
Ocena osiągnięcia naukowego pod tytułem „*Obserwacyjna weryfikacja ścieżek ewolucyjnych gwiazd post-AGB*” oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i współpracy międzynarodowej dra Marcina Hajduka w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Rozprawa habilitacyjna dra Marcjna Hajduka składa się 5 prac opublikowanych w latach 2010-2020 w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Zakres tematyczny tych prac jest jednorodny, jednakże nie do końca koresponduje z tytułem osiągnięcia. Prace zawierają bowiem tylko proste porównania z istniejącymi już, starymi modelami ewolucyjnymi lub porównanie z wyprowadzonymi w literaturze zależnościami empirycznymi (np. $\log S_V$ vs [WC]-type). Nie zawierają natomiast modelowania ewolucyjnego polegającego na uzmiennianiu parametrów modelu (np. początkowych wartości masy, składu chemicznego, rotacji) lub/i parametrów teorii (np. parametru drogi mieszania, tempa utraty masy, zasięgu przestrzeliwania z obszarów konwekcyjnych etc.), tak aby jak najlepiej odtworzyć położenie badanych gwiazd na różnego typu diagramach. Takie podejście sugeruje słowo „weryfikacja”.

Cztery prace cyklu (**H1**, **H2**, **H3**, **H5**) są wieloautorskie i opublikowane w MNRAS oraz A&A, natomiast jedna praca (**H4**) jest jednoautorska i opublikowane w A&A. W przypadku prac współautorskich, opis wkładu własnego habilitanta w autoreferacie oraz oświadczenia współautorów wskazują na dominujący lub co najmniej równorzędny udział merytoryczny w przedstawionym do oceny osiągnięciu naukowym.

Praca **H1** dotyczy poszukiwania podwójności wśród centralnych gwiazd mgławic planetarnych wykazujących w widmach linie emisyjne, zarówno typu [WR] jak i *wels*. W tym celu dr M. Hajduk wykonał obserwacje 15 mgławic jednometrowym teleskopem w SAAO w filtrze *I*. Ilość obserwacji dla danego obiektu wynosiła od 8 do 40 punktów obserwacyjnych, przy czym tylko jedna gwiazda posiadała 40 punktów obserwacyjnych a wszystkie pozostałe średnio 10. Na podstawie wyznaczonego odchylenia standardowego σ_I , habilitant stwierdził, że tylko jeden obiekt o największej liczbie punktów obserwacyjnych, PN G222.8-04.2, wykazuje zmienność. Następnie do badanej próbki dodał 18 mgławic z przeglądu OGLE. W sumie w badanej próbce znajdowały się 33 mgławice: 21 typu [WR], 10 typu *wels* i 2 nieskalsyfikowane.

Z rysunków 5 i 6 widać wyraźną, quasi-sinusoidalną zmienność mgławicy PN G222.8-04.2. Korzystając z danych ASAS w filtrze *V* wyznaczony został okres orbitalny $P \approx 0.63$ d, jeśli zmiany są powodowane efektem oświetlenia, lub $P \approx 1.26$ d jeśli są to zmiany elipsoidalne. Są to wartości okresów akceptowalne po fazie wspólnej otoczki centralnych gwiazd PN. Do pracy dołączono również 3 widma NTT, na podstawie których dało się stwierdzić, że

prędkość radialna zmienia się. Nie udało się natomiast rozstrzygnąć, która wartość okresu jest prawdziwa.

Odkrycie pierwszej gwiazdy centralnej [WR] w układzie podwójnym jest niewątpliwie ważnym wynikiem. Natomiast szacowanie „najbardziej” prawdopodobnego odsetka układów podwójnych wśród centralnych gwiazd PN z emisyjnymi liniami z podziałem na typy nie wygląda wiarygodnie. Po pierwsze próbka 33 gwiazd jest mała; po drugie dla 14 z 15 gwiazd habilitant otrzymał tylko od 8 do 15 punktów obserwacyjnych; po trzecie nie uwzględniono, że dla większości centralnych gwiazd [WR] z danych OGLE-III, nie da się odrzucić hipotezy podwójności, ponieważ wiele z nich ma bardzo jasne mgławice. Nie zostało też wyjaśnione jak z rozkładu dwumianowego habilitant oszacował dolną i górną granicę. Dlatego stwierdzenie na podstawie oszacowanych procentów w Tabeli 6, iż praca sugeruje, że podwójność nie ma istotnego wpływu na ewolucję gwiazd [WC] nie jest przekonujące.

