

Mapa podatności osuwiskowej — studium z rejonu Jodłówki (Pogórze Dynowskie)

Mirosław Kamiński*



Landslide susceptibility map: a case study from the Jodłówka region (Dynowskie Foothills). *Prz. Geol.*, 55: 779–784.

S u m m a r y . The Jodłówka region is located in the north-eastern part of the Dynowskie Foothills. The region is characterized by a very high density of landslides and is composed of Cretaceous-Tertiary sediments of the Skole Nappe. The Inoceraman Beds are the dominant lithological unit overlain with the Variegated Shales. The present paper focuses on the influence of geological and geomorphological factors upon the landslide occurrence on a local scale. The analysis is based on digital data set including active landslides as well as various types of digital elevation models (DTM), aerial photography and geological maps. These data were combined to compute landslide susceptibility map using index methods.

Key words: spatial analysis, landslide susceptibility map, landslides, aerial photography, Dynowskie Foothills

Do tej pory nie podjęto próby opracowania i wygenerowania w systemie GIS mapy podatności osuwiskowej w Karpatach fliszowych i innych obszarach Polski, na których występują miększe utwory czwartorzędowe. W wielu gminach i powiatach położonych na obszarze Pogórza Dynowskiego nie ma aktualnych danych na temat rozmieszczenia osuwisk. Informacje takie są istotne dla planowania przestrzennego, a także potrzebne do zapobiegania katastrofom wywołanym osuwiskami.

Najskuteczniejszym sposobem walki ze skutkami ruchów masowych jest wykluczenie z ich zasięgu wszelkiej działalności gospodarczej. W rzeczywistości jest to trudne, ponieważ wiele budynków, mostów, dróg, linii kolejowych, energetycznych i telefonicznych zostało usytuowanych na obszarach występowania ruchów masowych. Dlatego jest bardzo ważne opracowanie map podatności osuwiskowej, które to w przyszłości mogłyby być wykorzystywane w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego.

Jedną z popularniejszych metod statystycznych sporządzania map podatności osuwiskowej jest metoda wielokrotnego podejmowania decyzji, tzw. *weights of evidence* (Bonham-Carter i in., 1989). Jest ona oparta na logarymiczno-linearniej wersji teorii warunkowego prawdopodobieństwa Bayesa. Metodę tę zastosowano do analizy terenów podatnych na osuwiska w prowincji Lanzhou, położonej w północno-zachodniej części Chin (Derbyshire i in., 2000). W Polsce użyto jej do modelowania terenów podatnych na ruchy masowe na obszarze testowym Bystrzanka–Biczyska w Beskidzie Niskim w Karpatach (Mrozek i in., 2005).

Celem badań autora było wstępne, pilotażowe opracowanie mapy podatności osuwiskowej obszarów o miększej pokrywie czwartorzędowej, położonych na Pogórze Dynowskim w rejonie potoku o nazwie Jodłówka. Do modelowania GIS zastosowano metodę statystyczną, zwaną indeksową (Thurston & Degg, 1996).

Położenie i zarys budowy geologicznej obszaru badań

Obszar badań znajduje się w północno-wschodniej części Pogórza Dynowskiego (ryc. 1). Osuwiska rozciągają się po obu stronach doliny potoku Jodłówki, który ma prze-

bieg NEE–SWW, czyli zgodny z kierunkami przebiegu uskoku w tej części jednostki skolskiej (Gucik i in., 1982).

Podłoże fliszowe osuwisk stanowią tutaj utwory kredowe, występujące w postaci kompleksów litologicznych warstw inoceramowych nierozdzielnych. Jest to drobnorytmiczny flisz łupkowo-piaskowcowy. Ławice piaskowcowe są twarde, glaukonitowe, o spoiwie wapnistym. Kompleksy łupkowe są wykształcone w postaci łupków popielatoszarych, pstrych i niekiedy zielonawych. Ze względu na taką litologię jest to obszar podatny na rozwój osuwisk.

W trakcie kartowania geologicznego utworów czwartorzędowych stwierdzono oprócz koluwiów osuwiskowych liczne utwory deluwialne oraz zwietrzelinowe. Efektem tych prac było wykreślenie powierzchniowego szkicu geologicznego (ryc. 2). Szczególną uwagę zwrócono na rozmieszczenie miększych deluwii, ponieważ w odpowiednich warunkach morfologicznych i atmosferycznych zajmowane przez nie obszary są predysponowane do powstania osuwisk.

