

INFORMACJA O PRZEBIEGU KARIERY NAUKOWEJ

autoreferat

Prof. dr hab. Andrzej Kus, Centrum Astronomii UMK.

a) Życiorys naukowy, staże naukowe, lista najważniejszych osiągnięć :

Urodziłem się dnia 21 czerwca 1944 roku w Opatkowicach/Kraków. Studia wyższe odbyłem w latach 1962-1967 na Wydziale Matematyki Fizyki i Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu uzyskując tytuł magistra astronomii w roku 1967. Od tego samego roku zostałem zatrudniony w Obserwatorium Astronomicznym UMK na etacie stażysty a po roku, na etacie młodszego asystenta naukowo-dydaktycznego.

Pracę naukową rozpocząłem od zasadniczej modernizacji interferometru 127 MHz i budowy interferometru 327 MHz (projekty i wykonanie nowych anten i odbiorników) do monitorowania radiowej aktywności Słońca na falach metrowych. Pierwsze lata pracy koncentrowały się na żmudnej analizie codziennych zapisów radiowej emisji, przygotowywania miesięcznych raportów wysyłanych do innych obserwatoriów i specjalistycznego pisma „Quarterly Bulletin on Solar Activity”.

W tym czasie poważnie zainteresowałem się techniką syntezy apertury i studiowałem rezultaty opublikowanych badań radioźródeł pozagalaktycznych, wykonywanych tą techniką w Cambridge w W. Brytanii. Zainspirowany pracami prof. Ryle'a postanowiłem zbudować teleskop do supersyntezy apertury, którego zadaniem miał być radiowy przegląd nieba wokół bieguna (DEC > 70 deg) na częstotliwości 43 MHz, komplementarny do przeglądów brytyjskich. Lata 1970/71 poświęciłem zaprojektowaniu i zbudowaniu anten (stacjonarnej i przenośnej), czułych odbiorników mierzących amplitudę i fazę sygnału oraz systemu magnetycznej rejestracji cyfrowej. Równolegle toczyły się przygotowawcze prace obliczeniowe (wówczas przez mgr A. Wolszczana) mające na celu opanowanie numerycznych technik syntezy, a w konsekwencji odtworzenie obrazów nieba z danych interferometrycznych. Pod koniec roku 1972 i na początku 1973 wykonałem serie 24 godzinnych obserwacji, każda dla ponad 70 pozycji (baz) anteny ruchomej. W rezultacie udało się otrzymać pierwsze obrazy silnych źródeł, ale w związku z nadzwyczajną możliwością wyjazdu do Cambridge, dalsze prace nad okołobiegunowym przeglądem 43 MHz zostały przerwane. Podstawowym problemem hamującym tempo prac w tamtych czasach był ograniczony dostęp do wydajnych komputerów.

Przełomem w mojej karierze naukowej było otrzymanie, dzięki poparciu prof. W. Iwanowskiej i prof. S. Gorgolewskiego, specjalnego kopernikańskiego stypendium ufundowanego przez *the British Council* z okazji 500 rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika. Samo przyznanie stypendium było wielkim wyróżnieniem, ale największą jego wartością była możliwość nauki i pracy w Mullard Radio Astronomy Observatory (MRAO), Cavendish Laboratory, Cambridge University. Roczny pobyt (1973-1974), w tym najlepszym wówczas na świecie ośrodku radioastronomicznym, dał możliwość uczestniczenia w dwu ważnych projektach badawczych (głębokie radiowe przeglądy nieba 5C oraz budowa nowego radioteleskopu na 151 MHz), wykonywanych pod kierunkiem prof. Martina Ryle'a oraz poznania ludzi nauki, poznania narzędzi badawczych, nowoczesnych metod obserwacyjnych i analizy danych a także nawiązania, jak to się później okazało, wieloletnich owocnych kontaktów naukowych. Warto tu przypomnieć, że właśnie w roku 1974 prof. Ryle i prof. Hewish otrzymali za swoje osiągnięcia naukowe nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki, pierwszą za badania astronomiczne. Wyjazd z małego ośrodka toruńskiego do wiodącego w świecie centrum edukacyjnego i badawczego był bez wątpienia przełomowym wydarzeniem w mojej karierze naukowej. Pobyt pozwolił krytycznie ocenić nasze

dotychczasowe prace prowadzone w Toruniu i umożliwił import nowoczesnych badań i metod, które zaowocowały w ciągu kolejnych lat pracy na UMK.

Bezpośrednim skutkiem naukowym wyjazdu do Cambridge było przygotowanie rozprawy doktorskiej, do której materiał obserwacyjny (przeгляд 5C7) zebrany był podczas rocznego pobytu w MRAO. Praca dotyczyła kosmologicznych aspektów jednorodności i symetrii Wszechświata. Bliźniacze przeglądy 5C6 i 5C7 należały wówczas do najgłębszych ($S_{\min} = 1,5 \text{ mJy}$) i potwierdziły izotropię przestrzennego rozmieszczenia najdalszych radioźródeł. Dla wyjaśnienia obserwowanej funkcji zliczeń radioźródeł konieczne było wprowadzenie ewolucji gęstości przestrzennej i jasności absolutnej z wiekiem wszechświata. Rezultaty badań opublikowane zostały w Mont. Not. R.A.S. (A.1.1) oraz kilkakrotnie prezentowane były na międzynarodowych konferencjach. Satysfakcję sprawił mi wysoki poziom cytowania tych fundamentalnych dla obserwacyjnej kosmologii wyników.

Stopień naukowy doktora nauk fizycznych, w specjalności radioastronomicznej, nadała mi Rada Wydziału Matematyki Fizyki i Chemii UMK w roku 1975 na podstawie rozprawy zatytułowanej „5C7 - radiowy przegląd nieba wykonany metodą syntezy apertury”. Promotorem rozprawy był prof. dr hab. Stanisław Gorgolewski. Bezpośrednio po uzyskaniu stopnia doktora nastąpił awans na stanowisko adiunkta.

