

Przez długie lata „Cyrqlarz” był czasopismem wydawanym przez Pracownię Komet i Meteorów, głównym źródłem nowości, efemeryd i artykułów z dziedziny obserwacji meteorów, w czasach gdy nie istniał jeszcze internet, a podstawą komunikacji były papierowe listy. „Cyrqlarz” wydawany był od początku istnienia PKiM to jest od 1987 r. Do roku 1993 ukazało się około 60 numerów, w tym czasie „Cyrqlarz” przyjął formę dwumiesięcznika i ukazywał się w formie papierowej jeszcze do około 2006 roku. Powstało też kilka wydań elektronicznych a łączna liczba wydanych numerów przekroczyła 200. Archiwalne wydania (od nr 61) można pobrać ze strony <http://ftp.pkim.org/cyrqlarz/pdf>. Chcąc sięgnąć do większej liczby czytelników zdecydowaliśmy się na stworzenie działu meteorowego w „Uranii”, działu nawiązującego do tradycji „Cyrqlarza”. Na łamach najstarszego polskiego czasopisma astronomicznego postaramy się przybliżyć tajemnice jednej z najbardziej fascynujących dziedzin astronomii. Nauka o meteorach jako jedna z nielicznych rozciąga się gdzieś na pograniczu astronomii miłośniczej i astronomii profesjonalnej. Każdy może znaleźć tu swoje własne miejsce.

## Meteory w LHC

International Meteor Conference jest wydarzeniem skupiającym co roku badaczy meteorów z całego świata. Konferencja ta ma charakter otwarty, zarówno dla zawodowych astronomów, jak i miłośników astronomii. Polskę w ubiegłym roku reprezentowały cztery osoby z Pracowni Komet i Meteorów.

### Konferencja czyli UFO w odwrocie

Ubiegłoroczna konferencja odbyła się we Francji w Giron, w pobliżu granicy z Genewą. PFN reprezentowany był przez 4-osobową ekipę: Przemka Żołądka, Mariusza Wiśniewskiego, Krzysia Polakowskiego oraz piszącego te słowa.

Po wyjeździe z Warszawy i pokonaniu blisko półtora tysiąca km autostradą wjechaliśmy w kręte, wąskie, górskie drogi i zaczęliśmy piąć się w górę po ostrych zakrętach, gdyż Giron leży na wysokości ponad 1000 m n.p.m.

Po kilkudziesięciu kilometrach wiraży i wspinaczki, które nas należycie wytelepały, dojechaliśmy do małej, liczącej ledwie ponad stu mieszkańców miejscowości, malowniczo położonej na zboczu góry. Czekał na nas gorący posiłek, wybór miejscowych serów i dzban wina. Czy można żądać czegoś więcej?

Wykłady rozpoczęły się następnego dnia. W tematyce prelekcji można wyróżnić kilka osi tematycznych, wokół których grupowały się prezentacje. Jedną z nich są „profesjonalne”, automatyczne stacje w rodzaju CILBO (Canary Islands Double Station Meteor Project) czy AMOS (All-Sky Meteor Orbit System), powstałe z grantów, afiliowane przy obserwatoriach i prowadzone przez zawodowych astronomów. Używany jest w nich sprzęt foto lub wideo, częstokroć wspomagany wzmacniaczami światła. Cechują je znaczne gabaryty i złożona konstrukcja, pozwalająca na autonomiczne działanie przez wiele dni, bez bezpośredniego dozoru. Stacje takie są sytuowane często w dość egzotycznych miejscach, jak Hawaje czy Teneryfa, gdzie liczba pogodnych nocy jest duża. Dodatkowo możliwe jest zdalne zbieranie danych. W tym segmencie widać dążność do pokrycia takimi stacjami nowych rejonów nieba. Część z prezentowanych systemów działających na zasadzie współpracy dwóch kamer bazowych, jest nastawiona na badanie bardzo słabych zjawisk. Ich celem jest wyznaczanie orbit meteorów z jakością danych przekraczających znacznie to, co może oferować nawet rozległa sieć kamer niskiej rozdzielczości. Inne natomiast to patrole all-sky nastawione na bolidy (bardzo jasne zjawiska) i dostarczenie informacji o spadku — a więc umożliwiają ewentualne odnalezienie meteorytu.

