

Dr Piotr Jacek GURWIN
Zakład Hydrogeologii Stosowanej
Instytut Nauk Geologicznych
Uniwersytet Wrocławski

AUTOREFERAT

Opis osiągnięć w działalności naukowo-badawczej

Obszary badań i charakterystyka dorobku naukowego

Moje zainteresowania badawcze są związane głównie z problematyką wodonośności i oceny zasobów wód podziemnych różnych struktur hydrogeologicznych, zwłaszcza złożonych wielowarstwowych systemów wodonośnych. Pracę magisterską dotyczącą wodonośności utworów kenozoicznych rejonu Jaworzyny Śl. obroniłem w 1991 roku pod kierunkiem profesor Tatiany Bocheńskiej. W ramach badań wykonałem szczegółowe kartowanie hydrogeologiczne tego obszaru, stanowiącego fragment bloku przedsudeckiego, uznawanego wówczas za region słabo zawodniony. Wyniki charakteryzujące parametry pięter wodonośnych i możliwości ujmowania wód podziemnych zostały później opublikowane w artykule w wydawnictwie Uniwersytetu Wrocławskiego.

Po ukończeniu studiów geologicznych (ze specjalizacją hydrogeologiczną) prof. T. Bocheńska zaproponowała mi pracę na etacie naukowo-dydaktycznym, na stanowisku asystenta, w ówczesnym Zakładzie Hydrogeologii Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego. Tematyka rozpoczętych badań dotyczyła właśnie problemów wodonośności obszaru przedsudeckiego, który pozostał w nurcie moich głównych zainteresowań badawczych aż do opracowania rozprawy habilitacyjnej. W tym okresie rozpoczęliśmy także w trzyosobowym zespole kompleksowe badania zlewni górnej Kaczawy, zwłaszcza w zakresie rozpoznania warunków zasilania i krążenia wód podziemnych oraz obliczenia składników bilansu wodnego zlewni. Trzyletnie (1991-93), szeroko zakrojone prace, obejmujące wiele serii pomiarowych, obserwacje stacjonarne i analizy laboratoryjne pozwoliły na pełną charakterystykę warunków hydrogeologicznych, w tym wykonanie kilku map tematycznych. Ostatecznie prace te zaowocowały wydaniem monografii (*Acta Universitatis Wratislaviensis N° 1684*) i ugruntowały moje doświadczenie w zakresie organizacji i prowadzenia badań hydrogeologicznych.

Na początku lat 90. zespołowe badania hydrogeologiczne w układzie zlewniowym prowadziliśmy także w zakresie bilansu zasobów wód podziemnych zlewni rzeki Oławy dla potrzeb opracowania warunków korzystania z wód dorzecza. Wtedy zaistniała potrzeba wykorzystania najnowszych technik numerycznego modelowania w odtworzeniu schematu krążenia wód podziemnych w układzie wielowarstwowym, a następnie dokładnych obliczeń zasobowych. Dużym sukcesem było wdrożenie i wykorzystanie jeszcze DOS-owych wersji programu MODFLOW w pierwszych regionalnych badaniach modelowych w Polsce, co udokumentowano publikacjami (Gurwin i in., 1994; Gurwin i in., 1995) i zostało dostrzeżone wśród grona naukowców zajmujących się modelowaniem, przyczyniając się do stopniowego wprowadzania MODFLOW we wszystkich ośrodkach naukowych. Dziś jest to w zasadzie najlepsze i powszechnie stosowane narzędzie w badaniach modelowych. Zdając sobie sprawę z rosnącego znaczenia narzędzi informatycznych w pracy naukowej, od początku kariery starałem się łączyć poznawanie tajników modelowania z technikami geoinformacyjnymi, co przejawiało się już w 1993 r. w publikacji prezentującej mapę numeryczną zlewni Oławy jako narzędzia w gospodarce wodnej. Rozwiązania na modelach numerycznych były przeze mnie

także stosowane w odniesieniu do trudnych ośrodków szczelinowo-porowych. W latach 1996-97 wykorzystano je przy ustalaniu zasobów wód podziemnych zlewni Ścinawki czy też w dokumentowaniu zasobów dyspozycyjnych na obszarze uzdrowiskowym w rejonie Krynicy.

Kolejne badania nad oceną zasobności struktur wodonośnych skupiły się na rozpoznaniu kenozoicznych zbiorników wód podziemnych rejonu LGOM. Badania te były w latach 1994-1997 wsparte grantem KBN nr 9S60201107, którego byłem głównym wykonawcą i dotyczyły jakże ważnej kwestii, czy zasoby wodne wybranych zbiorników są zagrożone wpływem odwadniania górniczego i jak je chronić. Efektem były publikacje naukowe (Gurwin i Wąsik, 1996; Gurwin, 1997), a podsumowanie całości prac zostało zawarte w obszernej monografii we współautorstwie z T. Bocheńską, H. Marszałkiem, L. Poprawskim i M. Wąsikiem (*Acta Universitatis Wratislaviensis* N° 2109). W pracy tej udało się zweryfikować granice zbiorników GZWP nr 314 (Q) i GZWP nr 316 (Tr), określić ich parametry hydrogeologiczne i ustalić wpływ odwadniania górniczego na poziomy wodonośne tych zbiorników w strefie oddziaływania kopalń rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej.

