

Zbigniew TYMIŃSKI<sup>1,2</sup>, Przemysław ŻOŁĄDEK<sup>2</sup>, Mariusz WIŚNIEWSKI<sup>2,3</sup>,  
Marcin STOLARZ<sup>2</sup>, Artur JAŚKIEWICZ<sup>2</sup>, Maciej MYSZKIEWICZ<sup>2,4</sup>,  
Marcin P. GAWROŃSKI<sup>2,5</sup>, Tomasz SUCHODOLSKI<sup>2,6</sup>, Krzysztof POLAKOWSKI<sup>2</sup>,  
Paweł ZARĘBA<sup>2</sup>, Arkadiusz OLECH<sup>7</sup> oraz PFN

# Raport z poszukiwań meteorytów w ramach PFN w sezonie 2016/2017

## Report on meteorite field search within PFN in 2016/2017 season

**Abstract:** The Meteorite Section was created in 2010 on demand of Polish Fireball Network (PFN) for the meteorite searching and investigation purposes. The main task of the Section is to find the meteorites dropped from bolides registered by the Polish Fireball Network.

Each year, the PFN registers several meteorite falls within our country and meteorite strewnfield inspections must be carried out at least for the masses of above 300 g estimated with the PyFN software. Only last year the PFN organized several search campaigns. Two of them are presented in the publication.

**Keywords:** meteoroid, bolide, meteorite falls, Polish Fireball Network, meteorite field search

## Wstęp

Polska Sieć Bolidowa (PFN) powstała w 2004 roku jako system kamer video CCTV zdolnych do rejestracji jasnych zjawisk bolidowych, które mogą dawać spadki meteorytów (Olech i in. 2006; Wiśniewski i in. 2017). Obecnie sieć PFN składa się z około 40 stacji wyposażonych w kamery analogowe oraz FullHD, a obserwacje prowadzone są systematycznie każdej nocy. PFN umożliwia wykrywanie nawet najmniejszych bolidów znajdujących się w polu jej obserwacji. Zastosowanie zaawansowanych technik obróbki plików video pozwala na określanie absolutnej jasności meteorów, masy meteoroidów, trajektorii w atmosferze, parametrów orbitalnych, a także na precyzyjne obliczanie miejsc upadków meteorytów (Olech

---

<sup>1</sup> Narodowe Centrum Badań Jądrowych OR POLATOM, Otwock-Świerk;  
e-mail: z.tyminski@polatom.pl

<sup>2</sup> Pracownia Komet i Meteorów, Polska Sieć Bolidowa, ul. Bartycka 18, Warszawa

<sup>3</sup> Główny Urząd Miar, ul. Elektoralna 2, Warszawa

<sup>4</sup> Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego, Al. Ujazdowskie 4, Warszawa

<sup>5</sup> Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK, ul. Grudziądzka 5, Toruń

<sup>6</sup> Centrum Badań Kosmicznych PAN, ul. Bartycka 18A, Warszawa

<sup>7</sup> Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN, ul. Bartycka 18, Warszawa

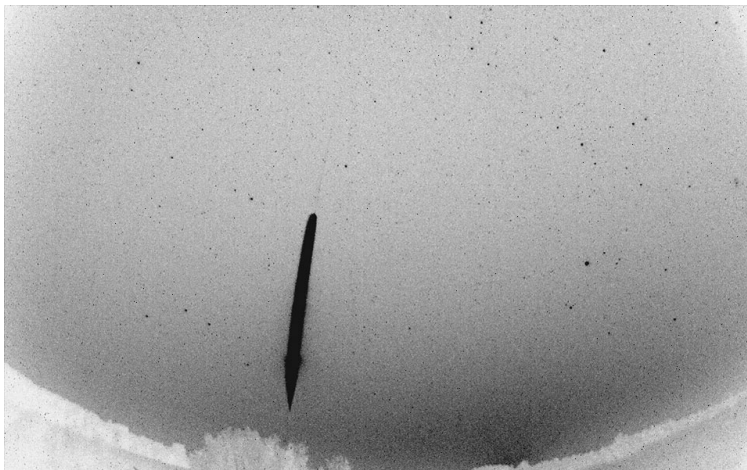
i in. 2017; Żołądek i in. 2015). W tym celu wykorzystujemy aplikację o nazwie PyFN opracowaną przez PKiM za pomocą języka programowania Python, używającą wysoce rozbudowanych modułów naukowych (Żołądek i in. 2012).

