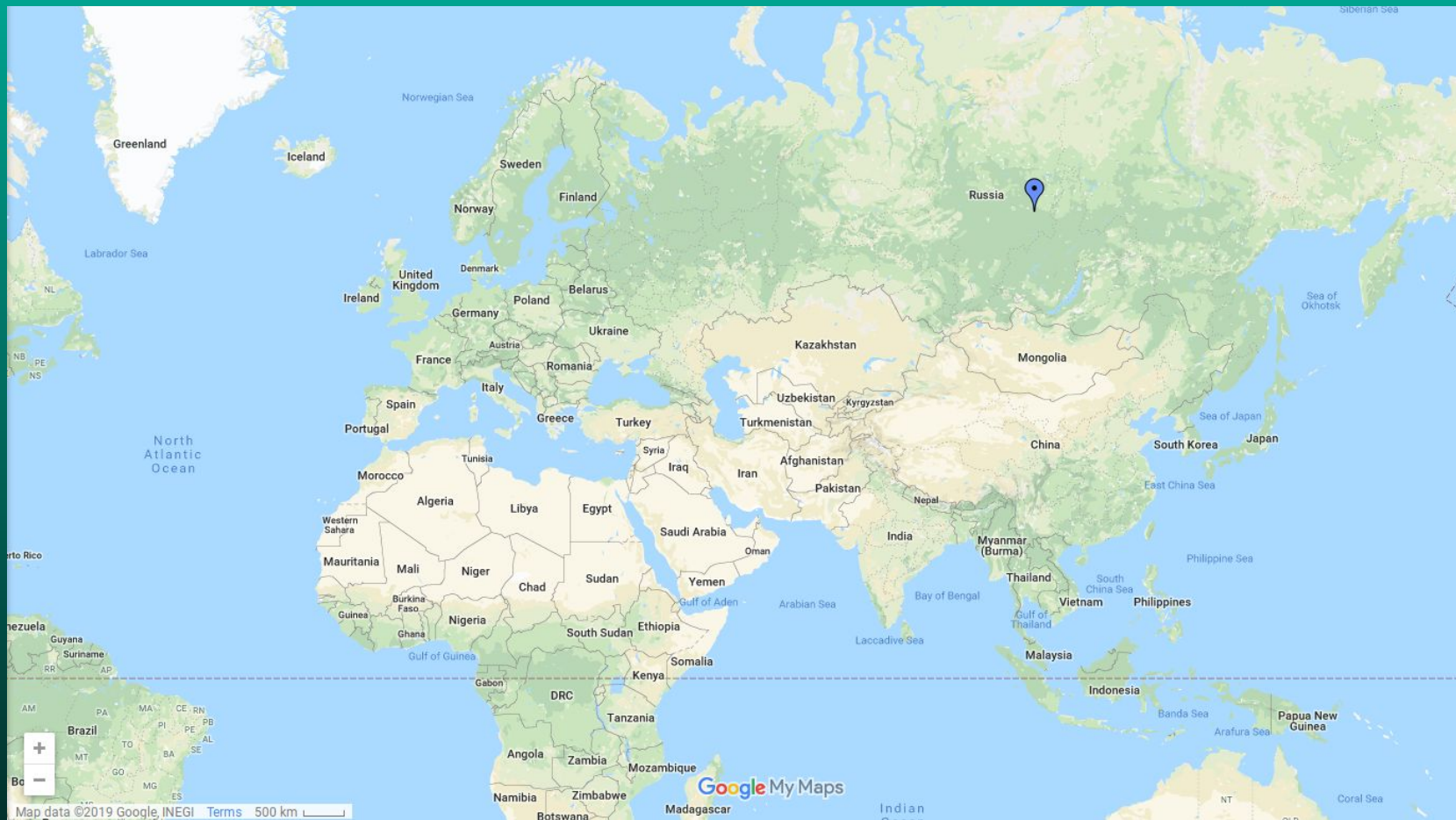


Czy to był bolid?

Projekt studencki pod kierownictwem prof. dr. hab. Marka Grada
Helena Ciechowska, Aleksandra Fronczak, Maciej Karasewicz, Klaudia Mocek,
Mikołaj Zawadzki

Katastrofa Tunguska

30 czerwca 1908





(Fot. Getty Images/FPM)

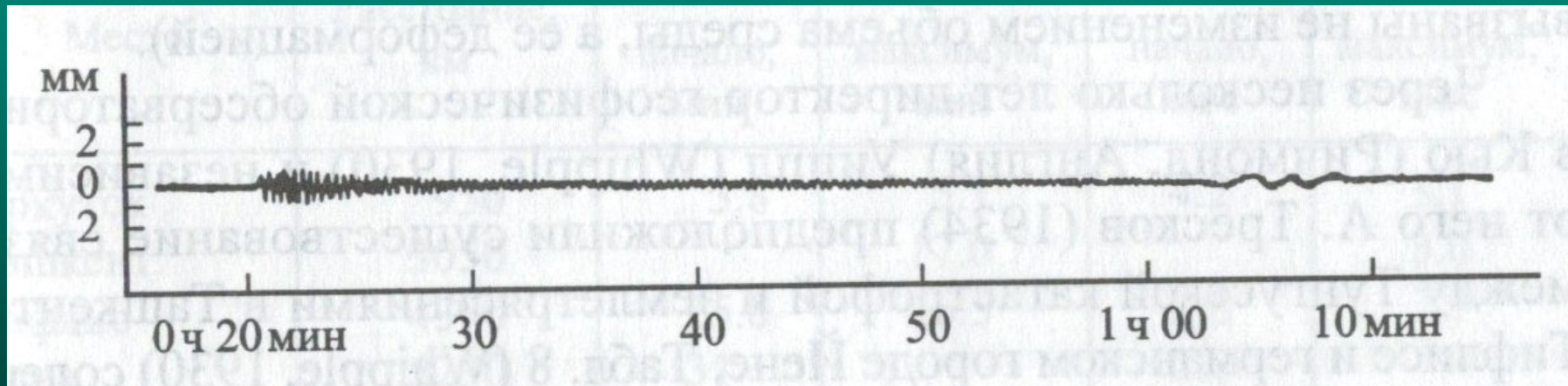
(Źródło: ststworld.com)





