

Prof. dr hab. Jan Przybyłek
Instytut Geologii
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
janex@amu.edu.pl

Poznań, 11 listopada 2013 r.

RECENZJA

habilitacyjnego osiągnięcia naukowego

**pt. „Pochodzenie anomalii chlorkowych w wodach podziemnych polskiego wybrzeża Bałtyku”
oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i współpracy naukowej
dr inż. Arkadiusza Krawca**

Recenzja została przygotowana na zlecenie Dziekana Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo – Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 25 września 2013 r.; znak pisma: WGGIOŚ/260/13. Została sporządzona zgodnie z kryteriami oceny osiągnięć osoby ubiegającej o nadanie stopnia doktora habilitowanego zawartymi w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. (Dz. U. Nr 196, poz. 1165) na podstawie dokumentacji dorobku przygotowanego bardzo starannie przez Habilitanta.

Wprowadzenie i sylwetka Habilitanta

Wody podziemne polskiego wybrzeża Bałtyku były już przedmiotem badań i publikacji licznego grona hydrogeologów w wielu środowiskowych aspektach ich występowania, wykorzystania oraz zagrożeń zasoleniem w poszczególnych rejonach tego wybrzeża od wysp Uznam i Wolin po Zatokę Gdańską. Jednak dopiero Habilitant w swojej monografii polskiego wybrzeża Bałtyku, w oparciu o oryginalne wyniki własnych badań, przy wszechstronnym wykorzystaniu opublikowanych wyników innych badaczy i niepublikowanych dokumentacji hydrogeologicznych, przedstawił wielowątkową syntezę warunków występowania wód podziemnych i genezy stwierdzanych w nich obrębie anomalii chlorkowych.

Badaniom tej problematyki poświęcił kilkanaście lat zarówno w aspekcie terenowym jak badawczo – studialnym z wykorzystaniem nowoczesnych metod terenowych i laboratoryjnych. Był do niej przygotowany poprzez rozwijanie warsztatu naukowego we współpracy z różnymi ośrodkami naukowymi w odniesieniu do rozpoznawania środowiska hydrogeologicznego występowania wód mineralnych i leczniczych na Niżu Polskim, a w szczególności na obszarze antyklinorium kujawsko – pomorskiego.

Arkadiusz Krawiec urodził się 1 maja 1970 r. w Olkuszu. Studia geologiczne odbył w latach 1989 – 1994, uzyskując na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie dyplom magistra inżyniera w specjalności: hydrogeologia, geologia inżynierska i górnicza, po obronie pracy pt. „Ocena wpływu przemysłowych ognisk zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych w rejonie olkuskim”. Od dnia 1 października 1994 r. został zatrudniony w Zakładzie Geologii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. W tejże Uczelni, na podstawie dysertacji pt. „Studium hydrogeologiczne wód leczniczych antyklinorium kujawsko – pomorskiego”, uzyskał w 2002 r. stopień doktora nauk o Ziemi na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi. Promotorem w przewodzie doktorskim był prof. dr hab. Andrzej Sadurski, a Recenzentami: prof. dr hab. inż. Wojciech

Cieżkowski i prof. dr hab. inż. Jacek Motyka. Od 1 lipca 2004 r. do chwili obecnej jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Geologii i Hydrogeologii WNoZ UMK w Toruniu.

Podstawowe osiągnięcie naukowe

Podstawowym osiągnięciem Habilitanta w myśl art. 16. ust. 2 pkt 1 ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym... (Dz. U. z 2003 r., Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) jest opublikowane w całości dzieło naukowe pt. „Pochodzenie anomalii chlorkowych w wodach podziemnych polskiego wybrzeża Bałtyku”, wydane w 2013 r. przez Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika i stanowiące zwartą syntezę monograficzną, w której Autor zawarł dotychczasowe wyniki swoich badań i przemyśleń w przedmiocie rozprawy z wszechstronnym wykorzystaniem regionalnej i światowej literatury (ogółem 354 pozycje, w tym 186 w językach obcych, w znakomitej przewadze w angielskim). Praca, o objętości łącznej 143 stron formatu A-4, jest zredagowana bardzo starannie, przejrzysta w swojej treści, proporcjonalnie zilustrowana dobrze przemyślanymi rycinami (76 ryc.) i tabelami (11 tab.). Zawiera wyniki i wieloaspektowe podejście w odniesieniu do tytułowych anomalii chlorkowych w wodach podziemnych.

Po krótkim wstępie z wizją treści monografii, jej odniesieniem do trendów badań międzynarodowych oraz używanych pojęć, Autor nakreślił w rozdziale 1 – **cel i zakres pracy** wraz z odwołaniem się do zagadnień anomalii chlorkowych omawianych dotychczas w polskiej literaturze z wymienieniem autorów poszczególnych cytowanych publikacji. W rozdziale 2 – **obszar badań** – przedstawił zwięzłą charakterystykę fizyczno-geograficzną obszaru terenu przyległego do polskiego wybrzeża Bałtyku (fizjografia, hydrografia, składniki bilansu wodnego) oraz stan jego badań i rozpoznania hydrogeologicznego. W rozdziale 3 – **metody badań** – omówił zakres swoich badań archiwizacyjnych i terenowych na wybrzeżu zachodnim (lata 1997 – 2006) i na wybrzeżu wschodnim (lata 2000 – 2012), metodykę poboru próbek wód podziemnych: do badań laboratoryjnych, w tym pomiary in situ (pH, Eh, PWE, rozpuszczony O₂, temperatura, testy odczynnikowe koncentracji jonu Cl), do badań izotopowych oraz do badań zawartości gazów szlachetnych. Ponadto przedstawił zakres badań geofizycznych (m. in. metody tomografii elektrooporowej (ERT), metodykę specjalistycznych badań laboratoryjnych pobranych próbek wód podziemnych [badania fizyczno-chemiczne, oznaczenia składu izotopowego, oznaczenia gazów szlachetnych (Ar, Xe, Kr) i stężeń ⁴He]. metodykę badań modelowych przepływu wód podziemnych. W rozdziale 4 – **budowa geologiczna** – Habilitant zwięzle opisał tektonikę i struktury starszego podłoża oraz występowanie na analizowanym obszarze utworów paleogenu i neogenu oraz plejstocenu i holocenu, przechodząc w następnym rozdziale 5 do omówienia **warunków hydrogeologicznych** na polskim wybrzeżu Bałtyku w odniesieniu do występowania wód słodkich (zwykłych) i wód mineralnych w opisanych utworach skalnych. Na tym tle przedstawił problematykę eksploatacji wód słodkich z licznych ujęć ulokowanych w miejscowościach nadbrzeżnych.

