

## Obszary źródliskowe ogniwem łączącym system stokowy z systemem korytowym, dorzecze Parsęty

Małgorzata Mazurek\*

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Instytut Paleogeografii i Geoekologii, Dziegielowa 27, 61-680 Poznań

### Wprowadzenie

Wypływy wód podziemnych jako czynnik morfotwórczy uruchamiający procesy erozji (*seepage erosion, spring sapping*) stanowią przedmiot coraz liczniejszych badań hydrogeomorfologicznych (por. Baker 1990). Przejawy ich morfologicznego oddziaływania dokumentowane są w różnych strefach klimatycznych i na terenach o odmiennej budowie geologicznej (Laity, Malin 1985, Nash 1996, Luo i in. 1997). Procesy erozyjne związane z działalnością wód podziemnych w strefie klimatu umiarkowanego nie są w pełni doceniane w organizacji sieci rzecznej i kształtowaniu rzeźby. Dzieje się tak ze względu na zmiany globalne i lokalne zarówno klimatyczne, jak i w użytkowaniu terenu. Zmiany te głównie odpowiedzialne są za współczesne wahania poziomu wód podziemnych, pociągają za sobą zmniejszenie znaczenia tego czynnika rzeźbotwórczego i zatarcie związków przyczynowych między wpływami a ich efektami morfologicznymi. Poza tym formy erozji wpływów wód podziemnych są łatwo niszczone i przekształcane przez inne procesy rzeźbotwórcze oraz działalność człowieka.

Na morfologię stref wpływów wód podziemnych na obszarze Polski zwracano do tej pory uwagę w nielicznych pracach krenologicznych, hydrogeologicznych i geomorfologicznych (Tomaszewski 1977, Wrońska 2006), a szczególnie rzadko były podejmowane badania na terenach polodowcowych zbudowanych z luźnych osadów czwartorzędowych (Churska 1968, Bujwid, Muchowski 1973, Moniewski 2004). Brak rozpoznania charakteru erozyjnego wpływów wód podziemnych nie pozwalał na określenie ich udziału w inicjacji rozwoju koryt i dolin rzecznych.

Z punktu widzenia rozwoju systemu fluwialnego szczególnie istotny jest początek koryta rzecznego (*channel head*), będący łącznikiem systemu stokowego z systemem korytowym (Dunne 1980, Jones 1987). To ważne miejsce w systemie fluwialnym, gdzie różne formy wpływów wód podziemnych biorą udział w kształtowaniu koryta i odpływu rzecznej, można określić za „Słownikiem hydrogeologicznym” (1997) jako obszar źródliskowy. Zatem obszar źródliskowy zasilany wodami podziemnymi stanowi w takim ujęciu strefę przejścia od rozproszonych przestrzennie procesów systemu stokowego do działających linijnie procesów fluwialnych. Określenia miejsca i wykształcenia początku koryta rzecznej (=obszaru źródliskowego, *headwater zone*) zainicjowanego przez wpływy wód podziemnych ma kluczowe znaczenie dla modelowania rozwoju sieci rzecznej.

Celem opracowania jest przedstawienie zespołu procesów występujących na obszarach źródliskowych, a pozwalających prześledzić zmiany morfologiczne na styku dwóch sąsiadujących systemów – stokowego i korytowego – w zlewni pierwszego rzędu. Szczegółowe kartowania krenologiczne, hydrograficzne i morfologiczne pozwoliły na rozpoznanie przejawów morfologicznego oddziaływania eksfiltracji wód podziemnych jako czynnika morfogenetycznego. Procesy związane z tym czynnikiem określono jako procesy źródliskowe.

### Obszar badań i metody

Badania przeprowadzono w południowej części dorzecza Parsęty o powierzchni 617,2 km<sup>2</sup> położonej

\* e-mail: gmazurek@amu.edu.pl

na pograniczu Pojezierza Południowobałtyckiego oraz Pobrzeża Południowobałtyckiego. W trakcie badań terenowych rozpoznano 117 wypływów wód podziemnych, z czego 88 zinventaryzowano szczególnie ze względu na występowanie morfologicznych efektów procesów źródłiskowych.