W tym okresie bardzo dużo czasu poświęciłem na zgłębienie trudnych metodycznych zagadnień związanych z modelowaniem procesów filtracji, starając się dotrzeć do najlepszych zagranicznych podręczników i publikacji, by móc wdrażać w Polsce najnowsze rozwiązania w tym zakresie. Pomocny był w tym również udział w 1996 r. w specjalistycznym kursie z zakresu modelowania, prowadzonym przez prof. Jacoba Bear'a (z Technion-Israel Institute of Technology) pt.: *Modeling Flow And Pollution in the Subsurface – With Emphasis on the Unsaturated Zone*. Te właśnie doświadczenia zostały przeze mnie wykorzystane w pracach nad regionalnymi modelami złożonych systemów wodonośnych.

System wodonośny pradoliny Odry w rejonie Głogowa, obejmujący GZWP 314, stał się podstawą dla opracowania przestrzennego numerycznego modelu filtracji, na którym odwzorowano rzeczywiste warunki eksploatacji dużych ujęć na tym obszarze. Wyniki zostały przedstawione w pracy doktorskiej, zrealizowanej pod kierunkiem prof. Tatiany Bocheńskiej i obronionej w listopadzie 1997 r., a następnie opublikowane w monografii hydrogeologicznej w serii *Acta Universitatis Wratislaviensis* N° 2215 w wydawnictwie Uniwersytetu Wrocławskiego w 2000 r. Oprócz odtworzenia na wielowarstwowym modelu złożonej struktury wodonośnej, ważnym osiągnięciem było wprowadzenie nowych elementów w dokumentowaniu badań modelowych w Polsce. Zwłaszcza należy tu podkreślić pierwsze pełne wykorzystanie metod geostatystycznych z zakresu analizy zmiennych zregionalizowanych oraz sporządzoną analizę czułości i niepewności modelu. Zaprezentowano też możliwość zastosowania bardziej zaawansowanych schematów analizy wyników próbnego pompowania. Zagadnienie tempa wymiany wód i odnawialności systemu wodonośnego oraz wyniki oznaczeń izotopowych przedstawiono na forum międzynarodowym podczas dwóch konferencji w 1998 r. (*Ochrona i rekultywacja terenów dorzecza Odry* i *International Odra Research Conference*) oraz wspólnie z L. Poprawskim zostały opublikowane w języku angielskim w: *Acta hydrochimica et hydrobiologica* vol. 27, No 5/99.

W tym czasie pojawiła się też możliwość ponownego skoncentrowania badań na bloku przedsudeckim, gdyż w ramach prac dokumentacyjnych nad zasobami dyspozycyjnymi zlewni Bystrzycy i Nysy Kłodzkiej w części przedsudeckiej (1999), opracowałem mapy hydrogeologiczne i pierwszy regionalny model numeryczny dla całego tego obszaru. Przyjęty sposób schematyzacji, wprowadzone warunki brzegowe oraz późniejsza długotrwała kalibracja dały efekt w postaci obliczeń bilansowych, uwzględniających przepływy pomiędzy poziomami wodonośnymi w skomplikowanym układzie kenozoicznych struktur o charakterze niecek i rowów przedgórskich. Miało to szczególnie duże znaczenie, gdyż z uwagi na brak

zlewniowego zamknięcia obszaru szacunki zasobowe wykonane innymi metodami np. hydrologicznymi były bardzo niepewne. Wciąż trudnym do jednoznacznej interpretacji pozostawała hydrogeologiczna rola uskoku sudeckiego brzeźnego. Potwierdzono jednak wcześniejsze szacunki, również autora, że dopływ od strony Sudetów stanowi znaczącą część zasilania poziomów wodonośnych na bloku przedsudeckim, gdzie są zlokalizowane wydajne ujęcia wód podziemnych dla takich miast jak: Świdnica, Strzegom czy Jaworzyna Śl.

Doświadczenie we współpracy w międzynarodowych zespołach badawczych zdobywałem uczestnicząc w latach 1999-2001 w badaniach ze stroną niemiecką w ramach International Odra Project (IOP) pod kierunkiem prof. A. Knöchela z Uniwersytetu w Hamburgu. Szeroko zakrojone badania kilkunastu instytucji naukowych z Polski i z Niemiec miały na celu dokładne zdiagnozowanie zanieczyszczenia rzeki Odry.