Podobnie, nie do końca wiarygodnie, brzmi stwierdzenie na podstawie wykresu „ $\log S_V$ vs [WC] type”, że drugi składnik nie ma wpływu na tempo ewolucji składnika głównego. Po pierwsze rozrzut punktów jest duży. Po drugie, i bez wątpienia, efekt podwójności na ewolucję składników układu jest ogromny. Wiadomo, na przykład, że czas przejścia (ang. crossing time) zależy przede wszystkim od niepewności w poprzednich fazach ewolucji. Innym pytaniem jest natomiast czy podwójność „pomaga” czy „przeszkadza” w formowaniu się gwiazd [WC]. Należy pamiętać, że w pracy został zbadany tylko jeden układ podwójny CSPN. Ostatecznie, taki wniosek należałoby skonfrontować z obliczeniami ewolucyjnymi, np. a modelami Millero Bertolami (2016) lub z modelami z kodu MESA.

Reasumując najważniejszym wynikiem pracy **H1** jest zidentyfikowanie pierwszej gwiazdy centralnej [WR] (o podtypie [WC7]) w układzie podwójnym.

Kolejna praca w porządku chronologicznym **H2** jest poświęcona badaniom zmian widmowych i fotometrycznych mgławicy bogatej w wodór Hen 2-260. W szczególności udało się wyznaczyć wzrost z czasem strumienia w linii mgławicowej [OIII] λ 5007Å (normowanego do strumienia w H β), która jest dobrym wskaźnikiem temperatury gwiazdy centralnej. Następnie wykonane zostało modelowanie dwoma kodami fotojonizacyjnymi. Z kodu toruńskiego prof. Gęsicki wyznaczył temperaturę gwiazdy centralnej (25 200K) oraz moc promieniowanie ($1400L_{\odot}$). Natomiast habilitant obliczył siatkę modeli kodem CLOUDY w celu dopasowania strumieni teoretycznych do widma SALT. Rozkład strumienia dla centralnej gwiazdy był liczony z modeli atmosfer TLUSTY. Z wyznaczonych temperatur w latach 2001, 2005, 2012 oszacowano tempo grzania na poziomie około 45 K/rok. Same wartości temperatur były z przedziału około 34900 – 35300K. W tym fragmencie praca jest niespójna, ponieważ brak dyskusji dlaczego temperatury gwiazdy centralnej z dwóch kodów fotojonizacyjnych są tak różne (25200K vs ~35000K). Ponadto brak dyskusji na temat efektu składu chemicznego na wyznaczoną wartość zmiany temperatury. Wartość strumienia w liniach danego pierwiastka nie zależy tylko od temperatury gwiazdy centralnej, ale m.in. też od jego obfitości. W przypadku modeli TLUSTY należałoby podać wartość metaliczności i prędkości mokroturbulencji.

Kolejny wynik pracy to wyznaczenie mas gwiazdy centralnych oraz wieku korzystając ze ścieżek ewolucyjnych Blöckera (1995) i Vassiliadis & Wooda (1993). Pomijając fakt, że ścieżki te są przestarzałe w sensie założonej (mikro)fizyki, brak jest informacji dla jakich parametrów ścieżki te zostały policzone, np. obfitość wodoru, metali, wartość parametru drogi mieszania, tempo utraty masy, tempa reakcji jądrowych, uwzględnienie lub nie

przestrzeliwania z obszarów konwekcyjnych, tablice nieprzezroczystości etc. Zmieniając jeden z tych parametrów można otrzymać zupełnie inne wartości masy i wieku.

Najważniejszym wynikiem pracy **H2** jest uzyskanie zmian strumienia w linii mgławicowej [OIII] λ 5007A od czasu. Jednak tego typu badania powinny być poszerzone o jednoczesne wyznaczenie składu chemicznego oraz uwzględnienie nowszych ścieżek ewolucyjnych. Wówczas będzie można uzyskać wiarygodne ograniczenia na ewolucyjne tempo grzania centralnych gwiazd mgławic planetarnych. Wyniki pracy **H2** są przyczynkiem do tego typu badań.