Niewielkie rozmiary obszarów źródłiskowych na Niżu Polskim uniemożliwiają ich charakterystykę morfometryczną na podstawie map topograficznych w skali 1:10 000, na których zaznaczone są najczęściej sygnaturami krawędzi lub rozcięć. Ze względu na stosunkowo gęstą pokrywę roślinną i duże spadki zboczy, a w związku z tym małą dostępność do pomiarów topograficznych, brak jest szczegółowej informacji kartograficznej o przejawach morfologicznego oddziaływania wypływów wód podziemnych. W celu rozpoznania charakteru funkcjonowania obszarów źródłiskowych wykonano precyzyjne pomiary topograficzne metodą kombinowaną z użyciem GPS-u System SR530-RT Leica oraz teodolitu Elta R55w. Otrzymane cyfrowe modele wysokościowe (o rozdzielczości 0,5 m) stanowiły podstawę wykonania map morfologicznych w różnych porach roku w latach 2000–2004.

## Morfologia obszarów źródłiskowych

Duże urozmaicenie rzeźby dorzecza Parsęty oraz wielkość i warunki występowania zbiorników alimentujących wypływy wód podziemnych powodują, że obszary źródłiskowe leżą w szerokim przedziale wysokości bezwzględnych od 57,5 do 155,0 m n.p.m. (Mazurek 2005, 2006a). Rozwijają się one w obrębie różnych form rzeźby terenu, ale najczęściej można je spotkać na zboczach wysoczyzn morenowych, zagłębieniach wytopiskowych, rynien subglacialnych i teras rzecznych, na stokach pagórków kemowych i moren martwego lodu, a także w rozcięciach i dolinach erozyjno-denudacyjnych oraz nieckach peryglacialnych. Zmienność warunków hydrogeologicznych przejawia się dużą różnorodnością typów wypływów (źródła, wycieki powierzchniowe i liniowe, wysięki, źródłiska), które lokalizują się głównie na kontakcie piaszczysto-żwirowych osadów glacialfluwialnych i fluwialnych, piasków morenowych lub bruku erozyjnego z podścielającymi te osady półprzepuszczalnymi glinami morenowymi lub słabo przepuszczalnymi piaskami gliniastymi. Większość badanych wypływów należy do wypływów podzboczowych/podstokowych. W badanej części dorzecza Parsęty obszary źródłiskowe wykształcone są w postaci nisz źródłiskowych o półokrągłym zwężającym się kształcie lub zarysie parabolicznym i wydłużonym (Mazurek 2006b). Szerokie zamknięcie nisz ulega stopniowo zwężeniu do szerokości koryta rzecznoego. Na tym tle wyróżniają się formy wydłużone, wąskie, o małym spadku dna – tzw. dolinki źródłiskowe. Niewielka

część obszarów źródłiskowych w sytuacjach krawędziowych składa się z kilku nisz połączonych wspólnym odpływem.

Wysokość progów i krawędzi zamykających niszę liczy od 0,7 do 10,0 m. Niskie progi ograniczają obszary źródłiskowe rozwijające się w dnach wąwozów i rozcięć erozyjnych oraz w odmładzanych niszach źródłiskowych (Mazurek 2005). Średnie spadki wypukłych lub wypukło-wklęsłych zboczy nisz i dolinek źródłiskowych przyjmują wartości od 7° do 35°, natomiast mniejsze zróżnicowanie spadków notowane jest w obrębie ich den: od 3° do 16°. Przejście zboczy w dno nisy następuje poprzez krótki segment zbocza wklęsłego. Obszary źródłiskowe, w których obrębie przeprowadzono pomiary tachymetryczne, mają niewielkie powierzchnie dna o średniej wielkości 0,036 ha (0,007–0,11 ha, N=88).

## Procesy rzeźbotwórcze na obszarach źródłiskowych

W środowisku młodoglacjalnym zwykle kilka procesów odpowiedzialnych jest za rozwój obszarów źródłiskowych i w zależności od uwarunkowań lokalnych mogą one odgrywać zróżnicowaną rolę. Szczegółowa analiza wyników kartowań morfologicznych pozwoliła na wyróżnienie następujących procesów morfogenetycznych na obszarach źródłiskowych:

1. wietrzenie chemiczne i fizyczne,
2. punktowa/linijna erozja źródłowa,
3. powierzchniowa erozja źródłiskowa,
4. osuwanie,
5. obrywanie,
6. spływanie,
7. spływanie,
8. splukiwanie,
9. procesy fluwialne.

