

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko

Janusz Młynarczyk

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Elektronika, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Kwiecień 2002, Tytuł rozprawy: „Trójwymiarowa analiza trajektorii krótkich fal elektromagnetycznych w jonosferze”. Promotor: prof. dr hab. inż. Stanisław Nowak, recenzent zewnętrzny: prof. dr hab. inż. Daniel Józef Bem. Praca wyróżniona.

Stopień doktora w specjalności Elektronika, Université de Paris-Sud, Centre Scientifique d'Orsay, France, Marzec 2001, Tytuł rozprawy: „Contribution au développement d'un logiciel universel et performant de tracé de rayons en 3D, destiné à la simulation des trajectoires des ondes électromagnétiques dans l'environnement terrestre”. Promotor: Prof. Julien Caratori, Promotor pomocniczy: Prof. Claude Gimènes, recenzenci zewnętrzni: Prof. Alain Bourdillon, Prof. Teodor Petrescu, Praca wyróżniona („mention très honorable”, najwyższe możliwe wyróżnienie)

Magister inżynier elektroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, 1996.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- | | |
|------------|--|
| 1996-2002 | Katedra Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie: asystent naukowo-dydaktyczny |
| 1997 | Institut National des Telecommunications, Évry, France: stażysta naukowy, roczne stypendium France Télécom |
| 1998-2000 | Institut National des Télécommunications, Évry, France: doktorant, stypendysta Rządu Francuskiego |
| 2002-teraz | Katedra Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, stanowisko: adiunkt |
| 2006-2008 | Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Università Roma Tre, Rzym, Włochy, stanowisko: post-doc, okres: 2 lata. |

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Modelowanie propagacji fal radiowych, analiza sygnałów oraz rekonstrukcja momentów prądowych i dipolowych źródeł.

b) Autorzy, tytuł publikacji, nazwa czasopisma, rok wydania

Wykaz 10 najważniejszych prac:

- [1] **J. Młynarczyk**, A. Kulak, J. Salvador, *The Accuracy of Radio Direction Finding in the Extremely Low Frequency Range*, Radio Science, 52, pp. 1245–1252, 2017. **Impact Factor: 1.418** (MNiSW: **20 punktów**)
- [2] **J. Młynarczyk**, J. Bór, A. Kulak, M. Popek, and J. Kubisz, An unusual sequence of sprites followed by a secondary TLE: *An analysis of ELF radio measurements and optical observations*, Journal of Geophysical Research, Volume: 120, Pages: 2241–2254, 2015. **Impact Factor: 3.318** (MNiSW: **40 punktów**)
- [3] **J. Młynarczyk**, P. Koperski, A. Kulak, *Multiple-site investigation of the properties of an HF radio channel and the ionosphere using Digital Radio Mondiale broadcasting*, Advances in Space Research, Vol. 49, Issue 1, pp. 83-88, 2012. **Impact Factor: 1.183** (MNiSW: **20 punktów**)
- [4] **J. Młynarczyk**, A. Kulak, M. Popek, R. Iwanski, S. Klucjasz, J. Kubisz, *An analysis of TLE-associated discharges using the data recorded by a new broadband ELF receiver*, XVI International Conference on Atmospheric Electricity, 17-22 June 2018, Nara city, Nara, Japan, 2018
- [5] A. Kulak, **J. Młynarczyk**, *ELF Propagation Parameters for the Ground-Ionosphere Waveguide With Finite Ground Conductivity*, IEEE Antennas and Wireless Propagation, vol. 61, no. 3, 2013. **Impact Factor: 2.459** (MNiSW: **40 punktów**)
- [6] A. Kulak, **J. Młynarczyk**, and J. Kozakiewicz, An analytical model of ELF radiowave propagation in ground-ionosphere waveguides with a multilayered ground, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 61, no. 9, 4803–4809, 2013. **Impact Factor: 2.459** (MNiSW: **40 punktów**)
- [7] A. Kulak, **J. Młynarczyk**, A new technique for reconstruction of the current moment waveform from the magnetic field component based on a gigantic jet associated lightning discharges recorded by ELF station, Radio Science, 46, RS2016, doi:10.1029/2010RS004475, 2011. **Impact Factor: 1.075** (MniSW : **20 punktów**)
- [8] M. Dyrda, A. Kulak, **J. Młynarczyk**, and M. Ostrowski, Novel analysis of a sudden ionospheric disturbance using Schumann resonance measurements, Journal of Geophysical Research, Vol. 120, Issue 3, pp. 2255-2262, 2015. **Impact Factor: 3.318** (MNiSW: **40 punktów**)
- [9] M. Dyrda, A. Kulak, **J. Młynarczyk**, M. Ostrowski, J. Kubisz, A. Michalec, Z. Nieckarz, Application of the Schumann resonance spectral decomposition in characterizing the main African thunderstorm center, Journal of Geophysical Research, Volume: 119, Issue: 23, Pages: 13338-13349, 2014. **Impact Factor: 3.426** (MNiSW: **40 punktów**)
- [10] A. Kulak, **J. Młynarczyk**, M. Ostrowski, J. Kubisz, and A. Michalec, Analysis of ELF electromagnetic field pulses recorded by the Hylaty station coinciding with terrestrial gamma-ray flashes, Journal of Geophysical Research, Volume: 117, D18203, doi:10.1029/2012JD018205, 2012. **Impact Factor: 3.174** (MNiSW: **40 punktów**)

Pozostałe prace wymieniono w Bibliografii na końcu dokumentu

c) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Tematem osiągnięcia jest modelowanie propagacji fal radiowych w zakresach częstotliwości podlegających silnemu wpływowi jonosfery, analiza i przetwarzanie zarejestrowanych sygnałów oraz rekonstrukcja przebiegów momentów prądowych i momentów dipolowych źródeł.

W ramach osiągnięcia wybrano 10 najważniejszych prac, z listy zawierającej 23 publikacje ściśle związane z tematem osiągnięcia. Pozostałe 13 publikacji wymieniono w Bibliografii na końcu autoreferatu (oraz w punkcie II A wykazu dorobku).

Duża część prac powstała w międzynarodowych zespołach multidyscyplinarnych. Mój wkład w te prace dotyczył dyscypliny elektronika i był ściśle związany z tematem osiągnięcia.

Prace tworzące zaprezentowany cykl publikacji dotyczą trzech elementów, które wspólnie tworzą kompletny i samowystarczalny warsztat badawczy mający duże znaczenie naukowe. Wspomniane elementy to:

1. Modelowanie propagacji fal radiowych (głównie prace [5][6][1][3][7][10])
2. Analiza i przetwarzanie zarejestrowanych sygnałów ([1][2][3][4][7][8][9][10][11][12][13][14][15][16][17][18][20][21][22][23])
3. Rekonstrukcja przebiegów momentów prądowych oraz momentów dipolowych źródeł ([1][2][4][7][9][10][11][13][14][15][17][18])

Elementy te uzupełnia budowa unikalnej w skali światowej aparatury pomiarowej, z której pierwsze wyniki pokazano w [4].

Poniżej opisano wszystkie prace wymienione w punkcie 4 b powyżej, tj. [1] do [10], przy czym kolejność ich omawiania została tak dobrana, aby ułatwić zaznajomienie się z tematem.

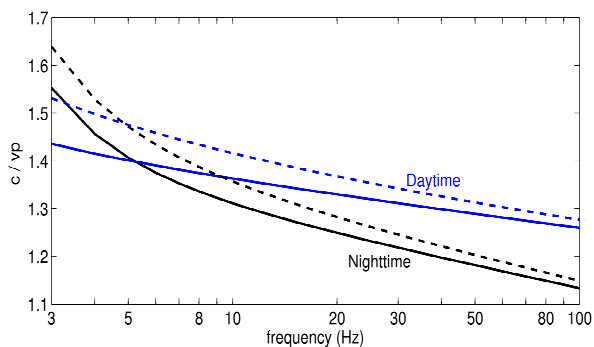
Najważniejszą pracą z zakresu modelowania propagacji fal radiowych ekstremalnie niskiej częstotliwości (ELF) jest publikacja [5]. Opisany w niej model jest rozwinięciem modeli opracowanych przez mnie do prac [7] i [10], które zostaną omówione dokładniej w dalszej części tekstu. Praca [5] została opublikowana w prestiżowym czasopiśmie *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. W pracy tej przedstawiono model propagacji fal ELF w falowodzie Ziemia-jonosfera pozwalający na uwzględnienie parametrów rzeczywistego gruntu. W pracy wykorzystano ideę zespolonych wysokości falowodu Ziemia-jonosfera: wysokości elektrycznej i magnetycznej. Wysokości te zależą od częstotliwości, gdyż składowe elektryczna i magnetyczna fali radiowej wnikają do jonosfery i do Ziemi na różną głębokość a dodatkowo zależą od częstotliwości. Znając wysokości zespolone, można wyznaczyć zespolony parametr propagacji, a z niego prędkość fazową i tłumienie w falowodzie Ziemia-jonosfera (równania (24) do (26) w pracy [5]).

