

# Na wyspie ognia i lodu

KATARZYNA BUDZIŃSKA, absolwentka Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej oraz Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Islandzkiego w Reykjavíku, opowiada o projekcie geofizycznym realizowanym w Islandii, powrocie do kraju i swojej drodze od geodezji do wiertnictwa

**DAMIAN CZEKAJ:** Skąd pomysł na studia w Islandii?

**KATARZYNA BUDZIŃSKA:** Islandia fascynowała mnie od liceum i zawsze wiedziałam, że kiedyś tam pojadę. Szukałam tylko okazji. Na początku myślałam o wycieczce, kilkutygodniowych wakacjach. Ale im dłużej odkładałam wyjazd, tym bardziej dojrzewałam do decyzji o zamieszkaniu tam. Uznałam, że najlepszym pomysłem będzie połączenie studiowania z wyjazdem do wymarzonego miejsca.

**Po studiach pierwszego stopnia na kierunku geodezja i kartografia wybrałaś geofizykę.**

Mam bardzo szerokie zainteresowania, jednak wszystko sprowadza się do badania Ziemi. Po maturze zdecydowałam się na geodezję i kartografię na Politechnice Warszawskiej ze względu na astronomię geodezyjną i pomiary satelitarne wyko-

rzystywane w geodezji. Zresztą rok później zaczęłam również studiować astronomię na Uniwersytecie Warszawskim, bo przez pierwsze dwa semestry na geodezji i kartografii przedmiotów, które mnie ciekawiły, było niewiele. Niestety, bardzo ciężko było pogodzić oba kierunki i ostatecznie zdecydowałam się pozostać przy geodezji.

**Brałaś pod uwagę studia II stopnia na WGiK PW?**

Po trzech i pół roku geodezji uznałam, że pora na jakieś zmiany. Chciałam studiować geofizykę. Zaraz też przyszła mi do głowy Islandia i pomyślałam, że połączę przyjemne z pożytecznym. Szczególnie, że w warunkach europejskich, jaki może być lepszy kraj do studiowania geofizyki? Wszystko na miejscu – wulkany, granica płyt tektonicznych, lodowce. W zasadzie już zaczynając pracę inżynierską w październiku 2011 r.,

wiedziałam, że będę wyjeżdżać. W moim „Opracowaniu sieci wektorów pomiędzy wybranymi stacjami permanentnymi GNSS” skorzystałam z obserwacji, które wcześniej użyto do przewidzenia wybuchu islandzkiego wulkanu w 2000 roku.

Pamiętam też jedno zajęcia na PW, geodezję wyższą z dr. hab. Andrzejem Pachutą, podczas których m.in. rozmawialiśmy o tym, że w geodezji grawimetria służy głównie do redukcji pomiarów na daną powierzchnię odniesienia. Doktor Pachuta wyjaśnił wówczas, jak na podstawie badań grawimetrycznych można dowiedzieć się czegoś o tym, co znajduje się pod powierzchnią. Wtedy też zainteresowałam się geofizyką poszukiwawczą.

**Do wyjazdu jakoś specjalnie się przygotowywałaś? Dobrze znałaś język?**

Studia na Uniwersytecie Islandzkim prowadzone były w języku angielskim, który już przed wyjazdem znałam dość





Fot. Daniel Junca

dobrze. Dysponowałam też pewnym zasobem specjalistycznego słownictwa, bo pisząc pracę inżynierską, czytałam artykuły naukowe po angielsku. Po dwóch latach nauki w Islandii ciężko mi mówić o geofizyce po polsku, nie znam polskich odpowiedników wielu terminów naukowych i teraz łatwiej jest mi się uczyć po angielsku. Dlatego zależało mi, aby studia podyplomowe z wiertnictwa, które rozpoczęłam w 2015 roku, były prowadzone po angielsku.

#### **Jak przebiegał proces rekrutacji na Uniwersytet Islandzki?**

*Powyżej: pomiary w okolicy wodospadu Gullfoss – jednej z głównych atrakcji turystycznych Islandii; po prawej: pomiary gravimetryczne na półwyspie Reykjanes (od lewej: Karolina Michalczewska, doktorantka na Uniwersytecie Islandzkim, Katarzyna Budzińska)*



Fot. Hilður María Friðriksdóttir





Po lewej: kolumny bazaltowe w Hofós na północy Islandii; powyżej: jeden z punktów pomiarowych na obszarze Hengill

Zasadniczo na studia magisterskie można się dostać na dwa sposoby. Albo najpierw samemu kontaktujesz się z pracownikiem naukowym, który miałby zostać twoim promotorem i opiekunem projektu, po czym oficjalnie aplikujesz na uniwersytet. Albo – i tak było w moim przypadku – składasz podanie na uczelnię, gdzie na podstawie twoich wyników i zainteresowań dziekan wydziału wskazuje promotora. Później jest rozmowa kwalifikacyjna, podczas której dyskutuje się m.in. o ewentualnym projekcie. Moją promotorką została dr Thóra Árnadóttir, która jest specjalistką w zakresie badań geodynamicznych wykorzystujących technikę GPS.

