

AUTOREFERAT
z opisem osiągnięcia naukowego
(w języku polski)

1. Imię i Nazwisko

Zenon Nieckarz

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

Doktor Nauk o Ziemi
Specjalność: geografia fizyczna
2009

Uniwersytet Jagielloński,
Wydział Biologii i Nauk o Ziemi,
Rozprawa doktorska: *„Ocena aktywności tropikalnych obszarów burzowych na podstawie wskaźnika intensywności wyładowań atmosferycznych”*
Promotor: prof. dr hab. Janina Trepńska
Recenzenci: prof. dr hab. Joanna Wibig (UŁ), prof. dr hab. Szymon Malinowski (UW), prof. dr hab. Zbigniew Ustrnul (UJ)
Data uzyskania: 15.12.2009 r.

Magister inżynier fizyki
Specjalność: fizyka techniczna
1996

Akademia Górniczo-Hutnicza,
Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej,
Praca magisterska: *„Identyfikacja parametrów znamionowych transformatora impulsowego”*
Promotor: prof. dr hab. Kazimierz Korbel
Data uzyskania: 15.11.1996 r.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych

Od 1996 r. do obecnie

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie,
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki
Stosowanej,
Zakład Doświadczalnej Fizyki Komputerowej,

Stanowisko: naukowo-techniczne

Od 2000 r. do obecnie

Collegium Medicum Uniwersytetu
Jagiellońskiego w Krakowie,
Zakład Biofizyki w Katedrze Fizjologii

Stanowisko: naukowo-techniczne (część etatu)

Od I 2011 r. do VI 2015 r.

Akademia Wychowania Fizycznego
im. Bronisława Czecha w Krakowie
Zakład Fizjologii Mięśni

Stanowisko: adiunkt (część etatu)

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

1. Tytuł osiągnięcia naukowego/ artystycznego:

Metody oceny i analiza elektrycznej aktywności burzowej w różnych skalach przestrzennych.

2. Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa;

Chronologiczna lista prac

[P1] Nieckarz Z., A. Kułak, S. Zięba, A. Odzimek (2011) Cloud-to-ground lightning dipole moment from simultaneous observations by ELF receiver and combined direction finding and time-of-arrival lightning detection system, *Journal of Geophysical Research*, 116, D08107, doi:10.1029/2010JD014736, IF= 3.021, *Mój udział procentowy oceniam na 80%.*

[P2] Kułak A., J. Kubisz, S. Micek, A. Michalec, Z. Nieckarz, M. Ostrowski, S. Zięba (2012-2104), Sposób i urządzenie do monitorowania aktywności burzowej na powierzchni Ziemi w czasie rzeczywistym;

Patent przyznany w następujących krajach:

Europejski Urząd Patentowy (Polska, Holandia, Niemcy, Hiszpania, Wielka Brytania, Włochy, 2012) EP 2165223, Meksyk (2012) MX 29512, Rosja (2012) RU 2470332, Stany Zjednoczone (2012) US 8,332,150 B2, Chiny (2013) CN 101802650 B, Kanada (2014) CA 2690085, Japonia (2014) JP 5562237, Korea Południowa (2014) 1357434.

Mój udział procentowy oceniony jest na 16%. Udziały procentowe autorów zostały ustalone wcześniej na potrzeby zgłoszenia patentowego (Kułak A. – 18%, J. Kubisz – 16 %, Z. Nieckarz – 16 %, A. Michalec – 15 %, S. Zięba – 15 %, S. Micek – 10 %, M. Ostrowski – 10 %)

[P3] Nieckarz Z., S. Zięba (2013) Variability of daily thunderstorm surface in Poland and Europe in years 1980-2010, *Atmospheric Research*, (127) 77–89, IF= 2.421, *Mój udział procentowy oceniam na 95%.*

[P4] Nieckarz, Z., P. Barański, J. Młynarczyk, A. Kułak, J. Wiszniowski, (2015) Comparison of the charge moment change calculated from electrostatic analysis and from ELF radio observations, *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 120, doi:10.1002/2014JD022289, IF=3.318, *Mój udział procentowy oceniam na 66%.*

[P5] Nieckarz, Z., (2016) Imprints of natural phenomena and human activity observed during 10 years of ELF magnetic measurements at the Hylaty geophysical station in Poland, *Acta Geophysica*, vol. 64, no. 6, pp. 2591 – 2608, IF₂₀₁₅=0.945, *Mój udział procentowy wynosi 100%.*

Sumaryczny IF prac zgłoszonych jako osiągnięcie naukowe wynosi 9.705

Oświadczenia współautorów o ich szczegółowym wkładzie w powstanie w/w publikacji znajdują się w Załączniku nr 4.

3. Omówienie celu naukowego/ artystycznego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Działalność naukowa, którą zajmuję się od wielu lat, skupiona jest na zagadnieniu wiarygodnej oceny elektrycznej aktywności burzowej w różnych skalach przestrzennych. Dwie metody pomiaru i oceny aktywności burzowej stały się moim głównym przedmiotem badań:

A) naziemne obserwacje dni z burzą,

B) naziemne pomiary fal elektromagnetycznych o ekstremalnie niskich częstotliwościach zwanych ELF (*Extremely Low Frequency*, 3-3000 Hz).

