

# Studenci mierzą Tatry

W ramach akcji „Lato 2014” członkowie Koła Naukowego Geodetów „Dahlta” działającego przy Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie zorganizowali dwa obozy tatrzańskie obejmujące trzy obiekty: masyw Mnicha, Jaskinię Mylną i Dolinę Gaśienicową.

**Monika Daroch, Paweł Wiącek,  
Radosław Zajdel**

Obozy tatrzańskie to jedne z najstarszych projektów naukowych prowadzonych przez krakowskich studentów geodezji. Historia ich organizacji oraz współpracy z Tatrzańskim Parkiem Narodowym sięga inwentaryzacji Jaskini Czarnej w latach 1972-73. Od tamtej pory tego typu przedsięwzięcia organizowane są regularnie. Opracowano m.in. dokładne modele stożków piargowych, badano głębokość jezior, sprawdzano stan konstrukcji inżynierskich. Przez dziesiątki lat udało się stworzyć operaty niejednokrotnie wykorzystywane przez stowarzyszenia i jednostki badawcze.

Głównym założeniem pierwszego z tegorocznych obozów (24-30 sierpnia) było wykonanie pomiarów umożliwiających stworzenie numerycznego modelu terenu **masywu Mnicha** (2068 m n.p.m.) oraz przedstawienie go w trzech wymiarach. Zaplanowano wykonanie pomiarów satelitarnych (statyczne sesje pomiarowe), klasycznych pomiarów tachimetrycznych, skanowania laserowego z wykorzystaniem tachimetru skanującego oraz nalotów fotogrametrycznych.

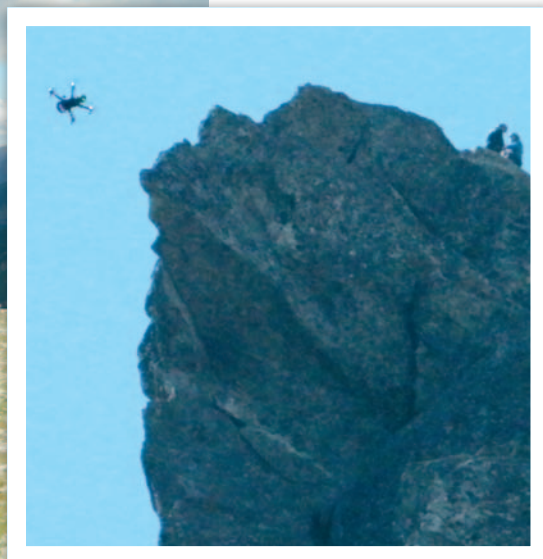
Oficjalne rozpoczęcie obozu miało miejsce w Ośrodku Straży Granicznej w Pale-

nicy Białczańskiej, gdzie omówiono zadania i sprawdzono sprzęt. Niestety, już na wstępie okazało się, że wykonanie wcześniej założonego planu będzie zagrożone, gdyż współpracy odmówił jeden z odbiorników satelitarnych. W tej sytuacji, mimo że następny dzień miał być przeznaczony jedynie na oswojenie się z wysokościami sięgającymi 2000 m n.p.m, w góry zabrano odbiorniki GNSS oraz tachimetr. Zgodnie z nowym harmonogramem wykonano wywiad terenowy, podczas którego zastabilizowano 4 (z 5 planowanych) punkty osnowy pomiarowej oraz wykonano pierwsze statyczne pomiary za pomocą dwóch odbiorników satelitarnych LeicaGNSS 1200. Był to jeden z elementów prac nad nowo powstałą zintegrowaną siecią pomiarową. Ustalono miejsca odpowiednie do startów i lądowań dronów, wykonano 4 półtoragodzinnne statyczne sesje GNSS, a przy użyciu tachimetru skanującego Leica Nova MS50 pomierzono fragment osnowy oraz wykonano skany północno-wschodniej ściany Mnicha z dwóch stanowisk.