Zainicjowane w latach 90. nurty badawcze były rozwijane także w następnych latach, a zdobyte doświadczenia metodyczne starałem się na bieżąco prezentować poprzez aktywny udział w konferencjach i w publikacjach (np. Gurwin, 2000, 2001, 2003; Gurwin i Poprawski, 2001). W tym okresie nawiązałem też bliskie kontakty naukowe z instytutem ITC International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences Enschede w Holandii (obecnie połączony z Uniwersytetem Twente), gdzie zacząłem współpracować z dr. M. Lubczyńskim. Dzięki jego poparciu wyjechałem w 1998 r. na kilkumiesięczne stypendium naukowe (post-doc), w ramach którego miałem możliwość poznania poligonów badawczych instytutu ITC, wymiany cennych doświadczeń w zakresie modelowania numerycznego, nowoczesnego monitoringu i wykorzystania zdjęć satelitarnych w pracy hydrogeologa. Współpraca z międzynarodowym zespołem prowadzonym przez prof. A. Meijerinka zaowocowała rozwinięciem nowych technik badawczych i pomysłami na realizację wspólnych projektów. Kolejne kilkukrotne pobyty, finansowane przez stronę holenderską w latach 1999-2001, były związane z pracami nad projektem pt.: „*Quantification of groundwater resources in fractured rocks – experiment in integration of ADAS with Remote Sensing and GIS techniques at numerical modelling environment*” - Project N^o 3023316 / ITC. Wówczas rozpocząłem badania na hydrogeologicznych poligonach w rejonie Salamanki, w zlewni rzeki Rio Tormes w Hiszpanii, gdzie prowadziłem pomiary, instalowałem nowe urządzenia, zbierałem dane z systemów monitoringu, które następnie były poddawane analizom we współpracy z hydrogeologami, petrografami, hydrologami i geofizykami z ITC. Możliwości kontynuacji i zacieśnienia współpracy pojawiły się w 2002 r. wraz z uzyskaniem przeze mnie prestiżowego rocznego stypendium naukowego UE *Marie Curie Individual Fellowship* w ramach 5. Programu Ramowego UE (Contract N^o EVK1-CT-2001-50009) dla realizacji projektu pt.: *Integration of Numerical Modelling with Remote Sensing to Assess Groundwater Resources*. Wieloletnie prace badawcze w zlewni rzeki Sardon, w warunkach klimatu półsuchego, doprowadziły do powstania obszernej publikacji we współautorstwie z M. Lubczyńskim w *Journal of Hydrology* 306 (2005). Sieć automatycznego monitoringu była zbudowana pod kątem obliczeń zasilania wód podziemnych, z uwzględnieniem czasowej zmienności potencjalnej ewapotranspiracji (ET_0), a wykorzystując modele dla strefy aeracji, obliczano zmiany rzeczywistej ewapotranspiracji (ET_a) i efektywnej infiltracji (I_e). Punktowe obserwacje były aproksymowane na cały obszar z wykorzystaniem obrazów satelitarnych, a do obliczeń ewapotranspiracji zastosowano też opracowany w ITC skomplikowany algorytm bilansu energii *SEBAL* oparty o analizę zdjęć z Landsata. Zgromadzone dane i obliczenia były tak dobrej jakości, że został zbudowany i wykalibrowany numeryczny model MODFLOW w warunkach filtracji nieustalonej z uwzględnieniem zmian ewapotranspiracji i zasilania w czasie. Zasilanie zachodzi w okresie wilgotnym i wynosi w różnych miesiącach od 0,15 mm/d do 0,9 mm/d. O nowatorstwie tych badań może świadczyć też fakt, że w ocenie strat bilansowych uwzględniono składową transpirację (T_i) poprzez polowe pomiary przepływu wody w pniach dwóch typów drzew

rosnących na tym obszarze. Wykorzystując sporządzone mapy pokrycia terenu oraz zdjęcia lotnicze i satelitarne dokonano przestrzennej estymacji uzyskanych wartości transpiracji, która w okresie suchym została oceniona przeciętnie w całej zlewni na 0,16 mm/d.

Pobyt w ITC był dla mnie pod wieloma względami przełomowy. Przez pierwsze dziesięciolecie kariery naukowej skupiałem się na doskonaleniu metod modelowania przepływu wód podziemnych w regionalnych systemach wodonośnych, toteż korzystając z zaferowanych możliwości, bardzo dużo czasu poświęciłem na zgłębienie teoretycznej i praktycznej wiedzy także w zakresie monitoringu i modelowania strefy aeracji – problematyki wówczas nowej w polskiej hydrogeologii. Po powrocie ze stypendium, z bardzo poszerzonym warsztatem badawczym, postanowiłem kontynuować prace nad uszczegółowieniem modelu obszaru przedsudeckiego. Właśnie wtedy, z inicjatywy ośrodka wrocławskiego, we współpracy z prof. S. Staśko, zorganizowana została I konferencja pn. Modelowanie Przepływu Wód Podziemnych (*MPWP I*), która skupiła wielu naukowców i w następnych latach zamieniła się w cykliczne spotkania, na których prezentowane i dyskutowane są osiągnięcia coraz liczniejszego grona hydrogeologów zajmujących się modelowaniem. Ze swojej strony, oprócz wygłoszonego referatu, w trakcie warsztatów przedstawiałem najnowsze możliwości wykorzystania programu MODFLOW w praktycznie niestosowanej wówczas w Polsce, najbardziej zaawansowanej konfiguracji – GMS. Kładąc przy tym nacisk na możliwości automatycznej kalibracji i problem analizy niepewności numerycznego modelu filtracji. Pokłosiem tego pierwszego spotkania było wydanie monografii pod redakcją Gurwina i Staśki w serii *Acta Universitatis Wratislaviensis* N^o 2729 w wydawnictwie Uniwersytetu Wrocławskiego w 2004 r., gdzie część metodycznych zagadnień przedstawiłem w jednym z rozdziałów.