Dzięki grantowi NCN (A. Olech, nr 2013/09/ST9/02168) sieć PFN została także wyposażona w spektrografy wysokiej rozdzielczości, dzięki czemu możliwe jest przybliżone określanie składu pierwiastkowego meteoroidów, w szczególności określenie typu meteorytów, które spadły z zaobserwowanych bolidów, co jest istotne przy wyborze metod poszukiwawczych.

W 2010 roku została utworzona Sekcja Meteorytowa PFN, której podstawowym celem jest odnajdywanie meteorytów ze spadków zarejestrowanych przez Polską Sieć Bolidową oraz koordynowanie ich badań i klasyfikacji (Tymiński i in. 2015, 2016). Tylko w zeszłym roku zorganizowanych kampanii poszukiwawczych w ramach PFN odbyło się kilka. Dwie z nich przedstawione zostaną poniżej.

## Przelot Bolidu Piecki i spadek meteorytów pod Reszlem

12 września 2016 roku o godz. 22:44:07 czasu lokalnego w północno-wschodniej Polsce, w regionie warmińsko-mazurskim, pojawił się meteor o jasności  $-8,7$  mag. Zjawisko zostało zarejestrowane przez sześć stacji wideo Polskiej Sieci Bolidowej (PFN) i nadano mu numer PF120916 Piecki. Przelotowi meteoroidu towarzyszyły grzmoty, które zwróciły uwagę mieszkańców przebywających w domach poniżej trajektorii lotu. Dokładna orbita i trajektoria w atmosferze zostały obliczone w oparciu o dane zebrane przez stacje PFN przy wykorzystaniu pomiarów wiatrów dla fazy końcowej lotu. Meteoroid wszedł w atmosferę Ziemi z prędkością  $16,7 \pm 0,3$  km/s i zaczął świecić na wysokości  $81,9 \pm 0,3$  km. Zgaśł na wysokości  $26,0 \pm 0,2$  km przy prędkości  $5,0 \pm 0,3$  km/s, co wyraźnie wskazywało na spadek meteorytów. Obliczono, iż przelot mogły przetrwać fragmenty o masie całkowitej do 15 kg.