Choć kolejnego dnia część ekipy dotarła w partię szczytowe, to porywisty wiatr, intensywny deszcz, który przeobraził się w śnieg, oraz temperatura ok. 0°C zmusiły wszystkich do powrotu do schroniska. Czas ten nie został jednak zmarnowany. Studenci wykonali bowiem wszystkie możliwe prace kameralne. Do prac tereno-

wych powrócono piątego dnia obozu, kiedy to aura okazała łaskawsza. Dokończono obserwacje satelitarne, kontynuowano też tachimetryczny pomiar osnowy, podczas którego jednocześnie wykonywane były skany masywu Mnicha z kolejnych stanowisk.

Praca z tachimetrem skanującym Leica Nova MS50 była dla nas nowością, chcieliśmy więc jak najdokładniej sprawdzić jego możliwości. Skany masywu wykonywane były w różnych warunkach oświetleniowych, a także w różnicowanej odległości od obiektu. Aby uzyskać odpowiednio gęstą chmurę punktów, ustalono optymalną rozdzielczość, z jaką powinny być wykonywane kolejne skany. Wynosiła ona średnio 0,10 m x 0,10 m przy zasięgu skanowania 500 m. Ustawienie skanera w odległości do 300 m od masywu pozwalało na osiągnięcie w pełni zadowalających wyników – skuteczności skanowania (tj. stosunku teoretycznej liczby punktów podanej przez instrument przed skanem do punktów faktycznie pomierzonych) na poziomie 60% przy prędkości pomiaru 250 pkt/s. Pomimo dużych rozmiarów obiektu dawało to stosunkowo krótki czas wykonywania skanu (1-2 godziny). Jednak przy pomiarze części szczytowej masywu, kiedy średnia odległość od stanowiska wynosiła 300-450 m, konieczne było obniżenie rozdzielczości nawet do 0,50 m x 0,50 m, ponieważ wraz ze wzrostem odległości czas wykonania skanu drastycznie wzrastał. Przekroczenie bariery zasięgu skanowania 500 m przy zachowaniu wysokiej rozdzielczości oznaczało ponad 60-krotne spowolnienie skano-



wania, co przy tak dużym obiekcie było nieakceptowalne, a wręcz niemożliwe do wykonania.

Ponadto za pomocą Leica Nova MS50 w trybie bezlustrowym pomierzone zostały naturalne fotopunkty na ścianach masywu. Były to przede wszystkim końce charakterystycznych rys lub występów skalnych. Szczególnie przydatna okazała się tu możliwość wykonywania zdjęć szerokokątnych. W procesie opracowania pozwoliło to na szybką i jednoznacznie identyfikację pomierzonych punktów. Te fotopunkty posłużą do zbudowania modelu ze zdjęć pozyskanych podczas nalołów dronów.

Niestety, usterki techniczne drona (konwertera odpowiedzialnego za automatyczne wywoływanie zdjęć z określonym interwałem czasowym) uniemożliwiły wykonanie kluczowego elementu opracowań – nalołu fotogrametrycznego. Mimo rozczarowania brakiem zdjęć udało się uzyskać wystarczającą ilość danych do stworzenia trójwymiarowego modelu masywu Mnicha, co było celem tegorocznego obozu. Studenci mają nadzieję, że uda się dokończyć zaplanowane działania w październiku i wykonać naloły zarówno pławcem, z którego pozyskane zostaną zdjęcia poziome terenu objętego opracowaniem, jak również heksakopte-

rem, którego zadaniem będzie wykonanie zdjęć pionowych ścian masywu Mnicha.

Teraz uczestników obozu czeka kameralne opracowanie wykonanych pomiarów oraz stworzenie modelu 3D masywu Mnicha. W przyszłości będzie on przydatny do opracowania interaktywnego przewodnika wspinaczkowego, promocji TPN czy wykonywania bardziej zaawansowanych analiz przestrzennych pomocnych przy tworzeniu nowych planów ochrony roślin i zwierząt. Uczestnikami obozu Mnich byli: Monika Daroch, Ewa Frieman, Marta Kaczmarek, Paulina Karaś, Tomasz Milner, Mateusz Sowa, Sylwia Sowińska, Ewa Trzebuniak i Paweł Wiącek. Nadzór merytoryczny nad pomiarami pełnił dr inż. Paweł Cwiąkała.