W Islandii studia magisterskie są traktowane niemalże jak studia doktoranckie. Od samego początku wiesz, nad czym pracujesz, i od tego zależy, jakie przedmioty będziesz realizować. Wszystko jest podporządkowane projektowi. Kompletnie inaczej niż u nas w Polsce.

**To, że wcześniej ukończyłaś geodezję i kartografię, pomagało czy przeszkadzało?**

Jednym z wymogów uczelni były ukończone studia inżynierskie z geofizyki lub kierunku pokrewnego, i uznano, że geodezja i kartografia takim kierunkiem pokrewnym jest. Geodezji jako takiej w Islandii studiować nie można. Jest ona

podzielona pomiędzy geofizykę (gdzie znajdziemy zagadnienia z geodezji satelitarnej, geodynamiki czy grawimetrii), inżynierię lądową i budownictwo (które obejmują geodezję inżyniersko-przemysłową) oraz geografę (zawierającą GIS i kartografię).

**Odstawałaś przez to, że byłaś po geodezji?**

Nie, dawałam sobie radę, a w samym projekcie wiedza z zakresu geodezji okazała się bardzo pomocna, ponieważ do badań używałam technik geodezyjnych. Poza tym byłam jedyna na roku! Przez pierwszy semestr przedmioty wprowadzające, takie jak geologia czy geografia, realizowałam wspólnie ze studentami z wymiany. Ale już na drugim semestrze, kiedy zaczęły się przedmioty geofizyczne, bardziej potrzebne mi do projektu, np. dotyczące modelowania, zajęcia miałam z doktorantami. Liczebność grupy zależała od przedmiotu, ale rzadko przekraczała 7 osób i nauczyciel mógł dostosować program do każdego. Niewiele też uczyliśmy się z podręczników, a dużo czasu poświęcaliśmy najnowszym publikacjom. Wybieraliśmy artykuły, czytaliśmy je i raz w tygodniu dyskutowaliśmy na ich temat. W ten sposób uczyliśmy się krytycznego myślenia i byliśmy w miarę na bieżąco z postępem naukowym.

**Na czym polegał twój projekt?**

Badałam lokalną deformację terenu spowodowaną produkcją geotermalną. Skupiłam się na obszarze o powierzchni ponad 200 km kw. położonym w południowo-zachodniej części Islandii – około godziny jazdy od Reykjavíku. Na tym terenie znajdują się dwie elektrownie geotermalne, których praca – pobieranie i ponowne wpompowywanie pod powierzchnię terenu wód geotermalnych – powoduje lokalne ruchy skorupy ziemskiej. Na podstawie pomiarów przemieszczeń na powierzchni i odpowiedniego modelu, możemy badać niektóre właściwości fizyczne na danym terenie. Dysponując raportami elektrowni na temat tempa wydobywania i porównując je z modelowaną zmianą objętości zbiornika geotermalnego można uzyskać informacje o lokalnej elastyczności skorupy ziemskiej. Jednak wyodrębnienie danego sygnału deformacji nie jest łatwym zadaniem, gdy mamy do czynienia z wieloma innymi procesami – jak np. odkształceniami związanymi z trzęsieniami Ziemi czy ruchem płyt tektonicznych. Zarówno to, jak i założenia dokonane podczas modelowania, wpływają na uzyskany rezultat.

**Jakie otrzymałaś różnice między rzeczywistym wydobywaniem a zamodelowaną zmianą objętości?**

Dość duże, w zależności od przyjętego modelu. Był to pierwszy tego typu





projekt na tym terenie łączący pomiary GNSS z pomiarami radarowymi. Przyjęłam pewne uproszczenia, które w tym przypadku niekoniecznie się sprawdziły. Następnym krokiem będą bardziej skomplikowane modele lepiej oddające rzeczywistość. Ale tym zajmuje się już ktoś inny.

### Elektrownie były zainteresowane efektami twoich prac?

Tak. Zaobserwowaliśmy m.in. podnoszenie się terenu w okolicy miejsca, gdzie elektrownie wtłaczały z powrotem płyny będące produktem ubocznym. Energia geotermalna jest odnawialnym źródłem energii, ale przy odpowiednim tempie wydobycia, kiedy wody mogą ponownie zasilić system. Dlatego wykryta przez nas akumulacja była dla elektrowni bardzo cenną informacją.

