

**AUTOREFERAT
PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS DOROBKU
I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH**

dr inż. Sławomir Porzucek

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Geofizyki**

Kraków 2013

Życiorys naukowy

Wykształcenie

tytuł magistra

1987 r.

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geologiczno-Poszukiwawczy
magister inżynier geolog górniczy, specjalność geofizyka stosowana
Temat pracy dyplomowej: „Zagadnienie identyfikacji cienkich warstw metodą profilowania grawimetrycznego w otworze wiertniczym”.

studia podyplomowe 1995 r.

ukończenie trzyletnich Studiów Podyplomowych z informatyki w Instytucie Informatyki na Wydziale Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

stopień doktora

2004 r.

dr nauk o Ziemi

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Praca doktorska: pt. „Dekonwolucja Eulera w interpretacji ilościowej wyników badań mikrograwimetrycznych”
promotor: dr hab. inż. Janusz Madej

zatrudnienie

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Geofizyki
adiunkt

przebieg pracy zawodowej

1987 – 1995 stanowisko inżynierjno-techniczne
1995 – 2004 wykładowca, asystent
2004 do chwili obecnej – adiunkt

Urodziłem się w Kielcach, gdzie ukończyłem szkołę podstawową. Naukę kontynuowałem w II Liceum Ogólnokształcącym im. Jana Śniadeckiego w Kielcach na profilu matematyczno-fizycznym, które ukończyłem w 1981 roku. W tym samym roku rozpocząłem studia na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, które ukończyłem na ówczesnym Wydziale Geologiczno-Poszukiwawczym w 1987 roku, broniąc pracę magisterską w zakresie geofizyki pt. „Zagadnienie identyfikacji cienkich warstw metodą profilowania grawimetrycznego w otworze wiertniczym”. W grudniu tego samego roku zostałem zatrudniony w Międzyresortowym Instytucie Geofizyki na Wydziale Geologiczno-Poszukiwawczym AGH na stanowisku inżynierjno-technicznym.

Pracę swoją rozpocząłem w zespole prowadzonym przez prof. Zbigniewa Fajklewicza, który zajmował się wykonywaniem i interpretacją badań grawimetrycznych, a przede wszystkim mikrogravimetrycznych. W ramach swojej pracy wdrażałem użycie komputerów osobistych w przetwarzaniu i interpretacji pomiarów mikrogravimetrycznych. Należy nadmienić, że moja praca magisterska w całości realizowana była na komputerze Amstrad CPC. Zwiększone możliwości użycia komputerów w przetwarzaniu i interpretacji badań grawimetrycznych i mikrogravimetrycznych pojawiły się po zakupie pierwszego komputera osobistego IBM PC XT i jego kolejnych następców.

W tamtym okresie czasu brak było programów do przetwarzania danych mikrogravimetrycznych i koniecznym było stworzenie własnych, autorskich programów. W tym celu poznawałem coraz bardziej zaawansowane narzędzia programistyczne. Pierwsze programy tworzyłem w oparciu o różne wersje języka Basic, później opanowałem programowanie w języku Pascal, a następnie C i C++. Po wejściu na rynek systemu operacyjnego Windows zdecydowałem się tworzyć programy w oparciu o język Delphi oparty na obiektowym języku Pascal, w którym tworzę do dzisiaj.

Moja praca na stanowisku inżynierjno-technicznym nie ograniczała się tylko do obsługi komputerowej badań. Brałem również czynny udział w interpretacji badań pod czujnym okiem prof. Z. Fajklewicza, twórcy metody mikrogravimetrycznej. W kolejnych latach zdobywałem coraz większe doświadczenie w przetwarzaniu danych mikrogravimetrycznych, a także w interpretacji. W tym czasie ugruntowałem sobie wiadomości nabyte w trakcie studiów i znacznie powiększyłem zakres wiedzy z metody mikrogravimetrycznej. Dostrzegłem jak dużą rolę odgrywają badania mikrogravimetryczne w ochronie powierzchni terenu, szczególnie na obszarach teraźniejszej i byłej działalności górniczej.

Moja kariera naukowa uległa znacznemu przyspieszeniu po zmianie stanowiska na dydaktyczne, a następnie na naukowo-dydaktyczne. Zacząłem brać większy udział w interpretacji badań i poszukiwaniu nowych rozwiązań. W dalszym ciągu moja działalność naukowa wiązała się zastosowaniem metody mikrogravimetrycznej do badań ośrodka skalnego naruszonego działalnością górniczą. Wraz zespołem prowadziłem badania na terenie eksploatacji węgla kamiennego, na Górnym Śląsku. Jest to obszar, na którym szczególnie zagrożona jest powierzchnia terenu. Nakładająca się eksploatacja coraz głębszych pokładów reaktywuje rejony starej, płytkiej eksploatacji węgla kamiennego, ale również rud żelaza, czy rud cynku i ołowiu. Zmiany hydrologiczne i procesy sufozji mechanicznej powodują powstanie podziemnych pustek, które stanowią niebezpieczeństwo dla powierzchni terenu w postaci deformacji ciągłych czy nieciągłych. Prowadziłem również badania na obszarze górotworu olkuskiego (rud cynku i ołowiu) i wielickiego (eksploatacja solna).