**Z** kolei podczas drugiego tatrzańskiego obozu (30 sierpnia – 12 września) studenci zdobywali doświadczenie w położonej w Dolinie Kościeliskiej Jaskini Mylnej (na wysokości około 1098 m n.p.m.) oraz w Dolinie Gąsienicowej. Pomysł pomiaru i wykonania wysokorozdzielczego modelu **Jaskini Mylnej**, uważanej przez wielu grotolazów za jedną

z najciekawszych polskich jaskiń tatrzańskich, zrodził się w nawiązaniu do pionierskiej wyprawy członków KNG Dahlta w latach siedemdziesiątych. Przedsięwzięcie to spotkało się z aprobatą i zainteresowaniem władz Tatrzańskiego Parku Narodowego.

Ze względu na swą specyfikę jaskinie są bardzo wymagającym, ale jednocześnie interesującym poligonem badawczym. Przed pomiarem określono główne problemy związane z samą techniką wykonywanych badań. Pierwszym z nich są niewielkie przestrzenie, w których trudno transportować sprzęt, a także nim manewrować. Drugi to niewątpliwie duża wilgotność, która może mieć wpływ na pracę instrumentów. W tych warunkach zdecydowano się na użycie tachimetru Leica 1102 plus oraz precyzyjnego, a zarazem najmniejszego i najlżejszego z dostępnych na rynku skanera Faro Focus3D. Pomiar rozpoczęto od założenia ciągu poligonowego pomierzonego tachimetrycz-





Fot. Rafał Kocierz



Fot. Łukasz Motyl

nie przechodzącego przez główny korytarz jaskini z dodatkowymi bagnetami w korytarzach bocznych. W trakcie skanowania na punktach poligonu ustawiane były statywy z celami, co umożliwiło potem połączenie ze sobą chmur punktów. Proces przejścia przez korytarz głównej długości prawie 400 m zajęła niespełna 15 godzin ciągłego pomiaru, co przekłada się na ok. 70 stanowisk skanera co 5 m. Dostosowując dokładność pomiaru do czasu, jakim dysponowano, ustalono sesje skanera trwające 2-7 minut. Uzyskano dokładność 3-6 mm na 10 metrów. Mając na uwadze ciasne korytarze jaskini, uznano te wyniki za satysfakcjonujące. Tak otrzymana chmura punktów posłużyła do stworzenia dokładnego modelu bryły jaskini.

Wygenerowany w przyszłości model przyda się głównie do promocji jaskini, pozwoli na stworzenie wirtualnego spaceru, który będzie zachęcał turystów do odwiedzenia tego niezwykłego miejsca. Dodatkowo TPN będzie mógł go wykorzystać do obserwacji i analiz stanu korytarzy.

**T**egoroczne pomiary mające na celu stworzenie modelu lokalnej quasi-geoidy na obszarze **Doliny Gąsienicowej** są kontynuacją prac ubiegłorocznych. Efektem końcowym tamtego projektu był model lokalnej quasi-geoidy opracowany dla niewielkiego obszaru praktycznie niewychodzącego poza dno Doliny Gąsienicowej. Uniemożliwiło to potwierdzenie wpływu wielkich mas skalnych na przebieg quasi-geoidy. W tym roku organizatorzy postanowili więc poszerzyć poligon badawczy, stabilizując 4 nowe punkty na szczytach Beskidu, Skrajnej Turni, Pośredniej Turni, przełęczy Liliowej, a także wykorzystując punkt na taternickim szczycie Kasprowego Wierchu. Warunki

pogodowe nie pozwoliły na powiązanie pomiarów ze szczytami Świnicy i Kościelca, jednak otrzymane nowe przewyższenia umożliwią rozszerzenie dotychczasowych analiz.