Przeprowadzone kartowania dokumentują przejawy morfologicznego oddziaływania nie tylko wód podziemnych, ale również wód powierzchniowych, lodu włóknistego, grawitacji oraz roślinności i zwierząt. Ważnym stwierdzeniem jest jednak, że większość z wymienionych procesów może być generowana na skutek wypływów wód podziemnych, a ich natężenie regulowane jest czynnikami zewnętrznymi, takimi jak np. opady atmosferyczne, pokrywa śnieżna, susza, czy działalnością roślin lub zwierząt, a także człowieka. Zdefiniowanie erozji zapoczątkowanej wypływami wód podziemnych jest szeroko dyskutowane w literaturze (Laity, Malin 1985, Howard, McLane 1988, Baker 1990, Dunne 1990) i do dziś niezbyt precyzyjnie wyjaśnione. Konkludując dyskusję ww. autorów, można zaproponować dwa pojęcia stosowane w niniejszej pracy: erozję źródłową i źródłiskową. Erozja źródłowa jest złożonym procesem prowadzącym do podcinania i zapadania czoła oraz ścian rozwijającej się wnęki źródłowej po-

przez rozluźnianie i wynoszenie materiału, z którego zbudowana jest wnęka. Erozja źródłowa jest efektem wzmoczonego wietrzenia i rozcinania, które to procesy generowane są przez eksfiltrujące wody podziemne. Erozja źródłowa obejmuje osłabienie, wyruszenie i odprowadzanie materiału z obszaru wypływu wód podziemnych. Pierwszy z wymienionych procesów – erozja źródłowa – ma charakter erozji punktowej i/lub liniowej, natomiast drugi – erozję źródłową – należy wiązać bardziej z erozją powierzchniową w strefie wycieków i wysięków. Takie zdefiniowanie procesów erozyjnych nawiązuje do angielskiej terminologii *spring sapping* i *seepage erosion*, odpowiednio.

W miejscach podzboczowego wypływu wód podziemnych (źródła i wycieki) erozja źródłowa prowadzi do powstania podcięć erozyjnych, które powodują naruszenie stateczności zboczy, w wyniku czego powstają osuwiska i obrywy. Osuwiska rozpoczynają się w miejscu wypływu wód i przemieszczają w górę zbocza, a zasięg tych ruchów wynosi od kilkudziesięciu centymetrów do kilku metrów. Głębokość osuwiska rzadko przekracza 0,5–1 m. W obrębie nisz/dolinek źródłowych w wyniku erozji źródłowej mogą się także rozwijać wnęki źródłowe na różnych wysokościach zboczy, nawiązujące do lokalizacji zboczowych wypływów wód podziemnych. We wnękach rozwijają się niskie podcięcia erozyjne, które stopniowo podlegają procesom grawitacyjnym. Uruchomiony materiał w wyniku ruchów masowych jest czasowo akumulowany w postaci stożków usypiskowych, jeziorów osuwiskowych lub stożków koluwalnych. Strefa akumulacji podzboczowej okresowo zabezpiecza zbocza przed erozją źródłową. Koluwium ulega stopniowo odprowadzaniu w zależności od wydajności wypływów.

Na zboczach nisz i dolinek, w strefach wysięków oraz w miejscach o małej miąższości strefy aeracji, po opadach i roztopach, następuje szybka zmiana położenia zwierciadła wody gruntowej, co sprzyja tworzeniu się obszarów nasyconych o sezonowo zmieniającym się zasięgu. Obszary takie stanowią strefę generowania nasyconego spływu powierzchniowego i spływu powrotnego, których wody powodują rozmywanie osadów powierzchniowych i powstanie bruku zmywowego. Spłukiwanie ułatwiać może działalność zwierząt w miejscach ich żerowisk, ścieżek i wyleżysk, a także działalność człowieka.

Lokalnie na obszarach nasyconych może dojść do koncentracji spływu, ale jego energia jest niewielka, a ograniczona działalność erozyjna nie doprowadza do rozwoju form korytowych. Natomiast małe źródła i wycieki liniowe zlokalizowane na zboczach nisz zapoczątkowują często skoncentrowany spływ wody prowadzący do erozji liniowej i wykształcenia wąskich koryt cieków. Pomiędzy drogami spływu wód, które ulegają stopniowo pogłębianiu, wyodrębniają się niewielkie grzbiety (ostrogi), zazwyczaj porośnięte

pojedynczymi drzewami lub ich grupami, stanowiące obronione fragmenty degradowanej powierzchni stokowej (ryc. 1).