Celem ulepszenia interpretacji zainteresowałem się możliwością oceny głębokości występowania ciała zaburzającego na podstawie badań mikrogravimetrycznych. W publikacjach zauważyłem, że w badaniach magnetycznych, rzadziej grawimetrycznych, stosuje się do tego celu metodę dekonwolucji Eulera. Podjąłem prace teoretyczne nad możliwością wykorzystania tej metody w badaniach mikrogravimetrycznych, w których stosunek błędu pomiarowego do amplitudy mierzonych anomalii jest o wiele większy niż w przypadku grawimetrii, czy magnetometrii. W rezultacie tych badań powstała moja praca doktorska pt. „Euler deconvolution in the quantitative interpretation of microgravimetric research results”, którą obroniłem w marcu 2004 roku. Przedstawiłem w niej rozwiązanie umożliwiającego oszacowanie głębokości do ciała zaburzającego i przedstawiłem unikalną metodykę obliczeń.

Po doktoracie kontynuowałem badania związane z wykrywaniem zagrożeń związanych z działalnością górniczą, w tym ochroną powierzchni terytoriów górniczych i pogórnich, ale również rozszerzyłem swoje zainteresowanie na inne aspekty rozpoznania ośrodka geologicznego.

Komputerowe przetwarzanie danych grawimetrycznych

W trakcie swojej pracy naukowej napisałem wiele programów pozwalających na przetwarzanie danych grawimetrycznych, które również służą do przetwarzania danych mikrogravimetrycznych.

Wraz z pojawieniem się nowego, automatycznego grawimetru Autograv CG-3 pojawił się problem przesyłania danych z urządzenia i ich przetworzenia. Stworzyłem program *DryGraw*, który pozwala na swobodne, kontrolowane przesyłanie danych z grawimetru do komputera PC, uśrednianie powtórzonych punktów, usunięcie odbiegających powtórzeń itp. Pojawienie się nowej wersji grawimetru, a mianowicie Autograv CG-5, wymusiło konieczność unowocześnienia programu i dodanie nowych funkcjonalności.

W pomiarach mikrogravimetrycznych, częstym zjawiskiem jest pomiar blisko budowli naziemnych, czy podziemnych. Koniecznym zatem jest eliminacja grawitacyjnego wpływu tych budowli, czyli zastosowanie poprawki urbanistycznej. W oparciu o wzory na efekt grawitacyjny od prostopadłościanu, podane przez Glińskiego w 1977 roku, stworzyłem algorytm, a następnie program *Urban* wyliczający efekt grawitacyjny od graniastosłupa o podstawie w postaci dowolnego czworokąta wypukłego. Za pomocą zbioru powyższych graniastosłupów można przybliżyć dowolny obiekt architektoniczny. Program używany jest również z powodzeniem na zajęciach dydaktycznych ze studentami.

Jednym z etapów przetwarzania danych mikrogravimetrycznych jest rozdział całkowitego pola siły ciężkości na część regionalną i rezydualną. Podstawowym zadaniem tego przetwarzania jest obliczenie części regionalnej, która po odjęciu od całkowitych wartości pola siły ciężkości pozwala na wyliczenie anomalii rezydualnych. Stworzyłem dwa programy do wyliczania części regionalnej: pierwszy wylicza pole regionalne w oparciu o metodę Griffina, a drugi aproksymuje pole regionalne wielomianem powierzchniowym. Oba programy stosowane są do dnia dzisiejszego i używane również w procesie dydaktycznym.

Kolejnym problemem w mikrogravimetrii jest konieczność obliczania poprawki topograficznej siły ciężkości uwzględniającej wpływ rzeźby terenu na mierzone wartości siły ciężkości. Celem eliminacji powyższego wpływu stworzyłem aplikację obliczającą poprawkę topograficzną, która wylicza efekt grawitacyjny od rzeźby terenu zadanego promienia wokół punktu pomiarowego. Program dzieli koło na pierścienie i pozwala na wyliczenie poprawki jako sumy efektów grawitacyjnych od sektorów zadanych pierścieni, zgodnie z ogólnie znaną procedurą. W kolejnym etapie dwóch dyplomantów pod moim kierunkiem, niezależnie stworzyło aplikacje wyliczające poprawkę topograficzną w oparciu o triangulację powierzchni terenu, przy zastosowaniu wzoru podanego przez Wójcickiego w 1993 roku.

Na potrzeby mojego doktoratu stworzyłem aplikację do wyznaczania głębokości do ciała zaburzającego metodą dekonwolucji Eulera. W obliczeniach konieczne było wyliczenie trzech ortogonalnych gradientów siły ciężkości, co uzyskałem przez zastosowanie odpowiednich filtrów w domenie częstotliwości. W aplikacji wykorzystałem algorytmy szybkiej transformaty Fouriera (FFT) podane w raporcie US Geological Survey. Do rozwiązania układu równań nadokreślonego wykorzystałem metodę dekompozycji macierzowej (SVD). Stworzona przeze mnie aplikacja pozwala na oszacowanie głębokości do punktu charakterystycznego ciała, którym przybliżono ciało zaburzające.

W zaproponowanej m.in. przeze mnie metodyce badań geodynamicznych konieczne jest wyrównywanie sieci. W oparciu o rozwiązanie podane w publikacji z Joint BGI/ICET Summer School 2002, poświęconej właśnie wyrównywaniu sieci grawimetrycznych, stworzyłem program *GravNetError*. Pozwala on na wyrównywanie danych w sieci grawimetrycznej i wyliczenie błędów wyznaczenia wartości w węzłach sieci oraz na przesłach. Program rozwiązuje układ równań korzystając z metody dekompozycji macierzowej (SVD).

