

## Badania rozwoju osuwisk w rejonie Świecia, na podstawie materiałów fotogrametrycznych

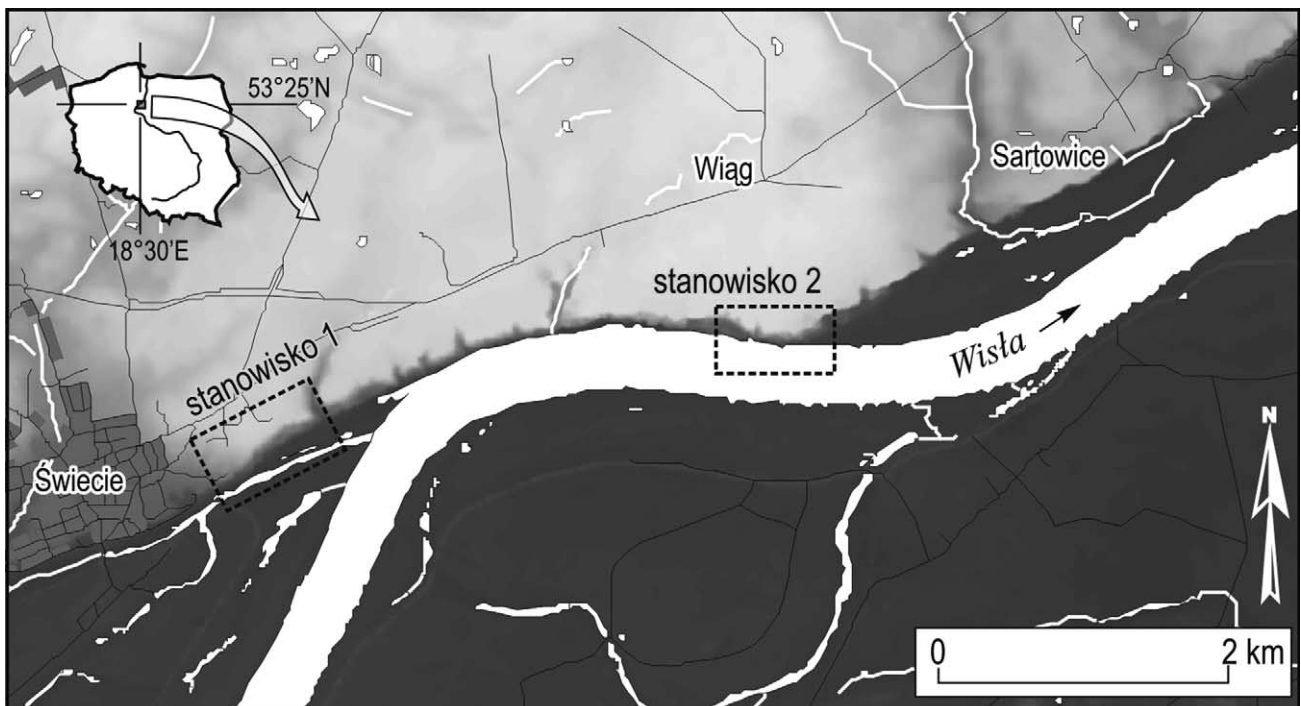
Sebastian Tyszkowski\*

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Zakład Geomorfologii i Hydrologii Nizu,  
ul. Kopernika 19, 87-100 Toruń

### Wprowadzenie

Ruchy masowe należą do najbardziej dynamicznych procesów kształtujących powierzchnię ziemi. W Polsce liczba osuwisk dochodzi do 23 tys., z których ponad 95% występuje na terenie karpackim (Rączkowski 2007). Pozostałymi rejonami są głównie strome klify bałtyckie, brzegi zbiorników zaporowych oraz zbocza głęboko wciętych dolin rzecznych na obszarach niżowych. Ostatnia z ww. sytuacji reprezentuje

analizowany w artykule fragment doliny Wisły w okolicach Świecia (ryc. 1). Na wyjątkowo dużą koncentrację osuwisk w tym fragmencie doliny Wisły zwrócono uwagę już w latach 70. w trakcie realizacji projektu „Rejestracja osuwisk w Polsce” zawierającego mapy w skali 1:500 000, 1:200 000 i 1:100 000 (Miłoszewska, Kühn 1971). Na arkuszu obejmującym okolice Świecia oznaczono wówczas 9 osuwisk, a prawie cała strefa zboczowa uznana została za obszar o zwiększonej podatności na ruchy masowe. Jed-