Add A)

Naziemne obserwacje dni z burzą należą do grupy najdłuższych serii obserwacyjnych zawierających informacje o elektrycznej aktywności atmosfery. Początek tych obserwacji sięga końca XVII wieku i są one podstawą wielu opracowań naukowych, głównie klimatologicznych. Analizując literaturę zajmującą się występowaniem burz na obszarze Polski i Europy zauważyłem, że aspekt dobowej zmienności jednoczesnego przestrzennego występowania burz na ww. obszarach nie został przebadany.

W pracy (P3) pt. „**Variability of daily thunderstorm surface in Poland and Europe in years 1980-2010**”, jako pierwszy opracowałem metodę obliczania dwóch wskaźników dobowej aktywności burzowej, a następnie przy ich pomocy przeprowadziłem analizę aktywności burzowej na obszarze Polski oraz Europy. Do badań wykorzystałem naziemne obserwacje meteorologiczne dni z burzą z lat 1980-2010. Praca zawiera szczegółowy opis metod obliczania dwóch wskaźników dobowej aktywności burzowej: statystyczną (*Ms*) oraz (*Mv*) diagramów Voronoi (Voronoi 1908). Metoda obliczania wskaźnika *Mv* wzorowana była na metodzie Thiessena stosowanej w hydrologii do obliczania średniego opadu w zlewni. Opracowane przeze mnie metody polegają na przekształceniu dobowych obserwacji jakościowych na ilościowe wskaźniki opisujące dobową powierzchnię objętą burzami. W pracy zawarte zostały również wyniki przeprowadzonych symulacji numerycznych metodą Monte Carlo, których celem było przetestowanie obu metod obliczania wskaźników oraz wyznaczenie wielkości błędów jakimi są one obarczone. W pracy przeprowadziłem analizę porównawczą obu wskaźników wykonaną zarówno na danych symulacyjnych jak i danych z obszaru Polski. Porównanie wykazało, że lepszą jest metoda Voronoi, ponieważ błędy wskaźnika *Mv* są znacząco mniejsze niż wskaźnika *Ms* zarówno w ocenie powierzchni burzowych pochodzących od burz konwekcyjnych jak i frontowych. W wyniku przeprowadzonej analizy danych z lat 1980-2010 dla obszaru Polski wykazałem, że średnia liczba dni z burzami obejmującymi ekstremalnie duże obszary Polski (powyżej 30%) zwiększała się w ostatnich 30 latach o 4 ± 1 dni na dekadę. Natomiast dla obszaru Europy na podstawie analizy wskaźnika *Ms* wykazałem, że średnia częstość występowania dni z burzami obejmującymi duże powierzchnie (powyżej 10%) zmalała w badanym okresie o 9 ± 2 dni na dekadę, a jednocześnie średnia ich wielkość wyrażona w procentach zmalała o 0.5% na dekadę. Praca ta została wykonana w ramach grantu własnego (NCN 0390/B/P01/2011/40) pt. „**Ocena zmienności powierzchni występowania burz nad obszarem Polski na tle Europy w latach 1980-2009**”.

Niedzwiedz

Add. B) Naziemne pomiary fal elektromagnetycznych (EM) o ekstremalnie niskich częstotliwościach ELF są przedmiotem mojego zainteresowania od roku 2000. Wtedy to nawiązałem współpracę z grupą astronomów z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego (OA UJ), która prowadziła w tym czasie sporadyczne obserwacje fal ELF w Bieszczadach, w celu prowadzenia badań o charakterze astronomicznym i geofizycznym. Wynikiem mojego udziału w tych badaniach są prace (Kulak et al. 2003a, 2003b, 2006), których jestem współautorem.

W ostatnich kilkudziesięciu latach fale ELF są przedmiotem ciągle rosnącego zainteresowania naukowców z różnych dziedzin m.in. astronomów, fizyków, geofizyków, meteorologów i klimatologów. Przy czym należy wspomnieć, że jako pierwszy zachowanie się fal ELF w atmosferze ziemskiej rozważał W. O. Schumann (1952). Wykazał on teoretycznie, że fale EM o bardzo niskiej częstotliwości (3-3000Hz) będą słabo tłumione przez atmosferę i jednocześnie będą się dobrze odbijały zarówno od powierzchni Ziemi jak i dolnej warstwy jonosfery. Tym samym obie te powierzchnie utworzą przestrzeń zamkniętą pomiędzy nimi nazywaną wnęką rezonansową Ziemia-jonosfera (Z-j). Schumann wykazał, że wewnątrz wnęki Z-j fale ELF mogą krążyć po ortodromach w różnych kierunkach i interferować ze sobą. Oznacza to, że fale o pewnych częstotliwościach będą się wzajemnie osłabiały, a inne wzmacniały tworząc w widmie mocy zarejestrowanych fal EM charakterystyczne maksima oddalone od siebie średnio o 6,2 Hz. Pierwsze trzy maksima (zwane również modami) Rezonansu Schumanna (RSch) występują przy częstotliwościach: 7,8, 14,0, 20,1 Hz. Schumann wskazał również na wyładowania atmosferyczne jako źródło takich fal ELF we wnęcie Z-j. Pierwsze udane obserwacje fal ELF wykonali Balser i Wagner (1960) potwierdzając teoretyczne rozważania Schumanna. Wyraźny wzrost zainteresowania falami ELF pojawił się w wyniku opublikowania pracy przez Williamsa (1992), w której autor wskazał na występowanie wyraźnej korelacji pomiędzy amplitudą pierwszego maksimum Rezonansu Schumanna a temperaturą powietrza w obszarach tropikalnych.