Zapis sejsmiczny ze stacji Irkutsk

.....



sejsmogram z zapisem Katastrofy Tunguskiej, O.G. Gladyshev, *Katastrofa Tunguska: szczegóły układanki* s.183 ISBN 978-5-02-025530-2

Meteor Czelabiński

15 lutego 2013

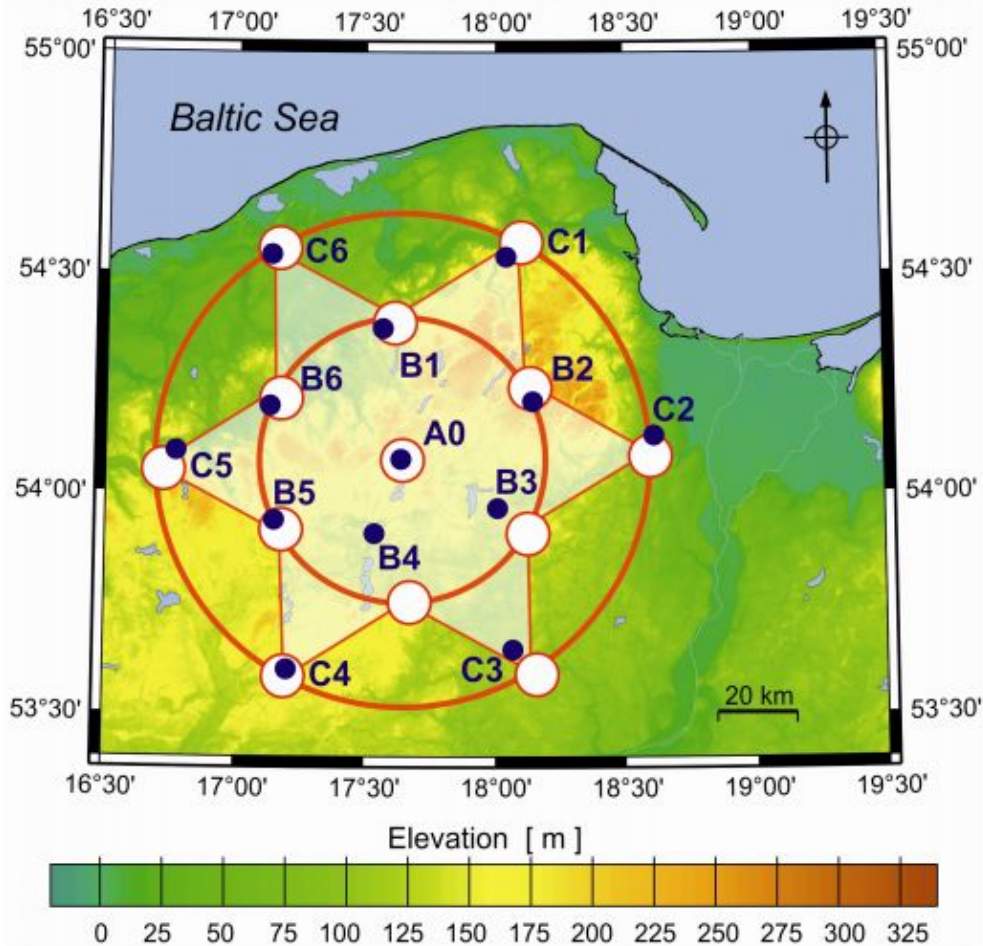


Źródło: nasa.gov, fot. Alex Alishevskikh

13 BB Star

2013 - 2016

Pasywny eksperyment sejsmiczny

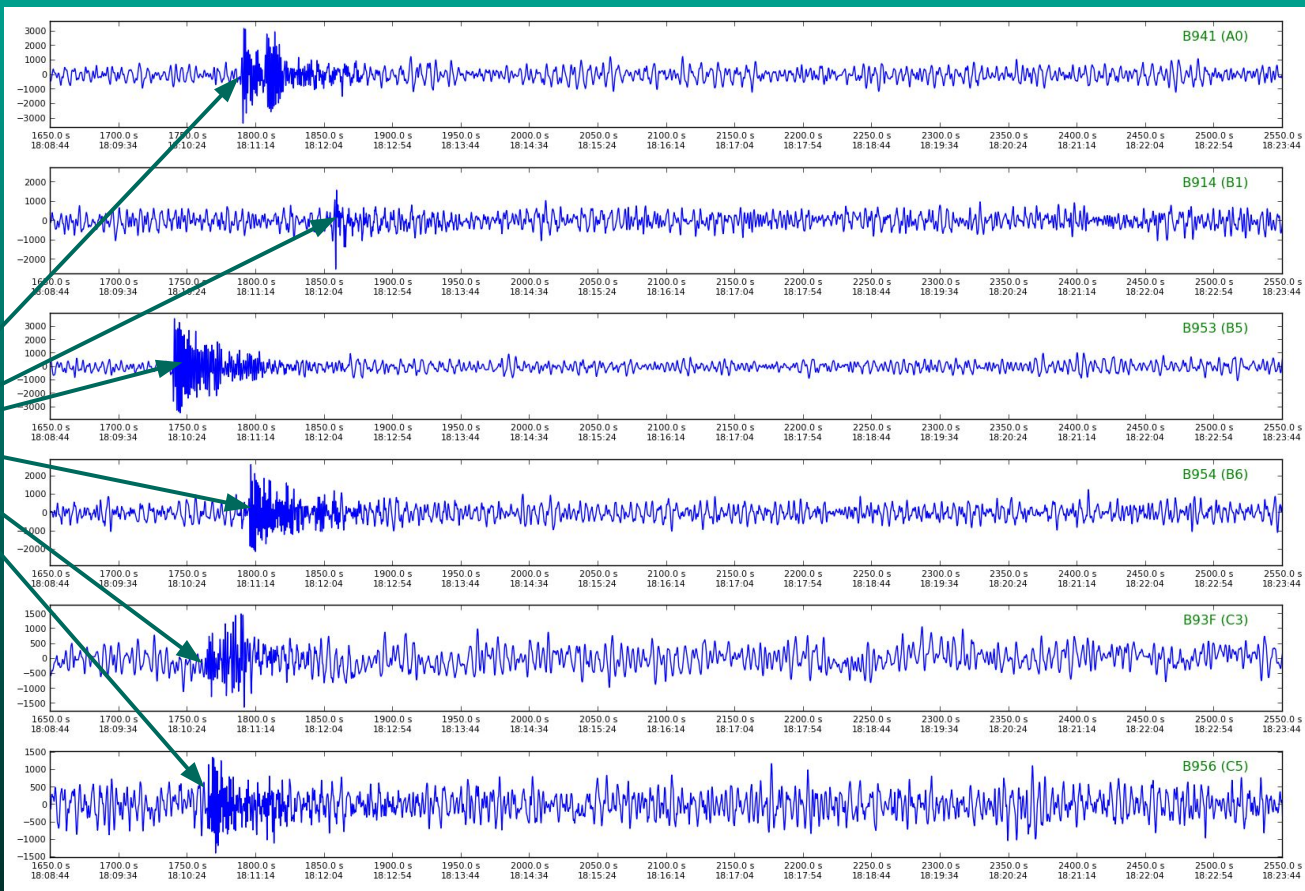


czzerwone okęgi: zaplanowane
rozmieszczenie stacji

granatowe punkty: finalna
lokalizacja stacji sejsmologicznych
(A0, B1-B6, C1-C6)