Ryc. 1. Położenie obszaru badań i poszczególnych stanowisk

\* e-mail: sebtys@wp.pl

nak dopiero w 2003 r., gdy w ramach inicjatywy Ministerstwa Środowisk, pt. „Rejestracja i inwentaryzacja naturalnych zagrożeń geologicznych (ze szczególnym uwzględnieniem osuwisk oraz innych zjawisk geodynamicznych) na terenie całego kraju”, wykonano wstępną inwentaryzację osuwisk, głównie na podstawie wcześniejszych opracowań z lat 70. W ramach realizowanego aktualnie projektu Systemu Osłony Przeciwośuwiskowej (SOPO) prace w obrębie Polski środkowej przewidziane są na lata 2014–2015. Ruchy masowe występują jednak niezależnie od planowanych terminów ich rozpoznania, a z uwagi na zagrożenie, jakie stanowią w badanym rejonie, wymagają bliższej i jak najszybszej obserwacji. Wspomniany brak szczegółowych opracowań powoduje potrzebę stałego monitoringu, co z kolei pozwoli na prognozę dalszego rozwoju analizowanych fragmentów doliny Wisły.

Celem niniejszej pracy było sporządzenie bazy danych łączącej różne źródła informacji przestrzennej, głównie zdjęć lotniczych, oraz przeprowadzenie na ich podstawie wstępnej analizy aktywności ruchów masowych w okolicy Świecia. Podobna koncepcja wykorzystania geomatycznych baz danych w analizie zmian stref o wzmożonej geodynamice stosowana jest dla obszarów brzegowych Bałtyku (Furmańczyk i in. 2007, Szakowski, Benedyczak 2007). Poniższe kameralne rozpoznanie posłuży do planowania szczegółowych badań terenowych.

## Metody i materiały

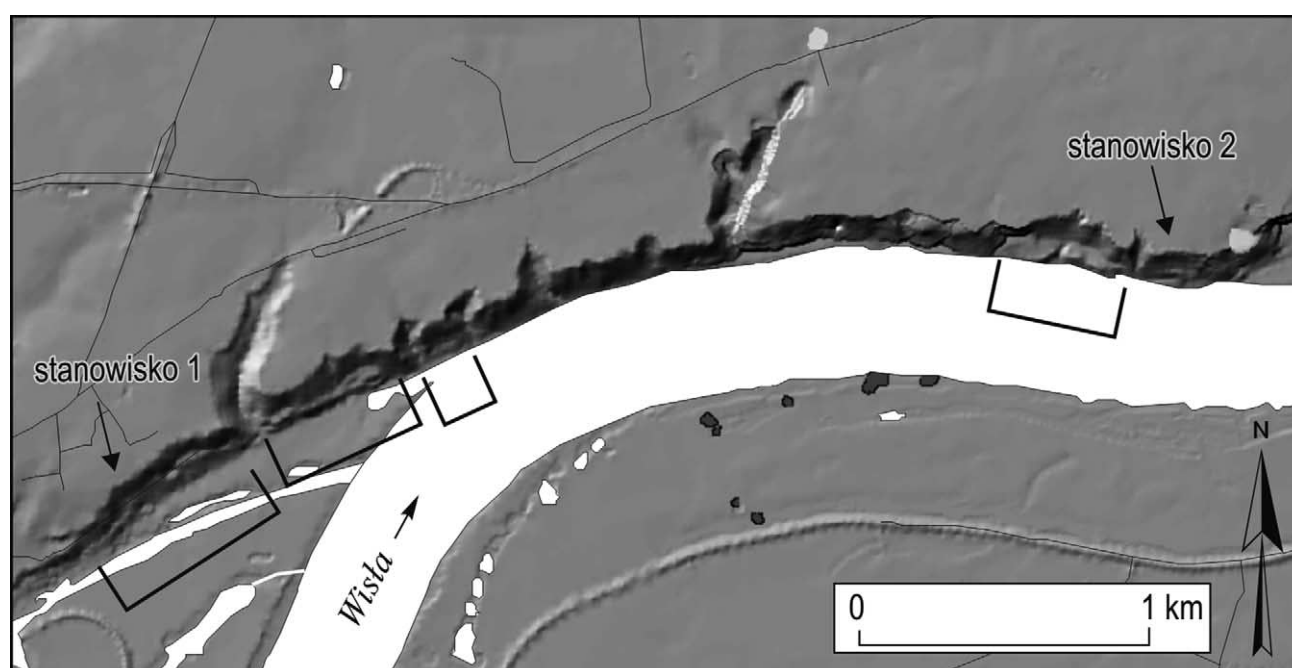
Pierwszym zadaniem było zestawienie i analiza zdjęć lotniczych. Prace takie umożliwiają wstępną