Podstawą analizy globalnego bilansu elektrycznej aktywności burzowej, opartej na zarejestrowanych falach EM w paśmie ELF, są widma mocy. Dotychczas najczęściej przyjmowano, wzorując się na pracy Williamsa (1992), że amplituda pierwszego modu RSch jest poprawnym wskaźnikiem aktywności burzowej (Nickolaenko and Rabinowicz 1995, Williams and Satori 2004). Należy jednak zauważyć, że zgodnie z analityczną formułą (Schumann 1952) amplituda każdego modu RSch jest proporcjonalna do iloczynu trzech czynników wpływających na ich wartość. Pierwszym jest częstość wyładowań tj. liczba wyładowań na jednostkę czasu. Drugim jest wartość średniego momentu dipolowego zaobserwowanych wyładowań atmosferycznych. Trzeci czynnik ma postać funkcji stowarzyszonych wielomianów Legendre'a, której argumentem jest odległość pomiędzy wyładowaniem atmosferycznym a odbiornikiem fal ELF (źródło-odbiornik). Należy także zauważyć, że każdy mod RSch zależy od wielomianu innego stopnia.

Wykonane przeze mnie badania i analizy tego zagadnienia wykazały, że wymieniony powyżej trzeci czynnik tj. zależność amplitudy modów RSch od odległości źródło-odbiornik nie jest uwzględniana właściwie przez badaczy. W wyniku przeprowadzonych dalszych badań zaproponowałem nową metodę oceny aktywności burzowej opartej o wskaźnik I_{RS} . Zaproponowana przeze mnie metoda obliczania tego wskaźnika polega na obliczaniu wartości średniej z amplitud pierwszych 7 modów Rezonansu Schumanna. Ten aspekt badań opisałem w mojej pracy doktorskiej, którą obroniłem w 2009 roku.

Niezwykłe interesującym okazało się wykorzystanie wskaźnika I_{RS} do badań porównawczych z inną często stosowaną w fizyce atmosfery metodą oceny globalnej elektrycznej aktywności burzowej, jako elementu globalnego układu elektrycznego GEC (*Global Electric Circuit*), opartej na pomiarze natężenia pola elektrycznego przy powierzchni ziemi. Porównanie takie wykonałem w pracy (Nieckarz et al. 2009a, IF=1.811) pt. „**Comparison of global storm activity rate calculated from Schumann resonance background components to electric field intensity E_{0Z}** ”. W dalszej kolejności wskaźnik I_{RS} zastosowałem do przebadania zmian w elektrycznej aktywności trzech głównych kontynentalnych centrów burzowych na Ziemi. Wyniki tych analiz opublikowałem w pracy (Nieckarz et al. 2009b, IF=2.238) pt. „**Study of the periodicities of lightning activity in three main thunderstorm centers based on Schumann resonance measurements**”. Obie powyższe prace nie zostały załączone do osiągnięcia naukowego habilitanta ponieważ opublikowano je w tym samym roku kalendarzowym, w którym habilitant uzyskał stopień doktora. Przeprowadzone analizy i wyniki zaprezentowane w pracy (Nieckarz et al. 2009a) oraz większość wyników z pracy (Nieckarz et al. 2009b) nie pokrywają się z zakresem pracy doktorskiej habilitanta.

Moja dalsza praca naukowa dotyczyła zagadnienia prawidłowego odtwarzania przestrzennego rozkładu elektrycznej aktywności burzowej na globie i w istotnym stopniu przyczyniła się do opracowania patentu (P2) pt. „**Sposób i urządzenie do monitorowania aktywności burzowej na powierzchni Ziemi w czasie rzeczywistym**” zgłoszonego jako składnik dorobku naukowego habilitanta. W latach 2012-2014 patent uzyskał ochronę w Europejskim Urzędzie Patentowym oraz urzędach patentowych 7 ważnych gospodarczo krajów świata. Przy wyborze obszaru ochrony patentowej kierowano się potencjałem gospodarczym krajów, ponieważ wiarygodna ocena globalnej elektrycznej aktywności burzowej umożliwia wprowadzenie do numerycznych modeli pogodowych dodatkowej istotnej informacji, której nie da się pozyskać innymi metodami pomiarowymi. Rozpoznanie tego sektora rynku wykonane na potrzeby m.in. postępowania patentowego przez odpowiednie jednostki Uniwersytetu Jagiellońskiego wykazało, że prognozy pogody oparte o takie modelowanie wykonuje się przede wszystkim w krajach o dużym potencjale gospodarczym.