Praca **H3** to kontynuacja wyznaczania zmian strumienia w linii [OIII] λ 5007Å. W tym celu habilitant zebrał widma optyczne dostępne w literaturze oraz wykonał obserwacje dla 19 mgławic planetarnych. Brakuje wyjaśnienia dla dlaczego 3 gwiazdy (Sp 4-1, M 1-73, IC 5117) nie zostały włączone do dalszej analizy. Dla badanej próbki mgławic planetarnych wyznaczono tempo zmian stosunku strumieni [OIII]5007/H β i wyrysowano w funkcji wartości [OIII]5007/H β . Nie wyjaśniono jak została oszacowana wartość zmian [OIII]5007/H β w przypadku gwiazd, dla których istnieją więcej niż 2 pomiary, np. M 1-11, SwSt 1. Która wartość [OIII]5007/H β została odłożona na osi X na Rys. 5? Ponadto skala na osi X na Rys. 5 w pracy **H3** jest inna niż na takim samym rysunku w autoreferacie. W pracy na stronie 3 jest napisane: „We compared the line fluxes between Acker et al. (1992) and these authors. The median χ^2 values are given in the Table 1.” Czy rzeczywiście chodzi o medianę?

Do wyznaczenia teoretycznych wartości zmian stosunku strumieni [OIII]5007/H β , habilitant użył kodu fotojonizacyjnego Cloudy oraz ścieżek ewolucyjnych Blöckera (1995). Znacznie lepsza prezentacja wyników byłaby na wykresach $\Delta T/\Delta t$ vs T, przecież te wartości habilitant posiadał. Natomiast wartości [OIII]5007/H β niewiele mówią czytelnikowi o tempie grzania. Nie zostały one też podane w pracy np. w formie tabeli. Ponownie nie jest podane dla jakich parametrów zostały policzone ścieżki Blöckera. Ponadto w rozdziale 3.4 jest napisane, że dla centralnych gwiazd bogatych w wodór przyjęto modele TLUSTY do obliczeń kodem Cloudy, a jakie modele przyjęto dla centralnych gwiazd pozostałych mgławic, np. dla typu [WR]? W konkluzji habilitant pisze, że obserwowana ewolucja centralnych gwiazd mgławic bogatych w wodór jest zgodna z modelami ewolucyjnymi. Nie da się tego do końca wywnioskować z Fig.5, na którym wyrysowane są teoretyczne wartości dla trzech wartości mas. Aby rzetelnie podejść do tego zadania, należałoby wyznaczyć masę i temperaturę dla każdej mgławicy planetarnej oraz odpowiadającą modelową wartość tempa grzania.

Podsumowując, również w przypadku pracy **H3** głównym wynikiem są empiryczne zależności, które mogą być podstawą do dalszego modelowania ewolucyjnego.

Czwarta praca cyklu **H4** to samodzielna publikacja, której celem jest znalezienie zmian temperatury dla mgławic planetarnych z Obłoków Magellana, na podstawie archiwalnych i wykonanych przez habilitanta obserwacji teleskopem SALT. Ponownie narzędziem diagnostycznym był stosunek strumieni [OIII]5007/H β a próbka zawierała 14 obiektów. Dla pięciu gwiazd habilitant zidentyfikowała zmiany [OIII]5007/H β , do których dopasował funkcję liniową. Warto byłoby pokazać w pracy również jak wyglądają same profil linii [OIII] λ 5007Å w różnych momentach czasu, zazwyczaj są to 3 – 4 widma dla danej gwiazdy. Ważnym wynikiem pracy jest zidentyfikowanie trzech nowych gwiazd typu [WC], które

habilitant sklasyfikował głównie na podstawie linii $\text{CIV}\lambda 4650\text{\AA}$ (Rys. 8 w autoreferacie). Okazało się, że wszystkie z nich wykazują zmiany stosunku strumieni $[\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta$.

Następnie korzystając z kodu Cloudy została oszacowana temperatura, tempo zmian temperatury oraz obfitości tlenu i azotu. Dla porównania dobrze byłoby umieścić w Tabeli 3 obfitości O i N z pracy Leisy'ego i Dennefelda (2006) oraz najnowsze wartości słoneczne.