Na rysunku 1, który wykonałem do pracy [5], przedstawiono prędkość fazową dla jonosfery po stronie dziennej i po stronie nocnej w przypadku idealnie przewodzącego gruntu (linie ciągłe) oraz w przypadku propagacji nad gruntem o przewodności 10^{-4} S/m (linie przerywane). Na rysunku 2, również wykonanym przeze mnie do pracy [5], przedstawiono współczynnik tłumienia dla jonosfery dziennej i nocnej i tych samych przypadków przewodności gruntu. Jak można zobaczyć na wykresach, prędkość fazowa i tłumienie są silnie dyspersyjne.

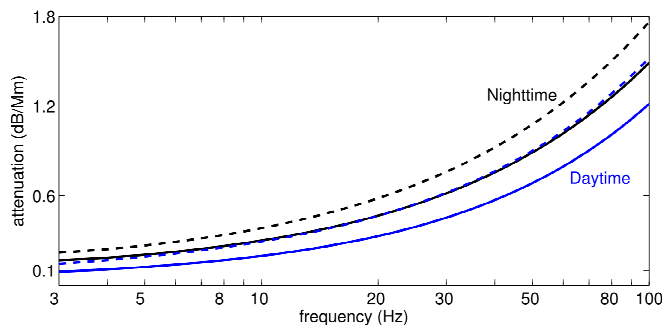
W pracy [5] wykazałem (Rys. 6 w [5]), że prędkości fazowe oraz współczynnik tłumienia uzyskiwane przy pomocy opracowanego modelu dobrze zgadzają się z pomiarami eksperymentalnymi na różnych częstotliwościach z zakresu ELF wykonanymi przez inne zespoły badawcze i jest znaczącym postępowaniem w stosunku do modelu teoretycznego przedstawionego w cytowanej pracy (krzywa przerywana na rysunku 6 w [5]). W pracy [5] wyznaczyłem również wynikające z modelu częstotliwości rezonansowe wnęki Ziemia-jonosfera dla pierwszych trzech modów rezonansowych co przestawiłem w tabeli VII zamieszczonej w pracy [5] i jak widać, dobrze zgadzają się one z częstotliwościami otrzymywanymi z pomiarów.

Zaproponowany model ma zastosowanie między innymi do rozwiązań odwrotnych, a więc służących do obliczania parametrów źródeł pola elektromagnetycznego na podstawie zarejestrowanych

sygnałów generowanych przez te źródła. Model ten został z powodzeniem wykorzystany w wielu pracach naukowych ([2][8][10][11][13][14][15][17][18]).

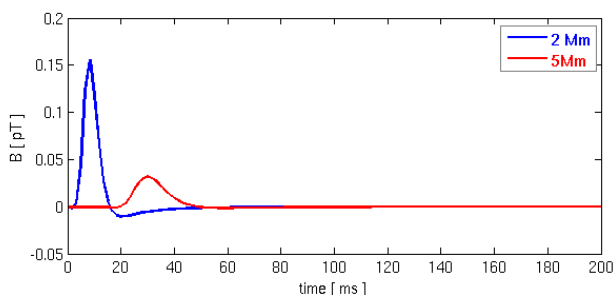


Rys. 1. Stosunek prędkości światła w próżni c do prędkości fazowej v_p w falowodzie Ziemia-jonosfera z idealnie przewodzącym gruntem (linia ciągła) oraz dla propagacji wzdłuż suchego gruntu o przewodności 10^{-4} S/m (linia przerywana). Niebieskie krzywe otrzymano dla jonosfery po stronie dziennej a czarne dla jonosfery nocnej. Źródło [5].

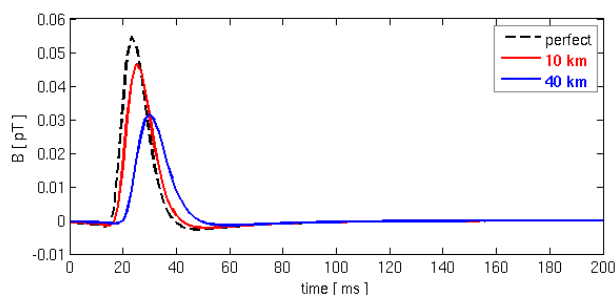


Rys. 2. Tłumienie w funkcji częstotliwości dla falowodu Ziemia-jonosfera z idealnie przewodzącym gruntem (linia ciągła) oraz dla propagacji wzdłuż gruntu suchego o przewodności 10^{-4} S/m (linia przerywana). Niebieskie krzywe otrzymano dla jonosfery po stronie dziennej a czarne dla jonosfery nocnej. Źródło [5].

W pracy [6] model został rozbudowany o grunt wielowarstwowy, co ma istotne znaczenie dla prawidłowego modelowania propagacji fal radiowych ELF na planetach, na których grunt ma znacznie mniejszą przewodność niż na Ziemi. Takie warunki występują m.in. na Marsie. W naszym zespole trwają prace nad budową aparatury ELF dla przyszłej misji na Mars, która będzie miała na celu zbadanie właściwości elektrycznych atmosfery marsjańskiej i parametrów gruntu planety. W związku z tym, w pracy [6] zaimplementowałem opracowany model dla spodziewanych przewodności gruntu marsjańskiego. Wyniki przedstawione na rysunkach 3 i 4, które wykonałem do pracy [6], ilustrują jak silnej dyspersji podlega impuls o kształcie delty Diraca (potencjalne wyładowanie np. z burzy pyłowej na Marsie) po przebyciu drogi 2000 i 5000 km. Kształt rejestrowanych impulsów, a przy odpowiednio dużej ilości wyładowań również zmierzone częstotliwości rezonansowe, pozwoli na badanie gruntu planetarnego. Nawet pojedyncze wyładowania umożliwią już np. stwierdzenie czy pod powierzchnią planety znajduje się woda, a jeśli tak to na jakiej głębokości, co ma znaczenie w związku z poszukiwaniem śladów życia poza Ziemią.



Rys. 3. Forma falowa impulsów pola ELF po przebyciu dystansu 2 Mm (niebieska linia) oraz 5 Mm (czerwona linia) w Marsjańskim falowodzie ziemia-jonosfera z górną warstwą gruntu o przewodności 10^{-7} S/m i głębokości 40 km. Źródło [6].

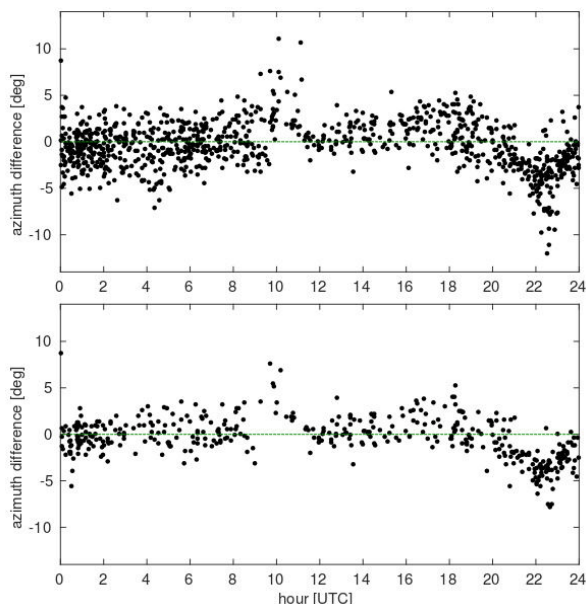


Rys. 4. Forma falowa impulsów pola ELF po przebyciu dystansu 5 Mm w Marsjańskim falowodzie ziemia-jonosfera w przypadku gdy zostanie założony idealnie przewodzący grunt (linia przerywana) oraz z gruntem o skończonej przewodności: górną warstwą 10 km (linia niebieska) oraz 40 km (linia czerwona). Źródło [6].

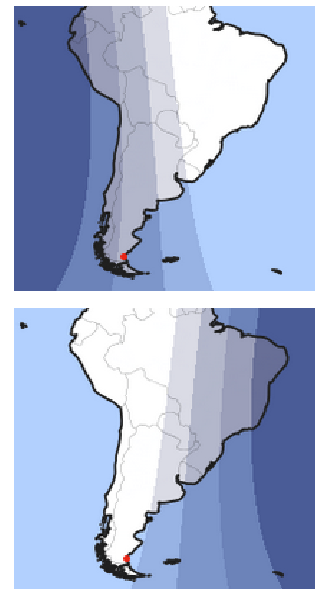
Poza modelowaniem propagacji fal elektromagnetycznych ELF, drugim bardzo ważnym elementem mojego warsztatu badawczego jest analiza i przetwarzanie sygnałów zarejestrowanych przez aparaturę pomiarową. Od wielu lat zajmuję się bardzo intensywnie tą tematyką i w sposób ciągły rozwijam i doskonalam swoje metody analizy i przetwarzania sygnałów. Zdecydowana większość

sygnałów, którymi się zajmuję, pochodzi z odbiorników pomiarowych opracowanych w naszym zespole, przy moim znaczącym współdziałaniu. Przez lata pracy zespołu powstało kilka generacji aparatury pomiarowej, a obecnie w ramach grantu NCN, którego jestem kierownikiem, zbudowana została szerokopasmowa aparatura najnowszej generacji, unikalna w skali światowej, o paśmie pomiarowym obejmującym aż 14 oktaw (od 20MHz do 900Hz). Ze względu na bardzo szerokie pasmo pomiarowe oraz zastosowanie odpowiedniego filtra antyaliasingowego, nowa aparatura jest też lepiej przystosowana do obserwacji sygnałów impulsowych. W projektowaniu i testowaniu tej aparatury mam bardzo duży wkład i w ciągu ostatnich dwóch lat poświęciłem temu zagadnieniu większość czasu. Powstanie nowej generacji aparatury, o tak szerokim paśmie, spowodowało także konieczność opracowania przeze mnie nowego, znacznie bardziej szerokopasmowego modelu propagacji fal radiowych. Model ten jest już gotowy (został już wykorzystany w pracy [4]) i wkrótce zostanie również opublikowany.