Wciąż rozrastają się i są planowane nowe sieci bardziej konserwatywne, jak zakładana właśnie sieć francuska FRI-PON (Fireball Recovery and Inter-Planetary Observation Network) czy rumuńska ROAN (Romanian Allsky Network).

Sieci te zakładają pokrycie danego kraju kamerami wideo. Projekty zwiastują nadejście ery cyfrowej i przełamanie analogowego dyktatu — choć wciąż jeszcze przełom ten nie nastąpił. Zmiana rozdzielczości idąca niejako w parze z przejściem na urządzenia cyfrowe, rodzi problem operowania terabajtami danych, co powoduje problemy szczególnie dla stacji mających działać autonomicznie, jak rumuńskie. Instalując bezobsługowe stacje w odległych i słabo zaludnionych rejonach, trzeba wyposażyć je w oprogramowanie, które skutecznie redukuje dane przed ich wysłaniem. Automatyczna obróbka danych stanowi zaś wyzwanie, bo trudno algorytmami zastąpić żywego obserwatora redukującego dane.



Prezentacja automatycznej stacji bolidowej. Fot. Mariusz Wiśniewski

Problem ten przewijał się dość często, gdyż w trakcie sporej liczby wykładów przy różnych okazjach prezentowano oprogramowanie, mające w zamiśle odciążać człowieka (i odchudzić dyski oraz łącza). Rozwiązanie takie musi być kompromisem, szczególnie jeśli po redukcji nie są zachowywane surowe dane. Wiele przedsięwzięć wykorzystuje własne oprogramowanie, tym samym zaznacza się intencjonalnie przynajmniej odejście od dwóch „koni pociągowych” obserwacji wideo — MetReca i UFO. Część z tego softu z założenia nie przechowuje w ogóle tego, co w PFN uważamy za najcenniejsze — surowych danych (klatek wideo) — za to oferuje natychmiastowy wynik z tego, co zostało po automatycznej obróbce. Przykładowo sieć chorwacka wdraża własne oprogramowanie, które do południa dnia następnego po nocy generuje gotowe wyniki.

Inną grupą wykładów były te poświęcone „robocie papierkowej”, czyli obliczeniom prowadzonym na zebranych już materiałach. Generalnie większość tych prezentacji odnosiła się do przeczesywania baz danych w poszukiwaniu czegoś, co można by uznać za nowy rój.

### Prezentacje ekipy PKiM

Nasza ekipa opowiedziała o wyprawie na Camelopardalidy. Jak wiemy, przewidywania Jeremiego Vaubailona były bardzo zachęcające, w związku z czym PFN udał się do Kanady, jako że tam były najlepsze warunki, biorąc pod uwagę strefę czasową i wysokość radiantu. Niestety szumne zapowiedzi okazały się nieco przesadzone i pokłosie naukowej wyprawy, przynajmniej jeśli chodzi o Camelopardalidy, jest dość skromne. Na swojej prezentacji Jeremie kilka razy powtarzał *shame on me* odnośnie tych przewidywań. Tym niemniej relacja z wyprawy bardzo się podobała, a szczególnie logo, jakie na wyprawę wyszykował Paweł Zaręba (uznane za najlepsze logo IMC 2014). Tym bardziej że druga prezentacja naszej ekipy dotyczyła grantu, jaki pracownia PKiM otrzymała na swoją działalność. Muszę przyznać, że poczułem się bardzo komfortowo i europejsko, kiedy cała sala dosłownie jęknęła z zachwytu i pewnie z zazdrości, kiedy Przemek Żołądek podał do wiadomości sumę grantu. Jęł był autentycznie słyszalny.