W tym czasie starałem się podtrzymać także swoje zainteresowania obszarem rejonu LGOM, prezentując w kilkusobowym zespole na konferencji z cyklu Problemy Hydrogeologiczne Górnictwa Rud Miedzi, zagadnienia dotyczące parametrów hydrogeologicznych kenozoicznego kompleksu wodonośnego (2004). Ale był to też moment, kiedy pojawiła się możliwość szerszego wykorzystania zdobytych umiejętności w zagadnieniach ochrony środowiska wodnego i działań proekologicznych w związku z dużym przedsięwzięciem dotyczącym stanu zbiorników zaporowych w dorzeczu Odry. W ramach rządowego „Programu dla Odry 2006” zainicjowano pilotażowe kompleksowe badania na zbiorniku Turawa na rzece Mała Panew, która przejmuje zanieczyszczenia z Górnego Śląska i które przez lata kumulowały się w tym zbiorniku. Zostałem kierownikiem projektu koordynując prace aż 10 zespołów badawczych z różnych ośrodków w kraju i z zagranicy (w tym m.in.: Uniwersytet Wrocławski, Uniwersytet Szczeciński, Politechnika Gdańska, Uniwersytet Opolski, IMGW, ITC). Na konferencjach w 2004 r. przedstawione zostały główne założenia zintegrowanej kampanii badawczej dla określenia ekologicznego stanu zbiornika retencyjnego "Jezioro Turawskie" zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. W trakcie 2-letnich prac realizowano zadania z zakresu: hydrogeologii, sedymentologii, hydrologii, geochemii, geofizyki, hydrobiologii i in. Poza intensywnymi pracami organizacyjnymi, w tym koordynacją kampanii terenowych (m.in. wiercenia w dnie z platformy, wykonanie wielu serii pomiarów i opróbowań wód podziemnych, powierzchniowych, osadów dennych, batymetrii, budowa sieci monitoringu z automatyczną stacją hydro-meteorologiczną), skupiłem się na wykonaniu przestrzennego numerycznego modelu obszaru wokół zbiornika. Celem było ustalenie układu krążenia wód podziemnych, związku z wodami powierzchniowymi przy różnych stanach napełnienia zbiornika, obliczenia podziemnego dopływu do czaszy zbiornika oraz pozostałych składników bilansu wodnego. Całość prac geologiczno-hydrogeologicznych była wykonywana w zespole Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego. A badania wszystkich zespołów zostały zebrane w formie bardzo obszernego raportu końcowego. Jednym z wielu ważnych

elementów składowych projektu była ocena ilościowa i jakościowa nagromadzonych zanieczyszczonych osadów dennych zbiornika. Dokładne pomiary batymetryczne, wiercenia, sondowania, badania georadarowe i sedymentologiczne pozwoliły wyznaczyć dokładną kubaturę osadów. Natomiast setki pobranych próbek poddane analizom w laboratoriach współpracujących zespołów (łącznie z analizami specjacji, oznaczeniami składników specyficznych czy testami toksykologicznymi) pozwoliły na pełną charakterystykę jakościową osadu. Stwierdzono przede wszystkim niezwykle wysokie zawartości kadmu, ale także wielokrotnie przekroczone stężenia innych metali ciężkich oraz olbrzymi ładunek substancji biogennej, odpowiedzialnych za katastrofalny stan wód i eutrofizację zbiornika. W ramach projektu byliśmy zobowiązani także do sporządzenia raportu w zakresie wskazania metod i działań odnośnie sposobów renaturalizacji zbiornika. Należy podkreślić, że były to pierwsze tak szeroko zakrojone, kompleksowe i interdyscyplinarne badania zbiorników zaporowych w Polsce. Większość wyników została przedstawiona na licznych konferencjach, przede wszystkim w trakcie III Konferencji „Zasoby wodne triasu opolskiego i ekologia Jezior Turawskich”, ale również z cyklu Współczesne Problemy Hydrogeologii oraz na organizowanych przez RZGW Międzynarodowych Konferencjach Naukowo-Technicznych pt. „Problemy ochrony zasobów wodnych w dorzeczu Odry”. Znaczną część bardzo bogatego materiału podsumowano w licznych publikacjach recenzowanych i w wydawnictwie konferencyjnym z 2005 r. (tom 15 kilkustronicowych artykułów), przy czym mój dorobek zamknął się w 13 publikacjach z lat 2004-2006 w różnych zespołach autorskich, a w 2007 r. pojawiły się dwie publikacje w wysoko punktowanych czasopismach *TRAC-Trends in Analytical Chemistry* 13106, vol. 26 N^o. 4 i *Critical Reviews in Analytical Chemistry* 37 z moim udziałem. Planowane jest też wydanie złożonej już w całość monografii pod moją redakcją. Z dużą satysfakcją odnotowuję też fakt, że wysiłek włożony w te badania i uzyskane wyniki spowodowały dalsze wieloletnie dyskusje w środowisku naukowym i administracyjnym, i że ostatecznie w latach 2008-2009 brałem także udział w pracach konsorcjum firm komercyjnych nad *Studium wykonalności dla przedsięwzięcia rewitalizacja zbiornika retencyjnego Turawa, wraz z wnioskiem aplikacyjnym i raportem oddziaływania inwestycji na środowisko*. W 2010 r. opublikowałem natomiast w *Biuletynie PIG nr 440 w serii Hydrogeologia* artykuł na temat zagrożenia wód podziemnych w ocenie oddziaływania na środowisko planowanej renaturalizacji zbiornika retencyjnego Turawa. Teraz pozostaje czekać z nadzieją, że znajdą się środki finansowe na realizację tych, już ściśle technicznych, zabiegów. Z całą pewnością jednak koordynacja tak dużego projektu przyczyniła się do ugruntowania moich umiejętności w organizowaniu i prowadzeniu dużych interdyscyplinarnych badań naukowych

Pomimo zaangażowania w projekt „turawski” nie zaniedbałem jednak swoich prac nad rozwiązaniem problematyki wodonośnych struktur bloku przedsudeckiego. W 2004 r. zostałem kierownikiem projektu badawczego KBN nr 4 T12B 024 26, dotyczącego oceny odnawialności wód podziemnych systemu wodonośnego niecki Ziębic, który realizowałem wspólnie z dr. M. Lubczyńskim. I w tym też czasie opublikowaliśmy razem pracę w *Hydrogeology Journal* vol. 13, N^o 4, dotyczącą roli modelowania złożonych systemów wodonośnych w ustalaniu zasobów wód podziemnych na przykładzie niecki Świdnicy. Kontynuowane w ramach projektu badania stały się podstawą przygotowanej ostatecznie monografii jako rozprawy habilitacyjnej.