Zasadniczą część dokumentacyjną swoich szczegółowych badań Habilitant zawarł w rozdziale 6 pt. „**Warunki hydrogeochemiczne i dynamika wód podziemnych w obszarach badań**”. Do tych badań wytypował 7 obszarów cząstkowych. W obrębie zachodniego Pobrzeża Bałtyku są to: polska część Wyspy Uznam i Wyspa Wolin [1], rejon Kamienia

Pomorskiego [2] oraz rejon Kołobrzegu [3], a z terenu wschodniego Pobrzeża obszary: rejon Mielno – Rowy [4], rejon Łeby i Żarnowca [5], rejon Mierzei Helskiej i Mierzei Wiślanej [6 – Zatoka Gdańska] oraz rejon Żuław Wiślanych [7]. Z dokonanego wyliczenia wynika, że poligonowe obszary są rozmieszczone w różnych jednostkach geologiczno-strukturalnych oraz regionach hydrogeologicznych oraz że cechują się znacznym zróżnicowaniem morfometrycznym: wyspy, mierzeje, niziny nadmorskie, wybrzeże klifowe oraz delta Wisły (Żuławy). Wymienione obszary badawcze zostały opisane w podrozdziałach wg podanej numeracji z przedstawieniem w nich: pogłębionego opisu budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych, zakresu oznaczeń składu izotopowego oraz stężenia gazów szlachetnych w wodach podziemnych określonych ujęć względnie otworów badawczych wraz z interpretacją uzyskanych rezultatów w odniesieniu do poszczególnych obiektów oraz wyników badań elektrooporowych z wykorzystaniem metody tomografii elektrooporowej (ERT) w celu rozpoznania zasięgu ingresji i ascencji wód słonych i solanek. Dla rejonów Uznam – Wolin (rejon 1) oraz rejonu Kołobrzegu (rejon 3) przedstawiono modele numeryczne przepływu wód podziemnych.

W wytypowanych otworach badawczych, pobrane zostały próbki wody do szczegółowych analiz fizykochemicznych wód, oznaczeń izotopowych (^3H , ^{14}C , ^{13}C , ^{18}O , ^2H) oraz stężeń gazów szlachetnych (^4He , ^{40}Ar i ^{22}Ne). Ogółem wykonano badania próbek pobranych z 133 punktów (ujęć wody, otworów hydrogeologicznych), oznaczając w nich wskaźniki zestawione w poniższej przykładowej główce tabeli zamieszczanej w poszczególnych podrozdziałach.

Lp.*	Ujęcie, nr otworu Strat./głębokość [m]	Data	Cl ⁻ [mg/L]	Tryt (TU)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) V-SMOW	$\delta^2\text{H}$ (‰) V-SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) V-PDB	^{14}C (pMC)	NGT [°C]	$^4\text{He}_{\text{excess}}$ $10^{-6}\text{cm}^3\text{g}^{-1}$	Uwagi/geneza i „wiek” wody
64	Czolpino s.1 Q/23-27	06.2000 ^A 2008.00	21	$27,8 \pm 1,3$	-9,50 -9,70	-66,0 -67,0	-15,5	77,3	7,8	0,0014	współczesna
65	Żelazo s.2 Q/45-52	06.2000 ^A 08.2000	139 146	$0,0 \pm 0,5$	-9,50 -9,60	-67,0 -67,0	-11,7	32,9	6,9	1,4700	holocen; wiek ok. 2,9 tys. lat
66	Główczyce 1 Tr/120	11.2000	413	$0,4 \pm 0,5$	-9,80	-67,0	-18,7	72,1			holocen; wiek ok. 0,3 tys. lat
67	Łeba Rąbka V-2, Q /15-19	1999 ^A	192	$0,2 \pm 0,5$	-7,80	-56,0	+4,1	68,9			próbka zawierała NH_4
		05.2000 ^A			-7,70	-55,0					
		08.2000 2010	202 188	$0,7 \pm 0,3$	-7,90 -7,99	-57,0 -58,5					
68	Łeba, IMGW s.1 Q-M?O/ 89-96	1989 ^A	3514	$0,0 \pm 0,5$	-11,50	-84,0	-8,2 -9,1	7,0 12,1			wiek ok. 13 tys. lat wiek ok. 9,1 tys. lat
		1998 ^A	3354	$0,0 \pm 0,5$	-11,50	-85,0					
		2000			-11,50	-85,0					