Jednoczesna analiza wielu modów Rezonansu Schumanna pozwoliła na opracowanie metody odtwarzania przestrzennej elektrycznej aktywności na Ziemi w czasie rzeczywistym. Opracowana z moim udziałem metoda odtwarza elektryczną aktywność tzw. kontynentalnych kominów tropikalnych znajdujących się nad międzyzwrotnikowymi obszarami: Afryki, Ameryki oraz tzw. *Maritime Continent*, którego obszar obejmuje Półwysep Indyjski, południowo-wschodnią Azję i Australię (Ramage 1968). Są to trzy główne obszary, których udział jest dominujący w elektrycznej aktywności burzowej na Ziemi (Chalmers 1967, Christian et al. 2003). Obszary te są obecnie wnikliwie badane i obserwowane przez naukowców m.in. w kontekście zmian klimatycznych (Brooks 2013). W dokumentacji patentu opisano szczegółowo zarówno elementy składowe aparatury pomiarowej, która została opracowana i wykonana na potrzeby badań aktywności burzowej jak również sposób tworzenia map globalnej elektrycznej aktywności burzowej w czasie rzeczywistym. W opisie elementów składowych aparatury pomiarowej zamieszczone zostały rysunki poglądowe ułatwiające zrozumienie idei pomiaru oraz schematy zbudowanej stacji pomiarowej. Natomiast część dotycząca metody tworzenia map globalnej elektrycznej aktywności burzowej zawiera opis podstaw teoretycznych metody, zasadniczy opis wynalazku oraz sposób jego realizacji.

Z analizy literatury dotyczącej rozwiązań analitycznych wynika (Schumann 1952, Galejs 1961), że amplituda n -tego modu rezonansowego widma mocy sygnału zarejestrowanego od punktowego źródła o stałej amplitudzie, zmienia się w funkcji odległości źródło-odbiornik tak jak opisują to stowarzyszone wielomiany Legendre'a n -tego rzędu. Z drugiej strony wyniki analiz (Kulak et al. 2006), **których jestem współautorem**, uzyskane z badań numerycznych nad rezonatorem silnie tłumionym metodą elementów skończonych (FDTD, *Finite Difference Time Domain*) wykazały, że widma mocy dla rezonatora silnie tłumionego nie przyjmują kształtu klasycznych krzywych Lorentza, ale mają postać wyraźnie asymetrycznych krzywych rezonansowych, które zaobserwowano już wcześniej w innych zjawiskach np. rozpraszaniu neuronów w fizyce jądrowej (Breit i Wigner 1936, Fano 1961). Dlatego też stosowanie klasycznych krzywych rezonansowych w procesie fitowania formuł teoretycznych do asymetrycznych widm obserwowanych w przyrodzie nie dawały poprawnych wyników i prowadziło do wyznaczania błędnych amplitud oraz innych parametrów Rezonansu Schumanna. Metodę, której jestem współautorem, a w której zastosowano model asymetrycznych krzywych rezonansowych w procesie dopasowywania krzywej teoretycznej do widm obserwacyjnych, nazwano metodą dekompozycji (DECOMP). Zastosowanie metody dekompozycji widma mocy umożliwiło uzyskanie niezaburzonych amplitud modów rezonansowych. Znajomość wartości tych amplitud jest jednym z podstawowych wymogów opatentowanej metody. Potwierdzeniem poprawności działania metody DECOMP jest praca (Dyrda et al. 2014), **której jestem współautorem**. W literaturze naukowej są omawiane metody odtwarzania globalnej elektrycznej aktywności burzowej oparte na pełnym widmie RSch (Heckman et al. 1998) lub wykorzystujące metodę FDTD (Shvets et al. 2009, Yang and Pasko 2006). Rozwiązania te, w mojej ocenie, posiadają znaczącą niedokładność wynikającą z zastosowania metod i podejść, które bezpośrednio lub pośrednio stosują symetryczne krzywe Lorentza.

Wyjątkowe własności rezonatora Z-j umożliwiają prowadzenie badań nad elektryczną aktywnością burzową w różnych skalach przestrzennych. Przykładem takich badań jest moja praca (Nieckarz et al. 2009c) pt. „**Day-to-Day Variation of the Angular Distribution of Lightning Activity Calculated from ELF Magnetic Measurements**”, w której wykorzystałem pomiary ELF do analizy elektrycznej aktywności burzowej układu niżowego, przemieszczającego się nad Morzem Śródziemnym w 2006 roku, jako uzupełnienie obserwacji satelitarnych pochodzących z instrumentu LIS (*Lightning Imaging Sensor*) i Meteosat IR (*Full Disk - InfraRed Images*). Również ta praca nie została zgłoszona do dorobku naukowego habilitanta z powodów formalnych ponieważ publikacja nastąpiła w roku obrony pracy doktorskiej. Tematyka tej pracy wykracza całkowicie poza problematykę ujętą w doktoracie. W dalszej pracy naukowej ważnym zagadnieniem stało się dla mnie zbadanie relacji pomiędzy parametrami elektrycznej aktywności wyładowań wyznaczanymi na podstawie pomiarów fal ELF, a parametrami elektrycznymi uzyskiwanymi innymi dostępnymi metodami i technikami pomiarowymi ugruntowanymi w świecie naukowym. Dlatego też podjąłem prace nad zagadnieniem porównania dipolowych momentów elektrycznych wyładowań atmosferycznych obliczanych na podstawie pomiarów fal ELF *versus* prąd maksymalny wyładowania wyznaczonego z pomiarów naziemnej sieci detekcji. W publikacji (P1) pt. „**Cloud-to-ground lightning dipole moment from simultaneous observations by ELF receiver and combined direction finding and time-of-arrival lightning detection system**” szczegółowo zbadłem tę relację analizując dwa 48-godzinne okresy 28-29.07.2005 oraz 6-7.09.2005. W badaniach wykorzystałem dane z francuskiego systemu detekcji i