ocenę zasięgu i wielkości ruchów masowych (klasyfikację ruchów masowych przyjęto za Kleczkowskim 1955). Ich dokładność, a jednocześnie przydatność uzależniona jest od skali zdjęć oraz pokrycia terenu. Metoda ta dobrze sprawdza się przy wykrywaniu płytkich ruchów masowych o charakterze osypisk, spływów ziemnych oraz dużych ruchów zmieniających wyraźnie kształt zboczy. Bezpośrednimi cechami fotointerpretacyjnymi stożków usypiskowych, obrywów, jest smugowa lub ziarnista tekstura oraz wyraźny jasny fotofon lub w przypadku osuwisk i zerw wyraźna krawędź niszy. Spośród cech pośrednich wyróżnia się zmianę w roślinności w przypadku form świeżych oraz zmiany sieci hydrograficznej (Ciołkosz i in. 1986).

Zdjęcia o rozdzielczości 1800 dpi wprowadzone zostały do programów GIS oraz w postaci odbitek obserwowanych pod stereoskopem lustrzanym. W pracy wykorzystano następujące materiały fotogrametryczne:

- zdjęcia czarno-białe z 1961 r. w skali 1:12 000,
- zdjęcia czarno-białe z 1972 r. w skali 1:16 000,
- zdjęcia czarno-białe z 1987 r. w skali 1:25 000,
- zdjęcia barwne z 1996 r. w skali 1:26 000,
- ortofotomapa z 2005 r. w skali 1:5000.

Przy wstępnym rozpoznaniu rejonów osuwiskowych wykorzystano także numeryczny model terenu (NMT), a szczególnie jego pochodne, do których należą nachylenie, ekspozycja oraz podświetlenie rzeźby.



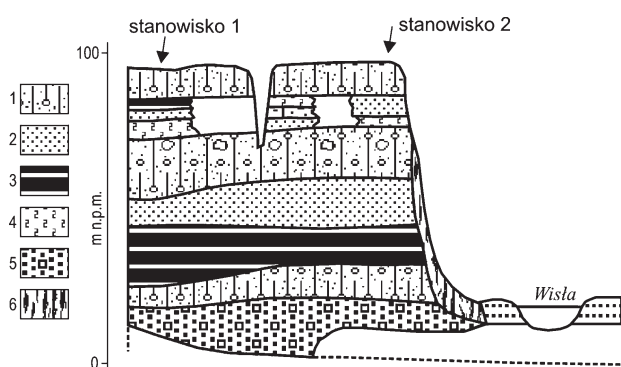
Ryc. 2. Zarys dużych nisz osuwiskowych widoczny na numerycznym modelu rzeźby terenu

## Wyniki

W rejonie Świecia miąższość osadów czwartorzędowych wynosi około 100 m. W ogólnym profilu geologicznym wyróżnia się trzy pokłady glin rozdzielone osadami fluwiogłacjalnymi i limnoglacjalnymi (Drozdowski, Kopczyński 1992). Do osadów zasługujących na szczególną uwagę należą ility, których miąższość wynosi tu od 5 do 20 m. Do przedstawienia w poniższej pracy wybrano dwa stanowiska, cechujące się szczególną wyrazistością procesów geodynamicznych zachodzących w okresie ostatniego półwiecza.