W stopkach zamieszczonych w rozdziale 6 tabel z wynikami oznaczeń izotopowych (tabele 6.2, 6.3, 6.4, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9) zostały podane publikacje lub dokumentacje hydrogeologiczne, z których zostały zaczerpnięte wyniki analiz. Niewątpliwą zasługą Habilitanta jest zebranie i stworzenie zawartej w tabelach bazy danych oznaczeń izotopowych z okresu blisko 25 lat w próbkach wód podziemnych pobieranych z ujęć i innych otworów hydrogeologicznych wzdłuż całego polskiego pobrzeża Bałtyku i kompleksowa ich wszechstronna analiza. Rozdziałem wieńczącym opiniowanej monografii jest rozdział 7 zatytułowany „*Czas przebywania wód podziemnych w ośrodku skalnym oraz geneza wód na podstawie wyników badań znacznikowych w morskiej strefie brzegowej*”, w którym Habilitant przedstawił interpretację w zakresie w/w problemów na podstawie własnych badań szczególnie związanych z rejonami zachodniej części polskiego wybrzeża Bałtyku oraz w powiązaniu z wynikami badań innych Autorów dla obu części (zachodnie i wschodnie). W formułowanych

wnioskach wyraźnie zaznacza się duże doświadczenie w przedmiocie badań, bowiem już w latach 1998-2001 uczestniczył w badaniach na obszarze od Łeby do Świnoujścia, gdzie prowadzono pobór próbek wód do oznaczeń gazów szlachetnych w ramach współpracy Niemiecko-Polskiej w projekcie Nr POL 96/145, którego kierownikiem był prof. Andrzej Zuber. Wyniki części tych badań zostały opublikowane w kilku pracach własnych i we współautorstwie w latach 1998 - 2000. Zagrożenia zasobów wód podziemnych w strefie nadmorskiej zostały omówione w publikacji Sadurskiego i Krawca (1998), wyniki badań wód mineralnych z rejonu Kamienia Pomorskiego w Przeglądzie Geologicznym (Krawiec 1999) a badania izotopowe wód z obszaru zachodniego Pobrzeża Polski oraz część wyników oznaczeń gazów szlachetnych zaprezentowane na IX Sympozjum "Współczesne problemy hydrogeologii" (Krawiec 1999) oraz 16th Salt Water Intrusion Meeting "Hydrogeology of the coastal aquifers" (Krawiec i in. 2000). W pracach tych po raz pierwszy na obszarze wybrzeża polskiego Bałtyku zastosowano metody badań wód podziemnych z wykorzystaniem gazów szlachetnych.

Za najważniejsze oryginalne osiągnięcia pracy dr inż. Arkadiusza Krawca należy uznać:

- 1) szczegółowe rozpoznanie stopnia zasolenia wód podziemnych, składu izotopowego i gazowego wód oraz przeanalizowanie zależności pomiędzy poszczególnymi składnikami, co zostało wyrażone postacią wykresów zamieszczonych w rozdziale 7 (ryc.7.1, Ryc.7.6 do 7.9),
- 2) identyfikację genezy zasolenia wód podziemnych w poszczególnych rejonach a aspekcie udokumentowanych uwarunkowań tektonicznych (ascenzja wód słonych z podłoża mezozoicznego), hydrostrukturalnych (miąższości, rozprzestrzenienie i wzajemne powiązania hydrauliczne warstw wodonośnych), hydrodynamicznych (przepływy naturalne wód podziemnych i wymuszone eksploatacja ujęć) i topograficznych (ingresje wód morskich do warstw wodonośnych),
- 3) przeprowadzenie klasyfikacji w zakresie genezy wód podziemnych poprzez określenie ich wieku na podstawie badań współzależności zawartości ^{14}C i $\delta^{13}\text{C}$ w kilkudziesięciu próbkach wody z podziałem na: *wody współczesne* – „wiek” kilka - kilkanaście lat, *wody infiltracji holoceniowej* – „wiek” < 5 tys. lat, *wody infiltracji holoceniowej lub wody mieszane* – średni „wiek” 5 - 8 tys. lat, *wody infiltracji holoceniowej lub wody mieszane* – średni „wiek” 8 – 11 tys. lat, *wody infiltrujące w klimacie chłodnym* „wiek” > 11 tys. lat „glacjalne”,
- 4) wykorzystanie metod modelowania numerycznego przepływu wód podziemnych do obliczania czasu przepływu wody w ośrodkach o znanej porowatości aktywnej i metody tomografii elektrooporowej (ERT) do wykrywania i konturowania obecności wód zmineralizowanych w ośrodkach skalnych,
- 5) zbiorcze wskazanie (ryc.7.10 i jego omówienie) miejsc występowania ingresji i ascenzji wód słonych i słonawych na polskim wybrzeżu Bałtyku oraz obszarów występowania wód infiltrujących w klimacie chłodnym (wody glacjalne)
- 6) zdefiniowanie czynników, które decydują o występowaniu anomalii chlorkowych w analizowanym obszarze badań w postaci omówienia w podsumowaniu roli: systemów krążenia wód podziemnych, pojemności wodnej systemu wodonośnego, ewolucji hydrogeologicznej danego obszaru.

Przedstawiona do oceny praca dr inż. Arkadiusza Krawca stanowi niewątpliwy wkład (art.16 Ustawy) w rozwój dyscypliny naukowej jaka stanowi geologia, a uzyskane wyniki badań i wyrażone w publikacji poglądy umożliwią dalszą pogłębioną dyskusję nad genezą zasolenia i kształtowaniem się anomalii chlorkowych w wodach podziemnych wybrzeży morskich.