Kolejna sposobność współpracy w konsorcjum kilku instytucji naukowych pojawiła się wraz z interdyscyplinarnym projektem realizowanym w latach 2007-2009 dla Ministerstwa Środowiska (umowa nr 83/2007/Wn-16/FG-go-tx/D1) pt.: *Litogeneza i geochemia osadów dna i strefy brzegowej Zalewu Szczecińskiego*. Projekt był koordynowany przez zespół Uniwersytetu Szczecińskiego pod kierunkiem prof. A. Witkowskiego, ja natomiast byłem kierownikiem części realizowanej przez ING U. Wr., dotyczącej badań hydrogeologicznych

i hydrologicznych, monitoringu środowiska wodnego, badań georadarowych i izotopowych. Przeprowadzone wiercenia w dnie zalewu dały podstawę nie tylko dla zbadania osadów dennych, ale również do wykonania przekrojów hydrogeologicznych pod dnem i ostatecznie do zbudowania bardzo zaawansowanego trójwymiarowego modelu numerycznego obejmującego cały obszar wokół zalewu. Symulacje na modelu pozwoliły odtworzyć aktualny stan eksploatacji wszystkich ujęć, dokonać ocen zasobowych oraz przedstawić bilans wodny obszaru, uwzględniający w bardzo wiarygodny sposób składową dopływ pod dnem zalewu.

W latach 2008-2010 opublikowałem szereg prac o charakterze metodycznym i praktycznym, dotyczących modelowania. Dwie prace z 2008 r. (samodzielna jako rozdział w monografii pod red. B. Namysłowskiej-Wilczyńskiej oraz druga we współautorstwie z L. Poprawskim w *Biuletynie PIG* nr 431) przedstawiały możliwości wykorzystania zasobów wód podziemnych w oparciu o numeryczne modele GZWP i struktur wodonośnych w rejonie Wrocławia jako alternatywnego źródła zaopatrzenia w wodę. W kolejnej pracy wydanej w 2008 r. w *Biuletynie PIG* nr 431 (we współautorstwie z R. Serafinem) przedstawiono nowoczesne techniki budowy przestrzennych modeli koncepcyjnych GZWP w systemach GIS zintegrowanych z MODFLOW. Natomiast w *Biuletynie PIG* nr 442 (2010) opisaliśmy zastosowania numerycznego modelu filtracji i systemów geoinformatycznych jako narzędzi wspomagających wyznaczanie stref ochronnych GZWP, wskazując nowe możliwości wykorzystania modelu do szacowania tempa migracji zanieczyszczeń w strumieniu wód podziemnych i w strefie aeracji jako ważny aspekt praktyczny w dokumentowaniu GZWP (program realizowany obecnie w Polsce z funduszy NFOŚ). Aktywny udział w XXXVIII Kongresie Hydrogeologicznym IAH – Groundwater Quality Sustainability w Krakowie starałem się zaakcentować referatem na temat metodyki budowy modeli konceptualnych wielowarstwowych systemów wodonośnych w obszarach występowania GZWP w oparciu o nowoczesne techniki geoinformacyjne. Główne założenia zostały opublikowane w jęz. angielskim w Extended Abstracts, vol. 2 (ed. Zuber A., Kania J., Kmiecik E.). Należy też nadmienić, że aktywny udział w wielu konferencjach został także podkreślony zdobyciem I-iej nagrody za najciekawszy referat wygłoszony podczas konferencji *MPWP 3* w 2008 r.

Prowadząc badania struktur wodonośnych zajmowałem się jednocześnie opracowaniem 4 arkuszy Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 : ark. Bydgoszcz Zach. (318) i ark. Bydgoszcz Wsch. (319) (Gurwin i Janczarski, 2000), ark. Żary (647 - PPWJ) (Gurwin, Chudy, Mądrala, 2010), ark. Bobrowice (573 - PPW) (Gurwin, Chudy, Mądrala, 2011).

Moje zainteresowania i zdobyte doświadczenie nad oceną zasobów wód podziemnych struktur wodonośnych występujących w różnych piętrach wodonośnych powodowały, że brałem udział w wielu regionalnych opracowaniach dotyczących zasobów dyspozycyjnych zarówno zlewni hydrograficznych (zlewnie: Oławy, Dziwny, Ścinawki, Bystrzycy i Nysy Kłodzkiej), jak też zasobów i stref ochronnych Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP nr 314 Głogów i GZWP nr 316 Lubin; GZWP 321, GZWP nr 322 Oleśnica; GZWP nr 302 Pradolina Barycz - Głogów (W); GZWP nr 326 Częstochowa (E), GZWP nr 319 Prochowice-Środa Śl.), w większości związanych z dużymi systemami wodonośnymi w kompleksach kenozoicznych. A w przypadku GZWP nr 326 opracowanie dotyczyło jednego z największych zbiorników w obrębie kompleksu jurajskiego. Były to głównie dokumentacje hydrogeologiczne wykonane dla Ministerstwa Środowiska, w których byłem głównym wykonawcą, realizując kluczowe zadania w zakresie części modelowej i zasobowej.