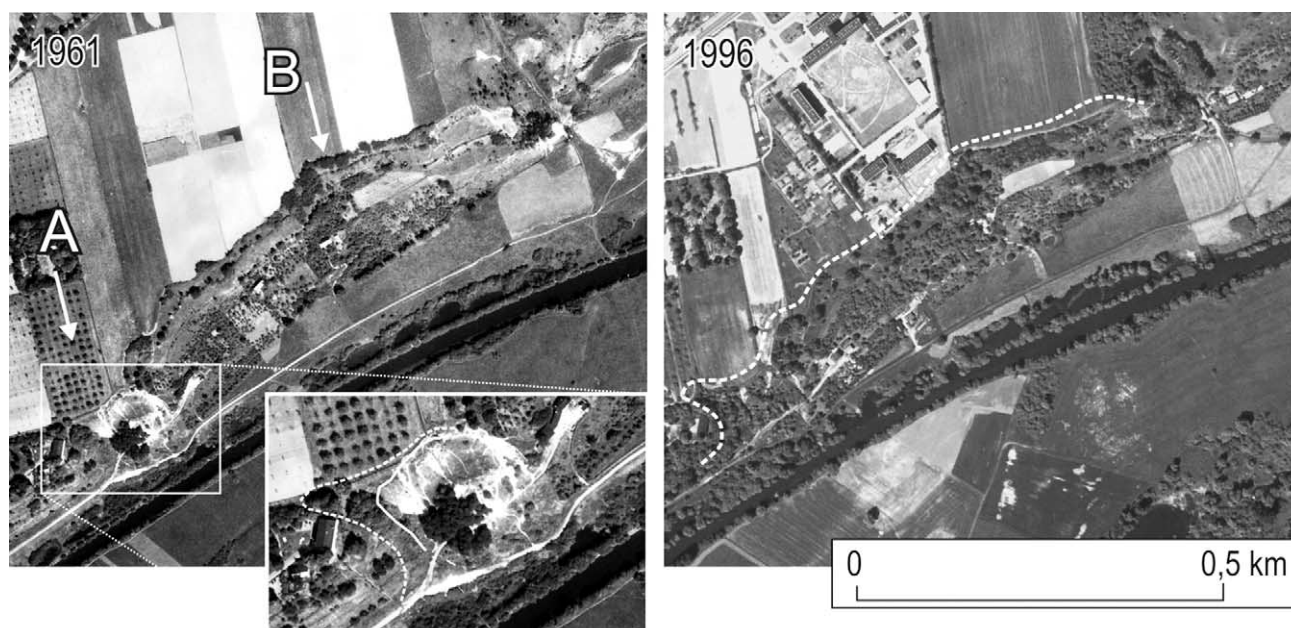
### Stanowisko 1 – Świecie-Szpital

Stanowisko znajduje się w miejskiej części Świecia, w strefie krawędziowej wysoczyzny, w pobliżu ujścia Wdy do Wisły. Na zboczu i w jego pobliżu znajduje się kilka jednorodzinnych budynków mieszkal-



**Ryc. 3.** Przekrój geologiczny przez fragment wysoczyzny objęty badaniami (za Drozdowski, Kopczyński 1992)  
1 – glina morenowa, 2 – piaski, 3 – ility warwowe, 4 – mułki, 5 – żwirzy piaszczyste, 6 – osady stokowe

nych. Deniwelacje wynoszą tu blisko 40 m, a nachylenie zboczy od 15 do 65°. W morfologii stoku zaznaczają się terasy osuwiskowe, które w przeszłości zajęte były przez uprawy sadownicze. Położenie dolnej części zbocza na rzędnej 23 m n.p.m. sprawia, że w trakcie stanów powodziowych woda dociera aż do jego podnóża. Budowa geologiczna rejonu stanowiska przedstawiona została na rycinie 3. Aktualnie na zboczach widoczne są ślady ruchów masowych w postaci osypisk, spelzwywania i zsuwów, a ich aktywność można śledzić na podstawie materiałów fotogrametrycznych już od lat 60. XX w. Najstarsze zdjęcia z 1961 r. obrazują wzmogłą aktywność powierzchniowych ruchów masowych we wschodniej części stanowiska. Dostrzegalne są liczne spływy i osypiska, z których materiał wynoszony był w postaci „szlaków” o długości od kilkunastu do 80 m. W tym okresie zbocze pokryte było głównie przez roślinnością trawiastą, a drzewa i krzewy występowały fragmentarycznie tylko w strefie załomu górnego i dolnego. Na zdjęciach z lat 70. zaznacza się zmniejszenie śladów erozji powierzchniowej – spływów i osypisk – dostrzegalne są jednak początki głębszego zsuwu mas ziemnych (ryc. 4, punkt A). Przez kolejne lata ruchy masowe inicjowane prawdopodobnie spływem wód powierzchniowych skutkują cofaniem się analizowanego fragmentu zbocza. Aktualnie na zboczach w części wschodniej stanowiska dochodzi głównie do spelzwywania, jednak z uwagi na pokrycie obiektu przez gęstą roślinność nie jest możliwe śledzenie zmian powierzchni na zdjęciach lotniczych. Drugim interesującym punktem jest zbocze w centralnej części stanowiska, poniżej szpitala miejskiego (ryc. 4, punkt B). Na zdjęciu z 1972 r. stok nie posiadał jeszcze śladów aktywności procesów geodynamicznych, ale na zdjęciach z nalotu wykonanego w 1987 r. za-