Dążenie toruńskich radioastronomów do utworzenia nowoczesnego ośrodka radioastronomii UMK-PAN i potrzeba udziału w jego projektowaniu oraz uruchamianiu pierwszego instrumentu (15m radioteleskop RT3) spowodowały, że działalność badawcza pod koniec lat siedemdziesiątych nieco osłabła. Kompleksowe przygotowania do najlepszego użycia 15m anteny zaowocowały kilkoma znaczącymi (w skali krajowej) rezultatami. Pod moim kierunkiem i poprzez moje bezpośrednie zaangażowanie udało się po raz pierwszy w Polsce zaobserwować pulsary i uruchomić ich stałą służbę obserwacyjną. Po raz pierwszy uruchomiliśmy spektrograf radiowy uzyskując widma wodoru neutralnego HI i masera OH oraz rozpoczęliśmy przygotowania do obserwacji VLBI. Mała antena o 15m średnicy, niechłodzone odbiorniki oraz brak dobrej służby czasu nie pozwoliły rozwinąć tych badań do poziomu międzynarodowo znaczących wyników naukowych. Radioteleskop stanowił jednak dobre, podstawowe narzędzie edukacyjne.

W roku 1979 dzięki kontaktom z ośrodkami angielskimi otrzymałem propozycję stypendium „postdoc” w drugim ważnym ośrodku radioastronomicznym W. Brytanii w Nuffield Radio Astronomy Laboratory, Jodrell Bank, Manchester University. Ośrodek kierowany przez prof. Bernarda Lovell’a znany był z badań wykonanych interferometrami długobazowymi i wielkim 76m średnicy radioteleskopem. Wybór Jodrell Bank był ponownie trafny, to właśnie w tym miejscu aktywnie rozwijano i umiejętnie wykorzystywano interferometrię międzykontynentalną VLBI. Współpraca z dwu wybitnymi specjalistami (Dr Roy Booth i Dr Peter Wilkinson) umożliwiła mi rozpoczęcie badań własności fizycznych odległych kwazarów charakteryzujących się wysoką jasnością i silnie zwartą strukturą. To wówczas ukazała się moja pierwsza praca o kwazarze 3C309.1 i wówczas przeprowadziłem pierwsze obserwacje VLBI z udziałem Torunia. Dla zapewnienia odpowiedniej procedury obserwacyjnej przyjechałem do Torunia (via MPIfR Bonn, przywożąc brakującą aparaturę) na kilkudniowe obserwacje. Niestety w roku 1980 były to próby nieudane na skutek błędów w funkcjonowaniu aparatury. Prawdziwy sukces obserwacyjny nastąpił dopiero w roku 1981 po dokonaniu wielu niezbędnych modernizacji i napraw. Pierwsze obserwacje VLBI z udziałem Torunia dotyczyły badań wg mojego projektu (badania kwazara 3C286) i były rezultatem mojego bezpośredniego zaangażowania w programach VLBI.

Pobyt w Jodrell Bank nie ograniczył się wyłącznie do badania kwazarów metodami VLBI ale dał szansę rozpoczęcia badań w nowej dziedzinie – spektroskopii radiowej. We współpracy z Dr R.Booth'em przeanalizowałem i przetworzyłem spektralne obserwacje interferometryczne uzyskane tamtejszymi teleskopami. Po raz pierwszy zastosowaliśmy unikatową metodę przetwarzania i prezentacji danych. W miejsce dotychczasowych uproszczonych form publikacji wyników spektralnych pochodzących z interferometrów, podających jedynie pozycję obiektu i jego prędkość radialną, wprowadziliśmy pełną trójwymiarową syntezę apertury. Badania dotyczyły podczerwonego obiektu OH/IR 127.8-0.0 posiadającego silne linie satelitarne masera OH 1612 MHz. Trzeci wymiar w syntezie apertury to jest tu częstotliwość (albo prędkość radialna), która dla modelu sferycznie ekspandującej otoczki gwiazdowej przekładała się bezpośrednio na

rozmiar źródła w kierunku radialnym - do obserwatora. W literaturze światowej były to pierwsze rezultaty tomografii radiowej otoczki gwiazdowej. Praca opublikowana w *Nature* (A.1.3) ma wysoki wskaźnik cytowania i jest podstawowym źródłem literaturowym w podręcznikach radioastronomii. Opublikowane wyniki badań gwiazdy podczerwonej OH/IR 127.8-0.0 zapoczątkowały serię prac - studiów maserów w otoczkach gwiazd tracących masę. Praca w tej dziedzinie i publikacja ta należą do najważniejszych moich osiągnięć.

Ponad roczny pobyt w Jodrell Bank zaowocował rozwojem szerokich kontaktów w VLBI, w tym odnowieniem współpracy z dawnymi kolegami z Cambridge (T.Pearson, A.Readhead), którzy podjęli pracę w CALTECH, USA. Dzięki tej współpracy powstało kilka nowych publikacji i szereg nowych pomysłów interpretacyjnych. W tej dziedzinie mojej aktywności badawczej (VLBI) wymienię jako ważne: odkrycie i przedstawienie niezależnego dowodu (z porównania emisji radiowej i X) obecności pozornej prędkości nadświetlnej w 3C309.1 (B.2.26), zaproponowanie modelu helikalnego dżetu (B.2.29) oraz pokazanie, że bardzo istotnym dla zrozumienia asymetrii struktur radioźródeł jest założenie istnienia przepływu zwrotnego (*backflow* B.2.30) relatywistycznej plazmy od gorącej plamy przy powierzchni kokonu otaczającego aktywny obiekt.

Kolejny staż naukowy miał miejsce w roku 1984 w Max Planck Institut fuer Radioastronomie. Celem było rozwinięcie współpracy w VLBI z MPIfR oraz udział w długofalowym projekcie badawczym polegającym na analizie własności radioźródeł w bogatych gromadach galaktyk. Współpraca z prof. Wielebinkim i dr. H.Andernachem zaowocowała dużą pracą przeglądową „A Radio Survey of Clusters of Galaxies - V” (A.1.5). Trzydzieści obszarów zawierających 18 bogatych gromad galaktyk zostało zmapowanych w kontinuum radiowym na długości fali 11,1 cm za pomocą 100-metrowego teleskopu Effelsberg. Rozdzielczość kątowna wynosi 4,4'. Kilka z bardziej złożonych źródeł było dodatkowo obserwowanych na długości fal 6,3 cm i 2,8 cm. Opisano łącznie 142 źródła, a widma radiowe wyznaczono dla 108. Dla blisko połowy wykrytych źródeł zaproponowano identyfikację optyczną. Wyznaczono średnie indeksy spektralne i ich zmianę w funkcji odległości od centrum gromady.