Stworzyłem również programy *PitChange* oraz *PitGrav* służące do obliczania wpływu grawitacyjnego od podziemnych wyrobisk. Program *PitGrav* wylicza poprawkę jako sumę pionowych plastrów, na które można podzielić wyrobisko. Do obliczeń efektu grawitacyjnego od pojedynczego plastra wykorzystałem wzór podany przez Hanemana i Militzera dla ciała 2,5-D. Plastry tworzone są w oparciu o przekroje uzyskane z pomiarów geodezyjnych wykonanych skanerem laserowym. Punkty na przekroju nie są uporządkowane, a dodatkowo niektóre są błędne. Do poprawy przekroi i odpowiedniego uszeregowania danych, w oparciu o własne algorytmy, stworzyłem półautomatyczny program *PitChange*.

Zakres zainteresowań naukowych po doktoracie

Ochrona powierzchni terytoriów górniczych i pogórniczych

Nie ulega wątpliwości, że podziemna eksploatacja zawsze stanowi zagrożenie dla powierzchni terenu. Głęboka eksploatacja powoduje powstanie niecki osiadań i zmian warunków hydrologicznych. Bardziej niebezpieczna jest płytka eksploatacja, która może powodować powstanie ciągłych i, bardziej groźnych, nieciągłych deformacji powierzchni terenu. Co ważniejsze głęboka eksploatacja może doprowadzić do tzw. reaktywacji starych zrobów. Zlikwidowane lub samozlikwidowane płytkie wyrobiska mogą ulec dodatkowej deformacji, spękaniom, a co ważniejsze może następować przesuwanie części materiału w wyniku działania procesu sufozji mechanicznej. Występujące ostatnio krótkotrwałe, ale znaczne opady potęgują ten proces fizyczny, w wyniku czego w górotworze powstają pustki, które stanowią duże niebezpieczeństwo dla powierzchni terenu. Metoda mikrogravimetryczna pozwala na śledzenie na rozkładu gęstości w górotworze, czyli jest szczególnie predystynowana do poszukiwania pustek i rozluźnień w ośrodku skalnym, a przez to określanie jego stabilności i możliwości wystąpienia obu typu deformacji.

Badania mikrogravimetryczne mające na celu zlokalizowanie obszarów zagrożonych zostały zapoczątkowane i rozwijane przez prof. Z. Fajkiewicza. Od początku swojej współpracy z Profesorem brałem udział w licznych badaniach w tym zakresie, które teraz kontynuuję i udoskonalam wraz zespołem pozostawionym przez Profesora.

W latach 2002-2004, w ramach projektu z NFOSiGW pt. „*Geofizyczna ocena zagrożenia obszarów zurbanizowanych procesami fizycznymi osłabiającymi górotwór*”, brałem udział w badaniach przypowierzchniowego ośrodka skalnego pod kątem istnienia pustek i rozluźnień. Badania prowadzone były metodą mikrogravimetryczną oraz metodami geofizyki wiertniczej. Te ostatnie wykonano celem uzyskania gęstości objętościowej badanego ośrodka skalnego. Badania pozwoliły na opracowanie metodyki poszukiwania stref obniżonej gęstości w górotworze w obszarach zurbanizowanych. Pokazały również, że dane uzyskane z geofizyki wiertniczej pozwalają na ograniczenie wieloznaczności interpretacji mikrogravimetrycznej i zbudowanie jednoznacznych modeli stref obniżonej gęstości (Łój M., Madej J., **Porzucek S.**; 2005).

Metodę mikrogravimetryczną z reguły testowano w górotworze górnośląskim, ale w latach 2002-2005 brałem udział w badaniach przeprowadzonych w ramach projektu KBN 5 T12E 009 22 „*Badania geodezyjno-grawimetryczne górotworu solnego poddanego deformacjom o charakterze geodynamicznym jako element oceny przydatności terenu pogórniczego dla potrzeb zagospodarowania przestrzennego*”, które wykazały, że metoda bardzo dobrze spisuje się również w górotworze solnym. Badania wykonane nad wysadem solnym w Inowrocławiu wykazały istnienie wielu stref obniżonej gęstości w przypowierzchniowej partii górotworu (Madej J., **Porzucek S.**, Szczerbowski Z., Łój M.; 2005). Genezą tych stref były zmiany zachodzące w czapie iłowo-gipsowej wysadu solnego, a

także bezpośrednio pod nią wskutek czynników naturalnych i działalności górniczej. W trakcie badań wykonano również pomiary nad byłymi zapadliskami, które jednoznacznie wykazały że górotwór nie uległ w pełni kompresji, a w niektórych przypadkach rejony te stanowią dalej zagrożenie dla powierzchni terenu.