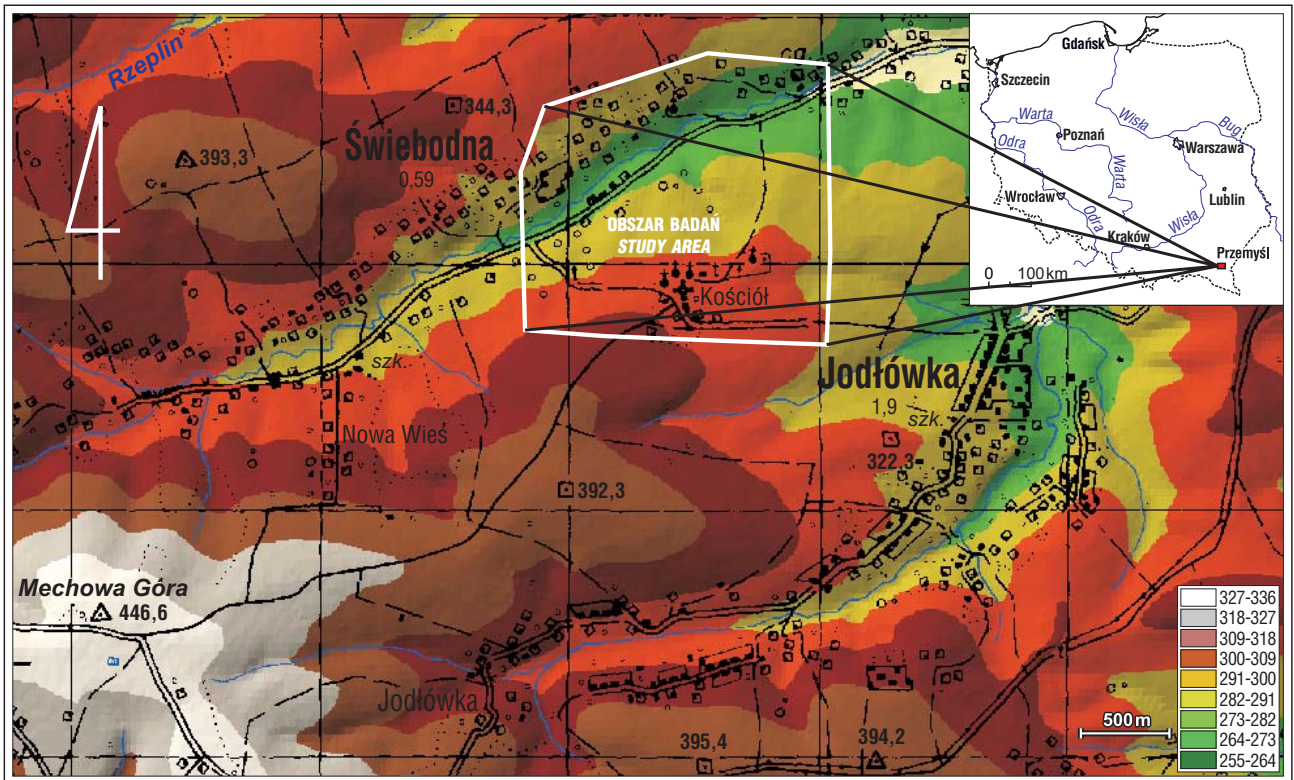
Po wykonaniu sond mechanicznych stwierdzono, że na grzbietach miększość pokrywy czwartorzędowej wynosi od 2 do 4 m, a u podnóża stoku osiąga ona ponad 8 m. Materiał koluwalny osuwisk składa się z glin, ilów, rumożu, głazów i bloków osuniętych warstw inoceramowych oraz pstrych łupków. Powierzchnia odklucia występuje zarówno w obrębie pokryw czwartorzędowych, na kontakcie utworów czwartorzędowych ze skałami fliszowymi, jak również w samym podłożu fliszowym. Szczegółowe informacje na temat budowy geologicznej tego regionu są zamieszczone w opracowaniach Wdowiarza (1948), Gucika i in. (1982) oraz Kamińskiego i Piotrowskiej (2003).