**Rys. 1.** Zdjęcie bolidu PF120916 Piecki zarejestrowanego przez stację PFN52 Stary Sielc.

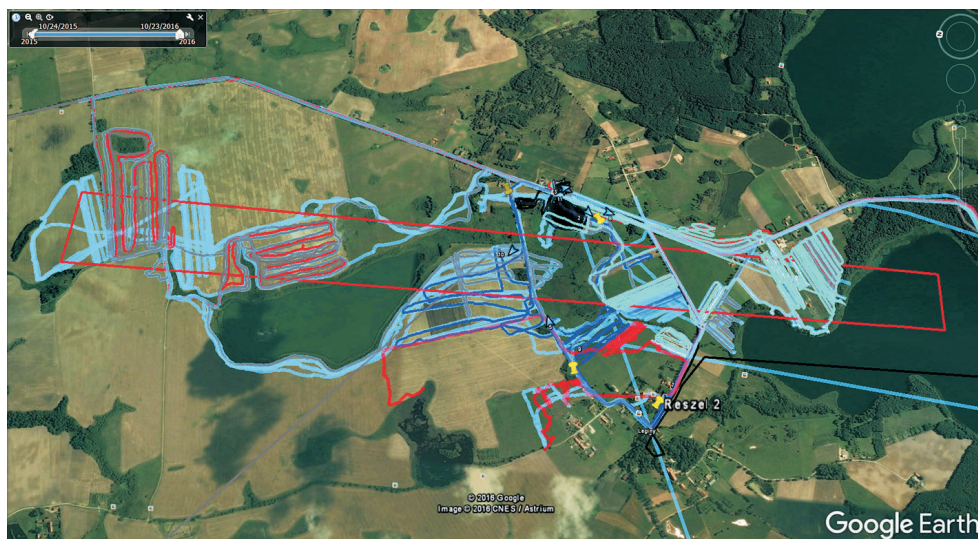
Po zebraniu danych ze wszystkich stacji PFN i uwzględnieniu tych najbardziej precyzyjnych, przeprowadzono analizę wykorzystując program PyFN. Program wyliczył najbardziej prawdopodobne pole spadku wykorzystując oprócz danych video, także dane z balonowych sondowań profili atmosfery w dniu spadku. W rezultacie otrzymano obszar usytuowany w południowo-zachodniej części powiatu kętrzyńskiego, na południe od miasta Reszel (rys. 2). Okolice spadku to mezoregion Pojezierza Mrągowskiego, którego powierzchnia ma charakter falisty, lokalnie pagórkowaty z nachyleniem w kierunku północno-zachodnim. Na powierzchni terenu występuje ciąga pokrywa utworów czwartorzędu. Tamtejsze grunty stanowią pola uprawne, łąki trwale oraz nieużytki. Gmina Reszel leży w Pasie Pojezierzy Bałtyckich na obszarze Pojezierza Mazurskiego nie dziwi więc fakt, że na terenie spadku mamy także jeziora – na południu pole spadku zamyka jezioro Lejgińskie, a pośrodku, w obszarze mas ok. 5 kg, znajduje się Jezioro Kławój.



**Rys. 2.** Wyliczone pole spadku meteorytów pod Reszlem. Ciemnymi kółkami zaznaczono poglądowo miejsca impaktów meteorytów o wadze 15, 5 i 2 kg, zaznaczono również oś przelotu bolidu z południa na północ.

## Poszukiwania meteorytów pod Reszlem

Cztery dni po przelocie bolidu PF120916 Piecki zorganizowano pierwszą ekspedycję poszukiwawczą w obszar przewidywanego spadku meteorytów, koordynowaną przez Sekcję Meteorytową Pracowni Komet i Meteorów. Celem wyprawy było rozpoznanie terenu spadku, szybkie przeszukanie obszaru w najbardziej obiec-



Rys. 3. Poglądowa mapka pola spadku meteorytów z zapisem śladów w urządzeniach GPS.

jących lokalizacjach, jak również przeprowadzenie wywiadu z mieszkańcami. Z rekonosansu na miejscu dowiedzieliśmy się, iż przelotowi meteoroidu towarzyszyły grzmoty – dwoje mieszkańców miejscowości Leginy, którzy przebywali w domach poniżej trajektorii lotu usłyszało charakterystyczny grzmot w tym czasie. Niestety nie udało się dotrzeć do wizualnych świadków tego zjawiska, ani odnaleźć zalegających w pobliżu meteorytów. Jako, że spadek nastąpił jesienią, część pól uprawnych była już zaorana, a gleba stanowiąca urodzajny czarnoziem uniemożliwiła rozpoznanie zalegających na niej meteorytów.

W latach 2016–2017, zorganizowano w obszarze spadku pięć kampanii poszukiwawczych angażując także szersze grono obserwatorów z PFN oraz wolontariuszy. Działania te jednak nie przyniosły pożądaných rezultatów. Kolejne wyprawy poszukiwacze, podejmowane także przez prywatne osoby (przeważnie współpracujące z PFN) obejmowały coraz to nowe lokalizacje, także obszary spadku małych mas. Niestety relatywnie rozległy i miejscami trudny teren nie pozwolił na dokładne jego przeszukanie. W zorganizowanych przez PFN kampaniach poszukiwawczych uczestniczyło ponad 20 osób, które w sumie pokonały ok. 1500 km. Tereny wskazane przez obliczenia jako najbardziej obiecujące nie zostały przeszukane z powodu trudnego dostępu (mokradła). W obszarze najbardziej prawdopodobnego spadku średnich mas (ok. 5 kg) znajduje się porośnięte bujną roślinnością bagno, a dalej na północ wspomniane jezioro Kławój. Jeżeli meteoryty spadły w tej części wyznaczonego obszaru to nikłe są szanse na ich odnalezienie.

