

Wiesław CZAJKA¹

OBRAZ HIPOTETYCZNEJ TRAJEKTORII
TABARZ – PRZEŁAZY – MORASKO – JANKOWO DOLNE
NA GEODEZYJNEJ POWIERZCHNI ODNIESIENIA.
THE PICTURE OF THE HYPOTHETIC TRAJECTORY
TABARZ – PRZEŁAZY – MORASKO – JANKOWO DOLNE
ON THE EARTH'S ELLIPSOID.

Abstract: The article shows results of geodetic analysis of Bartoschewitz's and Karwowski's thesis on the hypothetical trajectory Tabarz – Przelazy (Seeläsgen) – Morasko – Jankowo Dolne (Bartoschewitz 2001, Karwowski 2004). Sites of find meteorites supported by calculation of distances, azimuths, elevations and other parameters. Result suggests it was the largest meteorite showers in Europe.

Key words: meteorite, Tabarz, Przelazy (Seeläsgen), Morasko, Jankowo Dolne

WSTĘP

Praca powstała pod wpływem referatu prof. Łukasza Karwowskiego „Jankowo Dolne – nowy, żelazny, polski meteoryt” wygłoszony na III Konferencji Meteorytowej w Poznaniu we wrześniu 2004 r. W podsumowaniu referatu rozszerzono tezę Bartoschewitz'a z 2001 r. o możliwej elipsie spadku Tabarz – Przelazy – Morasko poprzez włączenie do niej Jankowa Dolnego. W referacie postawiono sobie za cel wyznaczenie parametrów geodezyjnych tej hipotetycznej trajektorii. Pod pojęciem parametrów geodezyjnych należy rozumieć azymuty, odległości, poprawki do nich uwzględniające czas przelotu, oszacowanie przedziału wysokości lotu i kąta wejścia w atmosferę. W obliczeniach pominięto dynamiczne aspekty lotu.

OKREŚLENIE POZYCJI POSZCZEGÓLNYCH REJONÓW

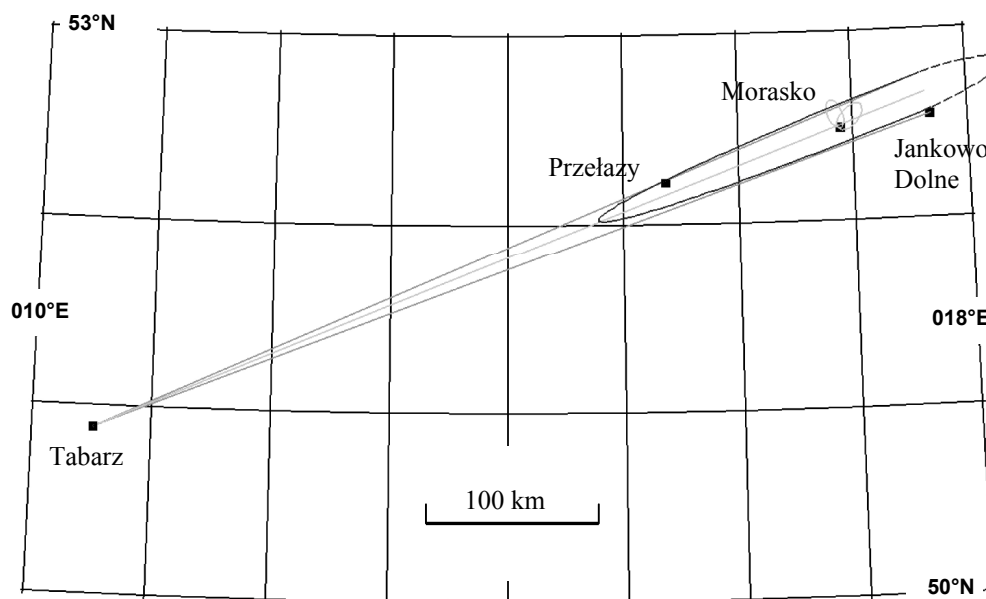
Do wykonania obliczeń należało przyjąć dla każdego z rejonów reprezentatywną pozycję na podstawie rejestrowanych miejsc spadku, bądź literatury.