lokalizacji wyładowań Meteorage obejmującego swym zasięgiem terytorium Francji i po części kraje ościennie. W obu analizowanych okresach wyładowania powstały w burzach frontowych przemieszczających się z zachodu na wschód, z Półwyspu Iberyjskiego w głąb Europy. Aby uzyskać wyniki o maksymalnie wysokim stopniu ufności musiałem zapewnić możliwie najlepszą próbkę danych pomiarowych ELF, dla których stosunek sygnału do szumu był możliwie największy. Podałem więc badaniu wyłącznie wyładowania doziemne CG (*Cloud-to-Ground*) o polaryzacji dodatniej (CG+) oraz ujemnej (CG-), ponieważ ich obecność w sygnale ELF jest niemal zawsze dobrze widoczna. Ponadto przyjąłem dodatkowe kryteria amplitudowe, które pozwoliły odrzucić sygnały o dużej niepewności. Łącznie przebadłem ponad 60 tys. wyładowań dodatnich i 20 tys. wyładowań ujemnych. Średnia odległość wyładowań od stacji pomiarowej ELF Hylaty (nawa własna stacji) pracującej w Bieszczadach wynosiła około 1500 km. Natomiast średni moment dipolowy (p) dla wyładowań CG- i CG+ wyniósł około odpowiednio -200 Ckm i +400 Ckm. Na podstawie przeprowadzonej analizy danych opisanych powyżej ustaliłem, że zależność wiążącą prąd maksymalny wyładowania (I_{max}) z jego momentem dipolowym (p) wyraża się wzorem $p=7.5 \cdot I_{max}$. W pracy wykazałem, że możliwe jest uzupełnienie informacji gromadzonych przez europejskie komercyjne i naukowe sieci detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych o nowy istotny parametr, którego nie da się wyznaczyć innymi metodami w takiej skali przestrzennej. Średnia efektywność detekcji (EI) wyniosła wprawdzie tylko 25% co oznacza, że tylko co czwarte wyładowanie CG było widoczne w obserwacjach ELF i przekroczyło przyjęte przeze mnie progi w kryterium amplitudowym. Należy jednak zauważyć, że wyładowania znajdowały się ponad 1000 km od stacji pomiarowej ELF. Tymczasem w przypadku analizy wyładowań znajdujących się bliżej stacji ELF, parametr EI wynosi niemal 100% co wykazałem pośrednio w późniejszej publikacji (P4).

W pewnych sytuacjach, te same dobrze zdefiniowane parametry elektryczne wyładowań atmosferycznych można wyznaczyć stosując całkowicie różne metody i techniki pomiarowe. Przykładem takiego parametru jest dipolowy moment elektryczny (p), oznaczany również skrótem CMC (*Charge Moment Change*). Powstało więc ważne pytanie, czy stosowanie różnych metod prowadzi do wyznaczenia tych samych wartości CMC? Dlatego też, dalsza moja działalność naukowa skupiła się na przeprowadzeniu porównania wartości CMC uzyskanych dwiema całkowicie różnymi i niezależnymi metodami. Pierwsza metoda wyznaczania CMC wykorzystuje pomiary zmian natężenia pola elektrycznego rejestrowane przez odbiorniki VLF pracujące jako lokalna sieć detekcji wyładowań (obszar Warszawy), natomiast druga metoda wyznacza CMC na podstawie pomiarów fal ELF wykonanych tylko jedną stacją (Hylaty). W pracy (P4) pt. „**Comparison of the charge moment change calculated from electrostatic analysis and from ELF radio observations**” porównałem CMC uzyskane obiema metodami. Pierwsza z zastosowanych metod wykorzystuje pomiary zmian natężenia pola elektrycznego ΔE mierzone na powierzchni gruntu w kilku punktach. Teoretycznie, pomiar tej wielkości przez sieć sensorów złożoną z minimum czterech punktów pozwala na jednoznaczne obliczenie ilości ładunku Q zneutralizowanego w wyładowaniu oraz jego współrzędnych (x,y,z). Iloczyn $z \cdot Q$ nazywany jest dipolowym momentem elektrycznym, który oznaczyłem w pracy jako CMC_{ES} , a zastosowane w tej metodzie zależności wynikają z podstawowych praw elektrostatyki. W rzeczywistości pomiary te wykonuje się w większej liczbie punktów aby móc określić wielkość błędów wyznaczanych parametrów. W pracy wykorzystałem pomiary z lokalnej sieci detekcji wyładowań atmosferycznych składającej się z 6 stacji pomiarowych pracujących w sezonie letnim