### Wycieczka do CERN-u

Nieoficjalnym gwoździem programu była wycieczka do CERN-u. Co ciekawe, instytucję tę zwiedza się za darmo i wszędzie można robić zdjęcia. CERN zarządza „perłą instrumentów współczesnej fizyki” — Wielkim Zderzaczem Hadronów, czyli LHC. Maszyna odtwarza warunki panujące zaraz po Wielkim Wybuchu, obecnie we Wszechświecie niespotykane (poza dramatycznymi wydarzeniami w rodzaju kłapsu gwiazdy). Dwa lata temu potwierdzono w LHC ostatecznie obserwację bozonu Higgsa, „świętego Graala modelu standardowego” — cząstki przewidzianej w roku 1964. Sam Higgs w tymże 2013 r. otrzymał Nobla za jej przewidywanie. Obecnie LHC jest przystosowywany do osiągnięcia jeszcze większej energii, a jednym z najciekawszych badanych zagadnień jest natura ciemnej materii — chyba obecnie największa niewiadoma astronomii (wraz z ciemną energią).

Nasza wycieczka została podzielona i skierowana do różnych miejsc LHC. Ja pojechałem do detektora LHCb. Żeby dostać się do CERN-u, musieliśmy kilkaset metrów wjechać do Szwajcarii — aby dostać się do detektora LHCb pojechaliśmy kawałek dalej i wyjechaliśmy w innym miejscu z powrotem do Francji. Jechaliśmy coraz węższą drogą okoloną ornym polem, zasypaną piaskiem tak, że wyglądała na gruntową — i dojechaliśmy do czegoś, co wyglądało na raczej starą hurtownię niż na ósmy cud eksperymentalnej fizyki. Mieliśmy szczęście, bo w LHC nie prowadzono akurat eksperymentu, nie krążyła wiązka generująca „na zakrętach” niebezpieczne promieniowanie synchrotronowe — można więc było zjechać do komory detektora, znajdującego się 100 m pod ziemią. Zjazd w grupach 10-osobowych jest okupiony przejściem przez klatkę, w której normalnie, aby przejść, trzeba zostać zweryfikowanym przez skaner tęczówki. W związku z tym personel CERN-u nie musi nosić żadnych legitymacji czy kart dostępu — nam na tę okazję wydano jednorazowo zakodowane tokeny.

Znaleźliśmy się w pieczarze wielkiej jak katedra Notre Dame w Paryżu, wentylowanej stale kilometrami szczęsnymi świeżego powietrza. Detektor LHCb (b od *beauty*) ma za zadanie pomóc rozwiązać następujący dylemat: skoro ułamek sekundy po Wielkim Wybuchu powstały równe ilości materii i antymaterii — to dlaczego po ich anihilacji została

ta resztką materii, która uformowała obserwowalny Wszechświat i nas w konsekwencji? Odpowiedź tę mogą dać ciężkie cząstki zawierające kwark denny (b) — i na ich detekcję jest nastawiony ten instrument. Aczkolwiek badane cząstki są nie to nawet, że niewidoczne, co niewyobrażalne — to maszynaria do ich liczenia jest ogromna. Olbrzymie suwnice o nośności kilkudziesięciu ton pozwalają rozsunąć poszczególne elementy detektora, kiedy coś trzeba poprawić. Środkiem niego idzie połyskliwa rura w kolorze miedzi. Cząstki rozpędzone do 99 przecinek i wiele, wiele dziesiątek procent prędkości światła biorą już całą dostarczaną elektromagnesami energię na przystość masy relatywistycznej, jako że przyspieszyć już nie mogą, a  $E=mc^2$  musi być zachowane. Czterocentymetrowej szerokości paczki protonów krążą po 27-kilometrowym tunelu w przeciwbieżnych wiązkach. Separacja paczek to 10 cm. Podobno te dwie wiązki mają energię dwóch pędzących naprzeciw siebie pociągów TGV.

W obszarze detektora LHCb przeciwbieżne wiązki, dotąd podróżujące w osobnych rurach próżniowych, wlatują do jednej i są jedynie rozdzielane elektromagnetycznie. Po osiągnięciu odpowiedniej prędkości wiązki są kierowane na siebie i zderzają się ze sobą. Pojęcie wiązki jest w pewnym sensie nadużyciem, gdyż w zasadzie w rurze znajduje się wysoka próżnia, porównywalna do tej z przestrzeni międzygalaktycznej. Jedynie około 20 protonów z danej paczki ma szansę się zderzyć. Produkty tych zderzeń rejestruje detektor. Wyszliśmy z pieczary nieco oszołomieni gradem doznań i podawanych liczb. Cóż dodać. 1700 km i byliśmy w Warszawie.