W nurcie prac związanych z analizą sygnałów zarejestrowanych eksperymentalnie warto jako pierwszą wymienić pracę [1]. Praca ta została opublikowana przez prestiżowe czasopismo *Radio Science*, znane z opublikowania szeregu ważnych prac historycznych z dziedziny nauk radiowych. Publikacja [1] powstała w wyniku poszukiwania deterministycznych przyczyn błędów oceny kierunku nadejścia fali w zakresie ekstremalnie niskich częstotliwości i chęci wyznaczenia wartości liczbowych tych błędów. Po raz pierwszy w historii pokazano przy pomocy odbiornika szerokopasmowego i na tak dużej statystyce (przeanalizowałem aż 1000 wyładowań), jakie są limity dokładności wyznaczania kierunku nadejścia fali w zakresie ELF. Praca ta, również po raz pierwszy, pokazuje w oparciu o tak dużą ilość danych, systematyczne horyzontalne odchylenie fali przy przejściu przez strefę dzień-noc (terminator słoneczny). Na rysunku 5, wykonanym przeze mnie do pracy [1], przedstawiono błąd wyznaczenia kąta nadejścia fali w funkcji czasu UT. Dwa okresy w pobliżu godziny 10 UT oraz 22 UT, w których występuje znaczące odchylenie dodatnie oraz ujemne, odpowiadają przejściu terminatora dzień-noc oraz noc-dzień przez Amerykę Południową. Położenie terminatora słonecznego w tych charakterystycznych momentach zostało przedstawione na rysunku 6.



Rys. 5. Różnica między azymutem do źródła otrzymanym z pomiaru ELF oraz na podstawie lokalizacji podanej przez sieć detekcji wyładowań WWLLN. Górny panel: wyładowania w odległości do 3500 km. Dolny panel: cała baza danych (odległości do 5000 km). W dwóch miejscach, gdy błąd jest wyraźnie większy, występuje koincydencja z występowaniem terminatora słonecznego ponad Południową Ameryką. Źródło [1].



Rys. 6. Strefa dzienna i nocna oraz położenie terminatora słonecznego (astronomicznego, żeglarskiego oraz cywilnego, pokazanych w kolejnych odcieniach szarości, od najciemniejszego do najjaśniejszego). Górny rysunek wykonano dla godziny 10 UT a dolny dla 22 UT w dniu 5 kwietnia 2016. Czerwona kropka pokazuje lokalizację odbiornika. (Mapa dzień-noc www.timeanddate.com). Źródło [1].

Jednym z moich osiągnięć w tej pracy było pokazanie, jak duży wpływ na propagację fal radiowych ekstremalnie niskich częstotliwości ma przejście fali przez strefę terminatora i wykazanie, że zaobserwowane wartości odchyłek nie są przypadkowe i zgadzają się z wyliczeniami przy pomocy nieskomplikowanego modelu (obliczenia w sekcji 3 pracy [1], oraz ilustracja na rysunku 7, pochodzącym z pracy [1], na którym przedstawiłem jeden wybrany przypadek przejścia fali przez terminator).

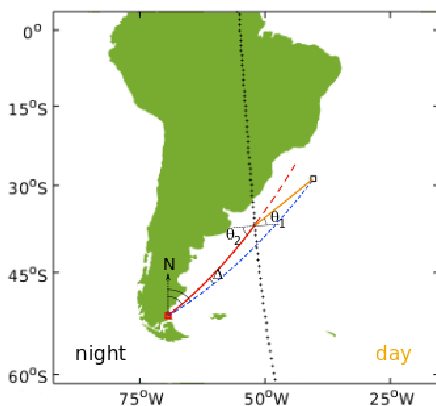
Mimo że praca [1] została opublikowana bardzo niedawno (październik 2017), w bazie *Scopus* można zobaczyć, że stała się ona już inspiracją do opublikowania trzech prac teoretycznych przez inny zespół zajmujący się tematyką propagacji fal elektromagnetycznych ELF.

Do badań przedstawionych w pracy [1] wykorzystano sygnały rejestrowane przez aparaturę pomiarową ELF zainstalowaną w południowej Patagonii w Argentynie. Jestem członkiem zespołu, który zaprojektował tę aparaturę oraz kierowałem wyprawą do Patagonii, podczas której została ona zainstalowana. Aparatura pomiarowa składa się z odbiornika oraz z dwóch aktywnych anten magnetycznych umieszczonych ortogonalnie, dzięki czemu istnieje możliwość wyznaczania kąta nadejścia fali. Na prośbę recenzenta, w pracy [1] zilustrowałem także działanie cyfrowej rotacji kierunku wiązki antenowej, która jest niezbędnym etapem wyznaczania momentów prądowych wyładowań a w pracy [2] opisałem ją równaniem.

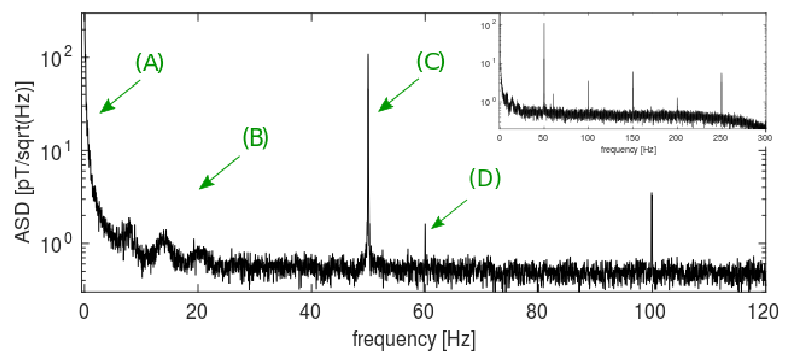
Dokładność wyznaczania kierunku jest oczywiście uzależniona od stosunku sygnału do szumu. W pracy [1] pokazałem liczbowo wpływ amplitudy impulsów na błąd wyznaczenia kąta nadejścia fali (Rys. 10 w publikacji [1]).

Na rysunku 8 pokazano różne, podstawowe typy szumów utrudniające pomiary kąta nadejścia fali w zakresie ekstremalnie niskich częstotliwości.

Jak można zauważyć na rysunku 8, zasadnicze składowe szumu występują na częstotliwościach poniżej 70 Hz, tymczasem amplituda rejestrowanych impulsów zależy od szerokości pasma systemu pomiarowego. Było to inspiracją do budowy aparatury nowej generacji o znacznie szerszym paśmie. Pierwsze wyniki pomiarów z jej wykorzystaniem przedstawiłem w pracy [4].



Rys. 7. Ilustracja zmiany kierunku propagacji na trasie dzień-noc. Źródło zlokalizowane po stronie dziennej (czarny kwadrat) a odbiornik po stronie nocnej (czerwony kwadrat). Propagacja od źródła do granicy dzień-noc jest pokazana linią pomarańczową. Na granicy kierunek zmienia się w wyniku refrakcji i fala kontynuuje propagację wzdłuż linii czerwonej. Kierunek ten jest widziany przez odbiornik, co jest powodem błędu wyznaczenia kierunku. Źródło [1].



Rys. 8. Typowe widmo otrzymane z 5 minutowego pomiaru (27 Marca 2016, 2:15 UT). Trzy podstawowe czynniki limitujące dokładność wyznaczania kierunku to: **(A)** szum $1/f$ (wzrost szumu geofizycznego i instrumentalnego w funkcji zmniejszającej się częstotliwości), **(B)** rezonans Schumanna (na rysunku widać dobrze trzy maksima w pobliżu 8, 14 i 20 Hz), **(C)** linia energetyczna 50 Hz **(D)** sporadycznie widoczna linia energetyczna 60 Hz. W górnym prawym rogu widok widma do 300 Hz, z widocznymi harmonicznymi częstotliwości sieci na 100, 150, 200 i 250 Hz. Źródło [1].

