowę nie tylko zbiorników retencyjnych i polderów ograniczających przepływy wezbraniowe, ale również nowych autostrad, nasypów, grobli itp., wymuszanych przez wzrost motoryzacji i dobrobytu ludności. Na te dwie skrajne tendencje oddziałują także złożone interakcje nakładających się zjawisk ekstremalnych (Zwoliński 2011).

Globalne zmiany klimatu w Europie Środkowej od lat 90. XX w. zaczęły manifestować się nie tylko ociepleniem zim i falami upałów zwiększającymi deficyty wodne (rozdz. 2), ale przede wszystkim większą częstotliwością zdarzeń ekstremalnych typu ulew, huraganów czy trąb powietrznych (Jania, Zwoliński 2011), które prowadzą do przekraczania wartości progowych dla takich procesów rzeźbotwórczych, jak: spłukiwanie, erozja wąwozowa, przeważnie o zasięgu lokalnym, różne typy ruchów osuwiskowych, deflacja, abrazja morska czy wreszcie wezbrania powodujące udrożnienie na całej długości systemów rzecznych Odry i Wisły, jak powódź lipcowa 1997 r., o parametrach niespotykanych w okresie pomiarowym (rozdz. 7–12).

Planowane działania podejmowane w skali Unii Europejskiej zmierzają do racjonalnego użytkowania terenów o różnych walorach i do renaturalizacji ekosystemów (Romanowski i in. 2005). Działanie to zbiega się ze wzrostem zalesienia i ograniczeniem gruntów ornych wymuszanych zmianami ekonomicznymi i prowadzi do zmniejszania do minimum efektów głównych procesów działających powierzchniowo: spłukiwania i deflacji, a równocześnie do zwiększenia retencji wodnej.

Redukcja dostawy rumowiska odbija się negatywnie na wzroście erozji wgłębnej i bocznej rzek, które powracając do biegu meandrowego i docinając się do spągu warstwy wodonośnej, mogą prowadzić do zmniejszenia zasobów wód gruntowych w dolinach rzecznych. Opóźnienie spływu ze stoków górskich i wyżynnych sprzyja nasyceniu wodą pokryw stokowych i uruchamianiu procesów osuwiskowych (Starkel 2006b).

Równolegle do tych zmian niezbędna jest poprawa struktury krajobrazowej i gospodarki przestrzennej kraju poprzez m.in. koncentrację osadnictwa na powierzchniach płaskich z wyłączeniem obszarów zalewowych i ograniczenie zabudowy i sieci dróg na bardziej stromych stokach, co wpłynie korzystnie na opóźnienie spływu powodziowego i zmniejszy zagrożenie przemieszczeń osuwiskowych.

Współczesne kształtowanie rzeźby Polski cechują zatem dwie przeciwstawne tendencje:

- kontynuacji przyspieszonego obiegu wody i substancji mineralnych w systemach stokowych i korytowych i równoczesnego przerwania naturalnej ciągłości w obiegu materii;
- powrotu do zrównoważonego obiegu wody i substancji mineralnych w ekosystemach po części renaturalizowanych przy równoczesnej zabudowie (głównie koryt) chroniącej przed skutkami częstszych zdarzeń ekstremalnych.

