

Badanie ruchów terenu zagrożonego deformacjami nieciągłymi

## Z głębi ziemi

Zapadliska są jednym z rodzajów deformacji, jakie pojawiają się na powierzchni terenu. Pierwotną przyczyną ich powstania mogą być naturalne procesy zachodzące w głębi ziemi lub zmiany wywołane działalnością człowieka.

**N**iezależnie od genezy zapadliska przyjmują postać wgłębień lub dziur. Występują w różnych rejonach świata – w Stanach Zjednoczonych, Meksyku, Chinach, Rosji czy na Bliskim Wschodzie. Wiele z nich – ze względu na imponujące rozmiary i niezwykle formy – stanowi atrakcje turystyczne. Jednak nowo formujące się zapadliska mogą stanowić duże zagrożenie dla bezpieczeństwa, głównie ludzi, gdyż powstają nagle i w trudnych do przewidzenia rejonach.

Taki też problem pojawił się w rejonie Olkusza. W wyniku zamykania i zalewania nieczynnej już kopalni głębinowej na powierzchni terenu zaczęły pojawiać się zapadliska. Choć było to do przewidzenia, określenie momentu oraz konkretnego miejsca wystąpienia

zapadlisk nadal stanowi duże wyzwanie i nierozwiązany problem.

### • Czy możemy przewidzieć zapadliska?

Zagadnieniem tym zainteresowali się studenci z Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH w ramach prac Koła Naukowego Geodetów „Dahlta”. Wsparci przez rektora AGH dofinansowaniem, przystąpili do realizacji projektu pn. „Z głębi ziemi – badanie ruchów terenu zagrożonego deformacjami nieciągłymi”. Celem przedsięwzięcia była obserwacja rejonu formujących się zapadlisk na terenach historycznej eksploatacji surowców mineralnych z wykorzystaniem geodezyjnych technologii pomiarowych.

Jako obszar badań wytypowano okolicę Olkusza, gdzie w styczniu 2022 roku



Niwelacja precyzyjna w okolicach Olkusza

wystąpiło pierwsze w tym rejonie zapadlisko – blisko drogi krajowej nr 94 w obrębie pobliskiego lasu. Kolejne zaobserwowane deformacje skłoniły zarządcę do wprowadzenia zakazu wstępu na te tereny. Powstanie zapadlisk związane było z likwidacją kopalni „Olkusz-Pomorzany” i rozpoczęciem procesu zatapiania wyrobisk górniczych. Woda powoli lub szybko zaczyna wracać do stanu pierwotnego w warstwach wodonośnych, zmieniając ustalony wcześniej stan naprężenia. Dodatkowo migrująca woda może powodować wypłukiwanie materiału luźnego, takiego jak piasek, i tym samym inicjalizować proces formowania się zapadliska.

Z uwagi na charakter zjawiska oraz występowanie zapadlisk w sąsiedztwie obszarów zamieszkałych oraz głównych dróg zaplanowano terenowe pomiary geodezyjne. Były one wykonywane w okresie od czerwca do października 2022 roku. W ramach prac przeprowadzono niwelację precyzyjną dwukilometrowej linii obserwacyjnej w rejonie miejscowości Hutki. Łącznie wykonano trzy pomiary w odstępach dwumiesięcznych, wyznaczając przyrostowe wartości wysokości. Skala ruchów wyznaczonych dla badanych punktów mieściła się w przedziale od  $-4$  mm do  $+4$  mm. Pomiar niwelacyjny nie wykazał przemieszczeń, które można by wiązać z pobliskim procesem zapadliskowym.

## • Z góry widać więcej

Ponadto w ramach projektu studenci z KNG Dahlta nawiązali współpracę ze spółką Czarski Trade Polska, która wykonała nalot fotogrametryczny w rejonie największego zapadliska. Dzięki wykorzystaniu bezzałogowego statku latającego możliwe stało się przebadanie deformacji bez konieczności wejścia na teren zamknięty. Efektem współpracy z firmą CTP jest model prezentujący rejon zapadliska. Studenci stworzyli również krótki filmik, który nie tylko służy do wizualizacji danych, ale również pozwala zobaczyć zmiany w morfologii terenu. Film dostępny jest pod adresem <https://tiny.pl/wv4j8>

Na podstawie wygenerowanej chmury punktów można zauważyć, że drzewa rosnące wokół zapadliska są przechyłone w jego stronę. Może to w przyszłości skutkować powiększeniem się zapadliska. Model z nalogu został też porównany z danymi lidar pobranymi z serwisu Geoportal.gov.pl. Dzięki temu udało się określić przybliżoną głębokość (około 17 m), średnicę (ok. 75 m) oraz objętość zapadliska (ok. 20 tys. m<sup>3</sup>), bez konieczności bezpośredniego wejścia w rejon zagrożenia. Należy jednak pamiętać, że



Chmura punktów pozyskana z drona przedstawiająca zapadlisko w okolicach Olkusza

są dane przybliżone. Ze względu na dużą liczbę zniszczonych drzew możliwość identyfikacji centrum zapadliska jest utrudniona.

## • Co dalej?

Projekt zrealizowany przez studentów AGH oczywiście nie rozwiązuje tak złożonego problemu, jakim jest ocena zagrożenia oraz możliwość prognozowania zapadlisk. Zachęcił jednak studentów do dalszego zgłębiania tego tematu. Czy z wykorzystaniem technik geodezyjnych możliwa jest obserwacja procesu zapadliskowego? Czy istnieją mierzalne sygnały, które wskazywałyby na inicjalizację procesu deformacji? Czy możliwa jest budowa systemu wczesnego ostrzegania przed zapadliskami? Odpowiedzi na tak postawione pytania studenci razem z naukowcami z AGH poszukają w ramach kolejnego grantu pn. „Nowy algorytm wykrywania prekursorów zapadliska” finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu SONATA-17 (2021/43/D/ST10/02048).

W tematyce zapadlisk pozostaje jeszcze wiele kwestii do rozważenia i rozwiązania. Pozostaje mieć nadzieję, że wyniki zarówno studenckiego projektu, jak i rozpoczętych badań w Katedrze Ochrony Terenów Górniczych, Geoinformacji i Geodezji Górniczej AGH w Krakowie przyczynią się do lepszego zrozumienia mechanizmu powstawania zjawiska zapadliskowego, a tym samym przybliżą nas do budowy systemu wczesnego ostrzegania przed tym zagrożeniem.

**Michał Barcik, Martyna Bartzak**  
KNG Dahlta, WGGiIŚ AGH  
Dr inż. Wojciech T. Witkowski  
WGGiIŚ AGH

Prezentacja podsumowująca projekt „Z głębi ziemi” zajęła I miejsce na 63. Barbórkowej Konferencji Studenckich Kół Naukowych AGH (8 grudnia 2022 r.) oraz III miejsce w konkursie referatów podczas VII Forum Uni-Biznes Geodezja Przedsiębiorcy Studenti na AGH (9 grudnia 2022 r.; więcej w GEODECIE 1/2023)