Badania mikrograwimetryczne prowadziłem również nad złożem pokładowym soli w Wieliczce. Katastrofalny wypływ solanki nienasyconej w przebudowywanej poprzeczni Mina w kwietniu 1992 r. naruszył równowagę północnego przedpola KS Wieliczka. Począwszy od tego roku, przez wiele lat brałem udział w grawimetrycznym monitoringu górotworu wielickiego, na obszarze miasta Wieliczka. W latach 2006-2007 w ramach badań statutowych brałem udział w badaniach jedenastej i dwunastej serii pomiarowej, wykonanej po przerwie od 1999 roku. Okazało się, że zaobserwowane w centralnej części badań różnicowe siły ciężkości mają wartość dodatnią (Madej J., **Porzucek S.**, Jakiel K.; 2008,), w przeciwieństwie do poprzednich badań, gdzie właściwie konsekwentnie, szczególnie na początku, rejestrowano ubytki mas. Niewątpliwie świadczy to o odbudowywaniu się górotworu wielickiego. Dodatkowo wartości różnicowe wskazują na dogęszczenie górotworu w rejonach osłabionych wskutek katastrofalnego wypływu wód w poprzeczni Mina. Trudno jednakże ocenić, czy dogęszczenia nastąpiło tylko przy samej powierzchni, czy również głębiej.

Prowadziłem także badania nad bardzo płytką eksploatacją węgla kamiennego w rejonie wychodni jego pokładów (Porzucek, 2013). Badania przeprowadziłem na obszarze, na którym prowadzono eksploatacje odkrywkową i filarowo-komorową. Oba pola eksploatacyjne zaznaczyły się różnie w rozkładzie pola siły ciężkości, z uwagi na różną średnią gęstość objętościową górotworu na tych polach po eksploatacji. Przeprowadzona analiza wykazała, że do rozdziału pola na część regionalną i rezydualną lepsze wyniki daje filtracja w domenie częstotliwości, przy użyciu filtru Butterwortha niż metoda wielomianowa. Filtracja wykazała istnienie stref obniżonej gęstości na obu polach, przy czym dla pola eksploatacji odkrywkowej zlokalizowane one były w pobliżu jego krawędzi, co świadczy, że powstały one najprawdopodobniej w wyniku działania procesu sufozji.

W badaniach mikrograwimetrycznych konieczne jest precyzyjne określenie położenie punktów pomiarowych metodami geodezyjnymi. Metody geodezyjne śledzą również obniżanie się powierzchni terenu, które koresponduje z istnieniem stref rozluźnień w górotworze (**Porzucek S.**, Lipecki T., Madej J., Jaśkowski W., Łój M., 2007).

Ochrona powierzchni terenu w rejonie szybów i szybików

Z zagadnieniem ochrony powierzchni terenu wiążą się badania mikrograwimetryczne mające na celu określenie wpływu na nią znanych lub nieznanymi szybów i szybików. Od wielu lat uczestniczę w badaniach mających na celu ocenę górotworu w pobliżu tychże wyrobisk pionowych (Madej J., **Porzucek S.**, Radomiński J.; 2004). Naruszenie górotworu szybem niewątpliwie wpływa na zmianę warunków wodnych w jego otoczeniu, co może skutkować zwiększonym procesem sufozji mechanicznej. W efekcie może doprowadzić to do powstawania pustek w górotworze w rejonie szybu, a co gorsza bezpośrednio za obudową szybu. Te ostatnie mogą prowadzić do destabilizacji szybu, czego przykładem była katastrofa szybu wentylacyjnego nr 5 kopalni „Szczygłowice”. Pomiary w rejonie infrastruktury podziemnej wiążą się z wprowadzaniem poprawek na wpływ grawitacyjny tychże obiektów, celem ich eliminacji z wartości pomierzonych. Coraz nowsze narzędzia informatyczne pozwalają na coraz dokładniejsze wyliczenia poprawek.

Osobnym tematem są stare, nieznanne, nieczynne szyby i szybiki. Na Górnym Śląsku (i nie tylko) istnieje wiele podobnych obiektów, których lokalizacja jest nieznaną lub znana tylko w przybliżeniu. Od wielu lat uczestniczę w badaniach mających za zadanie opracowanie jak najlepszej metodyki badań (Madej J., **Porzucek S.**; 2008; Madej J., **Porzucek S.**; 2009). Na

podstawie przeprowadzonych badań można również określić jakość likwidacji tychże obiektów i określić, czy stanowią zagrożenie dla powierzchni terenu.

Poszukiwanie rozluźnień w wałach i zaporach wodnych

W ostatnich latach obserwuje się w Polsce intensywne opady deszczu, czego skutkiem są powodzie stanowiące duże zagrożenie dla ludzi i środowiska. Często występują one wskutek przerwania wałów przeciwpowodziowych przez przybrane rzeki. Przerwanie wałów następuje w miejscach osłabionych, czyli tam, gdzie w wale istnieją rozluźnienia i ewentualnie pustki. Przerwanie wału może również nastąpić w wyniku przesiąkania wału pod jego stopą i przez to wymywania materiału spod niej.

W 2005 roku brałem udział w badaniach geofizycznych mających na celu znalezienie przyczyny przesiąkania obwałowań zbiorników wód dołowych w kopalni KWK „Bogdanka” (Madej J., **Porzucek S.**, Wawrzyniak K., 2006). Badania wykonano metodą mikrograwimetryczną i georadarową, przy czym ja zajmowałem się metodą mikrograwimetryczną. Zastosowanie odpowiedniej metodyki pomiarowej i uwzględnienie niezbędnych poprawek pozwoliło na zlokalizowanie niekontrolowanego przecieku. Badania mikrograwimetryczne wykazały, że woda wydostaje się ze zbiorników przez rozluźnienia wokół rur odprowadzających wodę, czyli źle było wykonane uszczelnienie folią PEHD. Dodatkowo zlokalizowane zostało kilka stref o obniżonej gęstości w obwałowaniu, które wymagają kontroli geotechnicznej.