Do modelowania kodem Cloudy dr Hajduk wykorzystał modele atmosfer Kurucza (Castelli et al. 2003). Nie jest wyjaśnione dlaczego akurat w tej pracy habilitant bazuje na modelach LTE, zdecydowanie bardziej odpowiednie są modele NLTE. W poprzednich pracach (**H2**, **H3**) używane były modele TLUSTY NLTE. W Tabeli A.4 podane są obserwowane (w 2013) i modelowe wartości stosunków strumieni dla linii mgławicowych dla pięciu gwiazd wykazujących zmienność czasową stosunku strumieni $[\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta$. W granicach błędów wartości obserwowane i wyliczone nie zgadzają się, nawet dla linii $[\text{OIII}]\lambda 5007\text{\AA}$. Brak dyskusji co może być powodem tej niezgodności.

Następnie dla pięciu mgławic wykazujących liniowe zmiany $[\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta$ habilitant wyznaczył masy gwiazd centralnych i moc promieniowania poprzez dopasowanie teoretycznych wartości temp zmian temperatury do wartości obserwowanych. W tym celu wykorzystał modele ewolucyjne Millera Bertolami (2016) dla gwiazdy bez linii emisyjnych (MGPN LMC 39) oraz modele Vassiliadis i Wooda (1994) dla 4 gwiazd [WC]. Jest to ważny wynik i tego typu wyznaczeń brakuje w pracach **H2** i **H3**. Niestety również w tym przypadku dr Hajduk nie podaje podstawowych parametrów dla jakich były wyliczone używane przez niego ścieżki. Należy też pamiętać, że ścieżki Vassiliadis i Wooda (1994), podobnie jak Blöckera (1995), były policzone dla starych tablic nieprzezroczystości (Huebner i in. 1977). Mając wyznaczone parametry (T_{eff} , L/L_{\odot}) warto byłoby umieścić badane obiekty na diagramie HR i porównać ze ścieżkami ewolucyjnymi oraz oszacować masy początkowe.

Ostatnia praca cyklu **H5** dotyczy analizy mgławicy SwSt 1, dla której habilitant wyznaczył w pracy **H3** spadek stosunku strumieni $[\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta$ z czasem. Celem pracy **H5** było badanie ewolucji widma mgławicy i widma gwiazdy centralnej na podstawie obserwacji zebranych z misji IUE, HST, FUSE oraz otrzymanych z teleskopów SALT, VTL i Mercator. Do analizy użyto poczdamskich modeli atmosfer NLTE. Obliczenia kodem PoWR były wykonywane wraz z Helge Todt (drugi autor pracy) i Karoliną Borek (czwarty autor pracy). W pierwszej kolejności wykonano analizę widma gwiazdy centralnej. Widmo liniowe było dopasowywane w szerokim zakresie długości fali 900-9000 \AA . W pracy brak dyskusji na temat tego, że widma IUE były wykonane około 20 lat wcześniej niż pozostałe. Następnie, jak w poprzednich pracach, do modelowania linii mgławicowych użyto kodu Cloudy.

Głównym wynikiem jest uzyskanie z obu podejść spadku temperatury gwiazdy centralnej co najprawdopodobniej wskazuje na wykonanie małej pętli przez gwiazdę w wyniku późnego pulsu termicznego. Otrzymano obserwowaną wartość $\Delta T/\Delta t = -88 \text{ K/rok}$. Po pierwsze wartość tę należałoby uzupełnić o błąd, po drugie tempo tym zmian nie jest stałe. Na przykład, biorąc wyznaczenia temperatury w roku 1976 (41,7 kK) i w roku 1985/86 (41 kK) dostajemy około -70 K/rok.

Wartość -88 K/rok jest konfrontowana z wartością -23 K/rok z modeli ewolucyjnych Vassiliadis i Wooda (1994). Po pierwsze użycie nowszych modeli mogłoby dać zupełnie inny wynik, po drugie tempo zmian temperatury zależy od wielu parametrów.