W czasie pobytu w Bonn mój współpracownik z Jodrell Bank, a wówczas już dyrektor Onsala Space Observatory, prof. R.Booth zaferował długoterminowy pobyt na kontrakcie „visiting scientist” w Szwecji. Pracę w nowym ośrodku rozpocząłem w roku 1987. Był to najdłuższy, ponad trzyletni pobyt zagraniczny. Kolejne dłuższe wyjazdy do Onsali miały miejsce w latach 1992 i 1994. Współpraca rozwinięta wtedy, owocnie kontynuowana była do roku 2010 i obejmowała także udział we wstępnych pracach zespołów międzynarodowych nad koncepcją projektu SKA .

Najważniejsza dziedzina aktywności i zarazem najważniejsze osiągnięcia z czasów pracy w Onsali to rozpoczęcie pionierskich badań aktywnych jąder galaktyk i kwazarów metodami VLBI w zakresie fal milimetrycznych. Dziesięciokrotnie krótsze fale dawały szansę uzyskania radykalnej poprawy rozdzielczości kątowej oraz głębszej penetracji jądra obiektu. Ten ostatni czynnik wynika z faktu, iż głębokość optyczna maleje w miarę wzrostu częstotliwości obserwacji. Niestety problemy techniczne, które zresztą skutecznie odstraszały innych badaczy, stanowiły największą przeszkodę. Opracowanie metod obserwacji, określenie sposobów testowania odbiorników, kalibracji urządzeń i wreszcie opracowanie metod wstępnej redukcji danych w korelatorze i ostatecznego odtwarzania obrazu stanowiły największe wyzwania. W efekcie długich i żmudnych przygotowań, po wielu nieudanych próbach obserwacyjnych udało się po raz pierwszy odtworzyć obrazy radioźródeł z kątowną rozdzielczością ~50 mikro sekundy łuku i systematycznie badać zmienność struktur radiowych (dżet-jądro) dla kilku najjaśniejszych AGN-ów (3C273, 3C279, 3C84, 3C345, OJ207). Wyniki prac, w których uczestniczyło zaledwie kilka obserwatoriów, wyposażonych w najwyższej jakości urządzenia, opublikowaliśmy w serii prac (B.2.1, B.2.2, B.2.3, B.2.4, B.2.7, B.2.8). Są to nowatorskie i unikatowe rezultaty, pokazujące helikalny kształt struktur i ich szybką (tygodniową) zmienność. Próby obserwacyjnego wykrycia dysków akrecyjnych, pomimo początkowo pomyślnych wyników dla 3C84 w pierwszej serii obserwacyjnej, ostatecznie nie powiodły się. Jednym z istotnych czynników ograniczających uzyskanie przełomowych rezultatów była zbyt mała czułość urządzeń odbiorczych. Niestety anteny pracujące na falach milimetrycznych były fizycznie małe a użyte wówczas odbiorniki miały zbyt wysoki poziom szumów własnych. Niemniej, w latach 90-tych otrzymaliśmy oryginalne rezultaty, które przez wiele lat należały do najlepszych uzyskanych w dziedzinie obserwacji AGN-ów na falach milimetrycznych. Prace zacytowane powyżej zaliczam także do swoich najważniejszych osiągnięć. Dopiero niedawno opublikowano pierwsze obrazy dysku wokół centralnej BH, co wywołało wielką światową sensację. Podobne wyniki mieliśmy już 30 lat temu dla 3C84 z

pierwszej serii obserwacyjnej. Nie były one należycie wyeksponowane, ale ostrożność ze ogłaszaniem tak znaczących rezultatów wymagała weryfikacji w kilku następnych seriach obserwacyjnych. Z natury rzeczy były to prace zespołowe, ale za to w gronie czołówki radioastronomów światowych i na froncie rozwoju technologicznego nauki.

W obserwacjach VLBI na falach milimetrowych uczestniczyła nieformalna światowa sieć radioteleskopów: w Japonii (45m Nobayama), Europa (Szwecja, Onsala 20m, Niemcy MPIfR 100m), Hiszpania (Pico Valetta, 30m), USA (Haystack 25m), Chile (La Silla ESO 15m). Badania VLBI na falach milimetrowych umożliwiły rozwój kontaktów z kilkoma ośrodkami amerykańskimi – Haystack Observatory MIT, NRAO i OVRO.

Inne obszary mojej działalności naukowej w czasie pobytu w Szwecji to m.in. kontynuacja studiów nad kwazarem 3C309.1 oraz obserwacje zmienności AGN-ów nieba południowego wykonane 15m radioteleskopem SEST w La Silla Chile. Rezultaty tych ostatnich pomiarów nie zostały opublikowane ale posłużyły one do utworzenia listy źródeł kalibracyjnych dla teleskopu SEST istotnej także dla innych teleskopów pracujących w paśmie 3mm w tym systemu ALMA.

Po powrocie ze stażu w Szwecji sytuacja w Katedrze Radioastronomii zmusiła mnie do intensywnego zajęcia się sprawami organizacyjnymi (32m radioteleskop). Koordynacja prac związanych z budową i wyposażaniem 32m radioteleskopu RT4 absorbowwała już wcześniej pewną część mojego czasu podczas pobytu w Onsala Space Observatory.

Stopień naukowy doktora habilitowanego nauk fizycznych w zakresie radioastronomii nadała mi w roku 1992 Rada Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii UMK na podstawie rozprawy zatytułowanej „Radiowe badania kwazara 3C309.1”. W tym samym roku, po zatwierdzeniu Uchwały Wydziału FAiS UMK przez CK, zatrudniony zostałem na etacie docenta. Pod koniec roku 1993 Rektor UMK powierzył mi stanowisko profesora nadzwyczajnego UMK.