Jak wspomniano wyżej, nie tylko stan samych obwałowań może stanowić niebezpieczeństwo utraty ich stateczności, ale również budowa geologiczna pod ich stopą i na przedpolu. W 2007 roku brałem udział w badaniach grawimetrycznych mających na celu określenie stanu podłoża zapory wschodniej składowiska „Żelazny Most” (Madej J., **Porzucek S.**, Łój M., 2007). Przetworzenie danych grawimetrycznych wykazało istnienie stref anomalnych o obniżonych wartościach siły ciężkości. Na podstawie, znanej z otworów, budowy geologicznej oraz badań grawimetrycznych przeprowadzono interpretację, która pozwoliła na wydzielenie obszarów charakteryzujących się obniżoną gęstością w stosunku do spodziewanych. Rejony te stanowią potencjalne zagrożenie dla stabilności skarpy, która posiada kilkudziesięciometrową wysokość i znacznie obciąża swoje przedpole.

Badanie osuwisk

W 2006 wykonywałem badania (Madej J., **Porzucek S.**, Łój M., 2006) mające na celu określenie przydatności metody mikrograwimetrycznej do badania osuwisk. Uzyskane wyniki wskazywały, że możliwe jest śledzenie stref poprzecznych do kierunku osuwiska. Można je korelować ze spękaniem i odspajaniem się czynnego osuwiska. Niemniej jednak otrzymane amplitudy anomalii są bardzo niewielkie i trudno by było wykryć te strefy na nieznanym osuwisku. Wydaje się, że metodę mikrograwimetryczną można stosować bardziej w monitoringu osuwiska, który umożliwiłaby śledzenie niewielkich przemieszczeń warstwy skalnej leżącej pod statyczną jeszcze powierzchnią terenu.

Rozpoznanie płytkiej budowy geologicznej

Metody grawimetryczna i mikrograwimetryczna dają bardzo dobre wyniki w rozpoznawaniu płytszej i głębszej budowy geologicznej. W latach 2002-2009 brałem udział w szeroko zakrojonych badaniach geofizycznych, geologicznych, geochemicznych i biologicznych mających na celu próbę lokalizacji miejsc potencjalnego występowania szczątków paleontologicznych koło Staruni na Ukrainie. (Madej J., **Porzucek S.**, 2005,

Porzucek S., Madej J., 2009). Nadmienić należy, że w rejonie tym na początku XX wieku znaleziono kompletnego nosorożca włochatego (znajdującego się w Muzeum Przyrodniczym w Krakowie) oraz wiele innych szczątków ssaków kopalnych. Zlokalizowane one były nie w ozokerycie (intensywnie eksploatowanym na tym obszarze), a w iłach silnie nasyconych ropą naftową i solanką.

Celem badań grawimetrycznych było określenie budowy geologicznej, a mikrogravimetrycznej rozpoznanie budowy przypowierzchniowej pod kątem możliwości znalezienia szczątków ssaków kopalnych.

Wykonane badania grawimetryczne pozwoliły na bardzo dobre odzwierciedlenie ogólnej budowy geologicznej. Zlokalizowano znany z literatury uskoki, którym migrowała ropa naftowa i solanka nasycając utwory przypowierzchniowe. Uskok ten ogranicza pokład soli o przebiegu NW-SE. Modelowanie grawimetryczne pozwoliło na stworzenie dokładnego modelu warstwowego rejonu badań, w którym wyraźnie uwidacznia się wpływ wspomnianego pokładu soli.

W przetwarzaniu pomiarów mikrogravimetrycznych zastosowano metodę Griffina, która pozwoliła na wydzielenie niewielkich, koncentrycznych anomalii. Koncentryczny kształt świadczył o istnieniu ograniczonych zasięgiem zmian gęstości w przypowierzchniowej partii ośrodka. Jedną z kilku hipotez śmierci nosorożca włochatego, była, taka że utonął on w bagnisku, próbując napić się wody lub zliżać wykwity soli. Zatem koncentryczny kształt anomalii korespondowałby z zasięgiem paleobagniska. Za hipotezą tą przemawia też fakt, iż właśnie w jednej z wydzielonych anomalii znaleziono, a potem wydobyto nosorożca oraz szczątki innych ssaków kopalnych.

Badania grawimetryczne procesów geodynamicznych

Jak powszechnie wiadomo w ośrodku geologicznym na skalę globalną ciągle zachodzą procesy geodynamiczne. Do ich badań stosuje się przede wszystkim metody geodezyjne pozwalające śledzić poziome i pionowe przemieszczenie się jednostek geologicznych. Pośrednio procesy te obserwuje się w badaniach morfologicznych, morfostrukturalnych itp. Niemniej jednak do badań procesów geodynamicznych wykorzystuje się również metody geofizyczne, a przede wszystkim metodę grawimetryczną – m.in. od kilkudziesięciu lat prowadzi się pomiary na profilu przecinającym Fenoskandię. Metoda ta, na podstawie zmian pola siły ciężkości, pozwala śledzić ruchy górotwórcze, w których co prawda przemieszczenia są niewielkie, ale za to przemieszczane masy są olbrzymie.