Źródło: Marek Grad, Marcin Polkowski, Monika Wilde-Piórko, Jerzy Suchocki, Tadeusz Arant. *Passive Seismic Experiment „13 BB Star” in the Margin of the East European Craton, Northern Poland*, De Gruyter Open, 2015.

Eksplozija



W tym samym czasie

.....



crazynauka.pl

Model 2D

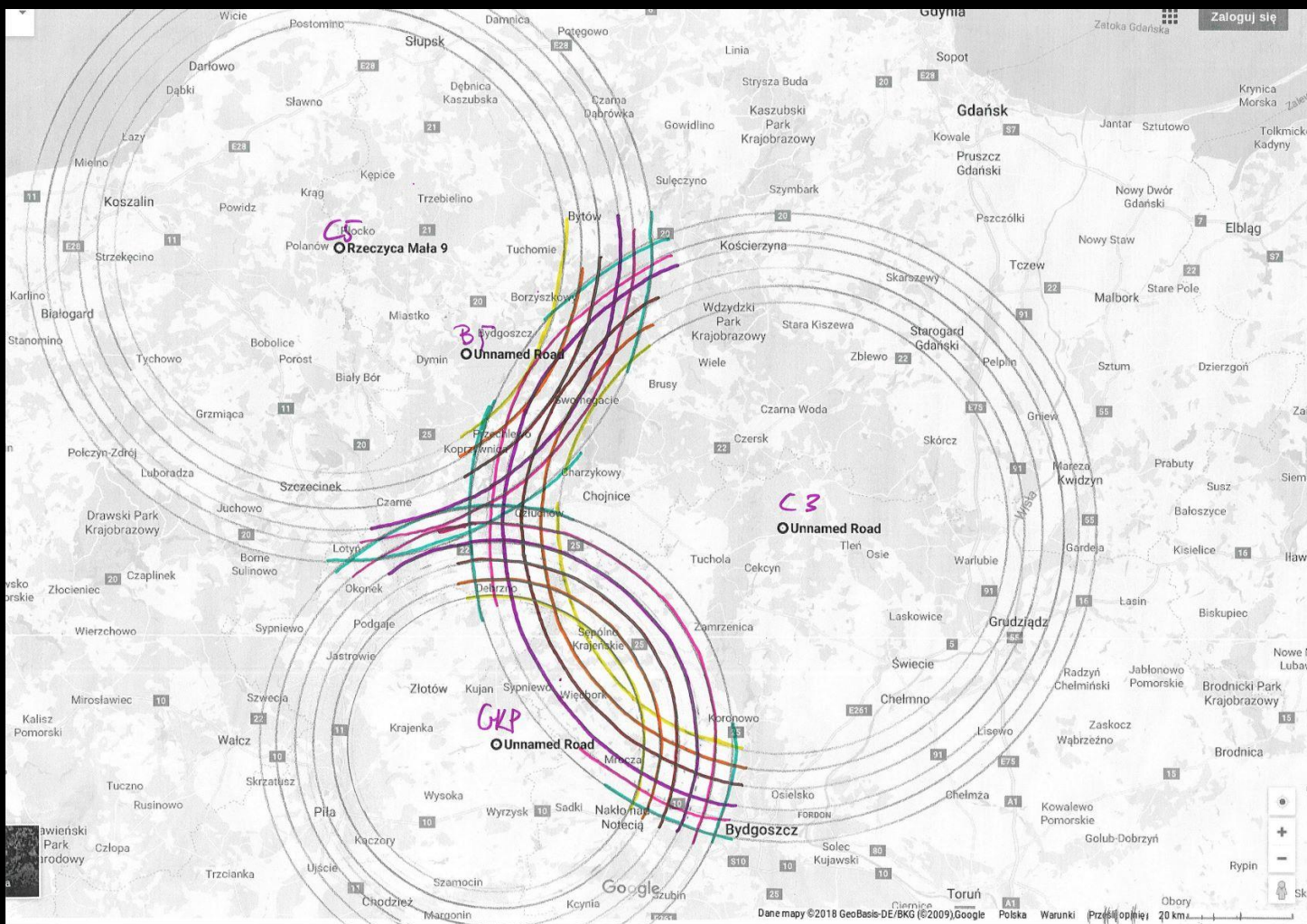
Układ kartezjański

Wyznaczanie promienia r okręgów

$$r = d \cdot v$$

d - różnica czasu wybuchu i czasu zarejestrowania fali
dźwiękowej

v - stała prędkość dźwięku w powietrzu



GPK:

r1 = 28,31 km (18:08:32)

r2 = 31,64 km (18:08:22)

r3 = 34,97 km (18:08:12)

r4 = 38,30 km (18:08:02)

r5 = 41,63 km (18:07:52)

r6 = 44,96 km (18:07:42)