Tegoroczna „International Meteor Conference” po raz kolejny pokazała, iż astronomia meteorowa jest w pełni profesjonalną dziedziną nauki. Prace badawcze i sprzęt wykorzystywane do obserwacji z roku na rok stają się coraz bardziej zaawansowane. Wielu uczonych włącza się w rozwój wiedzy w tym kierunku. Ciekawe, co przyniesie kolejne spotkanie, które już pod koniec sierpnia odbędzie się w Austrii.

Maciej Maciejewski



Autor przy nieużywanej już detektorze DELPHI. Fot. Maciej Maciejewski

# Polska Sieć Bolidowa

## Początki

W nocy z 20 na 21 lutego 2004 r. w podwarszawskim obserwatorium w Ostrowiku pojawiło się kilka osób z Pracowni Komet i Meteorów (PKiM). Była piękna pogoda. Piotr Kędziński wystawił na taras zestaw kilku aparatów na klisze fotograficzne z kręcącym się nad nimi wiatrakiem. Rozwiązanie takie pozwala ustalić prędkość przelatujących meteorów. Po kilkunastu ekspozycjach coś się popsuło. Filmy z aparatów zostały wyjęte, by wywołać je przy najbliższej okazji. Szybko się okazało, że Przemek Żołądek, obserwując z Nowego Dworu Mazowieckiego, właśnie tej nocy zobaczył pięknego bolidu o jasności  $-10$  mag. Piotrek wywołał filmy i naszym oczom ukazał się wspaniały zapis zjawiska. Datę 20 lutego 2004 r. uznajemy za symboliczny początek działania Polskiej Sieci Bolidowej (Polish Fireball Network, PFN). Zjawisku nadano nazwę „Bolid Łaskarzew”.



Bolid Łaskarzew z 20 lutego 2004 r.

Rejestracja bolidu Łaskarzew nie była przypadkowa. Prace nad stworzeniem sieci kamer obserwujących niebo nad Polską zostały rozpoczęte kilka lat wcześniej, ale dopiero ten sukces dał impuls do szybszego działania. Rok później sieć PFN składała się ze stacji z kamerami wideo w Ostrowiku (OAUW), Złotokosie (Karol Fietkiewicz), Poznaniu (Miroslaw Krasnowski), Krakowie (Maciej Kwinta), Telatynie (Konrad Szaruga), Nowej Iwicznej (Paweł Turek), Lublinie (Łukasz i Tomek Kowalscy), Toruniu (Tomasz Fajfer) i Zielonej Górze (IAUZ). Sieć wideo uzupełniały analogowe zestawy fotograficzne obsługiwane przez grupę z Radzyna Podlaskiego (Darek Dorosz, Ania i Mariusz Lemiecha) oraz cyfrowe obsługiwane przez Przemka Żołądka i Arkadiusza Olecha.

Na kolejnego wielkiego bolidu przyszło nam poczekać do 3 kwietnia 2005 r. W dobę po śmierci Jana Pawła II, o godzinie 21.05 UT, nad południową Polską pojawił się bolid o jasności  $-10,5$  mag. Niesamowite było to, że pomimo znacz-