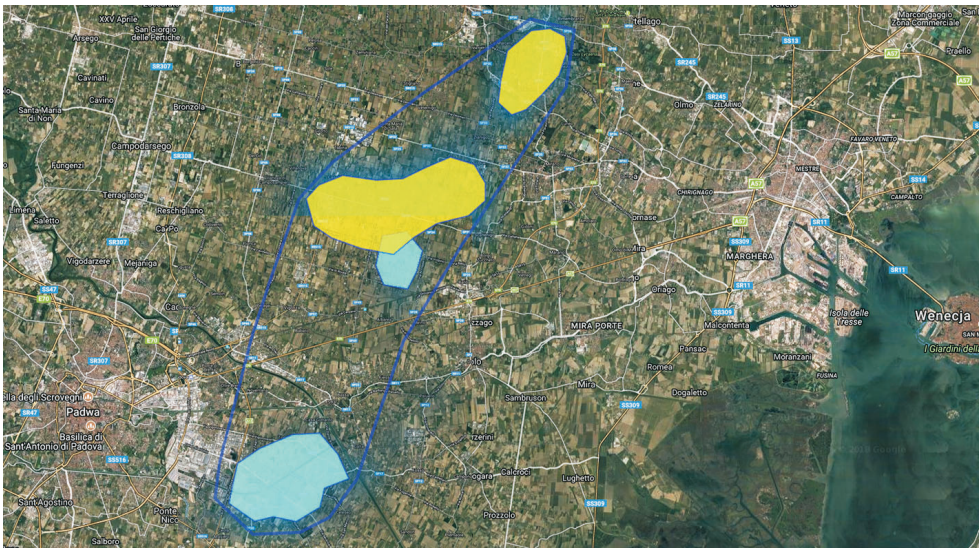
## Bolid Wenecja – poszukiwania we Włoszech

30 maja 2017 r. o godz. 21:09:22 UTC nad północnymi Włochami został zaobserwowany ogromny bolid. Meteoroid, który przybył do atmosfery z bardzo małą

prędkością poruszał się podobnie jak bolid Piecki, z południa na północ, ze średnim azymutem wynoszącym 190 stopni. Bolid zaczął świecić na wysokości 99 km i rejestrowany był aż do wysokości ok. 22 km. Przelot trwał kilka sekund, a jego barwa zmieniała się od zielonej po pomarańczową, po czym bolid wszedł w tzw. *dark flight*. Niektórzy świadkowie z rejonów Emilia Romagna i Veneto donosili o efektach dźwiękowych i wybuchach, co mogło świadczyć o spadku meteorytów w okolicy. Kilka stacji z włoskiej sieci bolidowej IMG (ang. *Italian Meteor Group*, odpowiednik polskiego PFN) zarejestrowało zjawisko. Na podstawie pomiarów pozycyjnych można było uzyskać dobre dane astrometryczne, a także oszacować rzeczywistą trajektorię ciała. Biorąc pod uwagę liczne rozbłyski od razu założono, iż obszar rozrzutu ewentualnych meteorytów jest stosunkowo duży (Stomeo 2017). Analizy dostępnych w Internecie danych przeprowadzone w PFN (Stolarz 2017) pozwoliły wyznaczyć prawdopodobne pole rozrzutu meteorytów (rys. 4). Wynik ten został potwierdzony przez analityków sieci bolidowej IMG.

W obszarze spadku prowadzone były rekonesanse przez co najmniej dwie grupy poszukiwawcze – włoską i polską, jednak jak dotąd nie przyniosły one pozytywnych rezultatów w postaci znalezionych meteorytów. Miejsca przeszukiwane przez polską ekipę znajdowały się w okolicach obszarów zaznaczonych na mapce poniżej (rys. 4). Południowa i środkowa część pola spadku to teren płaski pocięty kanałami melioracyjnymi. Obszar stricte rolniczy, na którym uprawiane były głównie rośliny długo wegetujące. Część północna natomiast jest silnie zurbanizowana, to teren miasteczka Salzano.