C3:

r1 = 43,29 km (18:08:32)

r2 = 46,62 km (18:08:22)

r3 = 49,95 km (18:08:12)

r4 = 53,28 km (18:08:02)

r5 = 56,61 km (18:07:52)

r6 = 59,94 km (18:07:42)

C5:

r1 = 43,29 km (18:08:32)

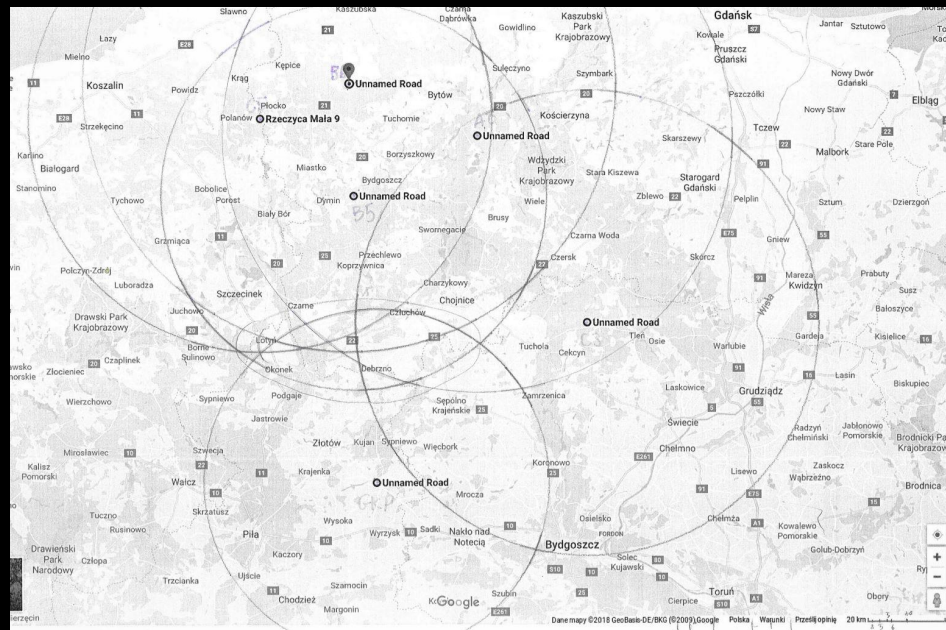
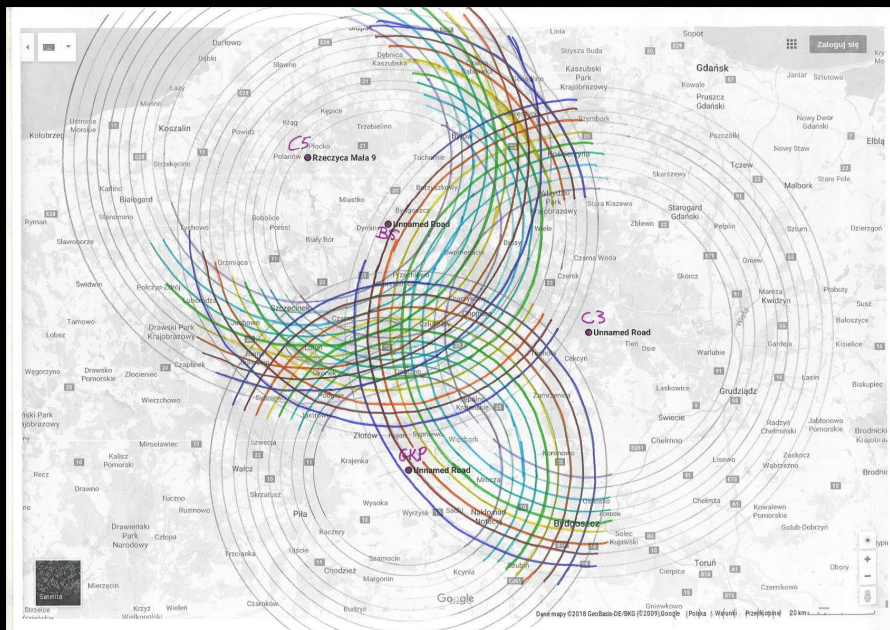
r2 = 46,62 km (18:08:22)

r3 = 49,95 km (18:08:12)

r4 = 53,28 km (18:08:02)

r5 = 56,61 km (18:07:52)

r6 = 59,94 km (18:07:42)



Zawężony obszar
potencjalnej
eksplozji

Wybór kartezjańskiego układu współrzędnych

.....

stacja	A0 B941	B1 B914	B5 B953	B6 B954	C3 B93F	C5 B956	GKP
współrzędne	54.07505N, 17.63717	54.37191N, 17.5664	53.93703N, 17.14901	54.19633N, 17.13096	53.64291N, 18.06823	54.11620N, 16.77978	53.2697N, 17.2367E
współrzędne w układzie GKP [km]	(26.63, 89.55, 0)	(21.93, 122.56, 0)	(-5.38, 77.2, 0)	(-7.03, 103.04, 0)	(55.3, 41.5, 0)	(-30.38, 94.13, 0)	(0, 0, 0)
czas wejścia fali początkowo szacowany	19:11:02.00	brak	19:10:12.00	19:11:09.00	19:10:42.00	19:10:42.00	19:09:57.00
promień r_5 dla szacowanego czasu 19:07:52, [m]	63270	brak	46950	65601	56610	56610	41250
czas przyścia fali +/- 0,02 s	19:11:04.32	19:12:12.09	19:10:13.50	19:11:09.44	brak danych	19:10:38.81	brak danych