### W jaki sposób wyznaczyłaś przemieszczenia?

Wykorzystałam dane z lat 2009-13 ze stacji permanentnych GNSS i corocznych kampanii pomiarowych oraz zobrazowania radarowe pozyskane przez satelitę TerraSAR-X.

### Brałaś udział w kampanii pomiarowej?

Nawet w dwóch – w wakacje 2013 i 2014 roku. Odpowiadałam za część południa wyspy i pomierzyłam znacznie większą liczbę punktów, niż później wykorzystałam w projekcie. Wykonywałam statyczne pomiary GPS – jechaliśmy na dane punkty, rozstawialiśmy sprzęt, uruchamialiśmy go i zostawialiśmy w terenie na minimum dwie doby pomiarowe.



Obszar geotermalny Hengill

### I nie baliście się, że nie będzie już do czego wracać?

Przez cały mój pobyt tylko raz się zdażyło, że rzeczywiście ktoś chciał coś ukraść, ale nie nasz sprzęt, tylko panel słoneczny zasilający stację permanentną. Przy okazji zniszczył jednak odbornik. Zazwyczaj wystarczy jednak napis, że instrument jest własnością uniwersytetu.

Znacznie większe zagrożenie dla pomiarów stanowią zwierzęta, na które nie tak trudno było się natknąć na badanym przeze mnie obszarze. Przez te kilka dni, kiedy sprzęt pozostawiony jest w terenie samemu sobie, np. koń może potrafić statyw czy nawet przegryźć przewody. Dlatego też wokół instrumentów stawia się ogrodzenia pod napięciem. Pamiętam jedną taką sytuację – ja rozstawiałam sprzęt, a mój kolega rozciągał drut i podłączał go do prądu. Byłam zajęta patrzeniem przez wizjer, żeby scentrować instrument, i nagle poczułam, że ktoś szturcha mnie w ramię. Odwróciłam się i zobaczyłam, że to koń! Był bardzo zainteresowany naszą pracą.

### Ale wizyty zwierząt nie były chyba główną niedogodnością w trakcie pomiarów.

W Islandii nawet w wakacje panują raczej umiarkowane temperatury. Bardzo często pada deszcz, wieje silny wiatr, a nam przecież zależy, żeby przez te dwa, trzy dni nic się nie poruszyło nawet o milimetr, bo na takiej dokładności nam zależy. Dlatego obciążaliśmy nóżki statywu kawałkami skały. Nie mieliśmy natomiast problemów z osiadaniami instrumentu, bo punkty najczęściej stabilizowane są na jednolitych kawałkach skał.

Mój najbardziej wymagający pod względem warunków atmosferycznych dzień w terenie związany był z pomiarami na punkcie zastabilizowanym na szczycie stożka wygasłego wulkanu, którego zbocza pokryte były niestabilnymi kawałkami materiału piroklastycznego. Tego dnia mocno padało i wiało. Jak zostawiasz sprzęt na te kilka dni, to wiadomo, że oprócz anteny, statywu i urządzeń satelitarnych musisz mieć również akumulator, a to wszystko waży. Wchodząc





Fot. Karolina Michalczyńska

## Uroki lata w Islandii

po takim stoku dwa kroki w górę, zaraz osuwasz się jeden w dół. I tak podczas wspinania się poczułam, że wiatr podniósł mi kurtkę. Już po chwili byłam cała mokra i nie mogłam niczego poprawić, bo obie ręce miałam zajęte. Na dodatek co chwilę się zsuwałam!

### Ale dotarłaś na szczyt?

W końcu tak. Jednak były także fajne momenty. Przy ładnej pogodzie, po pomiarach – gdy już wiedzieliśmy, że mamy wszystko na dany dzień skończone – szliśmy się kąpać do gorących źródeł.

### W terenie wykonywałaś tylko pomiary satelitarne?

Do swojego projektu potrzebowałam tylko pomiarów satelitarnych, ale pomagałam innym m.in. w pomiarach grawimetrycznych. Musieliśmy się nawzajem wspierać. W teren zazwyczaj jeździliśmy w parach, a na Wydziale nie ma zbyt wielu osób. Czasem ty komuś pomagasz, czasem ktoś jedzie z tobą.

### Do czego wykorzystywałaś zobrazowania radarowe?

Do zagęszczenia sieci składającej się ze stacji permanentnych i punktów pomierzonych w trakcie kampanii. Dostarczają one dodatkowych punktów pomiarowych w miejscach, które normalnie byłyby niedostępne ze względu m.in. na terenowe niedogodności związane chociażby z dojazdem.

Z powodu wykorzystania zobrazowań radarowych miałam drugiego promotora – profesora Andrew Hoopera z Uniwersytetu w Leeds w Anglii. Interferometria radarowa jest w miarę nową techniką, dlatego niezwykle ważne było dla mnie to, że mogłam współpracować z kimś posiadającym ogromne doświadczenie w tym zakresie.