2009 roku w Warszawie (Barański i in. 2012). Druga metoda wykorzystuje wyniki pomiarów horyzontalnych składowych magnetycznych fal ELF oraz formuły analityczne propagacji fal we wnętrzu Ziemi i pozwala na wyznaczenie CMC_{ELF} . Amplituda impulsów pola magnetycznego, które są rejestrowane w odbiorniku, jest zależna od CMC źródła oraz funkcji transferu sygnału. Wartość tej funkcji można obliczyć znając odległość źródło-odbiornik, funkcję transferu sygnału we wnętrzu Ziemi oraz funkcję transferu odbiornika. Z pomiarów ELF obliczyłem amplitudy impulsów pola magnetycznego B . Dystans pomiędzy źródłem sygnału (wyładowanie atmosferyczne), a odbiornikiem (stacja ELF) obliczyłem na podstawie znajomości ich współrzędnych. Średnia odległość pomiędzy stacją ELF, a zarejestrowanymi wyładowaniami w okolicach Warszawy wynosiła 350 km. Ponadto znana jest też dobrze charakterystyka odbiornika ELF, której 3 dB pasmo przenoszenia obejmuje zakres od 0.03 Hz do 52 Hz. Znając powyższe zależności i wielkości obliczyłem moment dipolowy źródła CMC_{ELF} . Podstawy teoretyczne tej metody zostały szczegółowo opisane w pracy (Kulak i in. 2010), której **jestem współautorem**. W pracy (P4) przeprowadziłem analizę porównawczą wartości CMC_{ES} i CMC_{ELF} dla 26 przypadków ujemnych doziemnych wyładowań (CG-) zarejestrowanych przy wykorzystaniu obu technik pomiarowych. W tej grupie było 10 przypadków wyładowań typu RS (*return stroke*) oraz 16 wyładowań typu RS&CC (*return stroke and continuous current*), w których tuż po fazie RS wystąpiła faza prądu ciągłego CC. Analizy wykazały, że w przypadku wyładowań typu RS&CC metoda elektrostatyczna częściej podaje niedoszacowane wartości CMC_{ES} w stosunku do wartości CMC_{ELF} . Natomiast dla wyładowań typu RS analiza statystyczna wykazała, że obie metody wyznaczają taką samą wartość CMC (dla $p\text{-value}=0.05$). Uzyskane przeze mnie wartości CMC są porównywalne z opisywanymi w literaturze m. in. przez Lu i in. (2012).

W pomiarach i obserwacjach długoterminowych niezwykle ważną i oczekiwaną cechą jest ich jednorodność. Wyniki pomiarów wykonywane przez stację ELF Hylaty są stosowane do wnioskowania o zachowaniu się elektrycznej aktywności burzowej w różnych skalach przestrzennych. Dlatego też w pracy (P5) pt. „**Imprints of natural phenomena and human activity observed during 10 years of ELF magnetic measurements at the Hylaty geophysical station in Poland**” podałem analizie jakości gromadzonych danych przez stację ELF Hylaty. Analizie poddałem dane zgromadzone przez stację w okresie 10 lat (2005-2014). Jednym z czynników antropogenicznych, które przebadalem, jest wpływ natężenia pól magnetycznych pochodzących od sieci energetycznej o częstotliwości 50 Hz na jakość obserwacji i analiz wykonywanych z wykorzystaniem tego obszaru widma. Przykładem naturalnego zjawiska obserwowanego w tym zakresie częstotliwości jest zjawisko Rezonansu Schumanna. W pracy (P5) wykazałem, że wybrana lokalizacja dla stacji pomiarowej Hylaty w otulinie Bieszczadzkiego Parku Narodowego jest dobrym wyborem. Świadczy o tym stały niski poziom antropogenicznych zakłóceń EM, które nie wykazują istotnej tendencji wzrostowej w okresie 10 lat prowadzonych tam ciągłych obserwacji fal ELF. Oznacza to, że wskaźniki elektrycznej aktywności burzowej obliczane na podstawie wykonywanych tam pomiarów cechują się stałym wysokim poziomem jakości. Dodatkowe omówienie i analizę wpływu miast i terenów zurbanizowanych na jakość pomiarów naturalnych pól magnetycznych przedstawiłem w pracy (Nieckarz 2016).

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych / artystycznych.

Wykaz prac naukowych habilitanta, nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, zawiera listę publikacji, które w większości dotyczą bezpośrednio lub pośrednio tematyki