Nie do końca rozumiem też pokazanie jednej ścieżki na rysunku 15. Taki rysunek miałby sens, jeśli zostałyby wyrysowane ścieżki dla co najmniej dwóch mas oraz pokazane położenie gwiazdy centralnej. Biorąc parametry wyznaczone w pracy **H5** ($\log T_{\text{eff}} \approx 4.6$, $\log L/L_{\odot} \approx 3.27$), gwiazda centralna SwSt 1 leży znacznie poniżej ścieżki dla masy końcowej $M_f = 0.558 M_{\odot}$. Na pewno mgławica SwSt 1 jest bardzo ciekawym obiektem i zasługuje na bardziej szczegółowe badanie. Tym bardziej, że dostępna jest już paralaksa z misji Gaia EDR3.

Podsumowując, prace wychodzące w skład osiągnięcia naukowego dra M. Hajduka zawierają ciekawe i wartościowe wyniki obserwacyjne. Najważniejszym z nich jest odkrycie pierwszej podwójnej gwiazdy centralnej typu [WR] oraz uzyskanie empirycznych zależności stosunku strumieni [OIII]5007/H β od czasu dla wielu mgławic planetarnych. Zależność ta pozwala na oszacowanie tempa zmian temperatury gwiazdy centralnej. Prace te stanowią bardzo dobry wstęp do uzyskiwania ograniczeń na ewolucję gwiazd w fazie AGB. Natomiast w samym cyklu tego typu wyników nie ma.

Jeśli chodzi o porównanie z modelami ewolucyjnymi to w pracach **H2-H5**, jest tylko próba prostej konfrontacji z istniejącymi ścieżkami ewolucyjnymi starej generacji. W pracach brakuje istotnych szczegółów, np. dla jakich parametrów były liczone ścieżki (obfitość wodoru, obfitość metali, wartość parametru drogi mieszania, tempo utraty masy, tempa reakcji jądrowych, uwzględnienie lub nie przestrzeliwanie z obszarów konwekcyjnych, tablice nieprzezroczystości etc.). Tym samym brakuje również ważnej dyskusji na temat wpływu niektórych parametrów na ewolucję. Należy pamiętać, że na przykład tempo utraty masy czy mieszanie rotacyjne mają ogromny wpływ na budowę i całą ewolucję gwiazdy a konsekwencje tych efektów manifestują się szczególnie wyraźnie na późniejszych etapach ewolucji. Inne procesy mieszania, jak przestrzeliwanie z obszarów konwekcyjnych, mają również ogromny wpływ na budowę wewnętrzną gwiazdy a tym samym na dalsze etapy ewolucji. Na przykład, zasięg przestrzeliwania z obszarów konwekcyjnych ma duży wpływ na efektywność trzeciego wydobywania pierwiastków (ang. third dredge-up) w fazie TP-AGB. W pracach brakuje również wyjaśnienia dlaczego w różnych pracach były używane różne typy modele atmosfer: LTE (**H4**) i NLTE (**H2, H3, H5**). Habilitant mógł to wyjaśnić chociaż w autoreferacie.

Tytuł osiągnięcia dra Hajduka „*Obserwacyjna weryfikacja ścieżek ewolucyjnych gwiazd post-AGB*” brzmi bardzo ambitnie, ale niestety cel ten nie został osiągnięty. Nie oznacza to oczywiście, że poszukiwanie zależności empirycznych nie jest ambitne, ale w pracach naukowych należy zawsze nazywać cel i wyniki adekwatnie do zawartości merytorycznej.

Przed oceną pozostałego dorobku habilitanta, chciałbym się jeszcze odnieść do autoreferatu, ponieważ zawiera w wielu miejscach rażące błędy w polskiej terminologii astrofizycznej oraz błędy merytoryczne. Jako dydaktyk, dr Hajduk nie powinien takich błędów popełniać. Poniżej wymienię te najważniejsze:

- rozbłysk helowy \rightarrow błysk helowy (rozbłyski to zjawiska w atmosferach gwiazd, zupełnie innej natury, np. rozbłyski na Słońcu)
- powłoka helowa/wodorowe \rightarrow warstwa helowa/wodorowa
- konfiguracja gwiazdy \rightarrow budowa wewnętrzna gwiazdy
- nie wiem co miałyby oznaczać „synteza helu w węgiel”, chodzi o w syntezę węgla z helu

W wersji angielskiej też jest ten błąd. Powinno być „helium is fused into carbon” a nie „helium is synthesized into carbon”

- Zdanie: „Przez około 10% czasu głównym źródłem energii gwiazdy AGB jest spalanie helu a przez pozostały czas - spalanie wodoru” jest nieprawdziwe. Przez około 90% życia gwiazdy w fazie AGB palony jest hel w warstwie otaczającej węglowo-tlenowe jądro. Jest to faza E-AGB, po której następuje dużo krótsza faza TP-AGB. Oczywiście procent ten jest silną funkcją masy i metaliczności.