Tabarz - Jako miejsce spadku przyjęto pozycję miejscowości Tabarz, którą

¹ Firma Vanellus, Wiesław Czajka, ul. Powsińska 66 m.12, 02-903 Warszawa
vanellus@vanellus.com.pl

pozyskano z internetu. z dokładnością 1'. Przyjęcie skrajnych wartości pozycji ($\pm 1'$) nie zmienia w sposób znaczący wyników obliczeń.

Przełazy - Podstawą wyznaczenia pozycji do obliczeń z rejonu Przełazów jest literatura podająca, jakoby meteoryt Seeläsgen (Przełazy) został znaleziony podczas kopania rowu na głębokości 6-7 łokci. Ponadto notowane są znaleziska meteorytów po wschodniej stronie jeziora Niesłysz w otoczeniu drogi do Wilkowa. Analizując dane kartograficzne i rzeźbę terenu na tym obszarze wyznaczono miejsce potencjalnego znalezienia meteorytu Seeläsgen. Wytypowany obszar to najbliższy większy kompleks łąk i pastwisk w pobliżu Przełazów. Należy dodać, że okolice Przełazów zasobne są w lasy i grunty orne, dla praktycznej działalności rolniczej brakuje natomiast łąk. Wydaje się, że kopanie dość głębokiego rowu mogło odbywać się jedynie w celu odwodnienia znaczącego obszaru łąk. Wskazany obszar wydaje się najbardziej prawdopodobny z tego punktu widzenia. Pozostałe miejsca znalezisk nie wpływają na dalsze wyniki obliczeń (nie zwiększają i nie zmniejszają elipsy).



Rys.1 Obraz linii Tabarz – Przełazy – Morasko – Jankowo Dolne. W rejonie Moraska naniesiono elipsy Pokrzywnickiego i Kuźmińskiego (Socha 2004).

Morasko - Pozycję Moraska oszacowano na podstawie mapy Bartoschewitz'a, przyjmując centrum znalezisk meteorytów za miejsce do analizy. Nie pokrywa się on z kraterami Moraska, nie mniej pozycja kraterów również nie wpływa na wyliczane parametry.

Jankowo Dolne - Współrzędne określono na podstawie danych dostarczonych przez prof. Łukasza Karwowskiego.

Przyjęte współrzędne przedstawiono w tab.1

Tab.1 Wykaz pozycji przyjętych do obliczeń dla poszczególnych rejonów spadków

| | Długość geograficzna | Szerokość geograficzna |
|---------------|----------------------|------------------------|
| Tabarz | 010°31'00"E | 50°53'00"N |
| Przełazy | 015°21'54"E | 52°13'17"N |
| Morasko | 016°53'45"E | 52°29'27"N |
| Jankowo Dolne | 017°40'45"E | 52°32'45"N |

Na podstawie danych z tab.1 dokonano obliczeń azymutów i odległości geodezyjnych oraz różnic współrzędnych geograficznych. Obliczenia przeprowadzono dla parametrów geometrycznych elipsoidy WGS 84. Obliczenia azymutów i odległości geodezyjnych wykonano wzorami Clarke'a. Wzory te stosuje się do przeniesień współrzędnych geodezyjnych do ok. 200 km. Nie mniej dla naszych rozważań (ok. 500 km) dają one również dobre rezultaty. Uzyskane wyniki zamieszczono w tab.2.

Tab.2 Pierwsze wyliczenie azymutów i odległości geodezyjnych.

| Trasa | Odległość geodezyjna [km] | Azymut | Różnica długości geograficznych | Różnica szerokości geograficznych |
|--------------------------|---|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Tabarz - Przełazy | 367,4 | 064°18'41" | 4°50'54" | 1°20'17" |
| Tabarz - Morasko | 475,5 | 065°31'43" | 6°22'45" | 1°36'27" |
| Tabarz – Jankowo Dolne | 527,8 | 066°48'18" | 7°09'45" | 1°39'45" |
| | Kąt rozwarcia pomiędzy azymutami, azymut dwusiecznej z notowanych znalezisk | 2°29'30" 65°33'26" | | |
| Przełazy - Morasko | 108,5 | 073°24'27" | 1°31'51" | 0°16'00" |
| Przełazy – Jankowo Dolne | 161,6 | 076°13'06" | 2°18'51" | 0°19'28" |
| | Kąt rozwarcia pomiędzy azymutami | Bez znaczenia | | |
| Morasko – Jankowo Dolne | 53,5 | 083°08'45" | 0°47'00" | 0°03'18" |