Literatura

- Bogacki M., Starkel L., 1991, *Typologia i regionalizacja współczesnych procesów rzeźbotwórczych*, [w:] L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, s. 422–427.
- Ciupa T., 2004, *Rola miejskiego zbiornika retencyjnego w kształtowaniu procesów hydrologicznych i fluwialnych w rzece Silnicy*, Kielce, XV Symp. Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Międzyzdroje 1–3.09. 2004, Poznań, s. 21–23.
- Froehlich W., Słupik J., 1980, *Drogi polne jako źródło dostawy wody i zwietrzelin do koryta cieku*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 235, 257–268.
- Gerlach T., 1966, *Współczesny rozwój stoków górnego Grajcarka (Beskid Wysoki – Karpaty Zachodnie)*, Prace Geogr. IG PAN, 52, 1–111.
- Gerlach T., Koszarski L., 1968, *Współczesna rola morfogenetyczna wiatru na przedpolu Beskidu Niskiego*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.*, 2, 85–114.
- Gil E., Starkel L., 1979, *Long-term extreme rainfalls and their role in the modelling of flysch slopes*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.*, 13, 207–220.
- Gilewska S., 1991, *Procesy antropogenetyczne*, [w:] L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, s. 418–422.
- Jania J., Zwoliński Z., 2011, *Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne, hydrologiczne i geomorfologiczne w Polsce*, [w:] Z. Zwoliński (red.), *Globalne zmiany klimatu i ich implikacje dla rzeźby Polski*, *Landform Analysis*, 15, 51–64.
- Kłapa M., 1980, *Procesy morfogenetyczne i ich związek z sezonowymi zmianami pogody w otoczeniu Hali Gąsienicowej w Tatrach*, Dokumentacja Geogr. IGiPZ PAN, 4, 1–54.
- Kostrzewski A., Klimczak R., Stach A., Zwoliński Z., 1992, *Wpływ procesów katastrofalnych na funkcjonowanie współczesnego systemu denudacyjnego obszarów młodoglacjalnych – Pomorze Zachodnie*, *Bad. Fizjogr. nad Polską Zachodnią*, 43, 55–82.
- Koutaniemi L., Rachocki A., 1981, *Paleohydrology and landscape development in the middle course of the Radunia basin, North Poland*, *Fennia* 159, 2, 335–342.
- Kozarski S., 1991, *Paleogeografia Polski w vistulianie*, [w:] L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, s. 80–105.
- Rączkowski W., Mrozek T., 2002, *Activating of landsliding in the Polish Flysch Carpathians by the end of 20-th century*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.*, 36, 91–101.

- Rodzik J., Janicki G., Zagórski P., Zgłobicki W., 1998, *Deszcze nawalne na Wyżynie Lubelskiej i ich wpływ na rzeźbę obszarów lessowych*, Dokumentacja Geogr. IGiPZ PAN, 11, 45–68.
- Romanowski J., Matuszkiewicz J. i in., 2005, *Evaluation of ecological consequences of development scenarios for the Vistula river valley*, Vistula Econet Development and Implementation VEDI, Warsaw–Wageningen–Utrecht.
- Soja R., 1977, *Deepening of channel in the light of the cross profile analysis*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcan., 11, 127–138.
- Słupik J., 1981, *Rola stoku w kształtowaniu odpływu w Karpatach fliszowych*, Prace Geogr. IG PAN, 142, 1–89.
- Starkel L., 1960, *Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie*, Prace Geogr. IG PAN, 22, 1–239.
- Starkel L., 1978, *The role of extreme meteorological events in the shaping of mountain relief*, Geographia Polonica, 41, 13–20.
- Starkel L., 1986, *Rola zjawisk ekstremalnych i procesów sekularnych w erozji gleby (na przykładzie Karpat)*, Czasop. Geogr., 57, 2, 203–213.
- Starkel L., 2005, *Współczesna rzeźba Polski dziedziczy cechy peryglacjalne*, Przegl. Geogr., 77, 1, 5–13.
- Starkel L., 2006a, *Geomorphic hazards in the Polish Flysch Carpathians*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcan., 40, 7–19.
- Starkel L., 2006b, *Klimat a człowiek w transformacji środowiska przyrodniczego Polski*, [w:] M. Gutry-Korycka, A. Kędziora, L. Starkel, L. Ryszkowski (red.), *Długookresowe przemiany krajobrazu Polski w wyniku zmian klimatu i użytkowania Ziemi*, Prodruck, Poznań, s. 9–15.
- Twardy J., 1998, *Wyniki pomiarów tempa denudacji agrotechnicznej w okolicy Łodzi*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 460, 599–609.
- Ziętara T., 1968, *Rola współczesnych ulew i powodzi w modelowaniu rzeźby Beskidów*, Prace Geogr. IG PAN, 60, 1–116.
- Zwoliński Z., 2008, *Wybrane zjawiska ekstremalne pojezierzy polskich*, Landform Analysis, 8, 98–106.
- Zwoliński Z., 2011, *Globalne zmiany klimatu i ich implikacje dla rzeźby Polski*, [w:] Z. Zwoliński (red.), *Globalne zmiany klimatu i ich implikacje dla rzeźby Polski*, Landform Analysis, 15, 5–16.