- efekt irradacji → efekt oświetlenia, irradacja w języku polski ma zupełnie inne znaczenie

- temp konsumpcji otoczki → tempo utraty/zaniku otoczki

- pierwiastki s-process → pierwiastki z procesów s

Ocena pozostałego dorobku naukowego, współpracy międzynarodowej, aktywności dydaktycznej i organizacyjnej

W momencie złożenia wniosku habilitacyjnego, Dr M. Hajduk miał w swoim dorobku publikacyjnym jedną pracę samodzielną i 21 prac współautorskich w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Już na etapie pisania rozprawy doktorskiej habilitant wykazywał się aktywnością publikacyjną. Z okresu 2005-2008 pochodzą 4 prace, w tym jedna opublikowana w *Science*, gdzie habilitant jest pierwszym autorem.

Index Hirscha dorobku publikacyjnego dra M. Hajduka wynosi 12 według bazy Web of Science a prace w których jest autorem były cytowane łącznie ponad 740 razy (według bazy NASA/ADS na dzień 2.07.2021).

Ponadto, dr M. Hajduk czynnie uczestniczył w 14 konferencjach międzynarodowych a w swoim dorobku ma 9 wystąpień typu „contributed talk”, 1 wystąpienie zaproszone na Zjeździe PTA w 2011 oraz 4 prezentacje plakatowe.

O jego szerokiej współpracy międzynarodowej świadczy 5 miesięczny staż w Wielkiej Brytanii (University of Manchester) oraz 10 wyjazdów krótkoterminowych (od tygodnia do miesiąca) do ośrodków naukowych, m. in., w Chinach, Niemczech, Belgii, Holandii.

Imponująca jest ilość wniosków obserwacyjnych, przygotowanych w większości w międzynarodowych zespołach, w których uczestniczył i uczestniczy habilitant. W ponad dwudziestu wnioskach występuje jako PI.

Do tej pory dr M. Hajduk był kierownikiem dwóch grantów krajowych NCN (OPUS, SONATA) oraz dwóch projektów wymiany międzynarodowej (NAWA, DAAD). Był również wykonawcą w 4 grantach NCN/MNiSW oraz uczestniczył w dwóch programach europejskich Marie Curie jako opiekun naukowy.

Dr M. Hajduk na swoim koncie ma również udział w organizacji dwóch konferencji, które odbyły się w 2019 w Olsztynie : 39 Zjazd PTA i Beacon Satellite Symposium.

Jeśli chodzi o działalność dydaktyczną, to do tej pory dr M. Hajduk prowadził tylko ćwiczenia do kilku przedmiotów, np. fizyka ogólna, analiza matematyczna, wstęp do astrofizyki, oraz był promotorem jednej pracy licencjackiej i współopiekunem jednej pracy magisterskiej. Angażował się również w popularyzację astronomii: m.in. wykłady w liceach, uczestnictwo w Festiwalu Nauki, wykłady popularnonaukowe w olsztyńskim planetarium.

W podsumowaniu końcowym stwierdzam, że osiągnięcie naukowe dra Marcina Hajduka dotyczące: wyznaczenia empirycznych wartości tempa zmian temperatury w fazie post-AGB, odkrycia pierwszej podwójnej gwiazdy centralnej typu [WR] i odkrycia trzech nowych gwiazd [WC] w Obłokach Magellana, spełnia ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane rozprawom habilitacyjnym. Docelowo wyniki te mogą prowadzić do istotnych ograniczeń na ewolucję w fazie post-AGB, a tym samym na wcześniejsze etapy ewolucji gwiazd o masach mniejszych od około $8M_{\odot}$. Pozostały dorobek naukowy, dydaktyczny oraz w zakresie współpracy międzynarodowej również spełniają wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Dariusz Ho-Darłowski