W praktyce geodezyjnej istnieje wiele metod określenia lokalnego przebiegu quasi-geoidy – czyli powierzchni przebiegiem zbliżonej do geoidy, wyznaczonej przez odłożenie od fizycznej powierzchni Ziemi wysokości normalnej – m.in. metoda grawimetryczna, modeli geopotencjalnych oraz niwelacji precyzyjnej i obserwacji GNSS. Do prac wykonanych w tym roku w Dolinie Gąsienicowej została wykorzystana ostatnia z nich. Wysokości elipsoidalne pozyskane dzięki statycznym obserwacjom GNSS porównano z wysokościami normalnymi otrzymanymi w wyniku precyzyjnej niwelacji trygonometrycznej, uzyskując różnice undulacji na danym odcinku. Upraszczając proces lokalnego modelowania quasi-geoidy, stworzona sieć zawierająca różnice undulacji na odcinkach przypomina sieć niwelacyjną, która nawiązywana jest do punktu o precyzyjnie wyznaczonej, znanej wartości wysokości quasi-geoidy. Ze względu na wysokogórski charakter terenu wykonanie precyzyjnej niwelacji geometrycznej wymagałoby dużo czasu i użycia wielu stanowisk niwelatora mnożących potencjalne błędy. Chcąc uzyskać precyzyjnie wyznaczone przewyższenia normalne, należało wykorzystać założenie, że utrzymując celowe poniżej 500 metrów, można utożsamiać przewyższenia z synchronicznej niwelacji trygonometrycznej z normalnymi. Założenie wykorzystano przy pomiarze, który przeprowadzono ciągiem trygonometrycznym o bokach długości ok. 400 m.

Przedsięwzięcie nie zaczęło się ani też nie zakończy w Tatrach. Przygotowanie takiej ekspedycji trwa kilka miesięcy, a opracowanie ogromu pozyskanych danych będzie wymagało zaangażowania

i ciężkiej pracy wszystkich 13 uczestników. Kompletny operat zostanie przekazany do Działu Nauki TPN prawdopodobnie w marcu przyszłego roku. W obozie udział wzięli: Monika Daroch, Małgorzata Ficek, Angelika Garncarz, Agnieszka Grabowska, Artur Guzy, Olga Kamińska, Katarzyna Mazur, Łukasz Motyl, Witold Niewiem, Agnieszka Puzia, Mateusz Prusaczyk, Paweł Wiącek i Radosław Zajdel. Obóz nie mógłby odbyć się bez wsparcia merytorycznego mgr. inż. Rafała Kocierza i dr. Władysława Borowca.

**U**czestnicy wakacyjnych obozów naukowych mieli okazję zapoznać się z najnowszymi technologiami pomiarowymi i choć niektóre z nich okazały się awaryjne, to studenci wynieśli spory bagaż doświadczeń związanych z pracą w grupie w niecodziennych warunkach, co z pewnością zaowocuje w przyszłości. Była to też doskonała okazja do wyjścia poza podręcznikowe schematy oraz pracy bardzo kosztownym sprzętem pomiarowym, do którego przeciętny student geodezji nie ma swobodnego dostępu. Uczestnictwo w tego typu przedsięwzięciach jest również inspiracją do rozpoczęcia własnej pracy naukowo-badawczej, doświadczenia oraz dane pomiarowe niejednokrotnie były i są wykorzystywane przez studentów w tworzeniu prac inżynierskich i magisterskich.

Oba obozy zrealizowano dzięki wsparciu finansowemu: Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH w Krakowie, Stowarzyszenia im. Stanisława Staszica w Krakowie, Fundacji dla AGH oraz OPGK Sp. z o.o. w Krakowie. Obóz Mnich wsparły dodatkowo: Geomap Sp. z o.o. z Konina oraz SGP Oddział w Krakowie, a sprzęt pomiarowy dla obozu w Jaskini Mylnej i Dolinie Gąsienicowej wypożyczyły firmy: Instrumenty Geodezyjne T. Nadowski oraz TPI.

**Monika Daroch, Paweł Wiącek, Radosław Zajdel**