Osuwiska

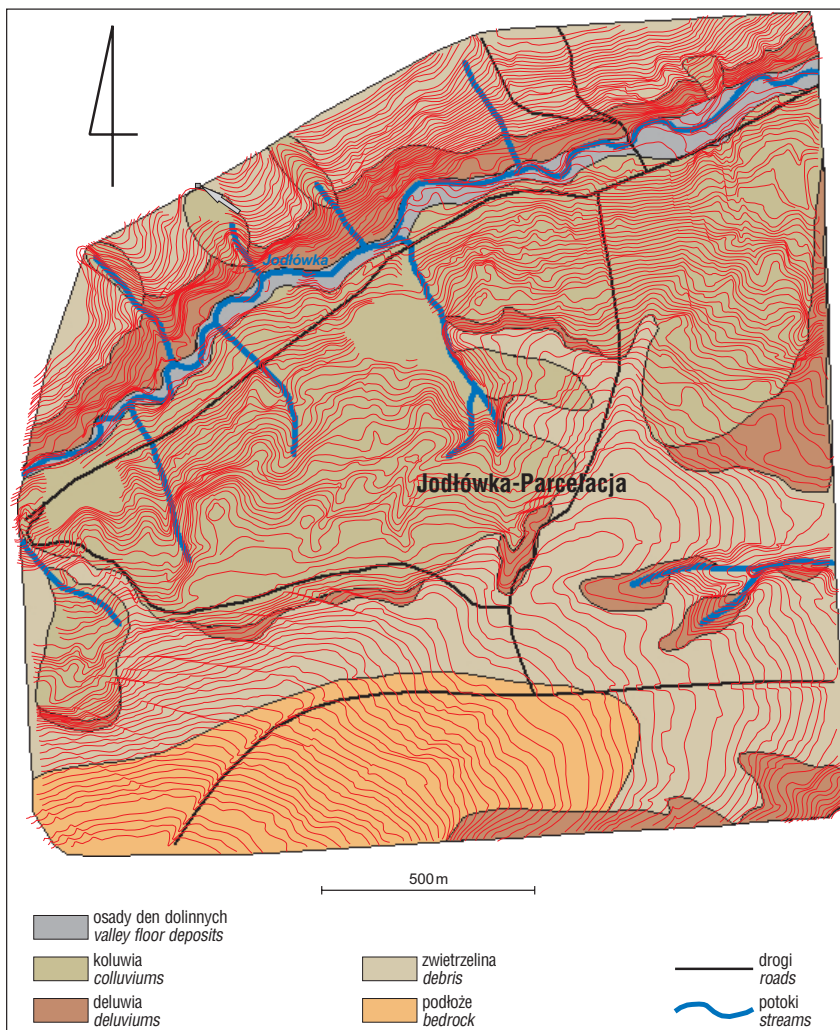
W celu scharakteryzowania ruchów masowych posłużono się nomenklaturą Kleczkowskiego (1955) i Varnesa (1978).

Do powstawania lub uaktywniania się na omawianym obszarze wielu osuwisk przyczyniły się katastrofalne opady deszczu w lipcu 1997 r., wiosną 2000 r., w lipcu 2001 r., a także na przełomie lipca i sierpnia 2004 r. Również duże opady mokrego śniegu, długo zalegającego wiosną 2001 r., uruchomiły osuwiska. Zagrożają one okolicznym drogom, budynkom oraz sanktuarium Matki Boskiej Pocieszenia w Jodłówce, do którego przybywają liczne pielgrzymki.

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; mirosław.kaminski@pgi.gov.pl



Ryc. 1. Położenie obszaru badań na tle mapy cieniowanej
 Fig. 1. Location of the study area on the shaded relief map



Występujące na omawianym obszarze osuwiska znajdują się w strefie nasunięcia karpackiego. Rozpoczynają się one wyraźnymi niszami (od 2 do 5 metrów głębokości) i czołami schodzą subsekwentnie do dolin. Występują na stokach o ekspozycjach północnych i południowych. Osuwiska położone na stoku o ekspozycji północnej stanowią zespoły połączonych wspólnymi niszami osuwisk o łącznej powierzchni około 82 ha. Koluwia osuwiskowa są rozwinięte zarówno w utworach fliszowych, jak i w pokrywie czwartorzędowej. Osuwiska, które powstały w utworach czwartorzędowych, są płytsze i mniejsze, ale za to częściej występują i zagrażają lokalnej infrastrukturze. Osuwiska strukturalne, które rozwinęły się w podłożu fliszowym, są w większości for-



Ryc. 2. Szkic geologiczny zakryty
 Fig. 2. Geological sketch map

mami starymi i mają obecnie drugorzędne znaczenie. Świadczą o tym następujące fakty:

- ❑ znaczny stopień zatarcia szczegółów morfologicznych — tylko w niektórych miejscach zachowały się wyraźne w morfologii krawędzie nisz osuwiskowych;
- ❑ brak widocznych form akumulacji koluwalnej;
- ❑ silnie rozwinięte złaziska.

Na stoku o ekspozycji południowej występują głównie osuwiska mniejsze i płytsze, rozwinięte w lejach źródłowych potoków. Należą one do grupy osuwisk małych, o powierzchniach około 1,6 ha. Osuwiska te stanowią mniejsze zagrożenie dla lokalnych dróg i zabudowań.

Współczesnym ruchom osuwiskowym podlegają zarówno nowe obszary, jak również ulegają odmłodzeniu stare koluwa osuwiskowe. Zdaniem autora, obecnie czynnikami najbardziej sprzyjającymi tworzeniu się bądź odmłodzeniu osuwisk na omawianym obszarze są miąższe pokrywy czwartorzędowe (zwłaszcza deluwialne) oraz odpowiednie nachylenie i ekspozycja terenu, w połączeniu z katastrofalnymi opadami atmosferycznymi, które wzmagają erozyjną działalność potoków.

Według Gila i Starkla (1979), długotrwałe opady deszczu o średnich natężeniach 0,05–0,20 mm/min. i sumach 100–300 mm prowadzą do upłynniania pokryw i powstawania spływów ziemnych, zerw z osiadania i uruchamiania osuwisk.

Mapa aktywności osuwisk

Aby wykonać mapę aktywności osuwisk, posłużono się fotogrametrycznym, dokładnym modelem cyfrowym terenu, mapami topograficznymi w skali 1 : 10 000, zdjęciami lotniczymi w skali 1 : 13 000 oraz badaniami i obserwacjami terenowymi. Mapa aktywności osuwisk jest niezbędnym materiałem służącym do konstrukcji mapy podatności osuwiskowej.