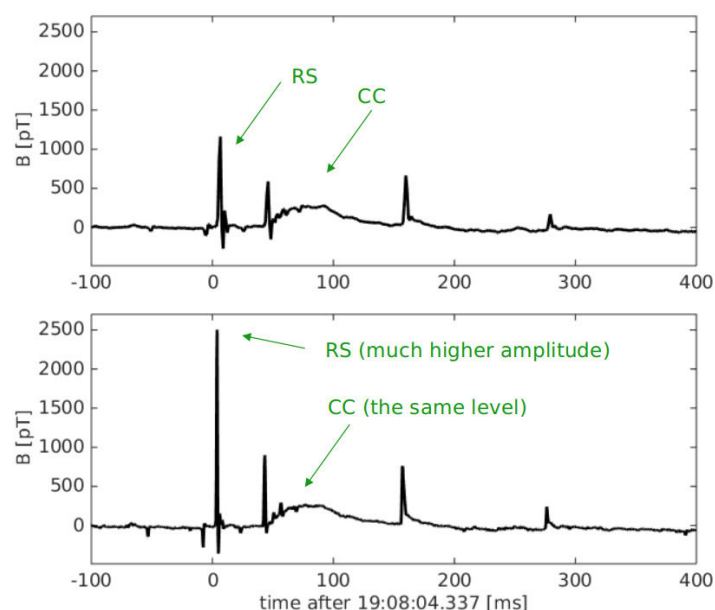
Duża część moich prac (w tym szereg prac wymienionych w *Bibliografii* na końcu autoreferatu)

koncentruje się na odtwarzaniu momentów prądowych i dipolowych wyładowań atmosferycznych związanych z Transient Luminous Events (TLE). TLE są niedawno odkrytymi spektakularnymi emisjami światła obserwowanymi na wysokościach między około 15 a 90 kilometrów ponad Ziemią (w zależności od rodzaju TLE). Na rysunku 9 przedstawiono TLE o nazwie sprite. Mechanizm powstawania TLE nie jest jeszcze w pełni zrozumiany, ale jest on ściśle związany z intensywnym procesem separacji i transferu ładunku w troposferze. Dlatego wiarygodna informacja o momencie prądowym i odpowiadającym mu transferze ładunku (momencie dipolowym) jest niezbędna do poprawy i walidacji modeli wyładowań związanych z TLE [2].

Na rysunku 10, który wykonałem do pracy [4], pokazano sygnały pochodzące od wyładowania atmosferycznego związanego z TLE, zarejestrowane równoległe aparaturą poprzedniej i nowej generacji, charakteryzującymi się znacznie szerszym pasmem pomiarowym. Jak łatwo zauważyć, uzyskano bardzo dużą poprawę amplitudy impulsów. To pozwala mierzyć impulsowe momenty dipolowe znacznie słabszych wyładowań niż dotychczas. Prąd ciągły, którego widmo leży w dolnej części pasma odbiornika, ma oczywiście niezmienną amplitudę. W nowym systemie zoptymalizowałem również zakres mierzonych amplitud na bazie moich wieloletnich doświadczeń obserwacyjnych, co pozwoliło na znaczny wzrost zakresu dynamiki nowej aparatury.

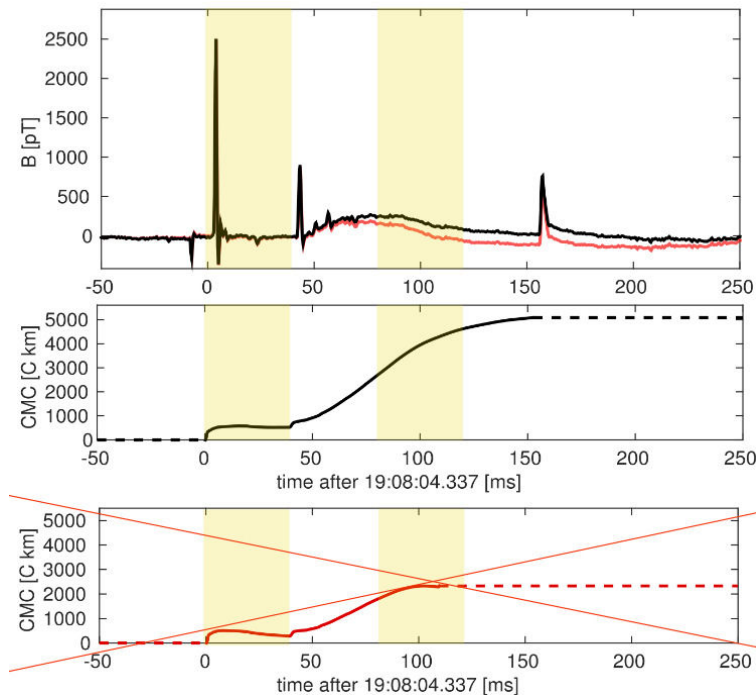


Rys. 9. Sprite zarejestrowany z Nydek w Czechach przez Martina Popka.
 Źródło: Młynarczyk et al., *New Broadband ELF Receiver for Studying Atmospheric Discharges in Central Europe*, 2018 Baltic URSI Symposium.



Rys. 10. Azymutalna składowa magnetyczna pola elektromagnetycznego otrzymana przy pomocy odbiornika ELA10 (górny wykres), oraz nowego odbiornika (dolny wykres). Źródło [4].

W pracy [4] zilustrowałem również, jak duże znaczenie ma dolna granica pasma przenoszenia odbiornika dla obserwacji wyładowań o długim prądzie ciągłym, które są często związane TLE. Ograniczenie pasma od dołu do 1 Hz, tak jak to występuje w popularnych odbiornikach komercyjnych, prawdopodobnie ze względu na trudności z opanowaniem przez konstruktorów szumów $1/f$ oraz innych zjawisk na częstotliwościach poniżej 1 Hz, np. wzbudzenia się układu, powoduje bardzo duży błąd wyznaczenia momentu dipolowego. Dla wyładowania przedstawionego w pracy [4] błąd wyniósłby aż 55% (2040 C·km zamiast 4560 C·km). W prezentacji wygłoszonej na konferencji, dla jeszcze lepszego zilustrowania tego problemu, przedstawiłem dodatkowo wykres momentu dipolowego uzyskanego przy ograniczonym paśmie odbiornika (Rys. 11, dolny panel).

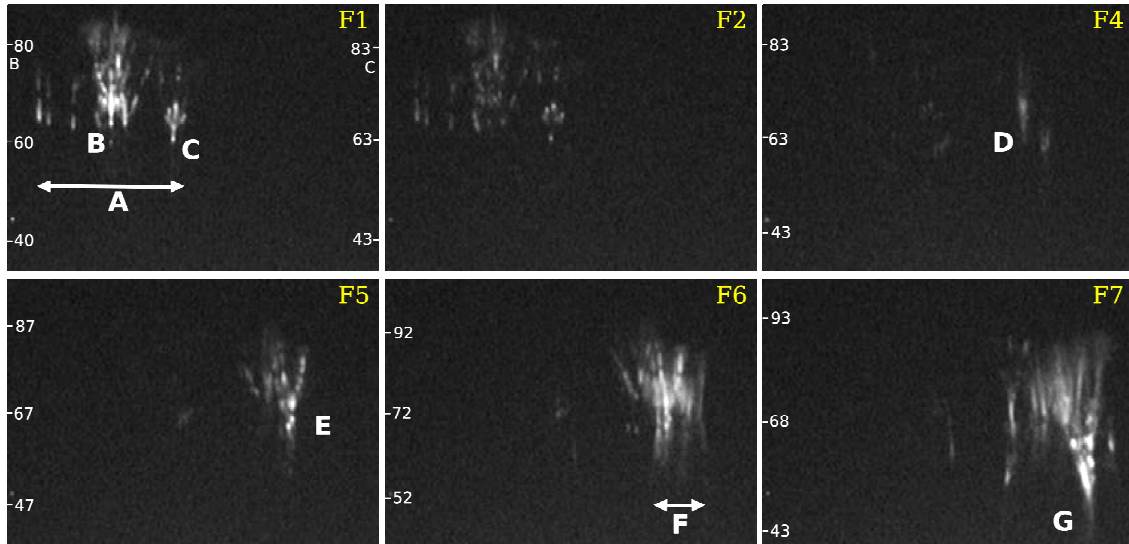


Rys. 11. Górny panel: moment prądowy wyładowania atmosferycznego związanego ze sprite. Rzeczywisty pomiar na czarno, a na czerwono symulowana rejestracja odbiornikiem o zbyt wysokiej dolnej częstotliwości granicznej (1 Hz, jak w znanych odbiornikach komercyjnych). Środkowy panel: całkowity moment dipolowy zrekonstruowany na podstawie pomiaru nowym odbiornikiem. Dolny panel: bardzo mocno niedoszacowany moment dipolowy w przypadku, gdy dolna częstotliwość graniczna odbiornika jest za mała. Źródło [4] oraz związana z nim prezentacja.

W ramach wspomnianego grantu NCN buduję Europejską sieć pomiarową ELF, która będzie służyła m.in. do badania wyładowań atmosferycznych związanych z TLE oraz do badań propagacji fal radiowych w zakresie ELF.

W publikacji [7] przedstawiono nową technikę odtwarzania momentu prądowego źródła na podstawie zarejestrowanej składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego oraz modelu propagacji fal radiowych. Na potrzeby tej pracy zaimplementowałem metodę do analizy pierwszego Gigantycznego Jeta zarejestrowanego w Europie. Jest to wyładowanie chmura-jonosfera o ogromnej energii, odpowiadającej detonacji 1 tony TNT. Zaproponowana metoda nie ma wad, które posiadała jedyna znana wtedy metoda obliczania momentów prądowych, w przypadku jej aplikacji do rzeczywistych sygnałów elektromagnetycznych cechujących się ograniczonym stosunkiem sygnału do szumu. Inspiracją do opracowania nowej metody były trudności, które napotkałem podczas prób wykorzystania istniejącej metody, które są opisane również przez autorów metody w ich artykule (*Cummer and Inan, Radio Science, Vol. 35, No. 2, Pages 385-394, 2000*). Opracowana metoda nie wykorzystuje dekonwolucji, która jest najślabszym ogniwem istniejącej metody, lecz konwolucję z funkcją nazwaną przez nas kanałem odwrotnym. Na potrzeby tej pracy opracowałem również model wysokości zespolonych falowodu dla tras nocnych.

