

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Katarzyny Bronarskiej pt. „*Study of the Geoeffectiveness of Coronal Mass Ejections*” napisanej w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego pod kierunkiem dr. hab. Grzegorza Michałka

Przedłożona mi do oceny rozprawa składa się z, opublikowanych przez Doktorantkę w ostatnich dwóch latach, czterech artykułów poprzedzonych krótkim wprowadzeniem i przewodnikiem. Prace o numerach od 1 do 3 ukazały się w *Advances in Space Research*, praca nr 4 – w *Astronomy & Astrophysics*. Obydwa czasopisma znajdują się na liście filadelfijskiej, a według ciągle obowiązującego wykazu ministerialnego artykuły w nich zostały wycenione odpowiednio na 20 i 35 punktów. Współautorem wszystkich publikacji jest Promotor, a prace nr 2 i nr 4 posiadają ponadto po dwóch zagranicznych współudziałowców. Są nimi: S. Yashiro i S. Akiyama z Goddard Space Flight Center (praca nr 2) oraz M. S. Wheatland z University of Sydney i N. Gopalswamy z Goddard Space Flight Center (praca 4).

Kompozycja rozprawy doktorskiej wzorowana jest na schemacie stosowanym dla większości prac habilitacyjnych. W przypadku jednak tych drugich, obligatoryjne jest przedstawienie oświadczeń współautorów opisujących ich udział, co ułatwia wyodrębnienie wkładu osoby ocenianej. Analizując tę rozprawę musiałem się zadowolić oświadczeniem mgr K. Bronarskiej „... że przedłożona [...] rozprawa doktorska [...] jest oryginalna i przedstawia wyniki badań wykonanych [...] osobiście pod kierunkiem dra hab. Grzegorza Michałka.”, oraz że praca została napisana samodzielnie. Przyjmuję to oświadczenie, dzięki czemu mogę przejść do dalszego ciągu tej recenzji.

Rozprawa jest jednorodna tematycznie i dotyczy próby oceny geoefektywności kilku rodzajów zjawisk pochodzenia słonecznego, czyli ich wpływu na bezpośrednie otoczenie kosmiczne naszej planety. Taką tematykę badawczą, niezwykle istotną z punktu widzenia prognozowania pogody kosmicznej, uprawia z sukcesami Promotor mgr K. Bronarskiej już od blisko dwudziestu lat.

W każdej z czterech prac rozpracowany został szczegółowo jeden wybrany problem:

- jakie właściwości magnetyczne predestynują obszar aktywny do wytworzenia strumienia energetycznych protonów (praca 1),
- czy koronograf LASCO/SoHO jest w stanie zidentyfikować wszystkie koronalne wyrzuty materii typu halo, które mogą być geoefektywne (praca 2),

- jak usytuowanie obszaru źródłowego koronalnych wyrzutów materii na Słońcu wpływa na stopień zniekształcenie jego charakterystyk w wyniku efektu projekcji (praca 3),
- czy bardzo wąskie koronalne wyrzuty materii mogą mieć wpływ na pogodę kosmiczną (praca 4)?

Wszystkie te problemy zostały postawione z dużą znajomością tematu, co po przeprowadzeniu wnikliwej analizy dawało szansę wprowadzenia pewnych modyfikacji w metodyce prognozowania pogody kosmicznej.

Dosyć podobna była metoda badawcza zastosowana w każdej z prac. Doktorantka definiowała badaną próbkę jako zbiór zjawisk o tych samych parametrach, bądź zjawisk obserwowanych w wybranym przedziale czasowym. Następnie badała statystycznie związek pomiędzy wyselekcjonowaną próbką a grupą zjawisk stowarzyszonych i na tej podstawie formułowała wnioski o istnieniu pewnych prawidłowości lub też ich braku. Wszystkie prace posiadają obszernie zarysowany kontekst sytuacyjny i historyczny, adekwatną liczbę referencji i szczegółowy opis zastosowanej metodyki. Wyniki ilustrowane są za pomocą licznych tabel, wykresów i histogramów. Dowodzi to dużej biegłości Doktorantki w referowaniu przebiegu procesu badawczego na łamach czasopism.

W dalszej części recenzji skupię się na dokładniejszej ocenie zawartości merytorycznej wszystkich czterech publikacji. Praca 1 wydaje się być najambitniejsza, bo Autorka usiłuje się w niej zmierzyć z wielokrotnie analizowaną już listą zjawisk typu SEP, a więc napływów wysokoenergetycznych protonów generowanych przez Słońce. O ile słuszne jest dopatrywanie się związku ze strukturą magnetyczną obszaru aktywnego, o tyle wybór fenomenologicznej klasyfikacji plam według McIntosha praktycznie z góry skazał badanie na niepowodzenie.

Rozmieszczenie i rozmiary plam, parametryzowane w tej klasyfikacji, stanowią zbyt odległą reprezentację rzeczywistego trójwymiarowego rozkładu pola magnetycznego, aby wyniki analizy dały jednoznaczny obraz. Bowiem konkluzja, że im obszar aktywny jest bardziej złożony, tym większa jest szansa na powstanie zjawiska klasy SEP jest dość trywialna. Posłużenie się innymi parametrami takimi jak: powierzchnia obszaru aktywnego, rozpiętość południkowa, łączna liczba plam, nie przynosi poprawy, a zastosowanie zbyt dużej ilości binów (Rys. 2) wygląda dość karykaturalnie.