Firma *Eurosense* wykonała fotogrametryczny model cyfrowy terenu badań ze stereopar zdjęć lotniczych w skali 1 : 13 000 pochodzących z 2002 r.

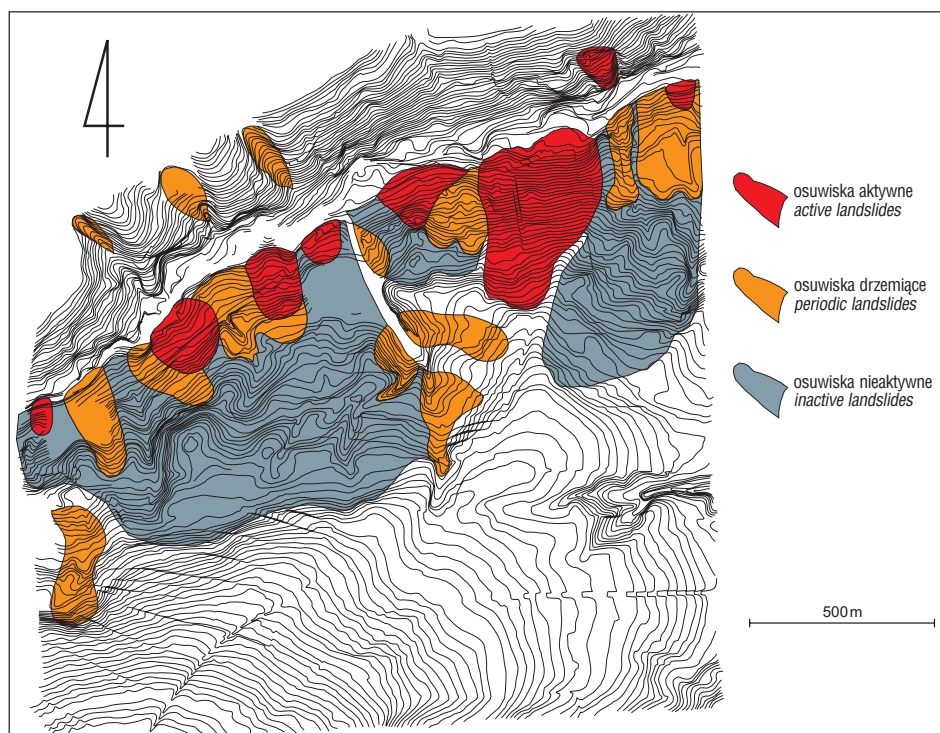
W wygenerowanym fotogrametrycznym modelu cyfrowym terenu osiągnięto dokładność 1 metra dla rzędnych x , y i 1,5 metra dla rzędnej wysokościowej z . Aerotriangulacja nalotu nad terenem została wykonana w systemie *Socet Set* na stacji fotogrametrycznej DELL metodą półautomatyczną. Pomiar terenowy fotopunktów został przeprowadzony techniką GPS. Rysunek poziomicowy modelu cyfrowego terenu wykonało dwóch niezależnych operatorów na stacji fotogrametrycznej *Softplotter* oraz stacji *Socet Set*.

Rozpoznanie osuwisk w badanym terenie jest trudne. Ruchy złaziskowe pokrywy czwartorzędowej maskują ślady świadczące o istnieniu osuwisk. Ponadto północne stoki Pogórza Dynowskiego są użytkowane rolniczo, w związku z tym powierzchnie osuwiskowe są wyrównywane przez orkę gruntów. W rezultacie ślady ruchów masowych są zacierane. Do wstępnej interpretacji zastosowano technikę 3D, polegającą na podświetlaniu modelu cyfrowego terenu z różnych kierunków i kątów. W ten sposób wyznaczono wstępnie przebieg nisz osuwiskowych. Warstwa wektorowa z niszami została przeniesiona na czarno-białe zdjęcie lotnicze w skali 1 : 5 000 i skalibrowana w układzie 1992. Następnie prześledzono rozwój nisz osuwiskowych na stereoparach zdjęć lotniczych pochodzących z lat 1965, 1983 oraz 2002. W trakcie badań terenowych skorygowano i doprecyzowano przebiegi krawędzi nisz osuwiskowych.

Efektom końcowym prac było wykonanie mapy aktywności osuwisk w rejonie Jodłówki w skali 1 : 10 000 (ryc. 3). Wyróżniono na niej osuwiska aktywne, drzemiące i nieaktywne.

Integracja i przetwarzanie danych przestrzennych w systemie GIS

Do modelowania terenów predysponowanych do osuwania się pokryw czwartorzędowych użyto trzech czynników biernych, zintegrowanych w systemie GIS: nachyleń terenu, kierunków ekspozycji terenu oraz powierzchniowej budowy geologicznej. Za wyborem tych trzech czynni-



Ryc. 3. Mapa aktywności osuwisk w rejonie Jodłówki
Fig. 3. Landslide activity map of the Jodłówka region

ków przemawia fakt, że jest to obszar o mięjszych pokrywach czwartorzędowych, w obrębie których rozwijają się lub aktywują osuwiska.