W ramach tej dyskusji wnoszę do treści rozprawy następujące uwagi:

- 1) W części ogólnej należało również przywołać publikację Z. Płochniewskiego¹ (1978), traktującą o przyrodniczym i antropogenicznym zasoleniu wód podziemnych w poziomach użytkowych na obszarze Polski z poszerzoną analizą strefy polskiego wybrzeża Bałtyku.
- 2) Przy opisie ingresji wód słonych do obszaru zasobowego ujęć na wyspie Uznam wskazanym było wykorzystanie bardzo cennej publikacji T.Kłyzy² (1988) w Przeglądzie Geologicznym, w której dokumentator ujęć wód podziemnych dla Świnoujścia bardzo precyzyjnie - w formie bilansowej i porównań - odniósł się do wzrostu chlorków w czasie eksploatacji wód podziemnych z ujęcia „Północ” w Świnoujściu.
- 3) Autor monografii nie wykorzystał kompleksowego opisu warunków eksploatacji ujęcia Wydrzany na Uznamie z pogłębioną analizą zawartości jonu chlorkowego w studniach ujęcia przedstawioną na tle poboru wody dla Świnoujścia przez M. Wawrzyniak³ (2012).
- 4) W opisie warunków hydrogeologicznych wyspy Wolin wskazanym było uwzględnienie publikacji H. Zaradnego i J. Stańczyka⁴ (1988) z wynikami modelowania matematycznego przepływu wód podziemnych w systemie wodonośnym tej wyspy, choćby w zakresie porównań do badań późniejszych.

Powyższe uwagi i wynikające z nich wnioski – nie wpływają na moją wysoką merytoryczną ocenę pracy habilitacyjnej. Wskazują jedynie na pewne niedostatki w pozyskiwaniu pozycji literatury w obszarze badań jaki dla Autora stanowiły wyspy: Wolin i Uznam.

Pozostałe osiągnięcia naukowo - badawcze

Działalność naukowa dr inż. Arkadiusza Krawca obejmuje znacznie szerszy zakres niżby do wynikało z już przedstawionego najważniejszego Jego osiągnięcia naukowo – badawczego, związanego z oceną zagrożenia zasobów wód podziemnych ingresją i ascensją wód słonych przy wykorzystaniu metod geochemicznych i geofizycznych. Działalność ta

¹ Płochniewski Z., 1978 – Przyrodnicze i antropogeniczne zasolenie wód podziemnych w poziomach użytkowych na obszarze Polski. PZITS, vol.2: 80 – 88; patrz: baza danych pph.psh.gov.pl

² Kłyza T., 1988 – Ingresja wód słonych funkcja nadbilansowej eksploatacji wód podziemnych – praktycznie. Przegl. Geologiczny, vol. 38: 706 – 712.

³ Wawrzyniak M., 2012 – Ujęcie Wydrzany dla Świnoujścia; 52 - 64. W: Dąbrowski S., Przybyłek J. (red.) – Ocena prognoz zasobów eksploatacyjnych poprzez porównanie szacunków zasobowych z wynikami długotrwałej eksploatacji ujęć wód podziemnych (studium metodyczne). Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań. Copyright by Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2012.

⁴ Zaradny H., Stańczyk J., 1988 – Modelowanie ujęć wody podziemnej w strefie brzegowej morza na przykładzie wyspy Wolin. WPH, vol.IV: 142 – 155; baza danych pph.psh.gov.pl

skupiła się na jeszcze kilku innych polach zainteresowań wśród których w Autoreferacie wymienia:

- ✓ wody mineralne i termalne Niżu Polskiego i ich wykorzystanie do celów balneologicznych wraz z metodyką oznaczenia izotopów oraz gazów szlachetnych w tych wodach,
- ✓ czas przebywania wody w ośrodku skalnym, interakcja w systemie woda - skała i chemizm wód podziemnych,
- ✓ kartografia hydrogeologiczna,
- ✓ występowanie mikroorganizmów w wodach podziemnych.

1. Badania wód mineralnych i termalnych w różnych rejonach na Niżu Polskim i aspekty ich wykorzystania do celów balneologicznych przedstawił w licznych opisach występowania, składu chemicznego i izotopowego wód leczniczych w następujących ważniejszych publikacjach: dla całego obszaru antyklinorium pomorskiego (rozprawa doktorska – 2002; **Krawiec A.**, Hałas S., Pluta I., 2003, 40%), dla rejonu Ciechocinka (Kachnic M., **Krawiec A.**, 1996, 50%; **Krawiec A.**, Turło J., 1997, 70%; **Krawiec A.**, 1999 i 2009), dla rejonu Połczyna Zdroju (**Krawiec A.**, Dulski K., 2004, 90%), dla rejonu Kamienia Pomorskiego (**Krawiec A.**, 1999; Rasała M., **Krawiec A.**, 2011, 40%), dla rejonu Piły (**Krawiec A.**, 2005), dla rejonu Grudziądz (**Krawiec A.**, 2005, 2009 i 2011).

Do ważniejszych osiągnięć naukowo-badawczych w opisywanym zakresie dokonań Habilitanta należy:

- przedstawienie wyników badań składu izotopowego siarki i tlenu w siarczanach wód leczniczych z obszaru antyklinorium pomorskiego we współpracy z prof. S. Hałasem (UMCS Lublin) oraz z dr hab. I. Plutą (GIG Katowice), które wykazały że w wodach leczniczych na obszarze tego antyklinorium ma miejsce występowanie dwóch rodzajów siarczanów odnośnie genezy ich składu. W wodach leczniczych z utworów jury (Kołobrzeg, Kamień Pomorski, Dziwnówek) stwierdzono silnie wzbogacenie w izotopy ciężkie siarki i tlenu w wyniku redukcji bakteryjnej, a w wodach z utworów triasu (Międzywrodzie, Połczyn Zdrój) niskie wartości $\delta^{34}\text{S}$ i $\delta^{18}\text{O}$ - charakterystyczne dla ewaporatów morskich tego okresu. W środowisku tych wód nie występują bakterie, które umożliwiałyby zmiany ich składu izotopowego,
- zbadanie warunków występowania wód zwykłych i leczniczych w Połczynie Zdroju przeprowadzone wspólnie z K. Dulskim, w których Habilitant wykazał, że do głębokości ok. 800 m ppt. występują wody słodkie, co jest uwarunkowane istnieniem bardzo dużej miąższości liczącej ponad 300 m serii izolacyjnych utworów ilastych, ekranujących system wód słodkich od głębszych poziomów wodonośnych z solanką. Woda w warstwach retyku ma mineralizację $0,7 \text{ g/dm}^3$, a jej „wiek” (ujęcie Połczyn 2 o głębokości 770 m) oszacowano na 5500 lat, czyli zaliczono do wód „młodych” infiltracji holocenijskiej. Solanka typu Cl-Na, Br, I, B w utworach kajpru ma natomiast mineralizację 75 g/dm^3 i należy do wód głębinowych o bardzo długim czasie przebywania w ośrodku skalnym,
- przeprowadzenie badań izotopowych oraz oznaczenia gazów szlachetnych w wodach leczniczych Polski północnej, które pozwoliły Habilitantowi na współuczestnictwo w określeniu i weryfikacji poglądów na wiek i genezę tych wód, czego przykładem jest

m.in. wspólna z M. Rasalą publikacja na temat „Zmiany chemizmu i geneza wód leczniczych Kamienia Pomorskiego w świetle wieloletniej eksploatacji” (2011).

Uzyskane przez Habilitanta doświadczenia i ugruntowana wiedza w zakresie badań wód mineralnych i termalnych przyczyniły się do uwzględnienia Jego badań w monografii pod redakcją W. Ciężkowskiego (2007) pt. „Współoddziaływanie wód zwykłych i leczniczych - zasady dokumentowania, ochrony i gospodarki wodnej” oraz w pracy „Therapeutic waters as geotourism values of the Polish Baltic sea coast (Geoturystyka”, 1-2 (28-29): 3-12).

Ponadto został zaproszony do współautorstwa artykułu dotyczącego wód mineralnych i termalnych w obszarze Polski w specjalnym numerze Przeglądu Geologicznego, wydanym na XXXVIII Światowy Kongres Hydrogeologiczny IAH, który odbył się w Krakowie w dniach 12-17 września 2010 - wspólnie z tej klasy badaczami jak: W. Ciężkowski, J. Chowaniec, W. Górecki, L. Rajchel oraz A. Zuber.

2. Badania nad warunkami przepływu wód podziemnych i określaniem czasu przebywania wody w ośrodku skalnym za pomocą metod modelowania numerycznego to kolejne istotne pole badań Habilitanta. Z prześledzenia publikacji w tym obszarze badań wynika, że tego typu badania przeprowadzał w kooperacji autorskiej z innymi badaczami o dużym doświadczeniu w zakresie sporządzania modeli numerycznych w określonych programach obliczeniowych i prowadzenia symulacji zjawisk i procesów:

- wspólne dokonania naukowe (podano % udział Habilitanta) w pracach z Pojezierza Pomorskiego oraz Chełmińsko-Dobrzyńskiego (**Krawiec A.**, Pomianowska H., Wijura A., 2005, 50%; **Krawiec A.**, Śmietański L., 2007, 60%; Kachnic M., **Krawiec A.**, 2008, 40%) wykazały jak ważnym czynnikiem kształtującym systemy krążenia wód podziemnych, oprócz budowy geologicznej, jest ukształtowanie powierzchni terenu, w tym głęboko wcięte doliny rzek i rynny jezior sprzyjające pasmowemu drenażowi wód podziemnych z rozległych obszarów wysoczyzn morenowych. Habilitant wraz ze współautorami wykazali, że w warunkach tak ukształtowanego układu wymiany wód podziemnych blisko 90% całkowitego ich przepływu na obszarze Pojezierzy koncentruje się w warstwach kenozoiku, a do głębokich poziomów wodonośnych dopływa zaledwie kilka % objętości opadów z ich efektywnej infiltracji,
- wspólnie z J. Gurwinem przeprowadził badania modelowe dla obszaru wyspy Uznam i wyspy Wolin (Gurwin, Krawiec 2010, 2012, 50%, 50%). Do interpretacji systemu krążenia wód podziemnych wykorzystano numeryczny model filtracji, prowadząc symulacje przepływu wód podziemnych przy użyciu programu Groundwater Vistas, a do obliczenia prędkości, czasów przepływu i w konsekwencji do wyznaczenia przebiegu linii prądu zastosowano program MODPATH. W publikacjach wykazano zasadność stosowania różnych metod badawczych oraz możliwości ich wzajemnej weryfikacji - modelowanie numeryczne, badania geofizyczne oraz wyniki hydrochemiczne i izotopowe do interpretacji systemu krążenia wód oraz genezy zasolenia wód w warstwach wodonośnych,
- wspólnie z K. Burzyńskim i A. Sadurskim (Krawiec i in., 2012, 50%) wykonał obliczenia w rejonie Kamienia Pomorskiego czasu przepływu wody na przekrojach hydrogeologicznych, posługując się programem TFS (Burzyński, 1997) do obliczeń czasu przepływu wody w ośrodku o znanej porowatości aktywnej . Wyniki

przeprowadzonych badań wykazały, że obecnie czas wymiany wód podziemnych w rejonie Zalewu Kamieńskiego jest prawie dwa razy dłuższy niż na początku holocenu, co sprzyja ascenzji solanek, bowiem proces wymiany wody w pasie nadmorskich nizinach jest bardzo powolny wskutek niskich gradientów hydraulicznych wód podziemnych.