### W jaki sposób modelowałaś wszystkie dane?

Wykorzystałam program, który został napisany przez innego studenta, który obecnie studiuje na Uniwersytecie Stanforda w USA. Należało go jednak przystosować do celów badań geotermalnych, gdyż powstał z myślą o monitorowaniu deformacji związanej z ruchami magmy.

### Twój projekt był zarazem pracą magisterską. Czym różniła się obrona na Uniwersytecie Islandzkim od tej na PW?

Broniłam się w październiku 2014 roku. Zasadnicza różnica polega na tym, że przed obroną nie składasz ostatecznej wersji pracy. Wysyłasz tylko egzaminatorowi, żeby mógł ją przeczytać i zgłosić ewentualne uwagi. Poza tym w Islandii obrona pracy magisterskiej jest publiczna i każdy może przyjść posłuchać. Głównie są to pracownicy uniwersytetu, studenci i doktoranci. Na moją obronę przyszło około 20 osób. Po prezentacji i pytaniach egzaminatora następuje najważniejsza część obrony – dyskusja. W jej trakcie specjaliści z różnych dziedzin, którzy patrzą na dany problem z innej perspektywy, mogą ci zwrócić uwagę na pewne zagadnienia, które sam przeoczyłeś. I dlatego właśnie nie oddajesz tej pracy wcześniej – po obronie masz czas na naniesienie poprawek albo uzupełnienie czegoś. Dyskusja w trakcie obrony może zatem wpłynąć jeszcze na ostateczny kształt pracy.

### Jak ci poszła obrona?

Myślę, że dobrze. Po obronie w pracy naniósłm jedynie drobne poprawki.

### Miałaś okazję zaprezentować swój projekt na szerszym forum?

Osobiście nie, ale moje wyniki zostały wykorzystane w dalszych badaniach,

które były prezentowane podczas konferencji Amerykańskiej Unii Geofizycznej w San Francisco.

### Mieszkałaś w Reykjavíku. Jak oceniasz to miasto?

Bardzo je polubiłam, jest otwarte na wszelkiego rodzaju wydarzenia kulturalne. W całej aglomeracji mieszka około 200 tys. osób. Jeśli chciałbyś mieszkać w spokojnym mieście, które równocześnie oferuje wszystko to, co każda europejska stolica – jest to idealne miejsce. Ale niektórym ciężko się przystosować. Dużo zależy od tego, jak znosisz ciemności. Zimą dzień trwa zaledwie około 4 godzin.

### Parę miesięcy temu wróciłaś do kraju. Czy Islandia to już zamknięty rozdział?

Nigdy nie planuję bardzo daleko na przód. Nie wiem, gdzie znajdę się za rok, ale nie obrażę się, jeśli to będzie znów Islandia.

### Dlaczego więc wróciłaś do Polski?

To była spontaniczna decyzja. Szukałam studiów podyplomowych z wiertnictwa i zależało mi na tym, aby były prowadzone po angielsku. Na ofertę Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie natknęłam się na początku września i dwa tygodnie później byłam już w kraju.

### Nie planowałaś studiów podyplomowych z geofizyki?

W tym zakresie dysponuję już pewnymi wiadomościami, chciałam nauczyć się czegoś nowego. Wiertnictwo wydaje mi się dość logicznym następstwem – jeśli badasz efekty produkcji geotermalnej, to widzisz, jak ta deformacja terenu jest skorelowana z lokalizacją odwiertów. Miałam ochotę dowiedzieć się czegoś na temat technicznych aspektów procesu wiercenia. Wiertnictwo jest też bardzo powiązane z geofizyką, bo najpierw musisz przeprowadzić badania geofizyczne, żeby np. określić przybliżone temperatury w danym systemie geotermalnym i jego rozległość. Czy opłaca się wiercić, czy też nie. Oczywiście wstępne modele muszą być uzupełniane na bieżąco nowymi danymi, przez co pomiary właściwości fizycznych są niezbędne w trakcie całego procesu produkcyjnego. Geofizyka i wiertnictwo wzajemnie się łączą.

### Gdzie się widzisz za 5 lat?

Ciągnie mnie do badań polarnych, zmiany klimatyczne są niezwykle fascynującym tematem. Mój inny pomysł to właśnie geofizyczna obsługa produkcji geotermalnej.

### Nazwałabyś geofizykę swoją pasją?

Zdecydowanie tak! Nie wiem, czy istnieje coś ciekawszego niż badanie Ziemi. Lepiej nie zaczynać ze mną tego tematu, o ile nie dysponuje się kilkoma wolnymi godzinami.

Rozmawiał Damian Czekaj