osiągnięcia naukowego. Prace te obejmują m.in. badania wpływu aktywności Słońca jako dominującego czynnika wpływającego na warunki propagacji fal elektromagnetycznych we wnętrzu Ziemi-Jonosfera opisane w publikacjach (A1, A2), natomiast prace (A10, A15) dotyczą metod oceny i opisu aktywności Słońca oraz możliwości jej predykcji. W pracy (A4) zaprezentowano nową metodę tzw. dekompozycji widma mocy fal elektromagnetycznych w rezonatorze Ziemia-Jonosfera oraz zastosowano ją zarówno do danych numerycznych jak i obserwacyjnych. W pracy (A9) przedstawiono analityczną formułę opisującą piorun jako antenę nadawczą. Uwzględniono tam zarówno standardowe wyładowanie atmosferyczne typu CG obejmujące krótkie wyładowanie powrotne RS oraz wyładowanie z długotrwałe typu CC. Wyznaczono także analityczną zależność pomiędzy amplitudą maksymalną rejestrowanego impulsu pola magnetycznego, a momentem dipolowym wyładowania. Praca (A14) zawiera szczegółowy opis budowy i sposobu działania terenowej stacji pomiarowej Hylaty oraz zastosowanych metod analizy danych gromadzonych przez tę stację. Publikacja (A16) opisuje zastosowanie metody dekompozycji (DECOMP) do zarejestrowanych widm rezonansu Schumanna w celu scharakteryzowania aktywności afrykańskiego centrum burzowego.

Prace naukowe prowadzone przez habilitanta nad elektryczną aktywnością burzową atmosfery w naturalny sposób stykają się również z zagadnieniami gwałtownych opadów i zjawisk ekstremalnych w hydrologii oraz ich powiązań z przyczynami takimi jak występowanie określonych typów mas powietrza, kierunkami ich adwekcji, a także wielkoskalowymi zjawiskami meteorologicznymi. Aspekty hydrologiczne rzek karpackich, a w szczególności przepływy ekstremalne analizowano w pracach (D4, D9, D10, E1), gdzie zbadano m. in. tendencje występowania wysokich przepływów oraz przepływy ekstremalne w zlewni Dunajca. Natomiast analiza wysokości lustra wody w Morskim Oku oraz wyniki badań periodyczności tego parametru znajdują się w publikacji (E2). Zagadnienie prognozowania hydrologicznych ekstremów na podstawie wskaźników cyrkulacji powietrza były przedmiotem analizy w pracy (D3). Natomiast wyniki badań nad wpływem oscylacji północnoatlantyckiej na przepływy rzek karpackich przedstawiono w pracach (D1, D2). W pracy (A12) zbadano częstość i długość występowania typów mas powietrza w południowej Polsce.

Pomiary i analiza elektrycznych parametrów atmosfery wzbudziły we mnie naukowe zainteresowanie wpływem tych czynników, zarówno naturalnych jak i pochodzenia antropogenicznego, na organizmy żywe. Jednym z moich dodatkowych zainteresowań naukowych stało badanie wpływu fal elektromagnetycznych na organizmy żywe. W rezultacie przeprowadzonych badań interdyscyplinarnych, w których wziąłem udział, powstały prace (A13, A17, D5), w których zbadano wpływ pól elektromagnetycznych na rozwój zarodka kurzego, a w szczególności na pracę serca. W badaniach tych do pomiaru rytmu serca wykorzystano nieinwazyjne pomiary balistokardiograficzne. Natomiast w pracy (D11) zbadano wpływ pól magnetycznych na zachowanie się komórek rakowych linii U937.

Inną grupę publikacji naukowych z moim udziałem stanowią prace (D7, D8), w których przedmiotem badań jest serce człowieka jako źródło pola magnetycznego generowanego przez prądy w komórkach roboczych mięśnia sercowego. W pracach przedstawiono metodę numerycznego rozwiązywania problemu inwersyjnego w magneto-kardiografii. Przeprowadzono również analizy sygnałów rzeczywistych zarejestrowanych przez zestaw wielu detektorów SQUID-owych firmy Siemens ułożonych w jednej płaszczyźnie. Wykazano, że przedstawiona metoda może być przydatna do wczesnego diagnozowania zmian przewodnictwa w sercu.

Wieloletnie doświadczenie zarówno w budowie elektroniki stosowanej w aparaturze pomiarowej jak i szeroko pojętej analizie danych zaowocowało współpracą i udziałem w interesujących projektach naukowych, w wyniku których powstało szereg publikacji

naukowych. Opublikowane prace (A3, D6) dotyczą zagadnień budowy aparatury w celu poszerzenia możliwości badawczych ultrasonografów w okulistyce oraz analizie uzyskanych wyników. Natomiast w pracy (A5) zbadano nieliniowe procesy konsumpcji tlenu w mięśniach szkieletowych zwierząt, a w pracach (A11, A18) badania takie przeprowadzono również na mięśniach człowieka wraz ze szczegółową analizą częstości akcji serca w czasie treningu u młodych zdrowych ludzi. Praca (A16) opisuje nowe podejście w analizie z zastosowaniem wymiaru fraktalnego, w badaniach antropologicznych, do oceny struktury odcisków naczyń krwionośnych w czaszce ludzkiej z zastosowaniem topograficznej korekty na jej kształt.