3. Habilitant konsekwentnie przyjmował wyzwania w pracach z kartografii hydrogeologicznej na obszarze Polski Północno-zachodniej, podejmując się w kolejnych latach wykonania arkuszy Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 w zakresie „główny użytkowy poziom wodonośny”, w tym arkusza 247 – Skarlin (**Krawiec A.**, 2002), arkusza 285 – Brodnica (Kotowski T., **Krawiec A.**, 2002, 40%), arkusza 237 – Jastrowie (**Krawiec A.**, 2004), „baza danych GIS mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000- pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód”, arkusz 11 – Główny (Krawiec A., 2010 - wyróżnienie przez Komisję Opracowań Kartograficznych przy Ministrze Środowiska za wysoki poziom merytoryczny interpretacji autorskiej warstwy wynikowej na obszarze o zróżnicowanych warunkach geomorfologiczno-hydrogeologicznych strefy nadmorskiej), arkusz 168 – Skórcz (**Krawiec A.**, 2011).

W roku 2010 został zaproszony do współpracy z PIG-PIB do opracowania „Mapy zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin występujących na obszarze prowincji platformy paleozoicznej i prekambryjskiej w skali 1:500 000 (Felter A., Kielczawa B., **Krawiec A.**, Socha M., Sokołowski J., Myciuk K., 2010). Zarówno mapa, jak i tekst opracowania w całości posłużyły PIG-PIB do opracowania w 2011 r. „Mapy zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce”.

4. Występowanie mikroorganizmów w wodach podziemnych to pole badań naukowych otwarte przez Habilitanta w 2009 roku w wyniku podjęcia współpracy z dr hab. Maciejem Walczakiem i dr Elżbietą Lalke-Porczyk, pracownikami Zakładu Mikrobiologii Środowiskowej i Biotechnologii UMK w Toruniu i kolejnej z dr hab. Elżbietą Żbikowską z Zakładu Zoologii Bezkęgowców UMK w Toruniu, która to współpraca zaowocowała wspólnymi publikacjami (Walczak M., **Krawiec A.**, Lalke-Porczyk E., 2011, 2013, 50% i 30%; **Krawiec A.**, Walczak M., 2012, 50%; Żbikowska E., Walczak M., **Krawiec A.**, 2013, 20%). Dwie ostatnie publikacje ukazały się w czasopismach z Listy Filadelfijskiej: *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* no 2094) 2013 oraz *Parasitol. Res.* Vol.112 no 1, 2013:77-83 (odpowiednio: Impact Factor 2,311 i 2.149 wg punktacji MNiSW po 25 punktów). W 2010 r. A. Krawiec wszedł w skład zespołu badawczego realizującego projekt MNiSW nr N N304 387838 pt. „Występowanie patogennych dla ludzi ameb typu "limax" i bakterii z rodzaju *Legionella pneumophila* w podgrzanych wodach oraz implikacje dotyczące ryzyka ich jednoczesnej inwazji” (kierownik: dr Elżbieta Lalke-Porczyk). W zakresie hydrogeologicznym zostały m.in. przeprowadzone pilotażowe badania mikrobiologiczne w celu sprawdzenia czy istnieje życie mikrobiologiczne w poziomach wodonośnych na znacznej głębokości, a jeżeli tak, to czy występuje zróżnicowanie, np. gatunków i liczebności tych mikroorganizmów w warstwach wodonośnych w profilu pionowym. Wyniki badań wykazały niemalże powszechne występowanie mikroorganizmów w wodach podziemnych nawet na głębokościach do 3,0 km.

Dorobek naukowy Habilitanta obejmuje 61 publikacji, z czego 46 pochodzi z okresu po uzyskaniu stopnia doktora (2003r). Cztery z nich (wszystkie współautorskie) znajdują się w

czasopismach uwzględnianych w bazie Journal Citation Reports, spośród 27 publikacji zamieszczonych w recenzowanych czasopismach krajowych lub zagranicznych w dziesięciu jest jedynym autorem. Jest autorem sześciu i współautorem kolejnych sześciu monografii, w tym map hydrogeologicznych w skali 1:50 000 i objaśnień do tych map. Uczestniczył aktywnie w publikacji 13 rozdziałów w różnych książkach; w siedmiu jako jedyny autor, w pozostałych jako współautor w tym w dwóch przypadkach publikowanych w języku angielskim. Bogaty jest dorobek Habilitanta w prezentowaniu swoich osiągnięć na konferencjach naukowych; ogółem wziął udział w 26 konferencjach, w tym sześciu o zasięgu międzynarodowym, wygłaszając na nich łącznie 14 referatów.

Przedstawiony dorobek publikacyjny w pomiarze bibliometrycznym można opisać w sposób następujący:

- sumaryczny impact faktor (IF) 4,912
- Σ punktów wg klasyfikacji MNiSW 443
- indeks Hirscha wg Web of Science 1
- indeks Hirscha wg Web of Science 2
- liczba cytowań 1 wg bazy Web of Science oraz 2 wg Web of Science.