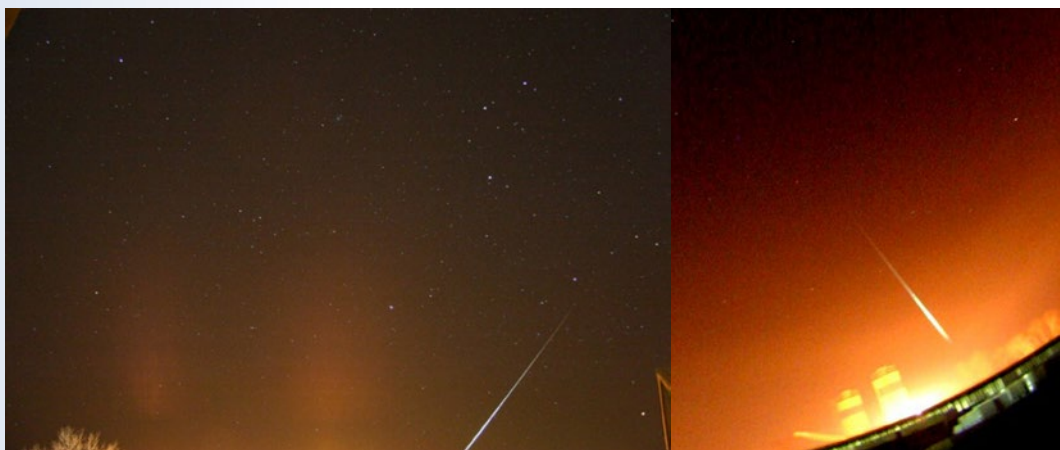
nych odległości między stacjami udało się go zarejestrować przez aż pięć kamer, techniką wideo w Krakowie, Lublinie i Zielonej Górze oraz fotograficznie w Nowym Dworze Mazowieckim i Chełmie). Materiał uzyskany przez obserwatorów był tak wysokiej jakości, że pozwolił na wykonanie dogłębnej analizy i opublikowanie jej w renomowanym *Earth, Moon and Planets*. Bolid został nazwany „Krzeszowice”, od miejscowości nad którą według naszych obliczeń uzyskał największą jasność. W ten sposób narodziła się tradycja, by, jeśli to możliwe, nazwy bolidów PFN wybierać spośród miejscowości o nazwie najtrudniejszej do wymówienia, np. „Kościerzyna” czy „Brześć”.

## Cele projektu

Obserwacje meteorów dają nam okazję do podglądania tego, czego nie jesteśmy w stanie dostrzec nawet przez wielkie teleskopy — drobną materię w Układzie Słonecznym. Dzięki badaniu aktywności meteorów na niebie możemy poznać strumienie meteoroidów wypełniające Układ Słoneczny, badać ich ewolucję, pochodzenie, charakterystyki dynamiczne, skład chemiczny, rozkład masy i gęstości.

Główny cel projektu PFN to przede wszystkim wyznaczenie trajektorii przelotów meteoroidów oraz ich orbit. Aby dokonać obliczeń, niezbędne jest zaobserwowanie tego samego zjawiska z wielu miejsc na zasadzie triangulacji. Jedynym sposobem, by to osiągnąć, jest wspólne działanie w ramach sieci PFN. Im więcej kamer uchwyci to samo zjawisko, tym pewniejszy jest wynik obliczeń. Na podstawie obserwacji PFN powstaje baza danych z informacjami o zjawiskach zarejestrowanych przez nasze kamery. Pozwala to na analizowanie aktywności i struktury radiantów poszczególnych rojów meteorów, a czasem na odkrycie nowych.

Zjawiska meteoru, czyli świecenia atmosfery pod wpływem bardzo szybko przelatujących meteoroidów, występują zwykle na wysokości około 100 km. Najciekawsze są jednak te, które mają szansę zakończyć się lądowaniem, czyli spadkiem meteorytu. By do tego doszło, obiekt musi być odpowiednio duży i poruszać się z niewielką prędkością. W przeciwnym wypadku wypali się całkowicie, zanim do nas doleci. W historii sieci PFN odnotowaliśmy kilka zjawisk, które miały szansę na dotarcie do powierzchni Ziemi, lecz do tej pory nie udało się ich odnaleźć. Należy podkreślić, że podstawą działania PFN jest dobro nauki. Wszelkie ewentualne znaleziska zostaną poddane wnikliwej analizie, a wyniki opublikowane w renomowanych czasopiśmie.



Bolid Krzeszowice z 3 kwietnia 2005 r. zarejestrowany w Chełmie i w Nowym Dworze Mazowieckim

Znalezienie meteorytu można porównać jedynie z misją kosmiczną badającą bezpośrednio materię kosmiczną lub dostarczającą próbki na Ziemię. W tym przypadku nie musimy nigdzie lecieć, to materia z Kosmosu trafia wprost w nasze ręce.