Moja aktywność naukowa była od początku kariery silnie związana również z zagadnieniami ochrony wód podziemnych. Już w połowie lat 90. zainteresowałem się problemem zanieczyszczenia substancjami ropopochodnymi na terenach lotnisk i baz paliw, które w tym okresie były poddane intensywnemu rozpoznaniu a później procesom remediacji. Z uwagi na posiadane umiejętności w zakresie numerycznego modelowania byłem uczestnikiem szeregu opracowań, mających na celu ocenę ilościową i jakościową NAPL

w środowisku gruntowo-wodnym oraz zaplanowanie optymalnego sposobu likwidacji skażeń. Jednym z głównych realizowanych wówczas projektów był zamawiany grant badawczy pt. *System badań i kompleksowej analizy stanu środowiska naturalnego na obiektach lotniskowych część: Opracowania modelowe* – nr 2310/C.T09_3/99 przy współfinansowaniu przez Dowództwo Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej nr 13/SILLWLOP/IX, w którym pełniłem rolę głównego wykonawcy. Brałem też udział w szeregu innych przedsięwzięć na różnych obiektach, co wymagało odpowiedniego monitoringu oraz zgłębienia wiedzy teoretycznej w zakresie parametrów do modelowania migracji zanieczyszczeń dla ośrodka trójfazowego. Efekty zostały przedstawione na przykładzie lotnisk w Brzegu i w Szprotawie w *Przeglądzie Geologicznym* vol. 46, nr 6 (1998) oraz podczas XII Sympozjum naukowo-technicznego w Częstochowie nt. Modelowanie matematyczne w hydrogeologii i ochronie środowiska (1997). Część bogatego materiału zestawilem również później, w pracy z 2008 r. na temat lokalnego monitoringu zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego produktami ropopochodnymi (w: *Zarządzanie zasobami wodnymi w dorzeczu Odry*, wyd. RZGW), a moje dalsze zainteresowanie tą problematyką zaowocowało referatem w jęz. angielskim podczas międzynarodowego workshopu w 2009 r. pt. *Monitored Natural Attenuation (MNA) – Using the Self Cleaning Capacity of Nature*. *Proceedings of MNA Workshop Cracow*.

Modelowanie migracji zanieczyszczeń było ważnym nurtem moich badań także w związku z rozpoznaniem i monitoringiem składowisk odpadów. Z kilku opracowań mających charakter dokumentacji, w przypadku obiektu w Jelczu-Laskowicach zgromadzone dane pozwoliły na wykonanie i kalibrację modelu transportu masy i przeprowadzenie symulacji rozchodzenia się chmury zanieczyszczeń w wodach podziemnych. Wyniki zostały przeze mnie opublikowane w 2006 r. w serii *Geologos - Modelowanie przepływu wód podziemnych (MPWP 2)*.

Aspekt ochrony wód podziemnych to również zebrane doświadczenie w zakresie budowy modeli numerycznych dla oceny oddziaływania obiektów inżynierskich i hydrotechnicznych na środowisko wodne. Do najważniejszych przykładów tego typu przedsięwzięć należy zaliczyć planowaną budowę tunelu między wyspami Wolin i Uznam, gdzie prace budowlane mogłyby zagrozić ujęciom wody pitnej dla Świnoujścia. Wyniki symulacji dla różnych przewidywanych wariantów przebiegu tunelu zostały opublikowane w *Biuletynie PIG HYDROGEOLOGIA* nr 436 (Gurwin i Ruszkiewicz, 2009). W nawiązaniu do wcześniejszych prac realizowanych w rejonie Zalewu Szczecińskiego wraz z A. Krawcem, wykorzystując wyniki badań modelowych i geofizycznych, oceniliśmy wpływ zagrożenia dla zasobów wód słodkich na Wyspie Uznam w związku z eksploatacją ujęcia „Wydrzany”. Publikacja ukazała się w *Biuletynie PIG HYDROGEOLOGIA* nr 442 w 2010 r. W tym samym roku wspólnie z M. Wąsikiem opracowaliśmy numeryczny model wpływu budowy parkingu podziemnego w centrum Warszawy na wody podziemne pierwszego poziomu wodonośnego, który został przez nas przedstawiony w *Biuletynie PIG HYDROGEOLOGIA* nr 440 (2010). Ponadto w tym samym nurcie zainteresowań znalazło się zagadnienie wyznaczania stref ochronnych ujęć z symulacjami poboru studni na modelu (Gurwin, 2000, Gurwin i Zapart, 2010).