Dane morfologiczne o badanym obszarze pozyskano z fotogrametrycznego modelu cyfrowego terenu. Informacje na temat budowy geologicznej uzyskano z wykonanej wcześniej powierzchniowej mapy geologicznej w skali 1 : 10 000. Wszystkie trzy warstwy tematyczne zostały zintegrowane i przetworzone w systemie GIS do formatu gridowego — 5 metrów = pixel (ryc. 4).

Konstrukcja mapy podatności osuwiskowej

W programie *ArcView Model Builder* przeprowadzono wagowanie warstw tematycznych i obliczono indeksy osuwiskowości oraz wpływ danej warstwy tematycznej na możliwość tworzenia się osuwisk. Wagowanie jest procesem wieloetapowym.

Najpierw w każdej z warstw tematycznych (nachylenie, ekspozycja terenu i mapa geologiczna) wyróżniono klasy (atrybuty). Do szacowania osuwiskowości klas zastosowano metodę indeksową (Thurston & Degg, 1996), według wzoru:

$$Index(x) = \frac{[(A / B)]}{[(C / D)]} \times 100\%$$

gdzie: A może oznaczać dowolną klasę w warstwie tematycznej — np. północną ekspozycję terenu — wówczas:

A — powierzchnia osuwiskowa o północnej ekspozycji terenu

B — całkowita powierzchnia północnej ekspozycji terenu

C — całkowita powierzchnia zajęta przez aktywne osuwiska

D — całkowita powierzchnia obszaru badań

Do dalszych etapów wykonywania mapy zagrożeń zastosowano w formie wektorowej mapę aktywności osuwisk w skali 1 : 10 000. Mapa ta została nałożona na

poszczególne warstwy tematyczne (nachylenie terenu, ekspozycja terenu i mapa geologiczna), w celu obliczenia ich indeksów osuwiskowości. Do dalszych rozważań wybrano tylko aktywne osuwiska, ponieważ są one świadectwem przemieszczeń zachodzących obecnie w gruncie. Powierzchnia zajmowana przez aktywne osuwiska wyniosła 11,1 ha, a całkowita powierzchnia terenu 157,6 ha. Dzieląc wartość powierzchni zajętej przez osuwiska przez całkowitą powierzchnię obszaru badań (C/D), obliczono wskaźnik osuwiskowości badanego terenu, który wyniósł 7,04%. Posługując się przedstawionym wzorem, obliczono indeksy osuwiskowości poszczególnych warstw tematycznych: mapy ekspozycji terenu (tab. 1), mapy nachyleń terenu (tab. 2),

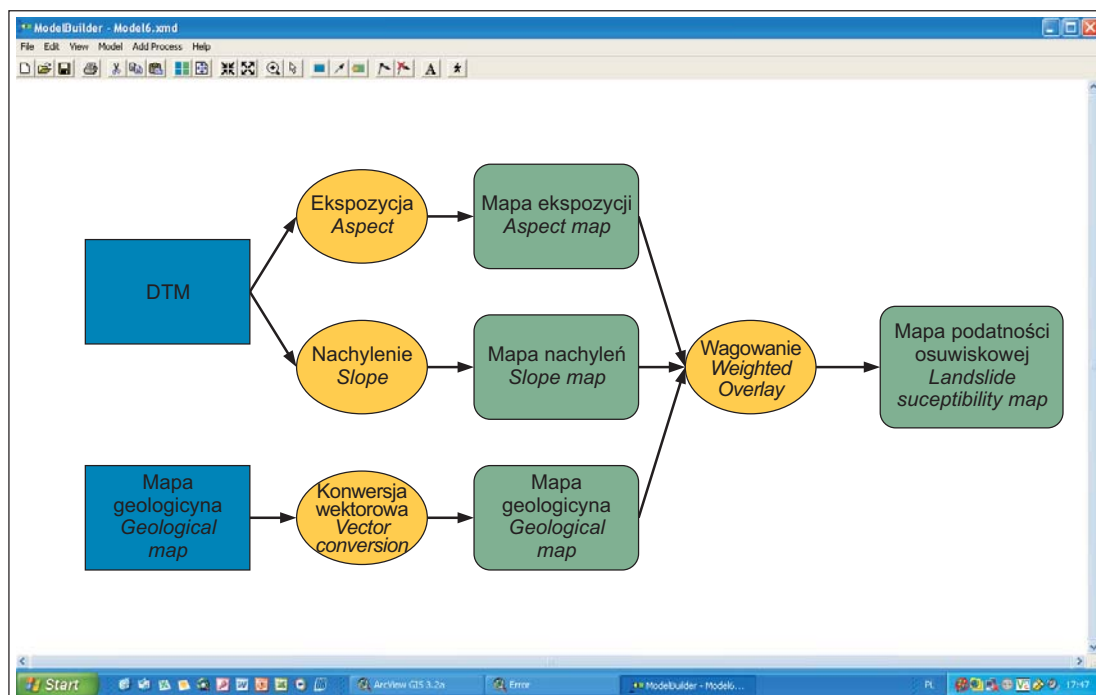
Tab. 1. Wartości indeksu (x) dla każdej z klas mapy ekspozycji terenu