Swoje osiągnięcia dr inż. Arkadiusz Krawiec publikował we różnych czasopismach. Radiation Measurements (IF 1,18), Annals of Agricultural and Environmental Medicine (IF 3,06), Parasitology Research (IF 2,15), Acta Geophysica (IF 0,62) należą do dobrze notowanych w Świecie czasopism, umieszczonych z tej racji w bazie Journal Citation Research. Z listy MNiSW należy wymienić czasopisma krajowe: Przegląd Geologiczny (4 art.), Acta Universitatis Nicolai Copernici. Geografia (3 art.), Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego (5 art.), Technika Poszukiwań Geologicznych (3 art.). Kilkanaście bardzo wartościowych recenzowanych artykułów naukowych z cyklu sympozjów „Współczesne Problemy Hydrogeologii” Habilitant opublikował w książkach - Zeszytach Naukowych Uczelni Akademickich organizujących przemiennie te Sympozja (AGH, Uniwersytet Warszawski, UAM, UMK, Uniwersytet Wrocławski, Uniwersytet Śląski i in.). Ważnym elementem publikowanej działalności naukowej są mapy hydrogeologiczne w skali 1:50 000 oraz objaśnienia do nich opracowane samodzielnie lub we współautorstwie co już powyżej przedstawiłem. W zakresie dorobku kartograficznego ma również swój autorski udział w opracowaniu zbiorowym w 2010 r. „Mapy zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin występujących na obszarze prowincji platformy paleozoicznej i prekambryjskiej w skali 1:500 000. Opracowanie to zawiera także 149 stron tekstu oraz 49 stron kart informacyjnych (Felter A., Kiełczawa B., Krawiec A., Socha M., Sokołowski J., Myciuk K., 2010). Zarówno mapa, jak i tekst opracowania w całości posłużyły PIG-PIB do wydania w 2011 r. „Mapy zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce” (PIG – PIB).

Dr inż. Arkadiusz Krawiec brał aktywny udział w pozyskiwaniu projektów badawczych. Kierował czterema projektami badawczymi:

- „Pochodzenie i stratyfikacja wód leczniczych Ciechocinka w oparciu o badania hydrochemiczne i izotopowe”; KBN nr 9 T12B 015 12, 1995-1996;
- „Studium hydrogeologiczne wód leczniczych antyklinorium kujawsko-pomorskiego”, KBN nr 6 P04D 036 18, 1999-2001;

- „Ocena wrażliwości wód podziemnych na zagrożenia antropogeniczne i geogeniczne z wykorzystaniem metod izotopowych na przykładzie zachodniego Pobrzeża Bałtyku; KBN nr 4 T12B 035 26, 2004-2005;
- „Pochodzenie anomalii hydrogeochemicznych w wodach podziemnych polskiego wybrzeża Bałtyku w świetle wyników badań izotopowych, hydrochemicznych, geofizycznych i oznaczeń gazów szlachetnych”, MNiSW nr N N525 461336, 2009-2011;

w trzech innych brał udział jako Wykonawca:

- „Rozpoznanie i ocena zasobów oraz możliwości eksploatacji wód pitnych, mineralnych i peloidów na Mierzei Wiślanej”, KBN Nr PBZ-061-01 (zad. badawcze nr 5), 1994-1995, PPW Glob Gdańsk, kierownik: Prof. T. Jednorąg;
- „Ochrona zasobów wód podziemnych w warunkach ich eksploatacji w strefie brzegowej zachodniego wybrzeża Polski” KBN nr 6 P04D 028 10, 1996 – 1998, kierownik: Prof, dr hab. Andrzej Sadurski;
- „Występowanie patogennych dla ludzi ameb typu limax i bakterii z rodzaju Legionella pneumophila w podgrzanych wodach oraz implikacje dotyczące ryzyka ich jednoczesnej inwazji”; MNiSW nr N N304 387838, 2010-2012; kierownik: dr Elżbieta Lalke-Porczyk.

Ponadto na przełomie wieków uczestniczył w bardzo ciekawym międzynarodowym projekcie badawczym współpracy Niemiecko-Polskiej Nr POL 96/145 (lata 1998 – 2001), którego kierownikiem był prof. Andrzej Zuber. Projektem objęto strefę nadmorską od Łeby do Świnoujścia z prowadzeniem oznaczenia po raz pierwszy gazów szlachetnych w wodach podziemnych z ujęć w tej strefie (publikacje: Sadurski, Krawiec 1998, Krawiec 1999, Krawiec i in. 2000).

Za działalność naukową dr inż. Arkadiusz Krawiec uzyskał w okresie lat 2000 – 2010 trzy wyróżnienia:

2000 - wyróżnienie przez Komisję Opracowań Kartograficznych przy Ministrze Środowiska za Opracowania autorskie Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 - arkusz Trzebiatów,

2002 - wyróżnienie JM Rektora UMK za osiągnięcia uzyskane w działalności naukowej,

- 2010 - wyróżnienie przez Komisję Opracowań Kartograficznych przy Ministrze Środowiska za Opracowania autorskie warstw informacyjnych bazy danych GIS MhP Pierwszy poziom wodonośny - wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód w ramach MhP w skali 1 : 50 000 - arkusz Głównicyce.

Konferencjami międzynarodowymi na których Habilitant prezentował swoje wyniki badań były:

- 16th Salt Water Intrusion Meeting - Hydrology of the coastal aquifers, Międzyzdroje - Wolin Island (Poland), 12-15 June 2000, referat: Hydrochemical, isotope, and noble gas investigations on the origin of salinity in coastal aquifers of Western Pomerania, Poland.
- 18th Salt Water Intrusion Meeting : 18 SWIM, Cartagena (Spain), 31 May to 3 June 2004; poster: The origin and mobilization of deep brines to the aquifer system by considering the circulation systems existing on the Polish western coast of the Baltic Sea.