W ostatnim czasie w moich badaniach nastąpił ponownie bardzo udany powrót do prac nad problemami zawodnienia obszarów górniczych LGOM. W ramach realizowanego przez Instytut Nauk Geologicznych U. Wr. projektu badawczego pod kier. prof. S. Staśko pt. *Numeryczny model hydrogeologiczny 3D (regionalny), uwzględniający strefę oddziaływania górnictwa rud miedzi LGOM (dla KGHM Polska Miedź S.A.)*, w którym biorę udział jako główny wykonawca, zaplanowano 4 etapy prac. W 2011 r. zakończona została zasadnicza część zadania, polegająca na opracowaniu przestrzennego 17 warstwowego modelu przy użyciu *GMS/Modflow* dla całego złożonego permsko-triasowo-kenozoicznego kompleksu wodonośnego, pozostającego pod wpływem odwadniania kopalń.

Od początku kariery naukowej moje wysiłki zostały skoncentrowane na zastosowaniach nowoczesnych technik modelowania numerycznego w rozwiązywaniu zagadnień z zakresu procesów filtracji wód podziemnych. Toteż ponad połowa wszystkich publikacji jest związana właśnie z tą problematyką. Na przestrzeni lat wykonałem prawie 40 modeli numerycznych (w zdecydowanej większości udokumentowanych publikacjami), najczęściej w oparciu o wszystkie zaawansowane konfiguracje oprogramowania MODFLOW/MODPATH/MT3D, jak: Processing Modflow (PM), Groundwater Modelling System (GMS), Groundwater Vistas (GV) czy Visual Modflow (VM), dogłębnie poznając wszystkie słabe i mocne strony tych systemów.

Dorobek jest zawarty w blisko **70 pracach naukowych** (szczegółowy wykaz w załączeniu). W tym pełne, jednoosobowe autorstwo dotyczy 18 prac, w dalszych 24 występuje jeden współautor, a 26 to prace zespołowe. Biorąc pod uwagę specyfikę badań przyrodniczych, w moim przekonaniu zaświadcza to o prawidłowym rozdziale zaangażowania w działalność indywidualną oraz w prace w zespołach badawczych. Intensyfikacja pracy badawczej po doktoracie przejawia się w **55 publikacjach**, czyli stanowi 80% całości dorobku. Zdecydowana większość została opublikowana w czasopiśmie naukowych lub jako rozdziały monografii krajowych (wykaz w załączniku), w tym: **5 artykułów w indeksowanych czasopiśmie wyróżnionych w *Journal Citation Report (JCR)* o wysokiej punktacji, 3 monografie, 31 publikacji recenzowanych (w tym rozdziały w monografiach) oraz 12 w materiałach konferencyjnych** i kilkanaście abstraktów. Ponadto brałem udział w 4 opracowaniach kartograficznych w ramach realizacji Mapy hydrogeologicznej Polski.

Liczba cytowań publikacji według bazy *Web of Science* z lat 2007-2011 wynosi 36 (bez autocytowań), sumaryczny *impact factor* wynosi **12,316** (w załączniku zestawiono dokładne dane statystyczne), a **index Hirscha opublikowanych publikacji według *Web of Science* wynosi 3.**

Moja działalność naukowa i doświadczenie powodują, że regularnie są kierowane do mnie recenzje publikacji z zagranicznych czasopism o wysokich indeksach punktowych (załącznik), głównie z zakresu zastosowań modelowania w analizie procesów zachodzących w środowisku wód podziemnych. Wykonałem też szereg recenzji publikacji w czasopiśmie krajowych. Ponadto w 2010 r. przekazano mi również do merytorycznej oceny wniosek o duży projekt w ramach Polsko-Szwajcarskiego Programu Badawczego (Polish-Swiss Research Programme -PSRP).

Praktyczne zastosowanie zdobytych umiejętności już od początku zawodowej działalności zostało potwierdzone uzyskaniem uprawnień geologicznych kategorii V (nr 1325) w zakresie geologii (1998 r.).

Charakterystyka rozprawy habilitacyjnej

Ocena odnawialności i zasobów wodnych kenozoicznych zbiorników i struktur wodonośnych należy do ważnych zagadnień hydrogeologicznych, gdyż w skali kraju zgromadzone są w nich największe zasoby i większość eksploatacji pochodzi właśnie z poziomów wodonośnych czwartorzędowych i paleogeńsko-neogeńskich. Odnawialność wód podziemnych wyrażana infiltracją opadów atmosferycznych zależy od wielu czynników: klimatycznych, morfologicznych, hydrologicznych, geologiczno-glebowych, użytkowania terenu, wegetacji roślin i in. Najlepszym metodycznym podejściem do rozwiązywania problemów odnawialności, zasobności i bilansowania złożonych wielowarstwowych systemów wodonośnych jest od wielu już lat budowa numerycznych modeli filtracji. Za

szczególnie skomplikowany pod względem hydrostrukturalnym należy uznać obszar przedludecki, gdzie system niecek, rowów przedgórskich, dolin kopalnych pomiędzy wystąpieniami krystaliniku tworzy układ bardzo trudny do prawidłowej schematyzacji warunków hydrogeologicznych. Jednocześnie istniejące tu duże ujęcia wód podziemnych świadczą o stosunkowo dobrych warunkach wodonośności, wynikających z układu, w którym od strony Sudetów następuje dopływ wód na obszar przedludecki, będący z kolei strefą tranzytu wód podziemnych w kierunku doliny Odry, jako regionalnej bazy drenażu. Odnawialność kenozoicznych poziomów wodonośnych zależy przy tym w dużym stopniu od zasilania infiltracyjnego, które przy znacznie niższych średnich rocznych sumach opadów (550-650 mm/rok) niż w Sudetach i wysokim parowaniu terenowym (rzędu 520 mm/rok) wymaga szczególnie dokładnych obliczeń.