W latach 2002-2005 brałem udział w ramach grantu KBN w badaniach wysadu solnego w Inowrocławiu. Prowadzone były wtedy badania geodezyjne i grawimetryczne w siatce trwale zastabilizowanych punktów geodezyjnych. Zaprojektowano odpowiednią metodykę pomiarów, które następnie wyrównano wykorzystując opracowany przeze mnie program do wyrównywania wartości w siatce. Program wykorzystujący metodę najmniejszych kwadratów pozwala na rozwiązanie układu równań w oparciu o metodę dekompozycji macierzowej (SVD). Uzyskane wyniki nie wskazywały jednoznacznie na związek zaobserwowanych zmian siły ciężkości z dynamiką wysadu solnego. Niemniej jednak badania te należy traktować jako wyjściowe, do powtórzenia po co najmniej 5-10 latach, albowiem dynamika wysadu jest niewielka i badania te należy traktować jako bazowe. Zaobserwowane zmiany związane były raczej ze zmianami w ośrodku skalnym nad wysadem solnym, tym bardziej że jest on naruszony eksploatacją.

Bazując na doświadczeniach nabytych przy badaniu wysadu solnego wziąłem udział w planowaniu, a następnie badaniach procesów geodynamicznych w Karpatach Polskich – projekt KBN 2003-2006 oraz MNiSW 2010-2012 (Łój M., Madej J., **Porzucek S.**, 2005; Łój

M., Madej J., **Porzucek S.**, 2006; Łój M., Madej J., **Porzucek S.**, Zuchiewicz W., 2006; Łój M., Madej J., **Porzucek S.**, Zuchiewicz W., 2007; Madej J., Zuchiewicz W., Łój M., **Porzucek S.**, 2010). Badania grawimetryczne i geodezyjne przeprowadzono w trzech profilach: wzdłuż doliny Dunajca, profilu przecinającym Kotlinę Orawską oraz profilu od Rycerki po Oświęcim. Badania grawimetryczne wykonywano na trwale zastabilizowanych punktach, które położone były na różnych jednostkach geologicznych. Bazując na wcześniejszych i kolejnych doświadczeniach opracowano metodykę przetwarzania i interpretacji badań grawimetrycznych. Z uwagi na bardzo wolną prędkość procesów geodynamicznych badania te należy traktować jako wstępne. Niemniej jednak zaobserwowano pewne wzajemne relacje zmian wartości siły ciężkości (a także przemieszczeń) pomiędzy jednostkami geologicznymi. Kontynuacja badań w następnych latach pozwoli na pełniejszą ocenę zaobserwowanych zmian.

Wykrywanie rozluźnień nad pustkami antropogenicznymi

Problem wykrywania pustek w ośrodku skalnym metodami geofizycznymi został opisany w wielu publikacjach i jest powszechnie znany. Z tego powodu skupiłem się w swoich badaniach nad możliwością wykrywania stref rozluźnień i spękań nad istniejącymi, znanymi pustkami. Kierując projektem MNiSW, w latach 2007-2009 przeprowadziłem badania nad pustkami antropogenicznymi mające odpowiedzieć na pytanie, czy jest możliwe zaobserwowanie tych zmian metodą mikrogravimetryczną. Przeprowadzone wstępne teoretyczne rozważania (**Porzucek S.**, Cała M., Madej J., 2008) wskazywały na to, że istotnie jest to możliwe. Zespół pod moim kierownictwem przeprowadził badania nad pustkami antropogenicznymi położonymi w różnych ośrodkach skalnych (**Porzucek S.**, 2009; **Porzucek S.**, Madej J., Łój M., 2009). Badania wykonano w wersji profilowej ze względu na znaczny zakres badań, tzn. ilość przebadanych obiektów. By móc zarejestrować efekt grawitacyjny od rozluźnień nad pustkami pochodzenia antropogenicznego konieczne jest oczywiście ich istnienie oraz fakt, iż generują one mierzalny efekt grawitacyjny. Wykonane badania wskazywały, że istotnie możliwe jest śledzenie stref rozluźnień górotworu ponad takimi pustkami. Nabyte doświadczenie pozwoliło na zaplanowanie dalszych badań mikrogravimetrycznych, już powierzchniowych, które wykonałem, a wyniki opisałem w monografii (Porzucek, 2013), która stanowi podstawę mojego postępowania habilitacyjnego.

Badanie budowy tektonicznej

Oprócz grawimetrycznych badań małoobszarowych prowadzę również badania mające na celu rozpoznanie budowy tektonicznej ośrodka geologicznego. Od czterech lat, w ramach badań statutowych Katedry Geofizyki, prowadzę ze współpracownikami badania grawimetryczne Sudeckiego Uskoku Brzeźnego. Badania są prowadzone profilach, w przecinających go poprzecznie, na całej jego długości – od Czech poza miasto Bolesławiec, gdzie nie zaznacza się on już w morfologii terenu. Corocznie oddawane są sprawozdania z przeprowadzanych badań (niepublikowane), a w przyszłym roku planowane jest zakończenie badań i wydanie monografii poświęconej tym badaniom. Poprzez prowadzone przeze mnie badania modelowe określany jest przebieg, zrzut oraz nachylenie uskoku.

Jednocześnie prowadzę badania grawimetryczne uskoku Wilkanowa, będącego częścią Rowu Nysy Kłodzkiej (Jamroz O, Badura J, Łój M., **Porzucek S.**, Cymerman Z., 2012; Badura J., Jamroz O., Farbisz J., Łój M., **Porzucek S.**, 2013). Budowane modele grawimetryczne ośrodka geologicznego nie dopowiadają ogólnie znanym danym, a mianowicie wskazują na brak kontrastu gęstości pomiędzy utworami kredy oraz gnejsu.