W pracy [2] przeanalizowałem zarejestrowane sygnały pochodzące od niezwyklego ciągu wyładowań atmosferycznych, które wygenerowały sekwencję Transient Luminous Events (TLE), złożoną z ciągu spritów (Rys.12) oraz jednego wtórnego jeta. Praca jest efektem wykonania przeze mnie szczegółowej analizy sygnałów elektromagnetycznych pochodzących od kilkuset wyładowań atmosferycznych oraz prowadzonej przeze mnie współpracy międzynarodowej, dzięki której udało się powiązać niezwykle sygnały z nagraniami wideo z Czech i Węgier. Jednym z osiągnięć pracy jest pokazanie, że w Europie występują sekwencje wyładowań doziemnych z bardzo długim prądem ciągłym, które wyzwalają wyładowania chmura-jonosfera związane z TLE.



Rys. 12. Wybrane klatki wideo zarejestrowane z Sopron. Pole numer 1 (F1) zostało zarejestrowane o 22:34:06.969 UTC a następane numery odpowiadają kolejnym 20-ms klatkom wideo. Duże litery identyfikują różne elementy klastra spritów – ich lokalizację można prześledzić na mapie na rysunku 3 w pracy [2]. Po lewej stronie każdej klatki wideo zaznaczono wysokość nad Ziemią w kilometrach. Kolejne klatki wideo można zobaczyć w pracy [2]. Źródło [2].

Na potrzeby pracy udoskonałem metodę rekonstrukcji momentów prądowych, której szczegóły opisałem w rozdziale 5 artykułu. Metoda nie wykorzystuje konwolucji, której implementacja w oprogramowaniu komputerowym przysparza pewnych problemów obliczeniowych, w szczególności związanych z kalibracją amplitudy i czasu, lecz na odwrotnej transformacji Fouriera. Metoda w tej formie nadaje się do znacznej automatyzacji, co jest bardzo ważne, gdy zachodzi potrzeba analizy bardzo dużej ilości wyładowań.

Mając określony i zaimplementowany model propagacji fal radiowych, moment prądowy wyznaczam w dwóch krokach. Najpierw odzyskuję przebieg składowej magnetycznej pola na wejściu odbiornika, pozbawiony zniekształceń wprowadzanych przez filtr aliasingowy odbiornika:

$$\bar{B}_{in}(f) = \bar{B}_{az}(f) / \bar{g}(f) \quad (1)$$

gdzie $\bar{B}_{az}(f)$ jest azymutalną składową magnetyczną pola elektromagnetycznego, uzyskaną z zarejestrowanych składowych magnetycznych północ-południe i wschód-zachód przez cyfrową rotację wiązki antenowej [2][1] a następnie zastosowanie transformaty Fouriera, natomiast $\bar{g}(f)$ jest transmitancją odbiornika. Następnie wynik jest okienkowany (typowo oknem Hann-a) i wykorzystując odwrotną transformatę Fouriera do wyznaczenia momentu prądowego [1][2]:

$$s(t) = \text{IDFT}[\bar{B}_{in}(f) / \bar{w}(r, f)] \quad (2)$$

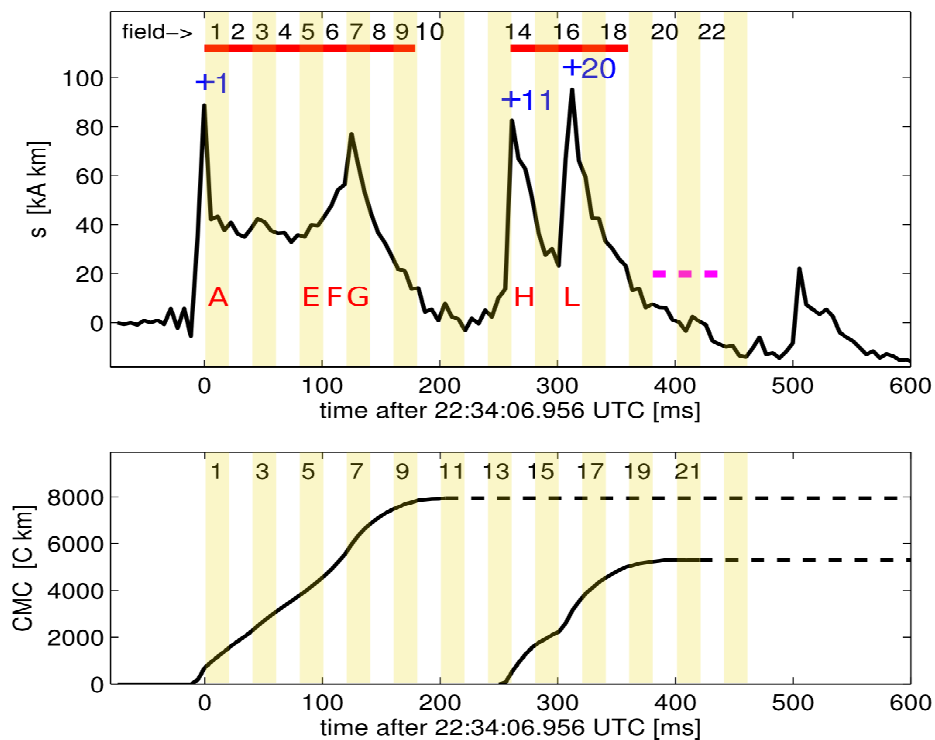
gdzie

$$\bar{w}(r, f) = -i \frac{\pi \mu_0 f}{2h_m(f)v(f)} H_1^{(2)}\left(2\pi r \frac{f}{v(f)}\right) e^{-\alpha(f)r} \quad (3)$$

jest transmitancją kanału radiowego, wyznaczoną poprzez analityczne rozwiązanie równań Maxwella dla pionowego dipola elektrycznego umieszczonego w falowodzie Ziemia-jonosfera [1][2][7]. W równaniu (6) μ_0 jest przenikalnością magnetyczną próżni, $h_m(f)$ jest wysokością magnetyczną falowodu Ziemia-jonosfera, $v(f)$ jest prędkością fazową, $\alpha(f)$ jest współczynnikiem tłumieniem, $H_1^{(2)}$ są funkcjami Hankla drugiego rodzaju pierwszego rzędu, r jest odległością od źródła.

Prędkość fazowa i tłumienie wyznaczam z modelu opisanego w [5]. W celu poprawy rozdzielczości czasowej wyniku, przed zastosowaniem równania (4) oraz (6) należy utworzyć numerycznie widmo dwustronne $\bar{g}(f)$ oraz $\bar{w}(r, f)$ wykorzystując sprzężenie zespolone.

Na rysunku 13 przedstawiono moment prądowy i dipolowy sekwencji wyładowań zwianych z TLE, który zrekonstruowałem w pracy [2].

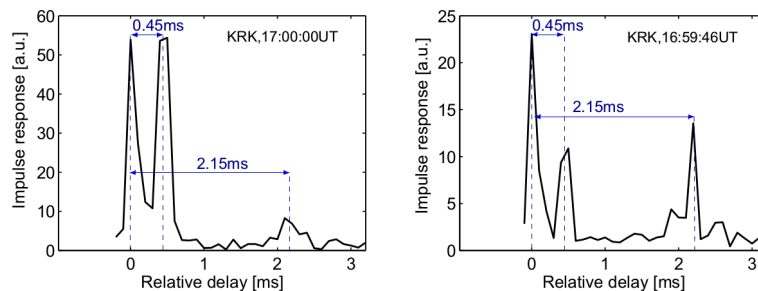


Rys. 13. Górny panel: Zrekonstruowany przebieg momentu prądowego. Części przebiegu odpowiadające rejestracjom wideo zawierającym sprity zaznaczono czerwoną linią oraz numerami nad linią. Klatki zawierające wtórny jet (troll) zaznaczone są linią fioletową. Najsilniejsze wyładowania dodatkowo zaznaczono niebieskim plussem. Dolny panel: moment dipolowy uzyskany przez całkowanie pierwszej oraz drugiej części momentu prądowego. Pierwsza część (do klatki wideo nr 10) odpowiada +CG wywołującemu sekwencję oraz następującej po nim pierwszej serii spritów, a druga część (klatki wideo 13-22) zawiera dwa silne wyładowania +CG oraz dwa klastry spritów i troll jeta. Źródło [2].

Praca [2] została opublikowana w jednym z najbardziej cenionych czasopism geofizycznych publikujących prace z dziedziny elektryczności atmosfery. Jej nowatorskie podejście do analizy i jakość otrzymanych rezultatów spowodowała, że na arenie międzynarodowej zostały zauważone moje umiejętności analizy sygnałów pochodzących od wyładowań elektrycznych oraz rekonstrukcji momentów prądowych i dipolowych tych wyładowań.

Obecnie w wielu kręgach światowych jestem uważany za jedną z nielicznych osób, których obliczenia momentów prądowych i dipolowych są uważane za wiarygodne. Wyniki tych obliczeń mają duże znaczenie w badaniach z zakresu elektryczności atmosfery. W wyniku tego jestem zapraszany do współpracy przez ośrodki naukowe w Europie i na świecie, które prowadzą badania z zakresu elektryczności atmosfery. Współpraca ta będzie omówiona w dalszej części autoreferatu, a jej efektem jest szereg publikacji wymienionych w Bibliografii.