Badaniami objęto obszar o powierzchni 2940 km², leżący w obrębie bloku przedludeckiego, ze szczegółowym rozpoznaniem dwóch struktur wodonośnych: niecki Świdnicy i niecki Ziębic, leżących odpowiednio w zlewni Bystrzycy i górnej Oławy.

Moje wieloletnie doświadczenie w modelowaniu przepływu wód podziemnych utwierdziło mnie w konieczności prowadzenia prac w kilku etapach. W pierwszym etapie, na podstawie dostępnych materiałów archiwalnych, wykonany został duży regionalny model dla większej części przedpola Sudetów, który był podstawą określenia warunków krążenia, zasilania, a także regionalnych zasobów wód podziemnych. Następnie przez kilka lat prowadziłem badania i gromadziłem materiały do wydzielenia i uszczegółowienia modeli dla wybranych podobszarów bloku przedludeckiego. Niezwykle ważnym etapem było przy tym zbudowanie sieci obserwacyjnej, obejmującej monitoring wielu niezbędnych parametrów. Odpowiednie wyposażenie i pełna automatyka pomiarów pozwoliła na przeprowadzenie zaawansowanych badań dotyczących warunków zasilania i ewapotranspiracji oraz reżimu hydrogeologicznego kenozoicznych poziomów wodonośnych w wydzielonych obszarach, dając wiele nowych informacji na temat odnawialności struktur wodonośnych przedpola Sudetów. W trakcie kalibracji modeli zawsze bowiem napotykałyśmy na problem niejednoznaczności pomiędzy ustalonymi parametrami filtracji a wielkością zasilania. Dlatego w ostatnim, najważniejszym etapie prac, skoncentrowałem się na metodycznym aspekcie budowy modeli w strefie aeracji, opartych na seriach ukierunkowanych obserwacji monitoringowych. Uzyskane wyniki poddano weryfikacji na regionalnych modelach zbudowanych w MODFLOW. Takiego podejścia nie prezentowano dotychczas w badaniach hydrogeologicznych w kraju.

Bardzo pomocne w realizacji zadania było umiejętne wykorzystanie nowoczesnych technik geoinformacyjnych, z uwzględnieniem analiz obrazów satelitarnych w zakresie wpływu zagospodarowania przestrzennego i pokrycia szatą roślinną na infiltrację. W procedurze klasyfikacyjnej przygotowanych warstw informacyjnych GIS uzyskano mapę rozkładu względnych wartości zasilania, która determinowała sposób rozkładu stref zasilania na modelu regionalnym w MODFLOW. Istnieje wiele sposobów szacowania infiltracji efektywnej, w pracy skoncentrowano się na metodach numerycznych, które są najskuteczniejsze i zalecane w licznych publikacjach.

Dokładne obliczenia zmiennoczasowych wartości potencjalnej ewapotranspiracji (ET_0) zostały wykorzystane w modelach zasilania (*EARTH*, *SWAP*), które po wykalibrowaniu dały wyniki w postaci: opadu efektywnego (P_e) – w granicach 66-71% opadu całkowitego (P); rzeczywistej ewapotranspiracji (ET_a) – stanowiącej od 21% do 37% ET_0 (Ziębice) i infiltracji efektywnej (I_e), ustalonej w przypadku Świdnicy dla półrocza letniego w granicach 0,2-0,8 mm/d, a w przypadku Ziębic przeciętnie dla roku hydrologicznego 2004/05 od 0,16 mm·d⁻¹, poprzez 0,42 mm·d⁻¹ do 0,85 mm·d⁻¹.

Odnawialność systemu wodonośnego niecki Świdnicy, którą można utożsamiać z zasobami odnawialnymi, ustalono na poziomie 96 mm/a, co w wartości modułowej daje 3,1

$1/s \cdot km^2$. Natomiast dla obszaru bilansowego niecki Ziębic moduł odnawialności infiltracyjnej określono na $2,15 1/s \cdot km^2$. Ponadto numeryczne regionalne modele filtracji wykazały, że w opisanych warunkach hydrodynamicznych, hydrostrukturalnych i odnawialności możliwa jest budowa nowych ujęć wód podziemnych. Wówczas wystarczy wykonać symulacje prognostyczne, jako że wykonane modele należy traktować jako trwałe (stacjonarne) modele wybranych struktur wodonośnych, które można będzie wykorzystać jako system wspomagania decyzji w zakresie gospodarowania wodami podziemnymi w przyszłości.

Niniejsza praca stanowi przykład metodyki badawczej podjętej w celu uzyskania niezbędnych danych dla numerycznych rozwiązań zasilania wielowarstwowych systemów wodonośnych występujących w skomplikowanych układach hydrostrukturalnych. Podkreślono przy tym konieczność prowadzenia zaawansowanych badań terenowych dla realizacji numerycznych modeli w strefie aeracji, wskazując że jest to kolejny ważny krok w metodyce bilansowania i dokumentowania zasobów wód podziemnych kraju. Przedstawiono integrację danych z automatycznego monitoringu i technik GIS/RS z numerycznymi modelami filtracji i ostatecznie osiągnięto założony cel badawczy w postaci oceny odnawialności wybranych struktur wodonośnych bloku przedsudeckiego.

Wrocław, 17.10.2011 r.

Jacek Gurwin