Table 1. Index values (x) for each class of the aspect map

| Mapa ekspozycji terenu <i>Aspekt map</i> | | |
|---|--------|--|
| Klasa <i>Class</i> | A*/B** | Wartość indeksu (x) <i>Index value (x)</i> [%] |
| N | 0,3247 | 4,6128 |
| NE | 0,3232 | 4,5913 |
| E | 0,2725 | 3,8714 |
| SE | 0,1138 | 1,6178 |
| S | 0,0705 | 1,0018 |
| SW | 0,1230 | 1,7485 |
| W | 0,1839 | 2,6124 |
| NW | 0,2776 | 3,9439 |

*powierzchnia osuwiskowa danej klasy ekspozycji terenu, **całkowita powierzchnia danej klasy ekspozycji terenu

*landslide area of the given class of slope aspect, **total area of the given class of slope aspect



Ryc. 4. Metoda tworzenia mapy podatności osuwiskowej w programie Model Builder
Fig. 4. A method of creation of landslide susceptibility map in the Model Builder

Tab. 2. Wartości indeksu (x) dla każdej z klas mapy nachyleń terenu

Table 2. Index values (x) for each class of the slope map

| Mapa nachyleń terenu <i>Slope map</i> | | |
|--|--------|--|
| Klasa <i>Class</i> | A*/B** | Wartość indeksu (x) <i>Index value (x)</i> [%] |
| 0°–7° | 0,1275 | 1,8124 |
| 7°–15° | 0,3331 | 4,7328 |
| 15°–22° | 0,3250 | 4,6175 |
| 22°–30° | 0,2000 | 2,8419 |
| 30°–37° | 0,1159 | 1,6473 |
| 37°–45° | 0,1233 | 1,7519 |
| 45°–52° | 0,0786 | 1,1172 |
| 52°–60° | 0,0705 | 1,0019 |

*powierzchnia osuwiskowa danej klasy nachyleń terenu, **całkowita powierzchnia danej klasy nachyleń terenu

*landslide area of the given class of slope, **total area of the given class of slope

powierzchniowej mapy geologicznej (tab. 3). Obliczone wartości indeksu stały się podstawą do określenia stopnia podatności osuwiskowej. Zdefiniowano skalę podatności osuwiskowej od 1 do 5:

- 1 — bardzo mała podatność;
- 2 — mała podatność;
- 3 — średnia podatność;
- 4 — duża podatność;
- 5 — bardzo duża podatność.

Zsumowane wartości stopni podatności osuwiskowej poszczególnych warstw tematycznych wynosiły:

- mapy kierunków ekspozycji stoków — 28;
- mapy nachyleń terenu — 26;
- mapy geologicznej — 11.

Tab. 3. Wartości indeksu (x) dla każdej z klas mapy geologicznej

Table 3. Index values (x) for each class of the geological map

| Mapa geologiczna <i>Geological map</i> | | |
|--|--------|--|
| Klasa <i>Class</i> | A/B | Wartość indeksu (x) <i>Index value (x)</i> [%] |
| Osady den dolinnych <i>Valley floors deposits</i> | 0,0803 | 1,1417 |
| Koluwium <i>Colluvium</i> | 0,2568 | 3,6491 |
| Deluwium <i>Deluvium</i> | 0,3187 | 4,5412 |
| Zwierzelina <i>Debris</i> | 0,0768 | 1,0912 |
| Podłoże <i>Bedrock</i> | 0,0710 | 1,0098 |