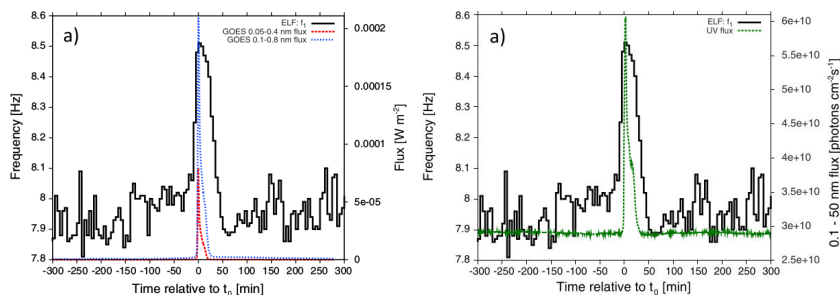
W pracy [3] zaproponowałem nową metodę badania jonosfery w oparciu o nadajniki radiofoniczne pracujące w standardzie Digital Radio Mondiale (DRM). Do demonstracji działania metody wykorzystane zostały obserwacje prowadzone symultanicznie w trzech miejscach w Polsce. Standard DRM wykorzystuje transmisję z ortogonalnym zwielokrotnieniem w dziedzinie częstotliwości. W pracy pokazano, że sygnały pilota, służące do śledzenia transmitancji kanału radiowego mogą być wykorzystane do śledzenia aktualnego stanu jonosfery. Jako przykład zademonstrowano efekt pojawienia się warstwy sporadycznej E_s w odpowiedzi impulsowej kanału radiowego (Rys. 14, który wykonałem do pracy [3]). Jest to szczególnie ciekawe, gdyż w ostatnich latach pojawiła się hipoteza, że wyładowania atmosferyczne są odpowiedzialne za modulacje warstwy E_s jonosfery. Pracę [3] prowadzono podczas fazy eksperymentalnych testów nadawania w systemie Digital Radio Mondiale. Gdy system wejdzie do powszechnego użycia, będzie mógł zostać wykorzystany dodatkowo jako tania i wiarygodne narzędzie do badań jonosfery.



Rys. 14. Odpowiedź impulsowa uzyskana z sygnału zarejestrowanego w Krakowie 18 kwietnia 2010 o godz 17:00 UT (lewy wykres) oraz 14 sekund wcześniej (prawy wykres). Źródło [3].

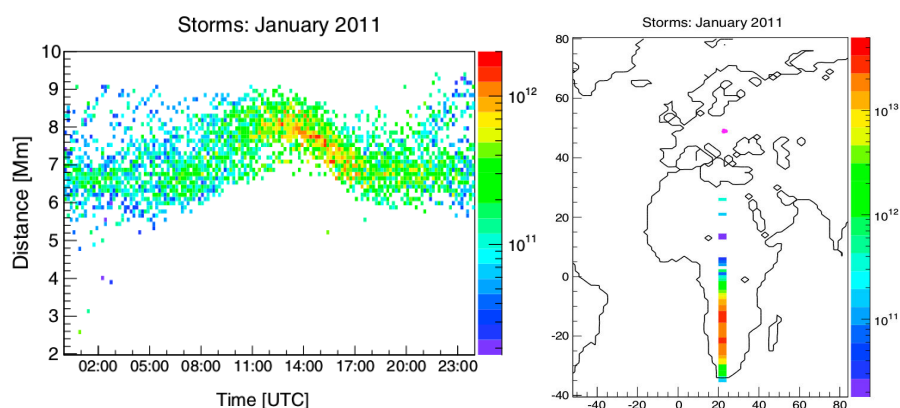
W pracy [8] przeanalizowano nagłe zaburzenie jonosfery (SID, sudden ionospheric disturbance) wywołane silnym rozbłyskiem na słońcu. Pokazano, że wywołało ono nagłą zmianę częstotliwości rezonansowych wnętrza Ziemia-jonosfera (Rys. 15).

Na podstawie pomiarów i analizy danych obliczyłem, jak zmieniła się wysokość magnetyczna falowodu Ziemia-jonosfera w wyniku zaburzenia jonosfery. Przedstawiona metoda może być użyta do badania zaburzeń dolnych warstw jonosfery i śledzenia długoterminowych zmian pogody kosmicznej.



Rys. 15. Porównanie między zmianą pierwszej częstotliwości rezonansowej wnętrza Ziemia-jonosfera a strumieniem promieniowania X (po lewej) oraz strumieniem UV (po prawej) zarejestrowanymi na orbicie. Źródło [8].

W pracy [9] zastosowano opracowaną w zespole metodę dekompozycji widm rezonansu Schumanna [19], w której miałem również swój udział, do odtwarzania parametrów źródeł. Metoda ta pozwala na mapowanie aktywności centrów burzowych na podstawie sygnałów rejestrowanych przez odbiornik pomiarowy ELF. W pracy zademonstrowano to dla afrykańskiego centrum burzowego. Prześledzono położenie źródeł w różnych okresach roku oraz obliczono gęstość spektralną mocy momentu prądowego [C^2m^2/s]. Na rysunku 16 po lewej stronie pokazano odległość i intensywność źródeł w funkcji pory dnia, a po prawej stronie jednowymiarową mapę intensywności burz w styczniu i lokalizację odbiornika. Przedstawiona metoda umożliwi również mapowanie 2D i może być wykorzystana do badania zmian klimatycznych na Ziemi.



Rys. 16. Po prawej stronie odległość od dominującego źródła widzianego przez antenę EW w funkcji godziny UT dla stycznia 2011. Intensywność źródła przedstawiona na skali kolorów w $C^2m^2s^{-1}$. Po prawej kumulatywna intensywność burz zmapowana we współrzędnych geograficznych; położenie odbiornika zaznaczone różową kropką. Źródło [9]

W pracy [10] pokazano, że zaobserwowanym przez satelitę Fermi rozbłyskom promieniowania gamma (TGF, terrestrial gamma-ray flashes) towarzyszą impulsy pola elektromagnetycznego obserwowane w zakresie fal ELF. Mój wkład w tę pracę polegał na przeprowadzeniu obliczeń impulsowych momentów dipolowych źródeł pola związanych z TGF, które były zlokalizowane w odległości rzędu 5000 km od stacji pomiarowej, a także na wyznaczeniu limitu momentu dipolowego dla źródeł położonych w większych odległościach. Na potrzeby tej pracy opracowałem również analityczny model propagacji fal radiowych dla tras dziennych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.

Prace naukowe i współpraca z zagranicą

Od wielu lat prowadzę prace naukowe oraz prace badawczo-rozwojowe dla przemysłu związane z tematyką propagacji fal radiowych, antenami oraz technikami radiowymi.

Jestem współautorem 24 prac z tej dziedziny opublikowanych w renomowanych czasopismach z listy JCR.

Średni *Impact Factor* czasopism, w których opublikowano te publikacje, wynosi aż **2.8**.

W 14 przypadkach czasopismo miało aż **40** punktów według listy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego z momentu publikacji.

Wśród prac, które znalazły się poza listą moich najważniejszych 10 osiągnięć naukowych (wymienione w Bibliografii na końcu autoreferatu), można znaleźć szereg prac zrealizowanych w ramach współpracy międzynarodowej, w których mój wkład jest ściśle związanych ze zgłaszanym osiągnięciem.

Wśród ośrodków, z którymi prowadzę współpracę, warto wymienić kilka instytucji.

W ramach współpracy z *Université de Toulouse* i *Centre national de la recherche scientifique* w Toulouse, Francja, powstały prace [11] oraz [15]. Mój wkład w te prace jest ściśle związany z tematyką osiągnięcia.

Kolejnym ośrodkiem, z którym prowadzę od lat ścisłą współpracę, jest *Hungarian Academy of Sciences* w Sopron, Węgry. W ramach tej współpracy powstała praca [2] i [13] a kolejne nowe badania są obecnie w fazie intensywnych prac. Mój wkład w tę pracę jest ściśle związany z tematyką prezentowanego osiągnięcia.

W 2016 roku zostałem zaproszony do współpracy przy analizie pierwszych Gigantycznych Jetów zaobserwowanych w Indiach przez *Indian Institute of Geomagnetism*. Pracę [14] opublikowano w

czasopiśmie *Scientific Reports* wydawanym przez *Nature Research* (Impact Factor 4.122). Mój wkład w tę pracę jest ściśle związany z tematyką osiągnięcia. W ramach pracy nad tą publikacją miałem okazję skonfrontować swoje metody obliczeniowe ze sławnym naukowcem prowadzącym obliczenia inną metodą. W pracy przedstawiono wyniki obydwu autorów, nadając tej publikacji jeszcze większą rangę. Warto zwrócić uwagę, że moja metoda pozwoliła na uzyskanie większych szczegółów przebiegu momentu prądowego (Rys. 3 w [14]).

Prowadzę również współpracę naukową z obserwatoriami fal grawitacyjnych LIGO i Virgo. W ramach tej współpracy powstały prace [16] [21] i [22] dotyczące wpływu fal radiowych ekstremalnie niskich częstotliwości na pomiary wykonywane przez te obserwatoria.