Przyjęto, że uzyskane wyniki są obrazem końcowej fazy ruchu tego samego rozrzutu w połączeniu z ruchem wirowym Ziemi. Rozrzut utworzył **pęk trajektorii**. Pęk trajektorii to ślady ruchu, na który miały wpływ właściwości aerodynamiczne:

1. Obiektów (właściwości mechaniczne ciała, kształt),
2. Atmosfery (gradient gęstości, kąt pomiędzy kierunkiem gradientu gęstości a wektorem pola ciężkościowego).

Dane z tab.2 posłużyły do oszacowania geometrycznych cech pęku trajektorii, w referacie nazwanego zamiennie stożkiem rozrzutu.

POPRAWKA NA CZAS PRZELOTU

Najistotniejszym elementem korygującym orientację przestrzenną omawianego

pęku trajektorii jest poprawka związana z czasem przelotu. Ilustruje ona obraz miejsc spadku jaki powstałby, gdyby nie było ruchu wirowego Ziemi. Oszacowanie tej poprawki orientuje nam oś stożka rozrzutu, czyli wyznacza kierunek z jakiego nadleciał bolid. Umożliwia również odpowiedź na pytanie, czy wpływ czasu przelotu jest istotny na korektę trajektorii w przedstawionym przypadku.

Przyjmując minimalną prędkość przelotu obiektu i odległość pomiędzy najdalszymi miejscami znalezisk, oszacowano maksymalny obrót Ziemi za czas przelotu.

Minimalna prędkość przelotu to taka, która umożliwi dojazd fragmentów bolidu na odcinku pomiędzy skrajnymi miejscami znalezisk, ze względu na warunki aerodynamiczne, obiekt nie zdeintegruje się lub przejdzie do swobodnego spadku. W wyniku tej poprawki wyznacza się ekstremalne azymuty torów.

Przyjmując minimalną średnią prędkość przelotu na 5 km/sec i biorąc pod uwagę odległość pomiędzy Tabarzem a Jankowem Dolnym (530 km) otrzymujemy czas przelotu 106 sec. Odpowiada to obrotowi 26,5', co dla rozpatrywanych szerokości nie przekracza 30 km w długości geograficznej. Ze względu na zależność pomiędzy czasem a poprawianą odległością oszacowanie przebiegało przy pomocy kolejnych iteracji. Ostateczne wyniki umieszczono w tab.3.

Tab 3. Zestawienie odległości i azymutów, jakie byłyby odnotowane, gdyby Ziemia nie pozostawała w ruchu wirowym (dla średniej prędkości przelotu 5 km/sec)

| Trasa | Odległość geodezyjna [km] | Azymut |
|------------------------|--|-----------------------|
| Tabarz - Przelazy | 388,0 | 065°31'26" |
| Tabarz - Morasko | 502,4 | 066°36'18" |
| Tabarz - Jankowo Dolne | 558,0 | 067°46'44" |
| | Poprawiony kąt rozwarcia pomiędzy azymutami, Azymut wejścia z danych poprawionych o maksymalny czas przelotu | 2°15'18" 66°39'05" |

W wyniku obliczeń otrzymano minimalny kąt rozwarcia stożka rozrzutu. Wykorzystany on będzie do wyznaczenia minimalnej wysokości przelotu.