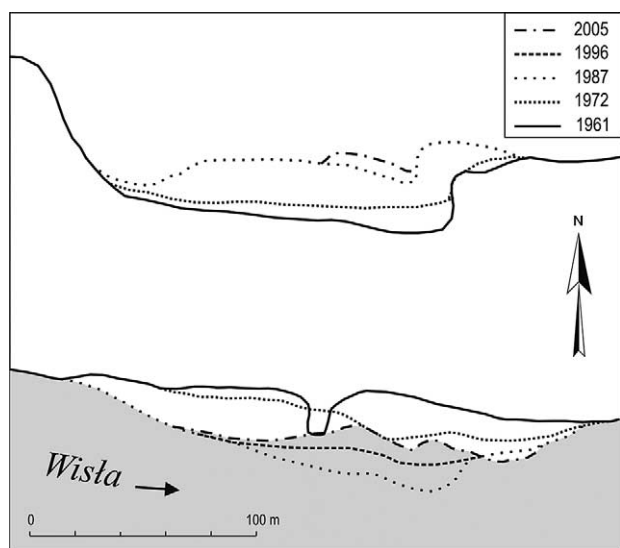
**Ryc. 4.** Zarys nisz osuwiskowych i zmiany kształtu zboczy na stanowisku 1. Zdjęcia pochodzące z 1961 i 1996 r.

znaczyło się powstanie kilku niewielkich nisz (10×15 m) w koronie zbocza, które są aktywne do chwili obecnej. Ich pojawienie się zbiega się w czasie z incydentem osuwiskowym z początku lat 80., kiedy to doszło do zsunięcia rozległego fragmentu przyległego zbocza. Obecnie poniżej wspomnianych nisz dochodzi do spęływania gruntu intensyfikowanego przez nieprawidłowo odprowadzone wody opadowe spływające z pola uprawnego. Stanowi to realne zagrożenie dla budynku mieszkalnego znajdującego się w połowie długości zbocza.

## Stanowisko 2 – Wiąg

Budowa geologiczna stanowiska w Wiągu zbliżona jest do stanowiska pierwszego, odmienna jest jednak jego morfologia i położenie względem koryta Wisły, które w tym miejscu bezpośrednio podcina zbocze wysoczyzny.

Obserwowane osuwisko na zdjęciach z 1961 r. nie wykazywało wyraźnej aktywności procesów geodynamicznych. Jedynie w środkowej części występowały mało zaznaczające się ślady spływów ziemnych. Między rokiem 1961 a 1972 uaktywniła się wschodnia część osuwiska, którego nisza cofnęła się o około 10 m, a widoczne na zdjęciu koluwia wkroczyły w koryto rzeki na około 20 m. Wówczas to doszło do zniszczenia jednej z ostróg rzecznych. Do największego ruchu mas ziemnych doszło między latami 1972 a 1987. Nastąpił wtedy głęboki zśów w kierunku Wisły, obejmujący cały zasięg dzisiejszego osuwiska. Obszar osuwiska wyniósł ponad 1,8 ha, jego szerokość w górnej części osiągnęła 145 m, a w dolnej 185 m. Kolejne lata przyniosły powiększenie zasięgu osuwiska i dalsze cofanie jego niszy. Zarys przemieszczeń w poszczególnych latach oraz stan aktualny sporządzony przy wykorzystaniu odbiorników DGPS



Ryc. 5. Zmiany zasięgu ruchów masowych na stanowisku 2 na podstawie zdjęć lotniczych z lat 1961, 1972, 1987, 1996, 2005

przedstawiono na rycinie 5. Od 2005 r. w obrębie osuwiska nie zauważa się wyraźnych przemieszczeń gruntu. Jedynie w górnej części dochodzi do niewielkich obrywów, a w środkowej do powierzchniowego spęływania.

Po wykonaniu modeli rzeźby terenu okolic stanowisk 1 i 2 zaobserwowano wyraźnie rysujące się terasy osuwiskowe, będące pozostałością starych, nieaktywnych osuwisk. Są one szczególnie dostrzegalne przy zmianach oświetlenia rzeźby (ryc. 2). Na badanym odcinku 5 km stanowią one 30% długości zbocza.