Od roku 1993 praktycznie cała aktywność, nie licząc sporadycznych wyjazdów zagranicznych związanych z kontynuacją badań metodami VLBI, skoncentrowała się na budowie, uruchomieniu i optymalnej eksploatacji nowego radioteleskopu. Przejęcie kierownictwa Katedry Radioastronomii od początku roku 1993 oznaczało formalną i moralną odpowiedzialność za przyszłość inwestycji i naukowy rozwój Katedry.

Lata 1993-1994 to ukończenie budowy radioteleskopu i zamknięcie inwestycji. Rok 1995 oraz 1996 to czas wytężonej pracy przy budowie własnych urządzeń, wyposażaniu radioteleskopu w specjalistyczną aparaturę, testów laboratoryjnych, testów obserwacyjnych i rozpoczęcia rutynowych obserwacji. Warto wymienić tu budowę ULNA (Ultra Low Noise Amplifiers) i kompletnych, kriogenicznie chłodzonych odbiorników na pasma 1.4-1.8 GHz, 5 GHz i 6.7 GHz, systemów konwerterów (przemiany) częstotliwości, dystrybucji sygnałów pośredniej częstotliwości, układów przetwarzania i rejestracji danych. Ważnym ogniwem spinającym urządzenia radioteleskopu były układy sterowania, automatyki i diagnostyki oraz system dystrybucji częstości podstawowych i impulsów czasu z wzorca atomowego.

Moje bezpośrednie zaangażowanie w większość w/w prac (począwszy od przygotowania generalnej koncepcji wyposażenia, poprzez budowę odbiorników, scalanie zakupionych bądź zdobytych dzięki osobistym kontaktom podzespołów, uruchamianie urządzeń, pisanie oprogramowania użytkowego) było zasadnicze i przyniosło pożądane, pozytywne rezultaty.

W roku 1995 wykonaliśmy pierwsze obserwacje astronomiczne. Od roku 1996 rozpoczęliśmy prowadzenie regularnych obserwacji w ramach Europejskiej Sieci VLBI oraz rozpoczęliśmy (pod kierunkiem prof. A.Wolszczana) systematyczne pomiary chronometrażowe pulsarów. Pierwsze obserwacje spektroskopowe z użyciem własnego autokorelatora dały niezbyt obiecujące rezultaty i dopiero moje kontakty z NRAO (National Radio Astronomy Observatory USA) umożliwiły skonstruowanie nowoczesnego spektrografu autokorelacyjnego. Spektrograf ten rozpoczął pracę w roku 1999. Oczywiście sukces RT4, to wynik pracy całego zespołu Katedry Radioastronomii ale jakkolwiek nieskromnie to

zabrzmiał, to uważam że jest to jeden z moich osobistych sukcesów i to sukcesów na najwyższym poziomie. Moje kontakty, wiedza, doświadczenie i umiejętności sprawiły, że oprócz bezpośredniego, osobistego wykonywania poszczególnych zadań, udało mi się stworzyć i wykształcić wysokiej klasy zespół specjalistów wspierający rozwój badań radioastronomicznych. Moje kontakty zagraniczne sprawiły też, że pozyskaliśmy w latach 90-tych znaczące fundusze ze środków Unii Europejskiej (ponad 1 milion US \$). Umożliwiły one zakup nowoczesnej aparatury i rozpoczęcie zaawansowanych badań już na poziomie światowym.

Dzięki prowadzeniu w tamtym czasie intensywnych prac inwestycyjnych, CA UMK ze swoim 32m radioteleskopem uzyskało status pełnego członkostwa konsorcjum EVN oraz formalnie zostało ważnym elementem europejskiej sieci VLBI. Centrum uczestniczyło także, na podstawie oddzielnego porozumienia o współpracy naukowej, w badaniach realizowanych przez kosmiczną sieć VLBI - projekt VSOP (VLBI Space Observatory Project). Rozwinięcie badań pulsarów, prowadzonych przez prof. A.Wolszczana, dobrze usytuowało nasz ośrodek wśród europejskich partnerów sieci EPN (European Pulsar Network). Wyposażony w wysokiej jakości, niezawodną aparaturę ośrodek toruński wyrobił sobie dobrą markę i stabilną pozycję wśród radioastronomicznych obserwatoriów Europy.

Dla wzmocnienia międzynarodowej pozycji Torunia współorganizowałem kilka ważnych konferencji i narad. Wymienię tylko najważniejsze:

- II-ie Europejskie Symposium EAS (European Astronomical Society) w roku 1993,
 - EVN Sympozjum i EVN Directors Meeting w roku 1994,
 - European Summer School on Radio Astronomy w 1996 roku,
 - EVN Consortium Meeting w 2001, liczne narady robocze (CRAF, EVN TOG, EVN PC)
 - 8 Sympozjum EVN, najważniejsza europejska konferencja naukowa poświęcona prezentacji i dyskusji wyników obserwacji VLBI.
- oraz inne konferencje krajowe i zagraniczne (Narady użytkowników RT4, Baltic Workshop on Radio Jests).

Moja działalność związana z zakończeniem budowy, uruchomieniem radioteleskopu i rozpoczęciem poważnych badań w dziedzinie radioastronomii w Toruniu przyniosła mi, oprócz osobistej satysfakcji, ogromne i niespodziewane wyróżnienie - honorowe członkostwo (Associate Member) w prestiżowym Royal Astronomical Society (1995). Warto tu przypomnieć, że jedynie dwu astronomów polskich dotąd otrzymało to wyróżnienie, prof. B.Paczynski i ja.