Warto też wspomnieć o mojej współpracy z *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*, z prof. Earle Williams, z którym od kilku lat prowadzę dyskusję różnych aspektów badań w zakresie ekstremalnie niskich częstotliwości. Zaowocowało to uznaniem moich metod badawczych przez opiniotwórczego naukowca.

Chciałbym również wymienić współpracę międzynarodową nawiązaną na tyle niedawno, że nie doprowadziła jeszcze do publikacji. Kilka miesięcy temu zostałem zaproszony do współpracy przez *University of Bath* w Wielkiej Brytanii, gdzie prowadzone są dwie nowe prace doktorskie, do których niezbędne są wyznaczone przeze mnie wartości momentów prądowych i dipolowych.

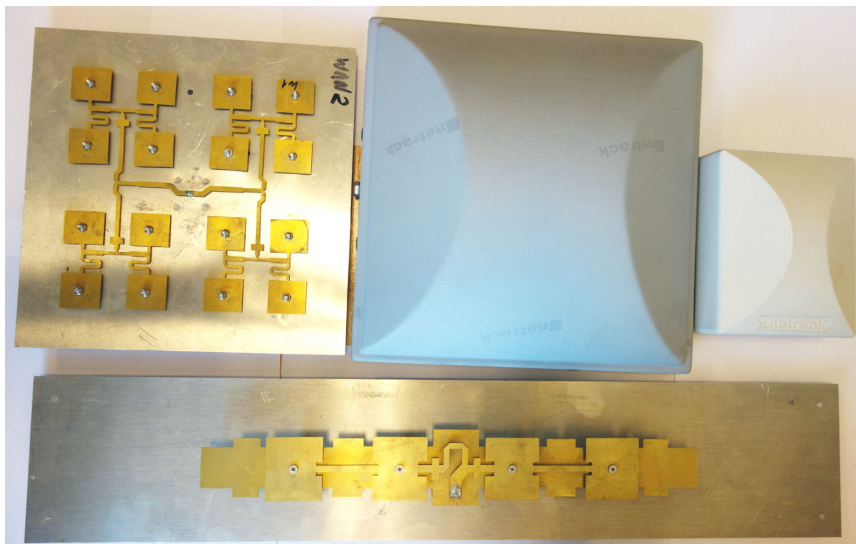
W ubiegłym roku zostałem też zaproszony do współpracy przez *Institut de Physique du Globe de Paris*, Francja. Wspólnie z tą instytucją w roli głównego kontraktora, *Institute of Atmospheric Physics* w Czechach oraz zespołem z AGH pod moim kierownictwem, złożyliśmy projekt badań naukowych do Europejskiej Agencji Kosmicznej, zatytułowany „Investigating lightning generated ELF whistlers to improve ionospheric models”. Projekt przeszedł do drugiej fazy i właśnie otrzymaliśmy zaproszenie do negocjacji w ESA.

Oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne

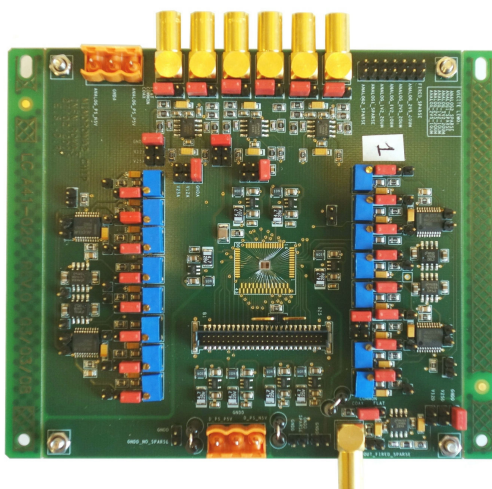
Moje prace badawczo-rozwojowe dla przemysłu koncentrowały się głównie na projektowaniu anten i projektowaniu bloków w.cz. nadajników oraz odbiorników. W ramach tych prac powstało szereg anten oraz urządzeń, które zostały przetestowane i wdrożone do produkcji. Spośród moich osiągnięć projektowych i konstrukcyjnych chciałbym wymienić następujące:

- Zaprojektowałem i przetestowałem szereg anten do sieci bezprzewodowych opartych o standard WiMAX: anteny stacji bazowych o różnych szerokościach wiązek (60°, 90°, 120°) oraz anteny stacji klienckich o różnych zyskach kierunkowych (13 do 20 dBi), a także zestaw anten klienckich do sieci bezprzewodowych w pasmach 2.4 oraz 5 GHz. Na rysunku 17 pokazano kilka wybranych anten. Anteny zostały wdrożone do produkcji.
- Zaprojektowałem i przetestowałem prototyp anteny wewnętrznej do modemu GSM/GPRS. Antena została wdrożona do produkcji.
- Zaprojektowałem scalony monolityczny aktywny sensor pikselowy wysokiej skali integracji w technologii ST 0.13um (Rys. 18). Detektor został przetestowany i jest wykorzystywany w eksperymentach fizyki wysokich energii przez *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*.
- Zaprojektowałem i przetestowałem prototyp wieloelementowego ultra-szerokopasmowego systemu antenowego z możliwością skanowania wiązką do zastosowań biomedycznych. Antena jest wykorzystywana w badaniach naukowych.
- Zaprojektowałem i przetestowałem szerokopasmową anteną kolejową pracującą w pasmach GSM-R, GSM900 i GSM1800. Zaprojektowane zostały dwie wersje: na lokomotywy oraz na wagony. Anteny zostały wdrożone do produkcji (Rys. 19).
- Zaprojektowałem i przetestowałem prototyp układu anten wbudowanych dla hub-a medycznego. Układ został wdrożony do produkcji.

- Zaprojektowałem i przetestowałem układ nadawczo-odbiorczy oraz odbiorniki i anteny do wtórnego radaru lotniczego w standardzie ADS-B pracującego na częstotliwościach 1030 i 1090 MHz. Zaprojektowane urządzenia i anteny zostały wdrożone do produkcji. Na rysunku 20 przedstawiono jedną z anten kolinearnych ze zintegrowanym odbiornikiem.
- Zaprojektowałem układ antenowy oraz część radiową odbiornika pozwalających na walidację kierunku nadejścia sygnału w stacji naziemnej systemu lotniczego nowej generacji ADS-B/MLAT na pasmo 1090 MHz (Rys. 21). Układ przeszedł pozytywnie fazę testów eksperymentalnych i jest planowany do wdrożenia.



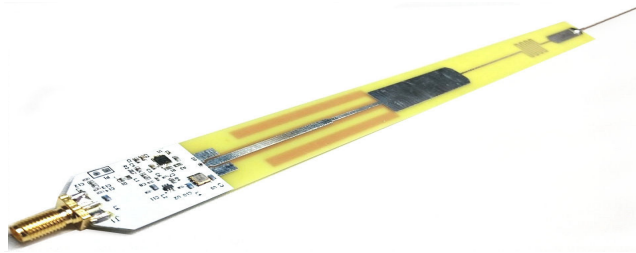
Rys. 17. Wybrane anteny do sieci WiMAX oraz na pasmo 5 GHz w fazie prototypu oraz w wersji produkcyjnej



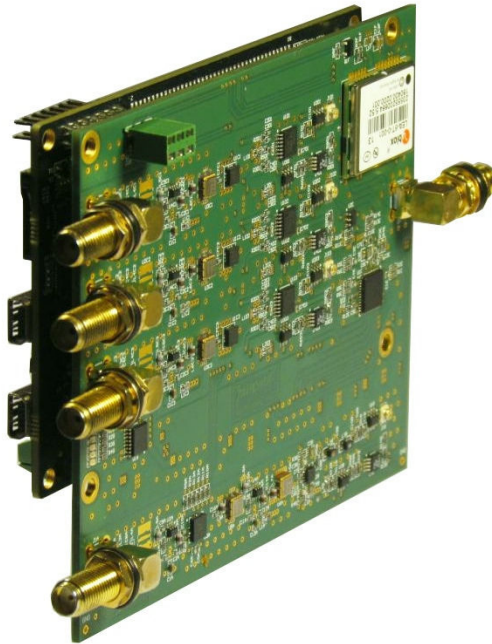
Rys. 18. Monolityczny aktywny sensor pikselowy do badań fizyki wysokich energii (w środku płytki PCB)



Rys. 19. Antena GSM-R/GSM900/GSM1800 do łączności kolejowej w wersji produkcyjnej (źródło: Radionika Sp. z o.o)



Rys. 20. Jedna z anten kolinearnych wraz z odbiornikiem do systemu ADS-B



Rys. 21. Odbiornik do stacji naziemnej nowej generacji z walidacją kierunku nadejścia fali ADS-B/MLAT

Pełny wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych wraz ze szczegółami znajduje się w sekcji II B *wykazu dorobku*.

Działalność dydaktyczna

W ramach mojej pracy na stanowisku adiunkta w Katedrze Elektroniki AGH, samodzielnie przygotowałem oraz prowadziłem szereg wykładów i laboratoriów z nowych przedmiotów wprowadzanych na kierunku Elektronika i Telekomunikacja, a także wykłady i laboratoria dla innych kierunków, w tym przedmioty po angielsku dla kierunku Electronics & Telecommunications.