*powierzchnia osuwiskowa danej klasy mapy geologicznej,

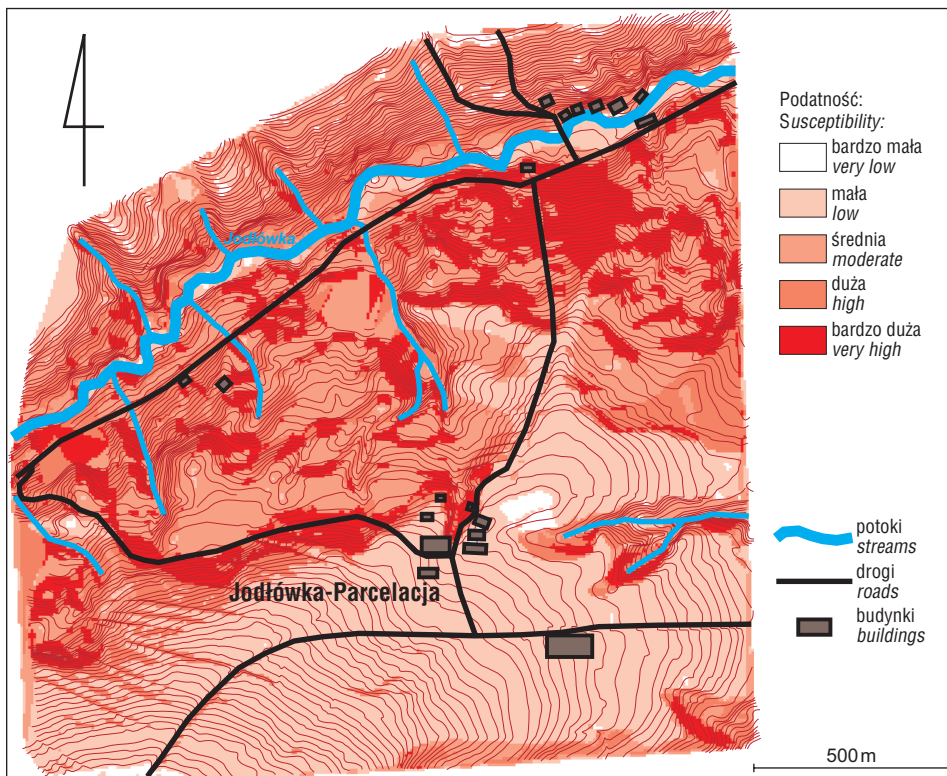
**całkowita powierzchnia danej klasy mapy geologicznej

*landslide area of the given class of geological map, **total area of the given class of geological map

Tab. 4. Wpływ warstw tematycznych na tworzenie się osuwisk

Table 4. Influence of values of thematic layers on landslide formation

| Wpływ każdej z warstw tematycznych na tworzenie się osuwisk <i>Influence of each thematic layer on landslide formation</i> [%] | |
|--|----|
| Mapa ekspozycji <i>Aspect map</i> | 43 |
| Mapa spadków terenu <i>Slope map</i> | 40 |
| Mapa geologiczna <i>Geological map</i> | 17 |



Ich suma wyniosła 65. Dzieliąc przez tę liczbę zsumowane wartości podatności osuwiskowej poszczególnych warstw obliczono wpływ każdej warstwy tematycznej na możliwość tworzenia się osuwisk (tab. 4).

W wyniku wagowania 3 warstw tematycznych (mapy geologicznej, nachyleń i ekspozycji terenu) wygenerowano w systemie GIS mapę podatności osuwiskowej w rejonie potoku Jodłówka (ryc. 5).



Ryc. 5. Mapa podatności osuwiskowej rejonu Jodłówki
Fig. 5. Landslide susceptibility map of the Jodłówka region

Dyskusja

Na omawianym obszarze osuwiska zajmują stosunkowo duże powierzchnie. Z opracowania Bobera (1984) wynika, że jednostka skolska charakteryzuje się małą osuwiskowością powierzchniową — od 0,9% do 2,9%. Rezultaty badań niewielkiego wycinka tej jednostki wskazują na znacznie większy udział osuwisk, niż dotychczas przyjmowano (wskaźnik osuwiskowości wynosi 7%). Do podobnych wniosków doszli Wójcik i Zimnal (1996), badając tereny położone wzdłuż doliny Sanu, między Bachórcem a Reczpołem.

Obserwacje terenowe skłoniły autora do stwierdzenia, że obecnie na badanym obszarze, usytuowanym w strefie nasunięcia karpackiego, częściej tworzą się i reaktywują osuwiska w obrębie pokryw czwartorzędowych niż w podłożu fliszowym. Powierzchnia poślizgu następuje zazwyczaj na granicach litologicznych, w obrębie samej pokrywy i na granicy z podłożem fliszowym, jak również w skałach podłoża. Warto zaznaczyć, że rejon ten jest predysponowany do powstawania osuwisk także z powodu litologii podłoża (flisz łupkowo-piaskowcowy warstw inoceramowych nierozdzielnych), jak również dużego udziału tektoniki nieciągłej. Uwzględnienie tych czynników w modelowaniu GIS wpłynęłoby na pełniejszy obraz mapy podatności osuwiskowej, ale wymaga to osobnych, szczegółowych badań, które to autor będzie kontynuował. Zapewne tam, gdzie deluwia mają mniejszą miąższość, a w podłożu fliszowym występują łupki, to głównie one decydują o podatności na tworzenie się osuwisk.

W konstrukcji modelu mapy podatności osuwiskowej nie uwzględniono również wpływu roślinności. Oddziaływanie jej na rozwój procesów osuwiskowych zależy z jednej strony od typu pokrywy roślinnej (np. gęstości pokrycia roślinnego), a z drugiej strony od wpływu gospodarki człowieka (np. wycinki lasów czy uprawy gleby). Uchwycenie wpływu roślinności na rozwój osuwisk wymaga odrębnych, specjalistycznych badań.