Na rok 2018 zaplanowana jest wspólna polsko-włoska wyprawa poszukiwawcza.



**Rys. 4.** Poglądowa mapka pola spadku pod Wenecją z zaznaczonymi obszarami potencjalnych impaktów meteorytów (bolid z dnia 30.05.2017).

## Podsumowanie

Od utworzenia Sekcji Meteorytowej w PKiM w 2010 roku systematycznie odbywają się wyprawy poszukiwawcze zarówno w kraju jak i za granicą. Niestety do tej pory Sekcji Meteorytowej nie udało się odnaleźć meteorytu pochodzącego z bolidu zarejestrowanego wcześniej przez PFN. Jednym z powodów może być mała liczba osób należących do Sekcji. Od 2017 roku zaczęto realizować plan rekrutowania wolontariuszy zainteresowanych poszukiwaniami meteorytów. Jak dotąd ogłoszenia pojawiały się przy okazji poszukiwań prowadzonych w ramach PFN, głównie na oficjalnym Forum PTMet (<http://www.meteorytomania.info>), na które odpowiadało spore grono miłośników meteorytów.

Serdecznie namawiamy i zapraszamy wolontariuszy na wspólne poszukiwania.

## Podziękowania

Podziękowania należą się wszystkim członkom PKiM, którzy codzienną pracą przyczyniają się do rozwoju PFN, do opracowywania spadków meteorytów, jak również pomagają w ich poszukiwaniach.

Na ogromne podziękowania zasługują również wolontariusze, w szczególności: Jacek Drażkowski, Marcin Hajwos, Piotr Kosiński, Janusz Kosmowski, Andrzej Owczarzak, Maciej Siekierski i Tomasz Walesiak.

## Literatura

- Olech A., Żołądek P., Wiśniewski M. et al., 2006, *Polish Fireball Network*, Proceedings of the International Meteor Conference, Oostmalle, Belgium, s. 53–62.
- Olech A., Żołądek P., Tymiński Z., Stolarz M., Wiśniewski M., Bęben M., Lewandowski T., Polak K., Raj A., Zareba P., 2017, *PF120916 Piecki fireball and Reszel meteorite fall*, Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso, 47, s. 19–28.
- Olech A., Żołądek P., Tymiński Z. et al., 2017, *Small telescopes of Polish Fireball Network*, wysłane do recenzji.
- Stomeo E., 2017, *Fireball of 30 May 2017 over NE Italy – Preliminary results*, Meteor News, <http://meteornews.org/fireball-30-may-2017-ne-italy-preliminary-results/>
- Stolarz M., 2017, *Raport z grantu NCN „Polska Sieć Bolidowa”*, w przygotowaniu do opublikowania.
- Tymiński Z., Stolarz M., Żołądek P., Wiśniewski M., Olech A., Kubalczak T., Zareba P., Myszkiewicz M., Polakowski K., Kosiński J.W., 2015, *Meteorite search campaigns of the Polish Fireball Network*, Proceedings of the IMC-2015, Mistelbach, Austria, 2, s. 143–146.
- Tymiński Z., Stolarz M., Żołądek P., Wiśniewski M., Olech A., 2016, *Rediscovery of Polish meteorites*, Proceedings of the IMC, Egmond, the Netherlands, 2–5 June 2016, s. 289–301.
- Wiśniewski M. et al., 2017, *Current status of Polish Fireball Network*, Planetary and Space Science, 143, s. 12–20.
- Żołądek P., 2012, *PyFN – multipurpose meteor software*, Proceedings of the International Meteor Conference, Sibiu, Romania, 15-18 September, 2011, s. 53–55.
- Żołądek P., Wiśniewski M., Olech A., Tymiński Z., Stolarz M., 2015, *Recent fireballs registered by the Polish Fireball Network*, Proceedings of the IMC-2015, Mistelbach, Austria, 1, s. 58–60.