Przedmioty w kolejności chronologicznej:

1. Bezprzewodowe sieci komputerowe
2. Systemy radiokomunikacji ruchomej
3. Systemy radioelektroniczne (część wykładu)
4. Techniki wielkich częstotliwości (część wykładu)
5. Wireless technology
6. Analog Electronic Circuits II
7. Sieci bezprzewodowe
8. Nowoczesne technologie bezprzewodowe
9. Techniki bezprzewodowe dla kierunku Inżynieria Akustyczna
10. Techniki i systemy bezprzewodowe dla kierunku EiT (połowa wykładu)

11. Techniki i systemy bezprzewodowe dla kierunku Elektronika

12. Wireless techniques and systems

Byłem także promotorem 7 prac inżynierskich i 18 prac magisterskich.

Z działalności dydaktycznej na uwagę zasługuje także przygotowanie i przeprowadzenie szkoleń z zakresu propagacji fal radiowych i anten dla ponad 400 inżynierów firmy *Motorola Solutions* w Krakowie oraz przeszkolenie 5 pracowników, którzy prowadzą te szkolenia dla nowych inżynierów przyjmowanych do firmy.

6. Wskaźniki bibliometryczne (z 23 Marca 2019)

Ilość publikacji w bazie Web of Science: **35**

Aktualna liczba cytowań w bazie Web of Science: **187**

Bez samocytowań w bazie Web of Science: **101**

Liczba cytowań 10 publikacji wybranych do cyklu: **75**

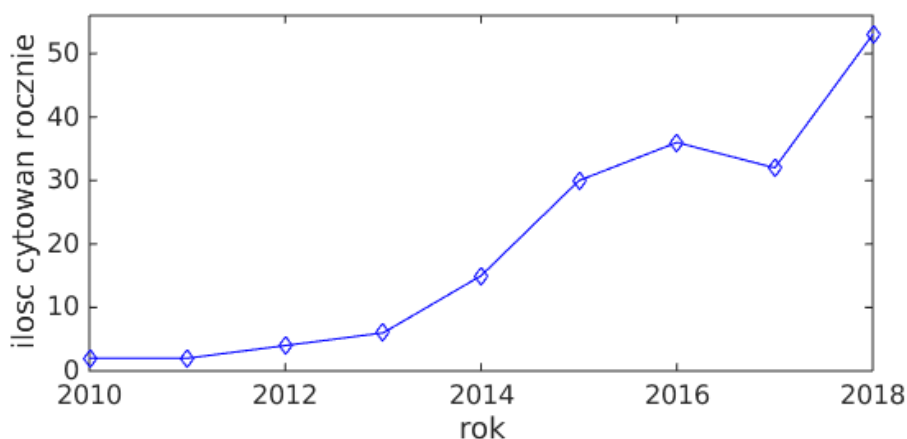
Średnia ilość cytowań na jedną publikację w bazie Web of Science: **5.34**

Sumaryczny *Impact Factor* według listy Journal Citation Reports (JCR): **67.788**

Liczba punktów MNiSW: **901**

Aktualny współczynnik Hirscha wg bazy Web of Science oraz wg bazy Scopus: **9**

Rysunek 22 przedstawia liczbę cytowań rocznie w bazie Web of Science okresie 2010 do 2018.



Rys. 22. Liczba cytowań prac w bazie Web of Science w funkcji roku

Parametry bibliometryczne w bazie Web of Science wyznaczono przy pomocy następującego zapytania:

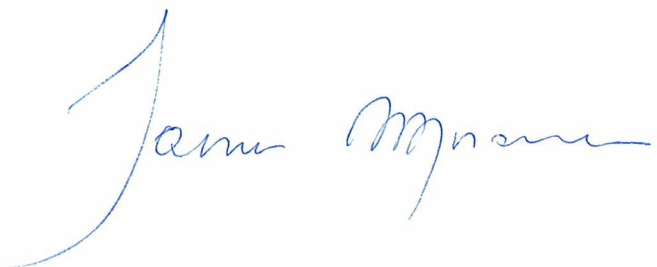
AUTHOR: (Mlynarczyk J) AND ADDRESS: (Krakow OR Rome)

Bibliografia (tylko prace niewymienione w sekcji 4 b)

- [11] S. Soula, J. **Mlynarczyk**, M. Füllekrug, N. Pineda, J-F. Georgis, O. van der Velde, J. Montanyà, F. Fabró, Dancing sprites: detailed analysis of two case studies, *Journal of Geophysical Research*. Volume: 120, Issue: 22, 2015.
- [12] A. Kulak, J. Kubisz, S. Klucjasz, A. Michalec, J. **Mlynarczyk**, Z. Nieckarz, M. Ostrowski, S. Zieba, *Extremely low frequency electromagnetic field measurements at the Hylaty station and methodology of signal analysis*, *Radio Science*, 49 (6), 361-370, 2014.
- [13] J. Bór, Z. Zekó, T. Hegedüs, Z. Jäger, J. **Mlynarczyk**, M. Popek, and H. D. Betz, *On the Series of +CG Lightning Strokes in Dancing Sprite Events*, *Journal of Geophysical Research*, Volume: 123, Pages: 11030–11047. 2018.
- [14] R. Singh, A. K. Maurya, O. Chanrion, T. Neubert, S. A. Cummer, J. **Mlynarczyk**, M. B. Cohen, D. Siingh, S. Kumar, *Assessment of unusual Gigantic Jets observed during the Monsoon season: first observations from Indian Subcontinent*, *Scientific Reports*, Volume: 7, Art. no. 16436, Pages: 1–8, 2017.
- [15] O. A. van der Velde, J. Montanyà, S. Soula, N. Pineda, and J. **Mlynarczyk**, *Bidirectional leader development in sprite-producing positive cloud-to-ground flashes: Origins and characteristics of positive and negative leaders*, *Journal of*

Geophysical Research, Volume: 119, Issue: 22, Pages: 12755-12779, 2014.

- [16] I. Kowalska-Leszczynska, M. Bizouard, T. Bulik, N. Christensen, M. Coughlin, M. Gołkowski, J. Kubisz, A. Kulak, **J. Mlynarczyk**, F. Robinet and M. Rohde, *Globally coherent short duration magnetic field transients and their effect on ground based gravitational-wave detectors*, Classical and Quantum Gravity, Volume: 34, Issue: 7, Article Number: 074002, 2017.
- [17] Z. Nieckarz, P. Baranski, **J. Mlynarczyk**, A. Kulak, and J. Wiszniowski, *Comparison of the charge moment change calculated from electrostatic analysis and from ELF radio observations*, Journal of Geophysical Research, Volume: 120, Issue: 1 Pages: 63-72 Published: JAN 16 2015.
- [18] S. Soula, E. Defer, M. Füllekrug, O. van der Velde, J. Montanya, O. Bousquet, **J. Mlynarczyk**, S. Coquillat, J.-P. Pinty, W. Rison, P.R. Krehbiel, R. Thomas, and S. Pedeboy, *Time and space correlation between sprites and their parent lightning flashes for a thunderstorm observed during the HyMeX campaign*, Journal of Geophysical Research, Volume: 120, Issue: 22, 2015.
- [19] A. Kułak, **J. Mlynarczyk**, S. Zieba, S. Micek, Z. Nieckarz, *Studies of ELF propagation in the spherical shell cavity using a field decomposition method based on asymmetry of Schumann resonance curves*, Journal of Geophysical Research, Vol. 111 Issue A10, Article Number: A10304, 2006.
- [20] J. Kozakiewicz, A. Kulak, **J. Mlynarczyk**, *Analytical modeling of Schumann resonance and ELF propagation parameters on Mars with a multi-layered ground*, Planetary and Space Science, Volume 117, 2015.
- [21] M. W. Coughlin, N. L. Christensen, R. De Rosa, I. Fiori, M. Gołkowski, M. Guidry, J. Harms, J. Kubisz, A. Kulak, **J. Mlynarczyk**, F. Paoletti, and E. Thrane, *Subtraction of correlated noise in global networks of gravitational-wave interferometers*, CLASSICAL AND QUANTUM GRAVITY, Volume: 33, Issue: 22, Pages: 1-13 Article Number: 224003 Published: NOV 17 2016.
- [22] M. W. Coughlin, A. Cirone, P. Meyers, S. Atsuta, V. Boschi, A. Chincarini, N. L. Christensen, R. De Rosa, A. Effler, I. Fiori, M. Gołkowski, M. Guidry, J. Harms, K. Hayama, Y. Kataoka, J. Kubisz, A. Kulak, M. Laxen, A. Matas, **J. Mlynarczyk**, T. Ogawa, F. Paoletti, J. Salvador, R. Schofield, K. Somiya, and E. Thrane, *Measurement and subtraction of Schumann resonances at gravitational-wave interferometers*, PHYSICAL REVIEW D 97, 102007. 2018.
- [23] M. Gołkowski, S.R. Sarker, C. Renick, R. C. Moore, M. B. Cohen, A. Kułak, **J. Mlynarczyk**, and J. Kubisz. *Ionospheric D region remote sensing using ELF spheric group velocity*. *Geophysical Research Letters*, Volume: 45, Pages: 12,739–12,748. 2018.

A handwritten signature in blue ink, reading "Jan Mlynarczyk". The signature is written in a cursive, flowing style with a large initial 'J'.