## Wnioski

Przeprowadzone prace nad występowaniem i skalą ruchów masowych w okolicach Świecia potwierdzają istnienie obszarów o wzmożonej aktywności procesów geodynamicznych. Wykorzystanie zdjęć lotniczych i pochodnych NMT jest odpowiednim wstępem do rozpoznania procesu i pozwala na ocenę zmian strefy zboczowej w dłuższej perspektywie.

Na obu stanowiskach rozpoznano szereg ruchów masowych różnej genezy i wielkości, zachodzących w ciągu ostatnich 50 lat. Duże nachylenie zbocza, przekraczające miejscami 40°, południowa ekspozycja oraz pokrycie terenu przez trawy sprzyja erozji i powierzchniowym ruchom masowym, które stanowią przestrzenną przewagę. Bliższa analiza ich rozwoju wskazuje, że wkroczenie roślinności na aktywne zbocze sprawia, iż stok stabilizuje się, a spływy powierzchniowe oraz nasiąkania gruntów zostają w dużej mierze zahamowane. Rolę roślinności potwierdzają w pełni analogiczne przypadki z innych rejonów osuwiskowych o zbliżonych cechach morfologicznych i geologicznych (Wysokiński 1998). Obserwacja zdjęć pozwala również na dokładne określenie stanu zbocza przed zaistnieniem głębszych ruchów masowych o charakterze zsuwu, dając możliwość podjęcia próby ustalenia bilansu przemieszczonego gruntu. Wykorzystanie materiałów fotogrametrycznych ma jednak pewne ograniczenia utrudniające całościową interpretację przemieszczeń zbocza. Związane jest to z przypadkowością terminów wykonywania zdjęć. Stąd też nie jest znana aktywność przemieszczeń pomiędzy poszczególnymi nalotami. Okazało się to szczególnie istotne przy ocenie osuwiska na stanowisku w Wiągu, gdzie w dolnej partii zbocza koluwia wkraczają w koryto Wisły. Bez dokładnej daty wystąpienia ruchu nie jest możliwe określenie ich pierwotnego zasięgu, który mógł być zdecydowanie większy. Koluwia są bowiem wynoszone przez silnie działającą erozję boczną rzeki, szczególnie w trakcie trwania wyższych stanów wody.

Wykonany model rzeźby ułatwia obserwację i rozpoznanie starych teras osuwiskowych. Z uwagi na pokrycie terenu przez roślinność i niedostępność ob-

serwacja ich na zdjęciach lotniczych oraz w terenie często nie jest możliwa. Dzięki modelowi wyróżniono 6 teras osuwiskowych o rozmiarach od 150 do 370 m. Zastosowane metody okazały się dobrym wstępem do dalszych szczegółowych prac, szczególnie w przypadku braku innych źródeł informacji.

Badania w rejonie Świecia pozwolą na przewidywanie wystąpienia podobnych geozagrożeń na obserwowanym odcinku wysokiego brzegu Wisły. Rozpatrywany fragment zboczy między Świeciem a Sartowicami, długości 5 km, w 75% posiada bowiem podobne cechy morfometryczne i budowę geologiczną jak w miejscu wystąpienia omawianych osuwisk, a wykorzystanie ww. metod umożliwi wytypowanie potencjalnie zagrożonych miejsc.

## **Literatura**

- Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R. 1986. Interpretacja zdjęć lotniczych. PWN, Warszawa.
- Drozdowski D., Kopczyński S. 1992. Środowisko geograficzne regionu grudziądzkiego. Dzieje Grudziądzka. T. 1. Grudziądzkie Towarzystwo Kultury, Grudziądz.
- Furmańczyk K., Dudzińska-Nowak J., Prusak A. 2007. Geomatyczna baza danych technicznej ochrony brzegu morskiego. *Geologia i Geomorfologia*, 7: 231–237.
- Kleczkowski A. 1955. Osuwiska i zjawiska pokrewne. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Miłoszewska W., Kühn A. 1971. Katalog osuwisk województwo bydgoskie. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Rączkowski W. 2007. Zagrożenia osuwiskowe w polskich Karpatach. *Przegląd Geologiczny*, 55, 8: 638.
- Szakowski I., Benedyczak R. 2007. Opracowanie scenariuszy erozji brzegu i jej skutków w okolicach Trzęsacza w latach 2005–2105 przy użyciu narzędzi geoinformacyjnych. *Roczniki Geomatyki*, V, 1: 105–111.
- Wysokiński L. 1998. Zabezpieczenie Skarpy Płockiej. [W:] *Przemieszczenia Skarpy Płockiej*. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, s. 95–151.