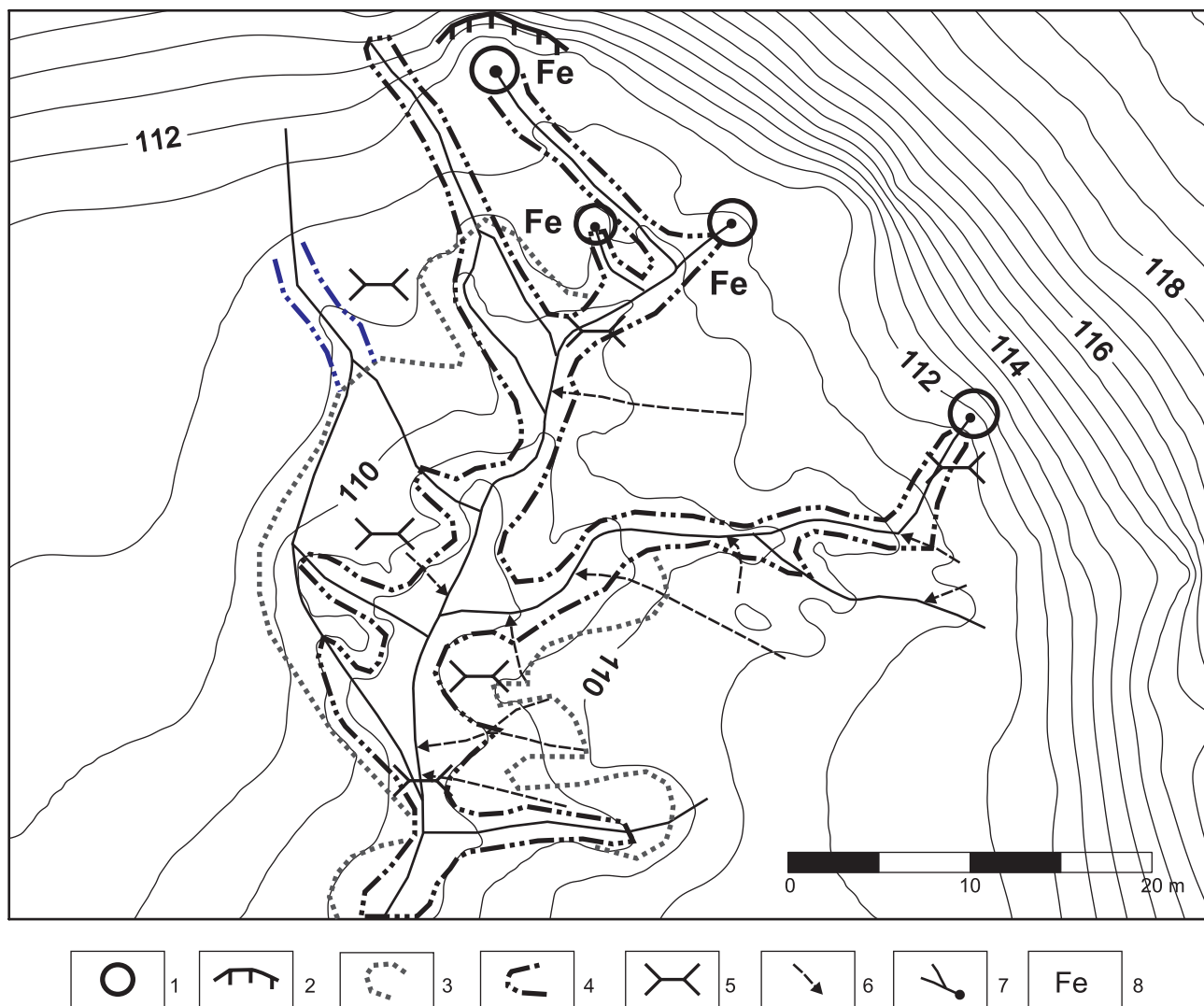
Silne uwilgotnienie osadów w strefach wysięków i wycieków zboczowych sprzyja spełzywaniu, które może lokalnie przechodzić w spływ ziemny. W przypadku nielicznych źródeł basenowych zlokalizowanych w niszach erozja źródłowa powoduje pogłębianie dna i poszerzanie brzegów mis źródłowych. Na badanych obszarach źródłowych nie stwierdzono natomiast ewidentnych przejawów sufozji w postaci tuneli podziemnych, choć obserwowano skoncentrowany przepływ podziemny w próżniach po korzeniach drzew.