Ostatnio geolodzy z PIG Wrocław dotarli do danych wydających potwierdzać tę hipotezę i w oparciu o znalezione dane budowany jest ostateczny model.

Inne prowadzone badania naukowe

W trakcie swojej pracy zajmowałem się również analizą zastosowania triangulacji w grawimetrii (**Porzucek S.**, Łój M, 2006), a także problemem wykorzystania dekonwolucji Eulera w interpretacji badań mikrogravimetrycznych (**Porzucek S.**, 2010). Brałem również udział w zastosowaniu badań grawimetrycznych do określania gęstości nasypowej kopalin składowanych w postaci hałd oraz badania zasięgu i miąższości składowisk odpadów komunalnych (bez publikacji).

Byłem również współautorem rozdziału w książce, poświęconym badaniom geofizycznym przypowierzchniowej partii ośrodka geologicznego (Jarzyna J. A., Dec J., Karczewski J., **Porzucek S.**, Tomecka-Suchoń S., Wojas A., Ziętek J., 2012).

Charakterystyka osiągnięcia naukowego będącego podstawą wszczęcia postępowania habilitacyjnego

Główne moje osiągnięcie naukowe (Dz. U. nr 84 z dnia 18 marca 2011 r., poz. 455, art. 16, ust. 2, pkt.1), po uzyskaniu stopnia doktora zawarte jest w monografii mojego autorstwa pt. *Wykrywanie rozluźnień i spękań górotworu nad pustkami antropogenicznymi metoda mikrograwimetryczną*. Rozprawy i Monografie 297, Wydawnictwa AGH, Kraków, str. 153.

Komentarz autorski

Człowiek od stuleci, a nawet tysiącleci, drąży w ziemi pustki o różnym przeznaczeniu. Służą one człowiekowi m.in. za schronienie, jako magazyny, ale przede wszystkim powstają wskutek eksploatacji górniczej. Wszystkie one stanowią potencjalne zagrożenie dla powierzchni terenu i mogą być przyczyną powstawania deformacji powierzchni terenu, zarówno ciągłych, jak i bardziej niebezpiecznych nieciągłych.

Do lokalizacji nieznanymi podziemnych pustek od wielu lat stosuje się z powodzeniem metody geofizyczne, co wskazują liczne publikacje z tej tematyki. Najczęściej do badań wykorzystuje się metodę mikrograwimetryczną, georadarową oraz wybrane metody geoelektryczne.

W trakcie swojej kariery naukowej wielokrotnie realizowałem badania mikrograwimetryczne mające na celu lokalizację nieznanymi pustek antropogenicznych. Każdorazowo uzyskiwałem nowe informacje, które pozwalały na ulepszenie metodyki pomiaru oraz interpretacji. Podczas prowadzonych prac modelowych zauważyłem, że by zbudować model grawimetryczny, od którego efekt grawimetryczny odpowiada pomierzonym wartościom siły ciężkości konieczne jest dodanie dodatkowych rozluźnień nad modelowaną pustką. Nie jest niczym nowym, że nad pustkami mogą powstawać spękania górotworu, które w rezultacie końcowym mogą prowadzić do zawalenia się pustki i powstania deformacji powierzchni terenu.

Opierając się na doświadczeniach z powyższych badań podjąłem prace mające na celu wydzielenie, z pomierzonych wartości siły ciężkości, efektów grawitacyjnych od ewentualnych stref rozluźnień leżących ponad pustką. Wstępne badania dały zachęcające wyniki, więc przeprowadziłem pełny zakres takich badań, których najważniejsze wyniki przedstawiłem w monografii.

Przeprowadzenie badań nad wykorzystaniem metody mikrograwimetrycznej do poszukiwania stref spękań i rozluźnień ponad pustkami antropogenicznymi wymusił wyszukanie odpowiednich obiektów podziemnych. Poszukiwaniami objąłem całą Polskę, ale oczywiście najwięcej podziemnych obiektów znalazłem na jej południowych obszarach. Starłem się zlokalizować takie pustki, nad którymi można było się spodziewać istnienia stref obniżonej gęstości. Ważnym czynnikiem była również możliwość wykonania pomiarów nad pustką oraz niewielka głębokość do jej stropu. Badania wykonałem nad pustkami wydrążonymi w różnego rodzaju skałach.

Niezmiernie ważnym elementem poprawnej interpretacji było wprowadzenie dokładnej poprawki topograficznej. Wyliczenia poprawki topograficznej oparłem na numerycznym modelu terenu, do budowy którego wykorzystałem klasyczne pomiary tachymetryczne oraz naziemny skaning laserowy. Zastosowanie tego ostatniego pozwoliło mi na bardzo dokładne odzwierciedlenie rzeźby terenu, a co za tym idzie obliczenie wartości poprawki topograficznej, szczególnie dla punktów leżących blisko nagłych obniżen powierzchni terenu. W monografii przeprowadziłem analizę promienia, z jakiego należy uwzględnić wpływ rzeźby terenu.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że w większości przypadków wystarczający jest promień 20 m.