Dobrze wykorzystany czas inwestowania w nowy przyrząd i w nowe programy badawcze (1993-1999) przyniósł plon w postaci licznych i znaczących publikacji w latach 2000-2006. Do najważniejszych zakończonych lub aktualnie prowadzonych zadań zaliczę tu:

Zainicjowanie i uruchomienie toruńskiego przeglądu źródeł masera metanolowego na fali 5 cm i 2,5 cm w Naszej Galaktyce (publikacje: B.2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.40, 2.41). Przegląd ten dostarczył najlepszych dotąd wyników dla nieba północnego. Odpowiednie analizy statystyczne i astrofizyczne były celem prac doktorskich naszych studentów. Przegląd obejmuje znaczny pas równikowy o szerokości +/- 0.5 stopnia. Na każdy stopień kwadratowy mamy ok. 3 źródeł, około 30% wszystkich to nowe, nieznanne dotąd obiekty. Graniczna czułość uzyskana w przeglądzie wynosi 1,5 Jy, przy rozdzielczości spektralnej 10 kHz. Przegląd na 5 cm jest kompletny od l=20 do 50 stopni. Przegląd na 2,5 cm dotyczy badań wybranych obiektów odkrytych w Toruniu na 6,7 GHz (C.3.1).

Regularne obserwacje EVN i VSOP oraz Low Frequency VLBI, dotyczące kwazarów CSS i GPS (B.2.17, B.2.19) oraz kilku zwartych obiektów w tzw. Głębokim Polu Przeglądu Hubblea (HDF). Ta ostatnia praca (B.2.18) uzyskała duży rozgłos m.in. z zaskakującym cytowaniem w National Geographic (Nr.11.2001). W tej dziedzinie mój doktorant mgr M.Gawroński przygotował i obronił rozprawę doktorską.

Opracowano i opublikowano rezultaty badań VLBI dla kwazara CSS 3C309.1. Jest to klasyczny obiekt CSS o dużej jasności absolutnej posiadający strome widmo nietermiczne oraz małe rozmiary kątowe i liniowe około 10 kpc. Przez kilka lat, do ubiegłego roku wykonano wiele obserwacji VLBI dla tego obiektu na różnych długościach fali od 49 cm do 1,35 cm. Uzyskane wyniki dostarczają kompleksowej informacji o strukturze źródła oraz o jej czasowej ewolucji. Pomiarów vlbi z wykorzystaniem satelity VSOP umożliwiły uzyskanie najwyższych dotąd rozdzielczości kątowych na falach 18 i 6 cm. Dodatkowo, dotąd mało wykorzystywanym parametrem fizycznym jest rozkład polaryzacji liniowej. Dane z VLBI uzupełnione zostały pomiarami z VLA. Struktura kwazara 3C309.1 wykazuje charakterystyczną asymetrię i duże systematyczne skręcenie. Wyraźny jest jednostronny zakrzywiony dżet i słabo zarysowane asymetryczne płaty emisji rozciąętej. Porównanie mierzonej emisji synchrotronowej z oczekiwaną wynikającą ze zmierzonego strumienia w zakresie X (synchrotron self-Compton model) jednoznacznie dowodzą iż obserwowana emisja radiowa z jądra jest silnie wzmocniona poprzez relatywistyczny ruch w stronę obserwatora. Zmierzony pozorny ruch nadświetlny pozwolił określić warunki fizyczne oraz przestrzenne usytuowanie źródła względem obserwatora. Złożona spiralna struktura dżetu w skali ~1kpc wykazuje na istnienie helikalnego relatywistycznego przepływu w niejednorodnym ośrodku międzygwiazdowym (C.3.7, 3.9). Praca opublikowana w roku 2006 dotyczy obiektów HYbrid MORphology Radio Sources (HYMORS). Na podstawie przeglądów FIRST (VLA) wyselekcjonowano 21 obiektów - kandydatów do dalszych studiów na VLA. Obserwacje wykonano w konfiguracji B na częstotliwości 4,0 GHz. Trzy obiekty spełniły kryteria HYMORS a dwa następne nie dostarczyły jednoznacznych wyników co do ich morfologii. Tych pięć obiektów dodatkowo pomierzono przy pomocy VLA w konfiguracji A na częstotliwości 1,4 GHz. Dzięki prezentowanym wynikom powiększyła się liczba znanych źródeł o cechach FRI i FRII, dodano głos w dyskusji nad asymetrią AGNów (C.3.3).

Kompleksową analizę zmienności galaktyki Mrk 501 przeprowadził mój doktorantem K.Katarzyński (B.2.16, C.3.6). Duże znaczenie miały tu pomiary zmienności radiowej przeprowadzone toruńskim radioteleskopem, które porównano z obserwacjami w zakresach widzialnym, X i gama. Przedstawiono szczegółowe modele fizyczne dające najlepsze dotychczas dopasowania do wyników obserwacji, zaproponowano model zmian jasności. Dzięki swoim pracom i mojemu wsparciu dr Katarzyński przebywał na 3 letnim stażu podoktorskim we Włoszech. Jest jednym z najaktywniejszych astronomów zajmujących się badaniem procesów emisji w AGN-ach.

Dużą nadzieję wiązaliśmy z projektem OCRA (One Centimeter Receiver Array) realizowanym we współpracy z Jodrell Bank i Bristol University. Zadanie polegało na zaprojektowaniu, zbudowaniu i wykorzystaniu na toruńskim radioteleskopie matrycy, docelowo 100, super-czułych odbiorników pracujących w ognisku wtórnym RT4. Celem naukowym było wykonanie unikatowego przeglądu całego nieba na fali 1 cm. Projekt okazał się być jednym z najlepszych na toruńską antenę a zaangażowanie wysokiej klasy specjalistów zagranicznych gwarantowało odpowiedni poziom naukowy. Dzięki realizacji europejskiego projektu FARADAY (V PR UE) budowany był dla toruńskiego radioteleskopu unikatowy system 16 odbiorników do pracy na fali 1 cm. Urządzenie to, nazwane OCRA-f (koszt budowy ok. 1 mln. Euro) oddane miało być do eksploatacji w styczniu 2008. Tymczasowo wykorzystywano prototypowy odbiornik OCRA-p o dwu wiązkach. Wciąż jest to jeden z najczulszych systemów odbiorczych pracujących na fali 1 cm (30GHz). Po regulacjach powierzchni RT4 oraz po wprowadzeniu istotnych zmian w oprogramowaniu teleskopu i oprogramowaniu układu zbierania i przetwarzania danych możliwe stało się pozyskanie wartościowych, choć wciąż jeszcze testowych wyników. Zadania realizowane w ramach projektu OCRA obejmowały kilka podtematów. Były one wcześniej zaplanowane i są integralną częścią pełnego projektu OCRA.