### Aktualny stan Polskiej Sieci Bolidowej

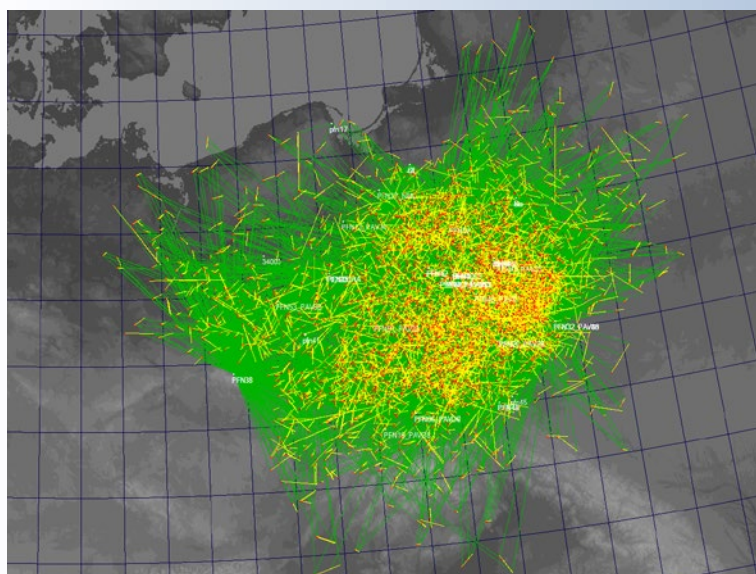
Trzonem PFN są kamery wideo, takie same, jakie stosuje się w telewizji przemysłowej do monitorowania terenu czy budynków. Dzięki sporej czułości umożliwiają rejestrację tysięcy meteorów rocznie. Dzięki niskiej cenie są bardzo efektywnym narzędziem do patrolowania nieba.

W ciągu 11 lat działania PFN dopracowaliśmy sposób funkcjonowania sieci. Niezbędnym elementem projektu są obserwatorzy. Bez rzeszy amatorów i zawodowców opiekujących się stacjami PFN nie byłoby danych do analizy. Niewątpliwą zaletą obserwacji wideo jest fakt, że odbywają się całkowicie automatycznie. Obserwatorzy przeglądają wyniki obserwacji, usuwają błędne detekcje, wstępnie przetwarzają dane i wysyłają je do dalszej analizy. Dane z całej sieci PFN są zbierane na serwerze umieszczonym w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Otwocku-Świerku. Osoby odpowiedzialne za analizowanie danych przeglądają materiały przysłane przez obserwatorów i na ich podstawie obliczają trajektorie lotu i orbity zarejestrowanych meteorów. W przypadku najjaśniejszych zjawisk sprawdza się, czy nie doszło do spadku meteorytu. Gdy podejrzenia się potwierdzają, na miejsce jest wysyłana ekipa poszukiwawcza. Wyniki analiz i obliczeń są prezentowane następnie w czasopismach naukowych i popularnonaukowych oraz podczas wykładów i pokazów.

Stacje oraz kamery w Polskiej Sieci Bolidowej są numerowane. Oznaczenia te wprowadzają porządek i ułatwiają zbieranie i analizowanie danych. Najnowszą uruchomioną stacją obsługiwaną przez Tomasza Suchodolskiego była PFN57 Krotoszyn. Pracuje w niej kamera oznaczona numerem PAV70. Zgodnie z najnowszym zestawieniem danych zgromadzonych przez PFN w 2014 r. pracowało 55 kamer w 28 stacjach, rejestrując aż 44298 meteorów, co przekłada się na ponad 2TB surowych danych. Udało się wstępnie policzyć 7295 trajektorii lotu i orbit, po jakich meteoroidy poruszały się przed wejściem w atmosferę. Niektóre zjawiska zostały zarejestrowane równocześnie przez kilkanaście kamer, co zwiększa dokładność wyznaczonych parametrów.