W przypadku występowania wycieków powierzchniowych lub wysięków w dnie nisy/dolinki źródłowej uruchamiana jest erozja źródłowa polegająca na powierzchniowym rozmywaniu dna i jego pogłębianiu. W luźnych osadach piaszczystych wypływ wód podziemnych zmniejsza ciężar efektywny ziaren, ułatwiając ich odrywanie i odprowadzanie. Płaskie, twarde dno nisy urozmaicają często położone wyspowo ostańce erozyjne o wysokości do 0,5 m.

W obrębie całych nisz i dolinek koncentracja wody następuje w strefie podzboczowej, gdzie zapoczątkowywane są procesy fluwialne i rozwój koryt rzecznych. Ze stałym odpływem rzeczonym wiąże się usuwanie produktów niszczenia zboczy. Przy dużej dostawie materiałów ze zboczy, przekraczającej możliwości jego odtransportowania albo w wyniku zahamowania odpływu przez detrytus roślinny, następuje akumulacja osadów mineralno-organicznych. Wody podziemne wypływające na powierzchnię w obrębie nisz i dolinek źródłowych dostarczają do koryt rzecznych również produkty wietrzenia chemicznego osadów polodowcowych.

Szczególnie intensywny rozwój obszarów źródłowych ma miejsce w okresie zimowym, w trakcie oddziaływania lodu włóknistego i wód roztopowych. Obecność lodu włóknistego zimą, którego występowaniu sprzyja wilgotność gruntu, rozluźnia osady, ułatwia uruchamianie i wydajne odtransportowywanie materiału w okresie roztopów. Duży wpływ na relacje między procesami w niszy a jej morfologią ma roślinność, która ukierunkowuje linie spływu wody na zboczach i zmniejsza natężenie procesów spłukiwania. Duże fragmenty detrytus organicznego (pnie drzew, kłody) modyfikują warunki hydrauliczne spływu wody na zboczach i w dnie nisz/dolinek wymuszając akumulację osadów, w tym także materii organicznej. Latem natomiast degradacja niskich nisz, o dużym dopływie światła, hamowana jest przez silnie rozwiniętą i różnogatunkową roślinność higrofilną.

W obszarach źródłowych można wydzielić strefy różnych procesów denudacyjnych i erozyjnych (ryc. 1): 1 – erozji źródłowej i erozji źródłkowej, 2 – obrywania i osuwania, 3 – spełzwywania, spływu i spłukiwania, 4 – procesów korytowych.



Ryc. 1. Strefy działania procesów morfogenetycznych na obszarze źródłiskowym Iwin 5

1 – strefa erozji źródłowej i źródłiskowej, 2 – strefa obrywania i osuwania, 3 – strefa spłukiwania i spelzwywania, 4 – strefa procesów korytowych, 5 – oddziaływanie światła organicznego, 6 – linie spływu, 7 – sieć koryt rzecznych, 8 – wytrącenia żelaza

## Rola obszarów źródłiskowych

Obszary źródłiskowe stanowią strefy degradacji współczesnej powierzchni morfologicznej. Ze względu na łączność morfosystemów stokowego i korytowego, w ich obrębie ma miejsce bezpośrednie odprowadzanie materiału ze zboczy i rozmywanych den nisz/dolinek do koryta rzecznego. Przeprowadzone kartowania morfologiczne dokumentują przejawy morfologicznego oddziaływania eksfiltracji wód gruntowych jako czynnika uaktywniającego szereg procesów źródłiskowych. Intensywność tych procesów, a zarazem rozwoju obszarów źródłiskowych uwarunkowana jest m.in. przez:

- pionowe i poziome zróżnicowanie cech strukturalnych i teksturalnych utworów plejstoceńskich i holoceńskich,
- warunki hydrogeologiczne decydujące o wydajność i typach wypływów wód podziemnych,

- ukształtowanie powierzchni inicjalnej,
- warunki pogodowe wpływające na obieg wody i wydajność wypływów wód podziemnych,
- możliwości odprowadzania materiału mineralnego oraz organicznego,
- charakter zbiorowisk roślinnych i działalność zwierząt.