Cytowana literatura

- A1..., D1..., E1... - oznaczenia te dotyczą publikacji zamieszczonych w załączniku pt. „Wykaz opublikowanych prac naukowych”.
- Barański, P., M. Łoboda, J. Wiszniowski, and M. Morawski (2012), Evaluation of multiple ground flash charge structure from electric field measurements using the local lightning detection network in the region of Warsaw, *Atmospheric Research*, 117, 99–110.
- Breit G., and E. Wigner (1936) Capture of Slow Neutrons, *Phys. Rev.* 49, 519.
- Brooks, H. (2013) Severe thunderstorms and climate change. *Atmospheric Research*, 123, 129–138.
- Balser, M., and C. Wagner (1960), Observations of earth-ionosphere cavity resonances, *Nature*, 188, 638–641.
- Chalmers, J.A., (1967) *Atmospheric Electricity*, second ed. Pergamon Press.
- Christian, H. J., et al. (2003), Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the optical transient detector, *J. Geophys. Res.*, 108(D1), 4005, doi:10.1029/2002JD002347.
- Dyrda, M., A. Kulak, J. Młynarczyk, M. Ostrowski, J. Kubisz, A. Michalec, and **Z. Nieckarz** (2014), Application of the Schumann resonance spectral decomposition in characterizing the main African thunderstorm center, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 13,338–13,349, doi:10.1002/2014JD022613. (**IF=3.426**)
- Fano, U. (1961) Effects of Configuration Interaction on Intensities and Phase Shifts, *Phys. Rev.* 124, 1866–1878.
- Galejs, J. (1961), Terrestrial extremely low noise frequency noise spectrum in the presence of exponential ionospheric conductivity profiles, *J. Geophys. Res.*, 66, 2787–2792.
- Heckman, S. J., E. Williams, and R. Boldi (1998) Total global lightning inferred from Schumann resonance measurements. *J. Geophys. Res.*, 103, 31 775–31 779.
- Kulak A., S. Zięba, S. Micek, **Z. Nieckarz** (2003a) Solar variations in extremely low frequency propagation parameters: 1. A two-dimensional telegraph equation (TDTE) model of ELF propagation and fundamental parameters of Schumann resonances, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108 (A7), 1270 (**IF=2.992**).
- Kulak A., S. Zięba, S. Micek, **Z. Nieckarz** (2003b) Solar variations in extremely low frequency propagation parameters: 2. Observation of Schumann resonances and computation of the ELF attenuation parameter, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108 (A7), 1271 (**IF=2.992**).
- Kulak, A., J. Młynarczyk, S. Zięba, S. Micek, and **Z. Nieckarz** (2006) 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*, 111, A10304, doi:10.1029/2005JA011429 (**IF=2.800**).
- Lu, G., S. A. Cummer, R. J. Blakeslee, S. Weiss, and W. H. Beasley (2012) Lightning morphology and impulse charge moment change of high peak current negative strokes, *J. Geophys. Res.*, 117, D04212, doi:10.1029/2011JD016890.

- Nickolaenko, A. P., and L. M. Rabinowicz (1995) Study of the annual changes of global lightning distribution and frequency variations of the first Schumann resonance mode, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 57, 1345–1348.
- Nieckarz Z., A. Kułak, S. Zięba, M. Kubicki, S. Michnowski, and P. Barański (2009a) Global Storm Activity Rate Calculating from Schumann Resonance Background Component with Electric Field Intensity E0Z, *Atmospheric Research*, Vol. 91, pp. 184-187 (IF=1.811);
- Nieckarz Z., S. Zięba, A. Kułak, and A. Michalec (2009b) Study of the Periodicities of Lightning Activity in Three Main Thunderstorm Centers Based on Schumann Resonance Measurements, *Monthly Weather Review*, Vol. 137, No. 12 : pp. 4401-4409 (IF=2.238).
- Nieckarz Z., A. Kułak, S. Zięba, and A. Michalec (2009c) Day-to-Day Variation of the Angular Distribution of Lightning Activity Calculated from ELF Magnetic Measurements, *AIP Conf. Proc.*, 1118, 28, 2009, DOI:10.1063/1.3137709;
- Nieckarz Z. (2016) Wpływ miast i terenów zurbanizowanych na jakość pomiarów naturalnych pól magnetycznych, [w:] *Klimat i bioklimat miast, Acta Geographica Lodziensia* (In press)
- Ramage, C. S. (1968) Role of a tropical “maritime continent” in the atmospheric circulation, *Mon. Wea. Rev.*, 96, 365-370.
- Schumann, W. O. (1952) On the free oscillations of a conducting sphere which is surrounded by an air layer and an ionosphere shell (in German), *Z. Naturforsch.*, 72, 149–154.
- Shvets, A. V., M. Hayakawa, M. Sekiguchi, and Y. Ando (2009), Reconstruction of the global lightning distribution from ELF electromagnetic background signals, *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, 71, 1405–1412.
- Yang, H., and V. P. Pasko (2006), Three-dimensional finite difference time domain modeling of the diurnal and seasonal variations in Schumann resonance parameters, *Radio Sci.*, 41, RS2S14, doi:10.1029/2005RS003402.
- Voronoi, G. (1908) Nouvelles applications des parametres continus a la theorie des formes quadratiques, *J. Reine Angew. Math.* 133, 97–178.
- Williams, E. R. (1992) The Schumann resonance: A global tropical thermometer, *Science*, 256, 1184–1187, doi:10.1126/science.256.5060.1184.
- Williams, E.R., Satori, G., (2004) Lightning, thermodynamic and hydrological comparison of the two tropical continental chimneys, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 66, 1213–1231.