Pierwsze obserwacje urządzeniem prototypowym OCRA-p (zbudowanym w Jodrell Bank) rozpoczęliśmy w styczniu 2003. Pomierzono gęstość strumienia na 30 GHz dla źródeł z katalogu CJF (293 obiektów) - aktywnych radiogalaktyk i kwazarów o płaskich widmach (w kilku epokach). Praca jest opublikowana (C.3.5). Dla wielu z nich nie było dotąd wiarygodnych pomiarów w tym paśmie. Jest to pierwsza część projektu badań źródeł pozagalaktycznych na 30 GHz. Dzięki tym pomiarom udało się także zidentyfikować 31 nowych obiektów klasy GPS.

Po drugie wykonano obserwacje czterech gromad galaktyk, które były już znane jako posiadające absorpcję CMB. Po 6 godzinnych obserwacjach uzyskano rezultaty pozyskiwane przez inne instrumenty (jak np. VSA) przez kilka miesięcy. Gromady te to Cl 0016+16, MS 0451.6-0305, MS 1054.4-0921 oraz Abell 2218. Wszystkie cztery wykazały istnienie absorpcji znanej jako efekt Sunyaev-Zel'dovitch (SZ) na poziomie 4-6 sigma. Jest to bardzo dobry wynik i znajduje potwierdzenie w literaturze. Opracowano nowe techniki obserwacji i redukcji danych, wyeliminowano wpływ źródeł

dyskretnych. Praca dokumentuje możliwości systemu OCRA i stwarza realne perspektywy wykonania przeglądu dużych obszarów nieba dla poszukiwania efektu S-Z w innych gromadach. Znajomość emisji X oraz absorpcji S-Z pozwala oszacować masę gromady. Metoda nie zależy od odległości gromady (z) i daje bardzo dobrą ocenę stałych kosmologicznych. Pomiary efektu S-Z były ważnym zadaniem dla OCRA-f.

Po trzecie, a tu prace nie są jeszcze ukończone, dokonano wstępnego przeglądu emisji radiowej mgławic planetarnych. Opracowanie i analiza danych są przedmiotem pracy magisterskiej. Nowe pomiary powiększyły liczbę obiektów przy granicznej czułości 10 mJy.

Kontynuowane były też pomiary słabych obiektów – źródeł znalezionych przez VSA. Ich wykrycie i zbadanie ma istotny wpływ na ocenę anizotropii CMB w skali $l > 10000$. Uruchomienie OCRA-f było pilnie pożądane i oczekiwane przez twórców projektu kosmicznego Planck Mission. Usunięcie kontaminacji źródeł punktowych o strumieniu 1-30 mJy miało by fundamentalne znaczenie dla pełnego sukcesu misji.

Program polarymetrii. Rozpoczęty we współpracy z MPIfR i OA UJ projekt miał na celu dokonanie fundamentalnego przeglądu emisji radiowej Naszej Galaktyki na fali 6 cm. Głównym celem oprócz pomiarów gęstości strumienia (lub temperatury jasnościowej) było wyznaczenie przestrzennego rozkładu galaktycznego pola magnetycznego. Dzięki uruchomieniu polarymetru (zbudowanego w MPIfR Bonn) i modyfikacjom systemu odbiorczego 5 GHz uzyskano unikatową możliwość wykonywania pomiarów polaryzacji promieniowania radiowego w paśmie 6 cm. Składowa pola magnetycznego prostopadła do linii widzenia określana jest na podstawie kierunku i wielkości polaryzacji wektora E, natomiast składowa radialna wyznaczana jest z porównania kąta pozycyjnego E na fali 20 cm zmierzonego przez 100m radioteleskop w Effelsbergu i pomiarów na 6cm wykonanych na RT4. Skręcenie płaszczyzny polaryzacji znane jako efekt Faradaya, zależy od natężenia B składowej radialnej oraz od gęstości plazmowej (miara rotacji) ośrodka pomiędzy źródłem a obserwatorem. Pierwsze obiecujące wyniki uzyskane dla wybranych obszarów Galaktyki zaprezentowano publicznie na konferencji w Niemczech (C.3.8). Kolejne prace opublikowano w A&A (????).

Zakończono projekt badania zjawisk znanych jako tzw. mikrofalowe szpilki słoneczne. Obserwacje wykonane w latach 2002-2004 zostały opracowane i zebrane w rozprawie doktorskiej mgr B.Dąbrowskiego obronionej 7 marca 2007. Wyniki opublikowano w A&A w roku 2005 (C.3.2) a także na kilku konferencjach (C.2.42), w tym jednej (Berlin) pod koniec 2006 roku. Wyniki obserwacyjne należą do najlepszych uzyskanych dotąd w tej tematyce na świecie. Dzięki zastosowaniu maszyny pulsarowej (jako szybkiego spektrografu) zbadano struktury i podstruktury szpilek oraz charakterystyczne cechy grup szpilek. Dokonano analizy statystycznej ich występowania i cech fizycznych. Dzięki porównaniu z satelitarnymi obserwacjami w zakresie X udało się zlokalizować centra aktywne w których zjawisko szpilek miało miejsce oraz określić warunki fizyczne panujące w obszarach ich powstawania. Wskazano też na istotny fakt silnego ukierunkowania promieniowania (beaming) na podstawie częstości ich występowania na tarczy słonecznej. Obserwowane zjawiska występowały głównie w okolicy centrum tarczy słonecznej.

Projekty europejskie. Realizowane były trzy projekty mające na celu rozwój nowoczesnych technologii dla badań radioastronomicznych.