### Zaproszenie do współpracy

W związku z ciągłym rozwojem projektu PFN poszukujemy chętnych do współpracy. Potrzebujemy chętnych do prowadzenia obserwacji, analizowania danych i poszukiwania meteoroidów. Osoby zainteresowane prowadzeniem obserwacji na wstępie otrzymują poradę, jaki sprzęt należy kupić, by otrzymać wydajną kamerę przy najniższej cenie. Warto się stosować do tych wskazówek, gdyż pozornie niewiele gorszy i tańszy sprzęt od zalecanego może drastycznie pogorszyć wyniki uzyskiwane przez kamery. Zestaw do obserwacji to około tysiąca złotych. W przypadku braku własnych środków istnieje możliwość włączenia się do projektu, korzystając ze sprzętu na-



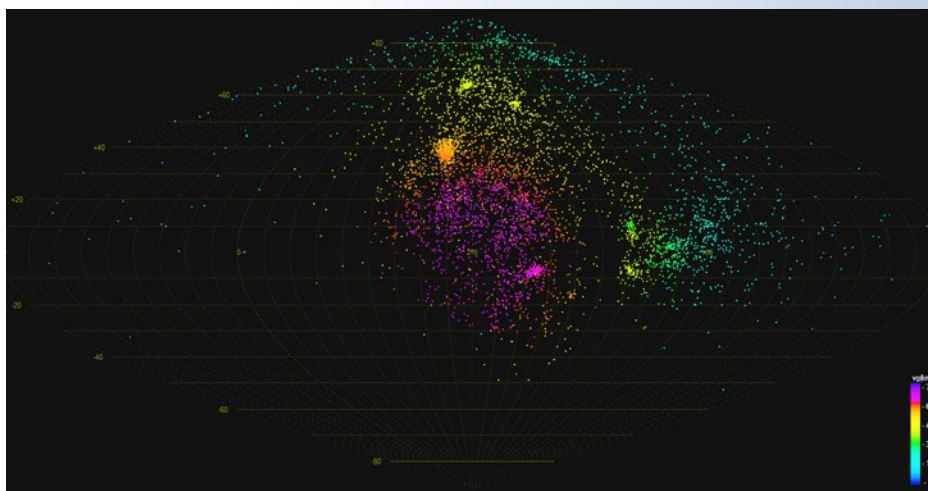
Trajektorie meteorów zarejestrowanych przez PFN w 2014 r. Żółte kreśki przedstawiają meteory. Zielone linie wskazują, przez które kamery zostały zaobserwowane. Większość kamer PFN znajduje się w południowo-wschodniej Polsce, stąd większa koncentracja rejestrowanych zjawisk w tamtym rejonie

leżącego do PFN. Wypożyczający musi jednak zobowiązać się do niezwłocznego zamontowania stacji, prowadzenia ciągłych obserwacji oraz regularnego przysyłania danych. W przeciwnym przypadku sprzęt jest przekazywany kolejnej sobie.

Jeśli nie mamy możliwości prowadzenia obserwacji z miejsca zamieszkania, jest możliwe kontrolowanie stacji zdalnie, o ile jest dostępne połączenie internetowe. Możliwa jest również sytuacja udostępnienia kamery zamontowanej u siebie innemu obserwatorowi, by mógł ją zdalnie obsługiwać. Stacja pozostawiona sama sobie również będzie prowadzić automatyczne obserwacje, ale dostęp do danych będzie utrudniony.

Więcej szczegółów dotyczących PFN ukaże się w kolejnych numerach „Uranii”. Zachęcamy do odwiedzenia strony projektu [www.pkim.org](http://www.pkim.org). Wszystkich chętnych do współpracy z Polską Siecią Bolidową prosimy o kontakt na adres [pkim@pkim.org](mailto:pkim@pkim.org).

Mariusz Wiśniewski



Pozycje radiantów meteorów zarejestrowanych przez PFN w 2014 r. Każda kropka oznacza jedno zjawisko. Kolor reprezentuje prędkość meteoru. Najwolniejsze zostały oznaczone na niebiesko i mają pochodzenie planetoidalne, zielone mają średnie prędkości, najszybsze oznaczone kolorem fioletowym i przyleciały do nas z krańców Układu Słonecznego jak komety. Roje meteorów takie jak Perseidy, Orionidy czy Tauridy widoczne są jako skupiska punktów o podobnych prędkościach