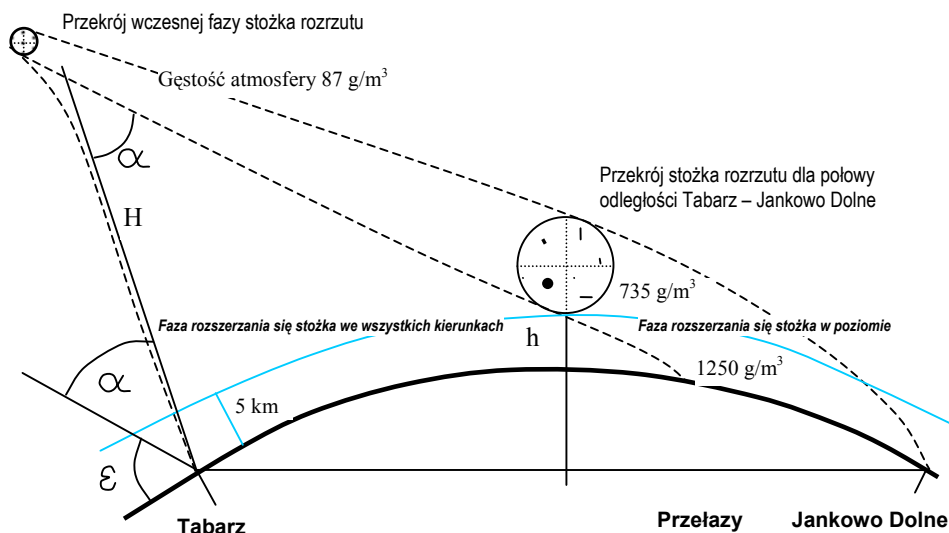
MINIMALNA WYSOKOŚĆ PRZELOTU

Wyliczony kąt rozwarcia stożka wykorzystano do oszacowania minimalnej wysokości przelotu między Tabarzem a Jankowem Dolnym. Oszacowanie to wykonać warto dla połowy odległości pomiędzy skrajnymi miejscami znaleziskami (ok.250km), dzięki czemu łatwiej interpretuje się zjawiska, obciążone wpływem zakrzywienia Ziemi. Dla uproszczenia analizowane są jedynie geometryczne aspekty torów. Wartości te dają wyobrażenie i pierwsze przybliżenie wysokości na jakiej musiał znajdować się bolid, aby mógł dolecieć do następnych notowanych miejsc spadku.

Za maksymalną wysokość przelotu przyjęto wysokość na jakiej znajdował się obiekt, aby mógł dolecieć do miejsca znalezienia meteorytów (wartość $H=19,7$ km na rys.2). Dla minimalnej średniej prędkości faza końcowa spadku przechodzi w rzut poziomy, zaś dla prędkości do 70 km/sec jest to prawie prosta.

W celu opisu zjawiska przyjęto dwie fazy lotu.

1. Faza rozszerzania się stożka rozrzutu we wszystkich kierunkach, jako skutek systematycznego wzrostu gęstości atmosfery (ośrodek napotyka opór czołowy wyzwalając energię w kierunku poprzecznym). W tej fazie pominięto wpływ grawitacji. W opisywanym modelu tę fazę zakończono w połowie odległości Tabarz – Jankowo Dolne, na wysokości ok. 5 km (odstęp pomiędzy powierzchnią odniesienia a płaszczyzną horyzontu Jankowa Dolnego – „h” na rys.2). Na wysokości tej można dopiero nanieść przekrój stożka rozrzutu o promieniu równym poziomemu kątowi stożka rozrzutu, wyliczonym z obserwowanych azymutów dla połowy odległości Tabarz – Jankowo Dolne.
2. Faza rozszerzania się stożka rozrzutu w poziomie, jako skutek oporu powietrza, na tyle spowalniającego prędkość, że oddziaływania grawitacji są istotne. Rozszerzanie się stożka w kierunku wektora pola ciężkości Ziemi zanika. Gęstość atmosfery jest na tyle duża, że siła oporu przekracza wartości krytyczne naprężeń co kończy się może wybuchem niektórych fragmentów.



Rys. 2 Model przelotu rozpadającego się bolidu.

WYNIKI

| | |
|--|------------|
| Azymut wejścia z poprawki na maksymalny czas przelotu | 66,651° |
| Azymut wejścia z miejsc spadku | 65,558° |
| Minimalny kąt stożka rozrzutu z poprawki na maksymalny czas przelotu | 2,225° |
| Maksymalny kąt stożka rozrzutu z miejsc spadku | 2,494° |
| Promień strefy rozrzutu dla rejonu Moraska | 10,4 km |
| Minimalna wysokość stożka rozrzutu nad Tabarz | 19,7 km |
| Minimalny przedział wysokości stożka rozrzutu dla połowy odległości Tabarz – Jankowo Dolne | 4,7-9,7 km |
| Graniczny (największy geometryczny) kąt wejścia nad Tabarz (kąt epsilon na rys.2) | 4,492° |