Procesy źródłiskowe doprowadzające do rozwoju koryt rzecznych i ich dolin mają istotne znaczenie w ukształtowaniu rzeźby młodoglacjalnej poprzez jej rozczłonkowanie/fragmentację. Obszary źródłiskowe pozostają ważnymi miejscami aktywności morfologicznej w strefie młodoglacjalnej.

Przedstawiony problem stanowi część opracowania wykonanego w ramach projektu Komitetu Badań Naukowych nr 3PO4E 04323 pt. „Rozwój obszarów źródłiskowych rzek i ich znaczenie dla funkcjonowania systemu fluwialnego na obszarach młodoglacjalnych (Pomorze Zachodnie)”.



## Literatura

- Baker V.R. 1990. Spring sapping and valley network development, with case study by Kochel, R.C., Baker, V.R., Laity, J.E., Howard, A.D. *Geol. Soc. Am., Spec. Paper*, 252: 235–290.
- Bujwid H., Muchowski J. 1973. Rola naturalnego drenażu wód podziemnych w rozwoju morfologicznym krawędzi dolin rzecznych na przykładzie wybranych odcinków dolin: Wisły i dolnej Bugo-Narwi. *Przeegl. Geol.*, 7: 396–400.
- Churska Z. 1968. Późnoglacialne formy denudacyjne na zboczach pradoliny Noteci–Warty i doliny Drwęcy. *St. Soc. Scien. Torunensis*, 6: 1–112.
- Dunne T. 1980. Formation and controls of channel networks. *Progress in Physical Geography*, 4: 211–239.
- Dunne T. 1990. Hydrology, mechanics, and geomorphic implications of erosion by subsurface flow: *Geol. Soc. Am., Spec. Paper*, 252: 1–28.
- Jones J.A.A. 1987. The initiation of natural drainage networks. *Progress in Physical Geography*, 11: 207–245.
- Laity J.E., Malin M.C. 1985. Sapping processes and the development of theatre-headed valley networks on the Colorado Plateau. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 96: 203–217.
- Luo W., Arvidson R.E., Sultan M., Becker R., Crombie M.K., Sturchio N., Alfy Z.E. 1997. Groundwater sapping processes, Western Desert, Egypt. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 109, 1: 43–62.
- Mazurek M. 2005. Wykształcenie systemów źródliskowych w strefie młodoglacjalnej, dorzecze Parsęty. [W:] A. Kotarba, K. Krzemień, J. Świąchowicz (red.), *Współczesna ewolucja rzeźby Polski. VII Zjazd Geomorfologów Polskich*, UJ, Kraków, s. 293–298.
- Mazurek M. 2006a. Wpływy wód podziemnych w południowej części dorzecza Parsęty. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, A, 57: 101–118.
- Mazurek M. 2006b. Morphometric differences in channel heads in postglacial zone (Parseta catchment, West Pomerania). *Quaestiones Geographicae*, 25A: 39–47.
- Moniewski P. 2004. Źródła okolic Łodzi. *Acta Geographica Lodziensia*, 87: 1–140.
- Nash D.J. 1996. Groundwater sapping and valley development in the Hackness Hills, North Yorkshire, England. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21: 781–795.
- Onda Y. 1994. Seepage erosion and its implication to the formation of amphitheatre valley heads: a case study at Obara, Japan. *Earth Surface Processes and Landforms*, 19: 627–640.
- Słownik hydrogeologiczny 1997. Wyd. Trio, Warszawa, s. 327.
- Tomaszewski J. 1977. Charakterystyka krenologiczna masywu krystalicznego na przykładzie Karkonoszy. *Acta Universitatis Wratislaviensis, St. Geogr.*, 28: 1–70.
- Wrońska D. 2006. Wykształcenie i funkcjonowanie lejów źródliskowych potoków gorczańskich. *Ochrona Beskidów Zachodnich*, 1: 59–65.