Pierwszym z nich jest RadioNet, który obejmuje także wsparcie finansowe dla sieci EVN. Podprojekt realizowany przez KRA CA, to PHAROS. Obejmował on przygotowanie procedur kalibracyjnych i napisanie (R.Feiler, A.Czarny i E.Pazderski + moja koordynacja) programów do ich wykonywania we współpracy z ASTRON w Holandii, JBO w Anglii i IRA we Włoszech. Dodatkowe zadania polegały na wykonaniu części urządzeń elektroniki cyfrowej dla potrzeb diagnostycznych (E.Pazderski). Projekt zakładał wykonanie sfazowanej matrycy odbiorczej pracującej w zakresie 4-8 GHz, przeznaczonej do umieszczenia w ognisku pierwotnym anteny parabolicznej $f/D = 0.33$. Całość urządzenia zamknięta będzie w naczyniu próżniowym i schłodzona do 50-20 K na antenach teleskopów w Westerbork.

Drugim był EXPReS. Zadanie polegało na uruchomieniu standardowego modu obserwacji w czasie rzeczywistym, całej sieci europejskich radioteleskopów EVN, po przez połączenia światłowodowe z korelatorem JIVE w Dwingeloo.

Trzecim, przyszłościowym obszarem zainteresowań i aktywności był udział w projektowaniu i wykorzystaniu nowej generacji radioteleskopu znanego jako SKA – Square Kilometre Array. Mój udział był jednak symboliczny (głównie w obradach europejskiego konsorcjum) ale następne lata wymagać będą większego zaangażowania, szczególnie od najmłodszego pokolenia wychowanków.

Tytuł **naukowy profesora** nauk fizycznych odebrałem z rąk Prezydenta RP w czerwcu 2003 roku.

Podsumowanie:

Na mój dorobek naukowy składa się z 117 opublikowanych prac badawczych, z czego 60 w recenzowanych uznanych międzynarodowych czasopismach o zasięgu światowym. Wskaźnik cytowania wg bazy ADS od roku 1981 do 2024 wynosi 2178, H-Index=26. Łączna liczba wszystkich publikacji naukowych, popularno-naukowych i innych to ~150 pozycji.

Moja działalność naukowa obejmuje szeroki zakres współczesnej radioastronomii ale koncentruje się głównie na studiach aktywnych galaktyk i kwazarów oraz badaniu źródeł maserów molekularnych.

Do największych osiągnięć naukowych zaliczam: wykonanie przeglądu nieba 5C7, dokonanie pierwszej trójwymiarowej tomografii otoczki gwiazdowej OH/IR 127.8-0.0, odkrycie pozornej nadświetlnej prędkości ruchu składników w kwazarze 3C309.1, pionierskie badania AGN-ów w zakresie fal mm, przegląd źródeł metanolowych w Galaktyce oraz przygotowanie i wdrożenie projektu OCRA dostarczającego już cennych wyników dla AGN-ów i gromad galaktyk (S-Z).

Z punktu widzenia rozwoju nauki i przygotowania nowoczesnego warsztatu pracy dla młodego pokolenia badaczy, największe znaczenie miały moje prace dotyczące VLBI i spektroskopii. Dużą wagę przykładam też efektom moich prac przy budowie i uruchomieniu 32m radioteleskopu oraz prac prowadzących do przygotowania i wdrożenia optymalnych programów badawczych na RT4. Wraz z zespołem Katedry Radioastronomii CA UMK udało mi się stworzyć podstawy nowoczesnego akademickiego centrum badawczego uczestniczącego na partnerskich zasadach w awangardowych pracach ośrodków europejskich.

Dydaktyka, doktoranci ich sukcesy

Jeden z podstawowych moich obowiązków – odpowiedzialność za rozwój młodej kadry – starałem się wypełniać najlepiej jak potrafiłem. Wypromowałem siedmioro doktorów Moje kontakty i nawiązana współpraca naukowa

przyniosła wymierne korzyści młodszym kolegom i doktorantom. I tak dla moich współpracowników pozyskałem stypendia w Holandii (J.Usowicz), w RFN (MPIfR) (Marecki, Usowicz), w USA (NRAO) (J.Usowicz), a moim doktorantom stypendia w Onsala Space Observatory (Maszkowski, Owsianik) i w Jodrell Bank (Gawroński, Nieżurawska, Kunert).

W związku z działalnością dydaktyczno-wychowawczą pragnę także zwrócić uwagę na osiągnięcia moich magistrantów i doktorantów. Dr hab. A.Marecki, prof. UMK, jest w tej chwili najlepszym w kraju specjalistą w dziedzinie obrazowania VLBI i osiągał sukcesy w pozyskiwaniu czasu obserwacyjnego VLBI dla własnych projektów. Jest uznanym w Europie specjalistą od obiektów CSS i GPS. Prof. M.Szymczak był moim magistrem i przez wiele lat pracował pod moim kierunkiem. Tematyka jego aktualnych badań została „przywieziona i przekazana” mu po moim pobycie w Jodrell Bank. Dr I.Owsianik po doktoracie na UMK i nabytym tu doświadczeniu bez trudności otrzymała stałą pozycję w Max-Planck-Institut w grupie geodezyjnych badań VLBI. Dr K.Katarzyński, który opanował techniki obserwacji radiowych i nauczył się metod interpretacji astrofizycznej, po trzyletnim stażu podoktorskim we Włoszech, powrócił na naszą Uczelnię i aktywnie rozwija nowe dziedziny astrofizyki wysokich energii. Dr L.Błaszkiwicz został zatrudniony w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie i tam wraz z dr B.Dąbrowskim kontynuuje badania radioźródeł antenami systemu LOFAR..

Prowadziłem następujące zajęcia dydaktyczne dla kierunków: astronomicznego, kierunku fizyki i geografii UMK:

- o Astronomia dla geografów, wykłady i ćwiczenia, 1971-73,
- o Astronomia dla fizyków, kurs nauczycielski, wykłady, 1975,
- o Wykłady z radioastrofizyki, rok III astronomii, 30 godz./rok,
- o Pracownia radioastrofizyki I i II astronomii, 60 godz./rok,
- o Wykład z radioastronomii pozagalaktycznej (wykład monograf.) , rok V, 15 godz.
- o Nowoczesne metody radioastronomii (wykład monograf.), 15 godz./rok
- o Wykład z astronomii pozagalaktycznej (wykład monograf.), 15 godz./rok
- o Seminarium magisterskie, specjalistyczne z radioastronomii, 30 godz./rok
- o Seminarium Astronomiczne Ogólne, III-V rok astronomii, 15 godz./rok
- o Proseminarium astronomiczne, III rok astronomii, 30 godz./rok
- o Praktyki wakacyjne
- o Wykłady i ćwiczenia z radioastrofizyki dla OA UAM Poznań, 45 godzin 2005 i 2006.