r_5 obliczone przy założeniu, że $v = 333$ m/s

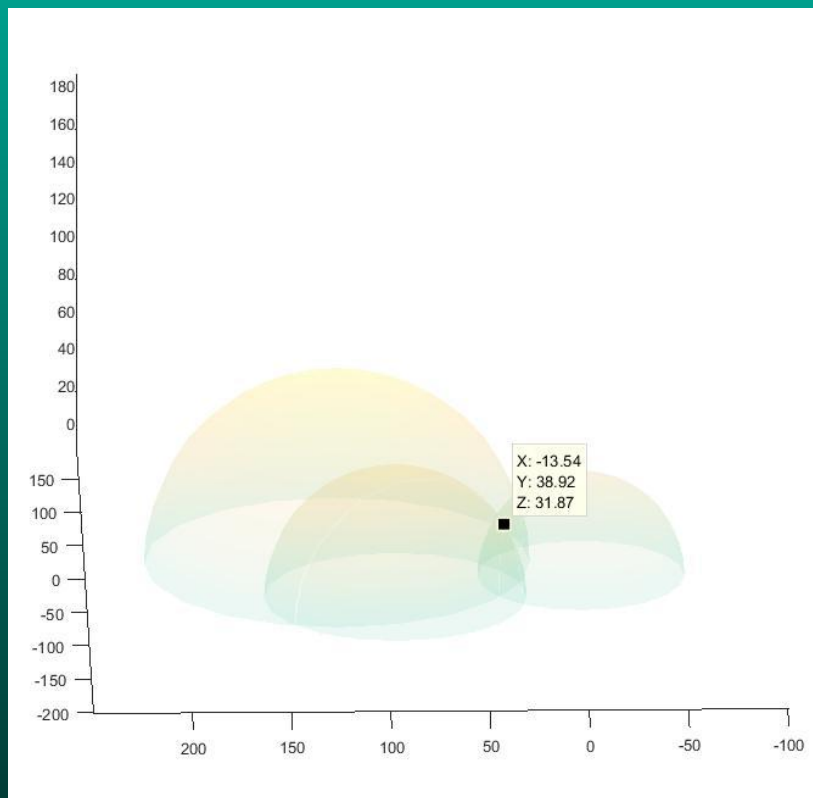
Model 3D

Przybliżenie dla płaskiej Ziemi

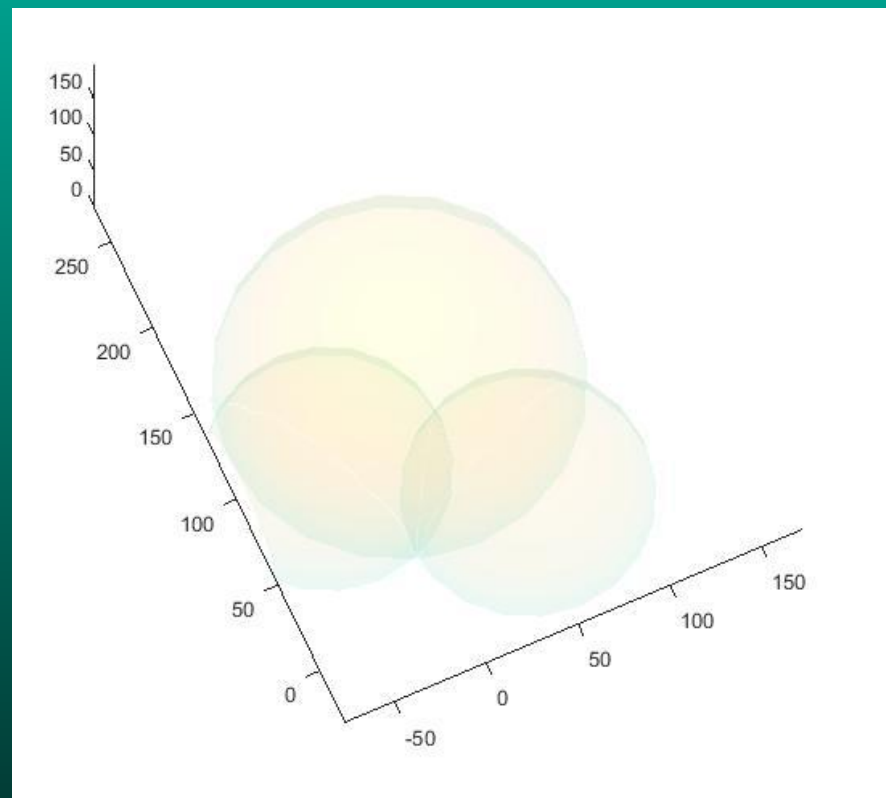
```
File Edit View Debug Run Help
[Icons]
*unnamed> *19_07_21_-_333.m
1 % promienie dla 19:07:21 i predkosci dzwieku 333 m/s
2
3 %informacja pocztkowa
4 %wystarcza 3 sfery zeby wyznaczyc jako tako miejsce wybuchu. Przy wszystkich
5 %7 sferach obraz nie jest calkiem czytelny. Ten program ma ju0 ustawione 3
6 %wybrane stacje. wybieranie sfer polega na oznaczaniu innych sfer jako
7 %komentarze. akurat w tym kodzie wybralem sfery 2 5 i 7
8 clc
9 clear
10 [x y z] = sphere;
11 a=[26.63 89.55 0 72.13236;21.93 122.56 0 94.02207;-5.38 77.2 0 55.7175;-7.03 103.04 0 73.78612;55.3 41.5 0 64.923;-30.38 94.13 0 63.89263;0 0 0 51.948]
12
13 %s1=surf(x*a(1,4)+a(1,1),y*a(1,4)+a(1,2),z*a(1,4)+a(1,3));
14 daspect([1 1 1])
15
16 hold on
17
18 %tutaj odznaczamy i zaznaczamy komentarzem sfery jakich nie chcemy brac pod
19 %uwage
20
21 s2=surf(x*a(2,4)+a(2,1),y*a(2,4)+a(2,2),z*a(2,4)+a(2,3));
22 %s3=surf(x*a(3,4)+a(3,1),y*a(3,4)+a(3,2),z*a(3,4)+a(3,3));
23 %s4=surf(x*a(4,4)+a(4,1),y*a(4,4)+a(4,2),z*a(4,4)+a(4,3));
24 s5=surf(x*a(5,4)+a(5,1),y*a(5,4)+a(5,2),z*a(5,4)+a(5,3));
25 %s6=surf(x*a(6,4)+a(6,1),y*a(6,4)+a(6,2),z*a(6,4)+a(6,3));
26 s7=surf(x*a(7,4)+a(7,1),y*a(7,4)+a(7,2),z*a(7,4)+a(7,3));
27
28 %tak samo tutaj, tutaj tez trzeba odznaczyc te same sfery jako komentarze
29
30 %set(s1, 'FaceAlpha', 0.1)
31 set(s2, 'FaceAlpha', 0.1)
32 %set(s3, 'FaceAlpha', 0.1)
33 %set(s4, 'FaceAlpha', 0.1)
34 set(s5, 'FaceAlpha', 0.1)
35 %set(s6, 'FaceAlpha', 0.1)
36 set(s7, 'FaceAlpha', 0.1)
37
38 shading interp
39
40 %1 54.07505N, 17.63717E A0 (26.63 89.55 0 81.35856)
41 %2 54.37191N, 17.56642E B1 (21.93 122.56 0 103.92597)
42 %3 53.93703N, 17.14901E B5 (-5.38 77.2 0 64.4355)
line: 48 col: 1 encoding: UTF-8 eol: CRLF
Command Window Editor Documentation
```