Wyniki analizy przestrzennej modelu cyfrowego terenu dowodzą, że na badanym terenie najbardziej sprzyjające powstawaniu osuwisk wartości indeksów (x) mają obszary o ekspozycjach: północnych (4,6%), północno-wschodnich (4,5%) oraz północno-zachodnich (3,9%) — patrz tab. 1. Należy sądzić, że na stokach północnych dłużej zalega śnieg. Po śnieżnych i mroźnych zimach na północnych stokach o sprzyjających nachyleniach terenu oraz odpowiedniej budowie geologicznej (np. duży udział w budowie fliszu łupkowego oraz miąższe deluwia) może dochodzić do reaktywowania się starych osuwisk lub tworzenia nowych nisz osuwiskowych.

Najbardziej sprzyjające powstawaniu osuwisk wartości indeksu (x) zanotowano dla nachyleń w przedziałach 7°–15° (4,7%) oraz 15°–22° (4,6%) — patrz tab. 2. Na terenie pogórza karpackiego osuwiska tworzą się najczęściej na stokach o takich nachyleniach.

Zaznacza się również silny związek między występowaniem deluwii (4,5%) a rozwojem osuwisk (tab. 3). Na omawianym obszarze utwory te zajmują znaczne

powierzchnie i osiągają miąższość 8 metrów. Powstawały one od schyłku zlodowacenia północnopolskiego aż po czasy współczesne. Materiał budujący miąższe pokrywy deluwialne pochodzi ze spłukiwania osadów zwietrzelinowych. Zalegające na zboczu deluwia są wypłukiwane przez wody deszczowe z najdrobniejszych cząstek mineralnych, które są deponowane w niższej części zbocza lub u ich podnóża. Efektem działania tego procesu jest osłabienie konsystencji osadu. W rezultacie osad jest bardziej podatny na przemieszczenie w dół stoku.

Wnioski

□ Opracowana mapa podatności osuwiskowej przedstawia przestrzenne rozmieszczenie obszarów o różnym stopniu podatności na osuwanie. W zasięgu bardzo dużego zagrożenia znalazły się lokalne drogi oraz liczne zabudowania.

□ Mapy podatności osuwiskowej powinny być wykonane w skali 1 : 10 000 pod kątem planowania przestrzennego dla gmin, w których istnieje zagrożenie występowania osuwisk.

□ Przedstawiona metoda indeksowa modelowania obszarów podatnych osuwiskowo stwarza możliwości dalszych badań. Należałoby ocenić, jaki jest wpływ na wynik modelowania innych czynników, np. gęstości sieci rzecznej, wegetacji, uskoków i litologii podłoża fliszowego oraz miąższości pokrywy czwartorzędowych.

Literatura

- BOBER L. 1984 — Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biul. Inst. Geol.*, 340: 115–162.
- BONHAM-CARTER G.F., AGTENBERG F.P. & WRIGHT D.F. 1989 — Weight of evidence modeling: A new approach to mapping mineral potential. *Geol. Survey of Canada Paper*, 89–9: 171–183.
- DERBYSHIRE E., MENG X. & DIJKSTRA T. 2000 — Landslides in the Thick Loess Terrain of North-West China. *John Wiley & Sons*.
- GIL E. & STARKEL L. 1979 — Long-term extreme rainfalls and their role in the modeling of flysh slopes. *Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan.*, 31: 143–158.
- GUCIK S., PAUL Z., ŚLĄCZKA A. & ŻYTKO K. 1982 — Mapa geologiczna Polski w skali 1 : 200 000, ark. Przemysł–Kałników. CAG PIG., Warszawa.
- KAMIŃSKI M. & PIOTROWSKA K. 2003 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000 ark. Kańczuga. CAG PIG., Warszawa.
- KLECKOWSKI A. 1955 — Osuwiska i zjawiska pokrewne. *Wyd. Geol.*
- MROZEK T., WÓJCIK A., RĄCZKOWSKI W., NEŚCIERUK P., ZIMNAL Z., GIL E., BOCHENEK W. & ZABUSKI L. 2005 — Osuwiska okolic Symbarku — aplikacyjne aspekty projektu „Alarm”. VII Zjazd Geomorfologów Polskich. Kraków, 19–22 września 2005.
- THURSTON N. & DEGG M. 1996 — Many a slip: Landslide hazard mapping in Derbyshire. *Mapping Awareness*, 10 (9): 28–31.
- VARNES D.J. 1978 — Slope Movement Types and Processes. [In:] Schuster R.L. & Krizek R.J. (eds), *Landslides: Analysis and Control*. Special Rep. 176. Transportation Research Board, Nat. Acad. of Science, Washington.
- WDOWIARZ J. 1948 — Budowa geologiczna Karpat w okolicy Dubiecka i Krzywicy. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 10: 1–24.
- WÓJCIK A. & ZIMNAL Z. 1996 — Osuwiska wzdłuż doliny Sanu między Bachórczem a Reczpołem (Karpaty, Pogórze Karpackie). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 374: 77–91.

Praca wpłynęła do redakcji 21.08.2006 r.
Akceptowano do druku 28.06.2007 r.