- 21th Salt Water Intrusion Meeting. Ponta Delgada 16-22 June 2010. Azores. Portugal: referat: Salinization of the Świnoujście groundwater body (Krawiec A., Sadurski A.).
- VIII IAH Congress Groundwater Quality-Sustainability (International Association of Hydrogeologists); 12-17 września 2010, Kraków; referat: The threat of groundwater resources in the Polish Baltic coast area (Krawiec A., Sadurski A.);

a ważniejszymi konferencjami o zasięgu krajowym w ostatnich latach:

- II Ogólnopolski Kongres Geotermalny. Energia geotermalna dla zrównoważonego rozwoju i ochrony klimatu. Bukowina Tatrzańska, 23-25.09.2009 r. referaty: „Wody termalne w Ciechocinku” oraz „Wody termalne w rejonie Grudziądza”.
- IV Ogólnopolskie Sympozjum "Modelowanie przepływu wód podziemnych, Gdańsk 14- 16.Xi.2010 r. referat: „Zagrożenia dla zasobów wód słodkich na wyspie Uznam w świetle badań modelowych i geofizycznych”.
- XV Sympozjum "Współczesne Problemy Hydrogeologii"; 13.09- 16.09.2011 r., Żerków, artykuł pt: Zmiany chemizmu i geneza wód leczniczych Kamienia Pomorskiego w świetle wieloletniej eksploatacji (współautor M. Rasała).
- III Ogólnopolski Kongres Geotermalny; 27.09 - 30.09.2011 r., Łądek Zdrój, referat pt: „Przeżywalność bakterii w wodach geotermalnych” (współautorzy: M. Walczak i E. Lalę- Porczyk).

Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz współpraca naukowa

Dr inż. Arkadiusz Krawiec prowadził zajęcia dydaktyczne na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika na kierunkach (Geologia, Ochrona Środowiska, Turystyka i rekreacja) prawie we wszystkich ich rodzajach: - wykłady (w), ćwiczenia (ćw), ćwiczenia terenowe z przedmiotów: *Geologia i hydrogeologia Polski* (ćw), *Geologia* (ćw), *Wody mineralne i termalne* (w), *Hydrogeologiczne metody badań* (ćw), *Wody podziemne i ich ochrona* (w), *Podstawy geologii* (w i ćw), *Wody lecznicze i termalne. Zastosowanie w lecznictwie, rekreacji turystyce* (w), *Obiekty geoturystyczne, Podstawy geologii i geomorfologii* (w i ćw), Ćwiczenia terenowe: z *geologii w Górach Świętokrzyskich, ogólnogeograficzne regionalne – Polska Południowa, regiony turystyczne Południowej Polski*.

Podkreślić należy działalność Habilitanta na polu popularyzacji nauki. poprzez wygłaszanie referatów z zakresu swojej wiedzy specjalistycznej na posiedzeniach czy zebraniach instytucji naukowych, m.in. w IGiPZ w Toruniu (październik 2003), na forum PTG w Toruniu (kwiecień 2005), na posiedzeniu naukowym Wydziału Nauk o Ziemi UMK (kwiecień 2012); prowadzenie szkoleń resortowych: dla Uzdrowskich Służb Geologiczno – Górniczych (Połczyn Zdrój, grudzień 2009, Kołobrzeg, grudzień 2012); dla lekarzy pracujących w uzdrowiskach (Ciechocinek, grudzień 2010, grudzień 2011, marzec 2012); na Uniwersytecie Dziecięcym w Toruniu i Grudziądzu – „Skarby Ziemi” (maj 2011, maj 2012, kwiecień 2013).

Szereg badań dr inż. Arkadiusz Krawiec - pracownik Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu – zrealizował we współpracy z pracownikami macierzystej Uczelni z innymi krajowymi ośrodkami naukowymi, co wynika z zapisów opublikowanych wspólnych prac z pracownikami tych instytucji. Instytucje zewnętrzne to: Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska oraz Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo

Hutniczej w Krakowie; Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) w Warszawie, Gdańsku i Szczecinie; Wydział Nauk Geologicznych i Geograficznych Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu; Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Politechnika Wrocławska oraz Uniwersytet Wrocławski.

Projekty badawcze realizował także przy współpracy z Instytutem Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie oraz z Zakładem Mikrobiologii Środowiskowej i Biotechnologii UMK w Toruniu.

Dr inż. Arkadiusz Krawiec jest członkiem Polskiego Towarzystwa Geologicznego od 1994 r. i Komisji Hydrogeologii Komitetu Nauk Geologicznych PAN od 2007 r.

Zgodne z profilem naukowym habilitanta są opracowania (projekty, ekspertyzy, dokumentacje, raporty) z zakresu geologii, hydrogeologii i ochrony środowiska na potrzeby różnych Zleceniodawców (umowy i prace wdrożeniowe), recenzje opracowań kartograficznych i artykułów naukowych i monografii. Wykaz tych prac przedstawił w załącznikach do wniosku habilitacyjnego. Posiada uprawnienia geologiczne kategorii V nr 1271 (z dn. 27.09.1997 r.).

Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że dorobek publikacyjny dr inż. Arkadiusza Krawca jest oryginalny i znaczący, a habilitacyjne osiągnięcie naukowe pt. *„Pochodzenie anomalii chlorkowych w wodach podziemnych polskiego wybrzeża Bałtyku”* stanowi bardzo znaczny wkład Autora w rozwój dyscypliny naukowej – Geologia.

Cały dorobek i sukcesywnie poszerzany przez Habilitanta warsztat i zakres badawczy wskazują na stały Jego rozwój naukowy, a wynikające z tego wysokie kwalifikacje naukowe potwierdzone zostały przebiegiem pracy zawodowej, wielką aktywnością i dojrzałością do pracy kolektywnej, kierowania zespołami naukowymi i dużej samodzielności badawczej.

Mając powyższe na względzie stwierdzam, że zarówno cały dorobek naukowy dr inż. Arkadiusza Krawca jak i spełnienie przez Niego prawnie ustanowionych kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, czynią zadość warunkom określonym w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 596 z późn. zm.) oraz są zgodne z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku (Dz. U. Nr 196, poz. 1165).

Wnoszę o dopuszczenie wniosku dr inż. Arkadiusza Krawca do dalszego postępowania habilitacyjnego.

Prof. dr. hab. Jan Przybyłek
Instytut Geologii UAM