By możliwe było wydzielenie z wartości pomierzonych sygnału pochodzącego od spękań i rozluźnień nad pustką koniecznym jest usunięcie wpływu grawitacyjnego pochodzącego od niej. Celem dokładnego oddania przestrzennego kształtu pustki zastosowano skaning laserowy. Z reguły kształt wyrobiska jest skomplikowany, co znacząco utrudnia obliczanie efektu i korektę ewentualnych błędów skaningu. Opracowałem algorytm i stworzyłem program wyliczający wpływ grawitacyjny od sumy plastrów o stałej grubości, na jakie można podzielić pustkę. Program umożliwia dodatkowo łatwą korektę plastrów.

W monografii przedstawiłem również dyskusję opisującą możliwe błędy pomiarowe i interpretacyjne oraz ich spodziewane wielkości.

Wartości siły ciężkości powstałe po wyeliminowaniu wpływu rzeźby terenu oraz samej pustki są sumą dwóch czynników: regionalnego oraz lokalnego, pochodzącego od ewentualnej strefy obniżonej gęstości. Do wydzielenia czynnika lokalnego, czyli anomalii rezydualnej przeanalizowałem różne warianty metody wielomianów i filtracji w domenie częstotliwości. W obliczeniach w metodzie wielomianowej korzystałem z punktów pomiarowych oraz aproksymacji punktów regularnej siatce, a w filtracji stosowałem filtr Butterwortha, filtr oparty na funkcji Gaussa oraz przedłużanie analityczne w górę. Wynik filtracji zależy oczywiście od wybranej pseudo-częstotliwości, której, w przypadku badań mikrograwimetrycznych, dobór ściśle zależy od doświadczenia interpretatora, a niewielkie znaczenie ma wspomaganie się analizą widma amplitudowego. Optymalnym rozwiązaniem jest analiza rozkładów anomalii regionalnej na tle anomalii Bouguera, ewentualnie wspomaganą rozkładem anomalii rezydualnych.

W monografii zamieściłem interpretację badań profilowych i powierzchniowych nad siedmioma podziemnymi obiektami. Przykłady pokazują zarówno wyniki, w których nie zarejestrowano, jak i zarejestrowano strefy obniżonej gęstości nad badanymi pustkami. Wyniki jednoznacznie wykazały możliwość śledzenia stref rozluźnień ponad pustkami antropogenicznymi, pod dwoma warunkami. Pierwszym jest istnienie strefy obniżonej gęstości, a drugim mierzalność efektu grawitacyjnego, który ona generuje. Wiarygodność badanych anomalii przekraczała 99%.

Modelowanie grawimetryczne anomalii pochodzących od spękań i rozluźnień górotworu wykazało możliwość ich ilościowej oceny. Nie jest ona wyrażona w postaci liczby spękań, czy wielkości szczelin, a w postaci określenia rozmiarów stref rozluźnionych, ich położenia oraz wartości obniżenia gęstości. Parametry te można przełożyć na jakościowe określenie stabilności pustki. Uzyskane wyniki mogą również być pomocne w budowaniu geomechanicznego modelu opisującego aktualny stan górotworu.

W pracy zamieściłem również wyniki badań georadarowych potwierdzające istnienie stref rozluźnień zarejestrowanych metodą mikrograwimetryczną. Dodatkowe informacje z badań georadarowych pozwalają na udokładnienie modeli grawimetrycznych.

W jednym przykładzie wykorzystałem sondowania sondą dynamiczną lekką, co pozwala lepiej oszacować miąższość luźnej, przypowierzchniowej warstwy, a przez to udokładnić interpretację.

Przedstawione w monografii wyniki badań mikrograwimetrycznych pokazują, że możliwe jest nie tylko na wykrycie stref rozluźnień nad znanymi podziemnymi pustkami antropogenicznymi, ale również określenie stopnia obniżenia gęstości w tych strefach. Uzupełnienie badań mikrograwimetrycznych badaniami georadarowymi umożliwia uszczegółowienie modeli grawimetrycznych. Uzyskane wyniki opisują aktualny stan górotworu, który można przenieść na oszacowanie stabilności badanych obiektów. Wyniki mogą również stanowić wsparcie dla geomechanicznych prac modelowych, opisujących aktualny i przyszły stan górotworu.

Zestawienie dorobku naukowo-badawczego

Dorobek naukowo-badawczy	Przed doktoratem	Po doktoracie	Suma
	Dane ilościowe		
Sumaryczna ilość publikacji	22	44	66
Czasopisma z listy JCR	-	3	3
Monografie autorstwo/współautorstwo	-	1/2	1/2
Rozdział w książce	-	1	1
Artykuły w czasopismach	14	18	32
Materiały konferencyjne krajowe	5	6	11
Materiały konferencyjne o zasięgu międzynarodowym	3	13	16
Sumaryczny impact factor IF	-	1,238	1,238
Liczba cytowań/w tym autocytacji wg bazy Web of Science (WoS)	-	9/1	9/1
Indeks Hirscha wg bazy Web of Science (WoS)	-	2	2
Kierownictwo projektów badawczych		1	1
Współdział w projektach jako wykonawca	-	6	6
Udział w konferencjach krajowych	11	10	21
Udział w konferencjach o zasięgu międzynarodowym	2	8	10
Ilość osobiście wygłoszonych referatów	2	7	9
Ilość prowadzonych przedmiotów	-	-	10
Promotorstwo prac magisterskich	-	23	23
Promotorstwo prac inżynierskich	-	3	3
Recenzje prac magisterskich	-	6	6

Ponuch