oznaczenia stacji
sejsmologicznych

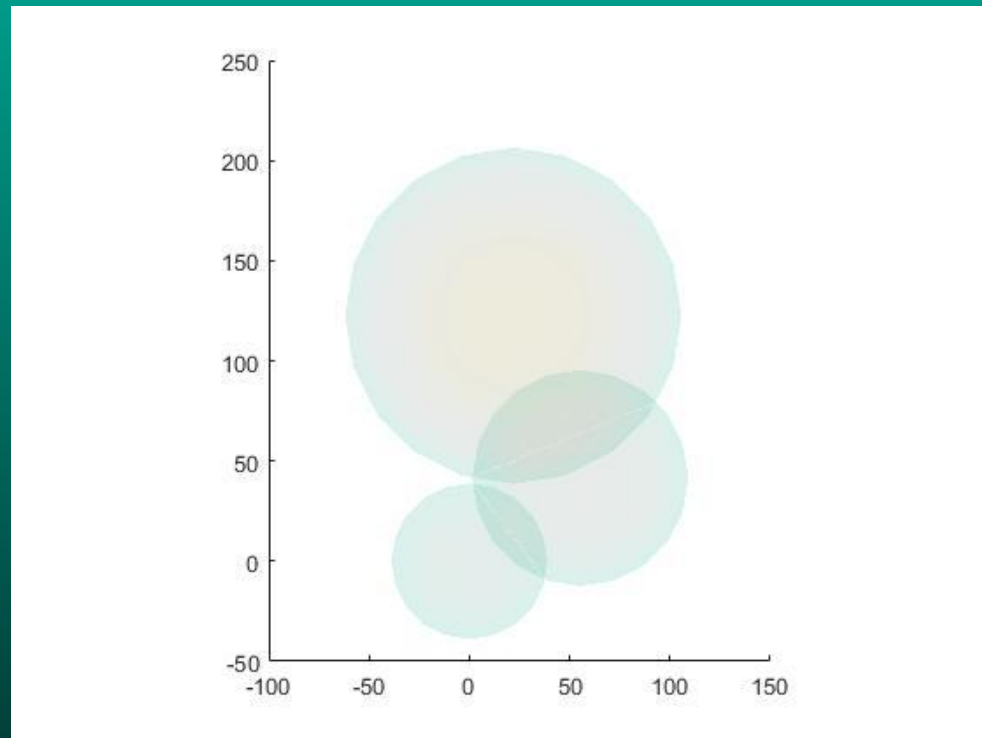
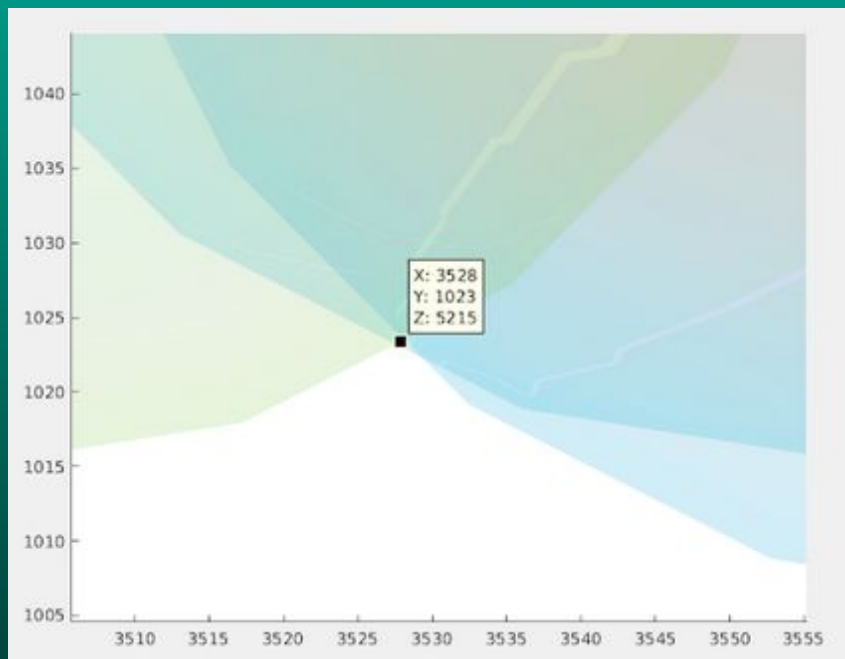
```
%1 54.07505N, 17.63717E A0 (26.63 89.55 0 81.35856)
%2 54.37191N, 17.56642E B1 (21.93 122.56 0 103.92597)
%3 53.93703N, 17.14901E B5 (-5.38 77.2 0 64.4355)
%4 54.19633N, 17.13096E B6 (-7.03 103.04 0 83.06352)
%5 53.64291N, 18.06823E C3 (55.3 41.5 0 73.926)
%6 54.11620N, 16.77978E C5 (-30.38 94.13 0 72.86373)
%7 53.2697N, 17.2367E GKP (0 0 0 58.941)
```