Przyjąłem i opiekowałem się „postdoc”-iem z Francji (1997-1999) - dr Sandra Etoka, pracuje ona obecnie w Obserwatorium Jodrell Bank.

recenzje prac doktorskich – 6
Recenzje prac habilitacyjnych – 2

Recenzje wniosków profesorskich - 2

Recenzje prac habilitacyjnych dla Centralnej Komisji - 6

Recenzje wniosków profesorskich dla CK - 3

Prace organizatorskie

- o Kierowałem Katedrą Radioastronomii UMK od 1992 do 2004 roku,
- o Kierowałem Centrum Astronomii UMK od 2001 do 2010 roku,
- o Zorganizowałem kilka znaczących międzynarodowych i krajowych konferencji (EAS, EVN, CRAF, TOG EVN, Krajowe narady użytkowników RT4),
- o Współorganizowałem Europejską Szkołę VLBI sponsorowaną przez NATO we Włoszech w roku 2001, (Co-Director),
- o Działalem w międzynarodowych gremiach takich jak: EVN Programme Committee, European VLBI Network Consortium, CRAF - Commission for Radio Astronomy Frequencies, EPS - European Physical Society i EAS - European Astronomical Society, Komisja Radioastronomii OECD,
- o Przewodniczyłem Komisji Astronomii WFAiS, w latach 1999/2003
- o Udzielałem się w komisjach oceniających projekty naukowe w KBN: sekcja astronomii (P03D) podczas kilku konkursów, ostatnio w 1999, 2000, 2001 i 2002.
- o Kierowałem pracami podczas budowy 32m anteny, wyposażenie radioteleskopów i pozyskałem środków na zakup oraz budowę specjalistycznej aparatury.

Członkostwo w międzynarodowych organizacjach naukowych

Jestem członkiem wielu międzynarodowych towarzystw naukowych, w tym Międzynarodowej Unii Astronomicznej (IAU), Międzynarodowej Unii Nauk Radiowych (URSI), Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego (EAS), posiadam honorowe członkostwo (Associate Member) Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego w Anglii.

Ważniejsze nagrody

Nagroda stopnia II Ministra NiSW (zespołowa) 1985.

Nagroda Naukowa Wydziału III PAN w 1986 roku.

Nagrody Rektora UMK za dz. naukową, lata 1981,82,83,84,90,94,99.

Nagroda Rektora UMK stopnia II za dz. Organizacyjną 96-99, 1999

Medal za Zasługi dla Rozwoju Uczelni, UMK 1998.

Nagroda Zespołowa Polskiej Akademii Umiejętności, za dz. badawczą, Kraków 2005.

Popularyzacja nauki

Popularyzacja astronomii to kilka publikacji oraz udział w programach radiowych i telewizyjnych. Do najciekawszych „osiągnięć” w tej dziedzinie zaliczam współorganizowanie i udział w całorocznym programie TVP-1 „Planetarium”, w wakacyjnym wieloodcinkowym programie TVP-1 „Gwiazdy świecą nocą”, oraz w programie PR-III.

Dochodzą także:

- Hasła pisane do Wielkiej Encyklopedii PWN.
- Wykłady publiczne np. na koncertach uniwersyteckich, spotkaniach naukowych PTMA.
- Zajęcia dla młodzieży wybitnie uzdolnionej w ramach corocznych „Warsztatów Astronomicznych” (1997-2006). Jest to tygodniowy kurs nowoczesnej astronomii z zajęciami praktycznymi i zakwaterowaniem w Obserwatorium.
- Uczestnictwo i współorganizacja Toruńskiego Festiwalu Nauki i Sztuki (co rok od 2000)
- Organizowanie otwartych imprez popularyzujących naukę i badania astronomiczne dla mieszkańców Torunia (np „Piknik pod spadającymi gwiazdami”).
- Wykłady dla gości Uczelni odwiedzających Centrum Astronomii w Piwnicach.

Przykłady działalności popularyzującej astronomię z ostatnich lat:

- Konferencja TORMAN, „**Europejska Sieć VLBI – obserwacje w czasie rzeczywistym**”, Toruń, 14 luty 2005.
- KKRRiTV, „**Wszechświat Radiowy – badania radioastronomiczne**”, referat otwierający konferencję, 15 czerwiec 2005, publikacja w „Przegląd Radiotelekomunikacyjny”, 2005, 6, 204-209.
- Polska Konferencja Chemii Analitycznej, „**Człowiek, Kosmos, Chemia**”, referat otwierający konferencję, Toruń 3 lipiec 2005.
- Ogólnopolska Konferencja Kardiologów, Polskie Towarzystwo Kardiologiczne, „**Badania Wszechświata, Człowiek a Kosmos**”, referat otwierający konferencję, 1 wrzesień 2005, Toruń.

- Polska Akademia Umiejętności, Komisja Astrofizyki, „**Najmłodsze obiekty we wszechświecie obserwowane na falach radiowych**”, Kraków, 9 październik 2005, Publikacja w wydawnictwie PAU (2006).
- Instytut PAN w Wiedniu, „**Faculty of Physics, Astronomy and Informatics – NCU**”, prezentacja Wydziału i Centrum Astronomii na spotkaniu promocyjnym UMK, Wiedeń, 20-21 listopad, 2005.
- Wykłady o radioastronomii na „szkole astrofizyki” dla wybitnie uzdolnionej młodzieży, organizowanej co roku w CA UMK w Piwnicach (jeden tydzień na przełomie listopada i grudnia) oraz wykłady na szkołach organizowanych przez fundację wspierającą uzdolnioną młodzież w ośrodku szkoleniowym w Świdrze pod Warszawą.