Czas maksymalny (prędkość średnia 5 km/sec)
Czas minimalny (prędkość 70 km/sec)

110 sec
7,5 sec

PODSUMOWANIE

O ile skład mineralogiczny meteorytów Tabarz, Seeläsgen (Przełazy), Morasko i Jankowa Dolnego nie wyklucza się wzajemnie, to wyznaczone powyższe wartości parametrów geometrycznych pęku trajektorii rozpadającego się bolidu są realne. Ponadto nie przeczą one również, prawie pionowym spadkom poszczególnych części bolidu, w wyniku wytracenia energii i zmianie wektorów prędkości, spowodowanych ich wybuchem (Socha 2004). Wątpliwa pozostaje sugestia, jakoby część fragmentów spadła na lód w rozumieniu aktywnego lądolodu, czego wynikiem byłoby ich deponowanie w określonych miejscach moren czołowych. (Socha, Pilski 2004). Znajdowanie meteorytów w określonych miejscach (na morenach) jest naturalne, gdyż akurat te obszary poddane są ciągłej penetracji ludzkiej w wyniku działalności rolniczej. Znaleźsk z obszarów podmokłych i łąkowych jest zdecydowanie mniej, raz: ze względu na ich głębsze zaleganie (przenikanie w grunt słaby), dwa: zdecydowanie mniejszą dostępność tych obszarów. Znamienny jest tu przykład rejonu Przełazów, gdzie znaleziono meteoryt dość głęboko, prawdopodobnie podczas kopania rowu odwadniającego w osadach terasy pradolinnej (?) i gdzie meteority znaleziono płytko, po przeciwnej stronie jeziora Nielysz, w osadach akumulacji glacialnej. Bez względu na rodzaj gruntu, jest raczej pewne, że większe fragmenty zalegają głębiej, poza zasięgiem penetracji związanej z działalnością rolniczą, a nawet penetracją elektroniczną. Być może dlatego znajdujemy raczej niewielkie fragmenty meteorytów (Przełazy, Morasko), większe trzeba wykopać (Morasko, Seeläsgen).

Ocenia się, że gęstość powietrza przy powierzchni Ziemi wynosi w umiarkowanych szerokościach geograficznych ok. 1250 g/m^3 , na wysokości 5 km – 735 g/m^3 , na wysokości 20 km – 87 g/m^3 , a na wysokości 500 km – tylko $1 \cdot 10^{-9} \text{ g/m}^3$. Geometryczne wyliczenia potwierdzają, że jest możliwe i prawdopodobne, że cały dramat rozegrał się na wysokości pomiędzy 20 – 5 km od powierzchni Ziemi, zgodnie z gwałtowną zmianą gęstości ośrodka w tej strefie, przy małym kącie wejścia w atmosferę.

Przypuszczenie Bartoszewicz'a i Karwowskiego dość nieoczekiwanie połączyło również elipsy Pokrzywnickiego, Kuźminskiego, Sochy (Socha 2004) (patrz rys.1). Zwiększenie stężenia pyłu kosmicznego notowane na północ od Poznania może być właśnie skutkiem prawie płaskiego wejścia bolidu w atmosferę, dezintegrującego materię do tej postaci.

Podjęty temat wyznaczenia geometrycznych parametrów zjawiska wymaga ponownej, gruntownej dyskusji z uwzględnieniem, także dynamicznych aspektów ruchu.

LITERATURA

- BARTOSCHEWITZ R., SPETTEL B., 2001: Tabarz – A Fragment of the Morasko Strewn Field? *Meteoritics and Planetary Science*, 36, A15-A16
KARWOWSKI Ł., 2004: Jankowo Dolne – nowy, żelazny, polski meteoryt. Streszczenia referatów III Konferencji Meteorytowej, Poznań
PILSKI A.S., 2004, A nie mówiłem? *Meteoryt* 4 (52)
SOCHA K., 2004, Morasko – inne spojrzenie. *Meteoryt* 1 (49)
SOCHA K., 2004, Poszukiwania elipsy spadku meteorytu Morasko. Streszczenia referatów III Konferencji Meteorytowej, Poznań