stacje 267: B1, C5 i GKP (19:07:20)



stacje 256: B1, C3 i C5 (19:07:30) - brak przecięcia



stacje 257: B1, C3, GKP (19:08:00) - brak przecięcia

Hipotetyczne miejsce wybuchu

dla modelu płaskiej Ziemi

godzina:	19:07:26		
Kombinacja:	X [km]	Y [km]	Z [km]
257	0	41,91	30,44
267	-5,13	39,27	28,45
657	-0,82	41,5	28,59
średnia	-1,98	40,89	29,16
niepewność	1,59	0,82	0,64

Prędkość dająca najlepsze wyniki:

$$v = 343 \text{ m/s}$$

Model 3D



Przybliżenie dla Ziemi kulistej

File Edit Debug Window Help News

Current Directory: /home/helena

File Browser Editor

/home/helena

Nazwa

ArcGIS 10.3.1

Dokumenty

MATLAB

Muzyka

Obrazy

Pobrane

Publiczny

Pulpit

sejsmo

snap

Szablony

Wideo

303_190721.m

examples.desktop

garni.odt

grawimetria zestaw 36.ods

grawimetria zestaw 36.xls

Workspace

Filter

Name Class Dimension Value

Command History

Filter

Zad10_4

Zad10_4

Zad10_4

Zad10_4

Zad10_3

exit

Octave 4.2.2, Wed May 29 20:20:55 2019 CEST <

exit

Octave 4.2.2, Thu May 30 12:40:57 2019 CEST <

exit

Octave 4.2.2, Wed Jun 05 22:03:29 2019 CEST <

* kulistaziemia.m *

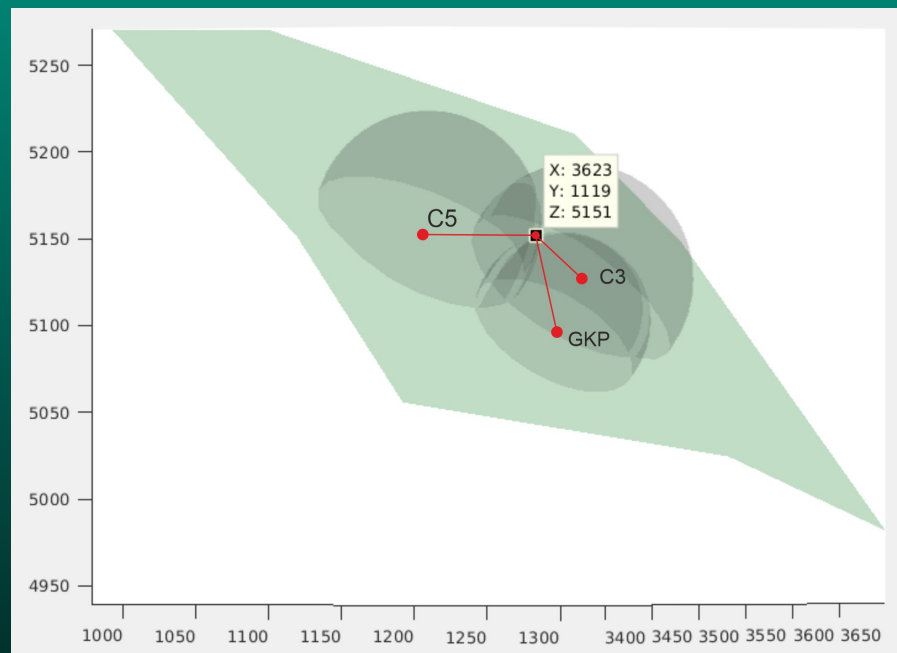
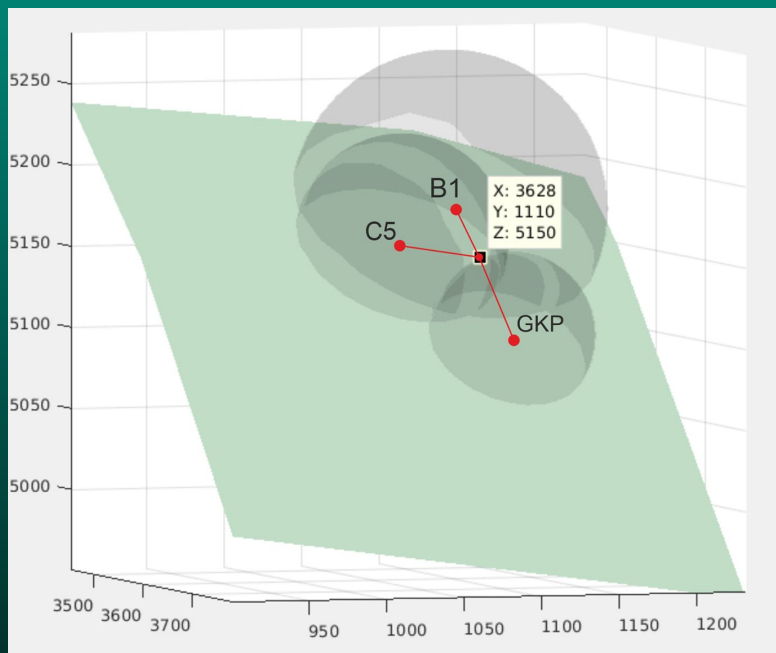
```
1 % promienie dla 19:07
2 clc
3 clear
4 [x y z] = sphere;
5 a=[3562.32 1132.58 5159.15 81.35856;3838.18 1120.1 5178.45 103.92597;3497.27 1079.18 5214.8 64.4355;3561.74 1097.84 5167.05 83.06352;3590.59 1171.38 5130.81 73.926;3575.32 1078.075 5
6
7 %s1=surf(x*a(1,4)+a(1,1),y*a(1,4)+a(1,2),z*a(1,4)+a(1,3));
8 daspect([1 1 1])
9
10 hold on
11
12 s2=surf(x*a(2,4)+a(2,1),y*a(2,4)+a(2,2),z*a(2,4)+a(2,3));
13 %s3=surf(x*a(3,4)+a(3,1),y*a(3,4)+a(3,2),z*a(3,4)+a(3,3));
14 %s4=surf(x*a(4,4)+a(4,1),y*a(4,4)+a(4,2),z*a(4,4)+a(4,3));
15 s5=surf(x*a(5,4)+a(5,1),y*a(5,4)+a(5,2),z*a(5,4)+a(5,3));
16 s6=surf(x*a(6,4)+a(6,1),y*a(6,4)+a(6,2),z*a(6,4)+a(6,3));
17 %s7=surf(x*a(7,4)+a(7,1),y*a(7,4)+a(7,2),z*a(7,4)+a(7,3));
18 s8=surf(x*a(8,4)+a(8,1),y*a(8,4)+a(8,2),z*a(8,4)+a(8,3));
19
20 %set(s1, 'FaceAlpha', 0.1)
21 set(s2, 'FaceAlpha', 0.1)
22 %set(s3, 'FaceAlpha', 0.1)
23 %set(s4, 'FaceAlpha', 0.1)
24 set(s5, 'FaceAlpha', 0.1)
25 set(s6, 'FaceAlpha', 0.1)
26 %set(s7, 'FaceAlpha', 0.1)
27 set(s8, 'FaceAlpha', 0.1)
28
29 shading interp
30
31 %1 54.07505N, 17.63717E A0 (26.63 89.55 0 81.35856)
32 %2 54.37191N, 17.56642E B1 (21.93 122.56 0 103.92597)
33 %3 53.93703N, 17.14901E B5 (-5.38 77.2 0 64.4355)
34 %4 54.19633N, 17.13096E B6 (-7.03 103.04 0 83.06352)
35 %5 53.64291N, 18.06823E C3 (55.3 41.5 0 73.926)
36 %6 54.11620N, 16.77978E C5 (-30.38 94.13 0 72.86373)
37 %7 53.2697N, 17.2367E GKP (0 0 0 58.941)
38 %8 ZIEMIA
39
40
41
```