Moje zastrzeżenie budzi parametr zdefiniowany w rozdziale 3.4 nazwany prawdopodobieństwem związku SEP z daną klasą według klasyfikacji McIntosha. Z punktu widzenia prognozowania pogody kosmicznej interesująca jest, nie tyle przynależność obszaru aktywnego generującego SEP do danej klasy, a raczej możliwość oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia SEP w czasie przechodzenia przez półkulę zachodnią obszaru

aktywnego o danej klasie. Ten drugi sposób wymaga jednak sprawdzenia, jaki procent spośród obszarów aktywnych o danej klasie wygenerował SEP w trakcie takiego przejścia.

Jeszcze bardziej odległy od ścisłej definicji prawdopodobieństwa jest produkt powstały z sumowania wkładu od każdego elementu klasyfikacji McIntosha (Tabela 2). Świadczą o tym wykresy (Rys. 4 i 5), na których niższe wartości tzw. prawdopodobieństwa charakteryzują ciekawsze przypadki wystąpienia SEP, jeżeli chodzi o ich geoefektywność. Szkoda, że w wyniku żonglowania utworzonymi wskaźnikami gubi się trochę sens Rys. 4, który w moim przekonaniu, w ciekawy sposób ilustruje łączność magnetyczną obszaru aktywnego z Ziemią w zależności od długości heliograficznej zachodniej.

Prace 2 i 3 korzystają z identycznie zdefiniowanej próbki wyjściowej. Stanowiły ją 1044 koronalne wyrzuty materii obserwowane koronografem LASCO/*SoHO* w okresie, gdy sondy słoneczne *STeReO* A i B znajdowały się w kwadraturze względem Ziemi. Porównanie obserwacji tych samych zjawisk oglądanych w różnej perspektywie dało unikatową szansę na udzielenie odpowiedzi na kilka pytań nurtujących obserwatorów CMEs. W pracy 2 znalazły się oszacowania możliwości zaobserwowania CME w zależności od prędkości i szerokości kątowej tych zjawisk oraz od usytuowania obszaru źródłowego na Słońcu. W pracy 3 podana została ocena stopnia zniekształcenia prędkości CME spowodowana efektem projekcji.

Chociaż próbka wydaje się stosunkowo liczna, to dla poprawy jakości Rys. 5 w pracy 2 i Rys. 4b w pracy 3, przydałoby się tych zjawisk więcej. Dlatego szkoda, że analizowany okres od czerwca do listopada 2011 r. nie został poszerzony o okoliczne miesiące, kiedy odstępstwo od kwadratury nie stanowiło istotnego źródła błędu. W celu precyzyjniejszego uwzględnienia wpływu badanych efektów od położenia obszaru źródłowego, Doktorantka operowała pojęciem odległości kątowej od środka tarczy Słońca (Rys. 3, 5b i 6b w pracy 3). W tym celu dokonała przeliczenia współrzędnych heliograficznych zapominając jednak, że nawiązanie do punktu centralnego zamiast do płaszczyzny równika i południka centralnego jest równoznaczne ze zmianą jednostek i maksymalna odległość kątowa nie powinna przekroczyć 960 sekund łuku.

Ze względu na identyczne ujęcie tematu początkowe rozdziały prac 2 i 3 wyglądają dosyć podobnie. Dlatego tym bardziej rzucają się w oczy rozbieżności, dla których trudno znaleźć logiczne wytłumaczenie. Na przykład, w pracy 2 Doktorantka napisała, że LASCO zarejestrował 20 tys. CME do listopada 2015 r., a w pracy 3, że do grudnia 2016 r. zarejestrował już około 30 tys. tych zjawisk. W pracy 2 znalazła się informacja, że 1044 CMEs pochodzi z katalogu LASCO z okresu od czerwca do listopada 2011 r., a w pracy 3 ta sama liczba łączona jest z okresem od czerwca do października.

Praca 4 zajmuje się badaniem bardzo wąskich CME, których wpływ na pogodę kosmiczną był dotychczas praktycznie ignorowany. Doktorantka pokazała, że mogą być one odpowiedzialne

za krótkotrwałe przyrosty strumienia elektronów o energiach rzędu dziesiątków keV. Nagminne mylenie pojęcia *low-energy solar particles* (LESPs) z *solar energetic particles* (SEPs) uważam za usterkę utrudniającą właściwy odbiór tej pracy. Zabrakło mi również informacji, czy wspomniane LESP wywołały jakiś mierzalny skutek w ziemskiej magnetosferze.

Komentując stosunkowo częste potknięcia redakcyjne muszę podkreślić, że Doktorantka nie uzyskała wystarczającego wsparcia ze strony współautorów, recenzentów i edytorów. Niekiedy chodzi tutaj zapewne o poprawki nanoszone w trybie awaryjnym, bo stosunkowo często odnośniki z tekstu do rysunków i tabel mają nieaktualną numerację. Trafiają się również niezgodności pomiędzy wartościami podanymi w tekście i wyróżnionymi w opisie rysunku lub tabeli. Spośród literówek nagminnie powtarza się użycie słowa 'form' zamiast 'from'.

Podsumowując, przedstawione uwagi krytyczne nie umniejszają ogólnie pozytywnego wrażenia jakie pozostaje po lekturze rozprawy. Mgr K. Bronarska wykazała się dużą biegłością i pracowitością w analizie obszernego materiału obserwacyjnego. Pomimo tego, iż dane z koronografów były już wielokrotnie opracowywane, udało się tak sformułować problem, że otrzymane wyniki wywołują szczere zainteresowanie. Dzięki pracy w międzynarodowym zespole, aktywnemu uczestnictwu w konferencjach i pozycji pierwszego autora publikacji zdobyła niezbędne doświadczenie jako pracownik naukowy.

W moim przekonaniu, rozprawa spełnia wszelkie formalne jak i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim, dlatego wnioskuję o dopuszczenie Doktorantki do publicznej obrony.

Wrocław, 8 lutego 2019 r.

prof. dr hab. Michał Tomczak

M. Tomczak