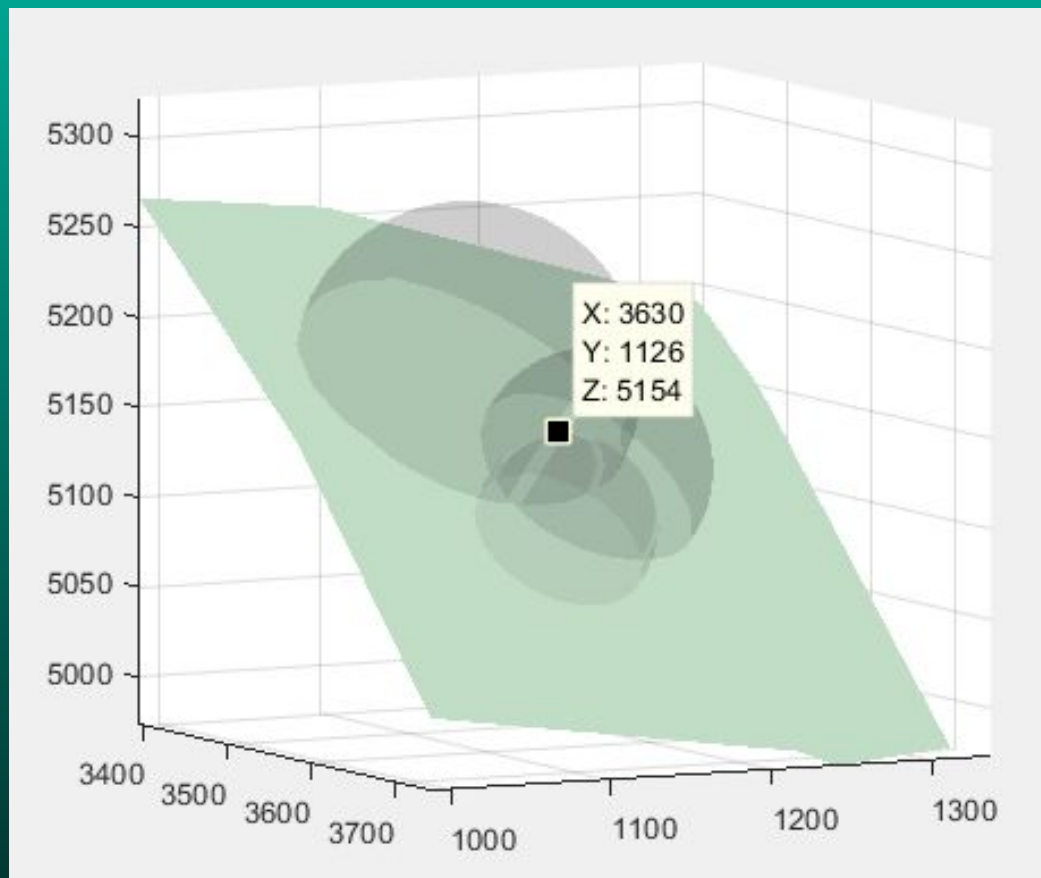
line: 41 col: 1 encoding: UTF-8 eol: LF

Command Window Editor Documentation

Wizualizacja

.....





stacje 257: B1, C3 i GKP (19:07:26)

MODEL KULISTEJ ZIEMI

Godz 19:07:26

dla $R_z=6365,346$

dla $v= 343 \text{ m/s}$

x	3614	r(au)	6362,941144
y	1110	He long	17,07375907
z	5118	He lat	53,5470473

r	6365,3469	x	3635,82
He long	17,23670	y	1128,0275
He lat	53,2697	z	5101,57

żółte - wejściowe

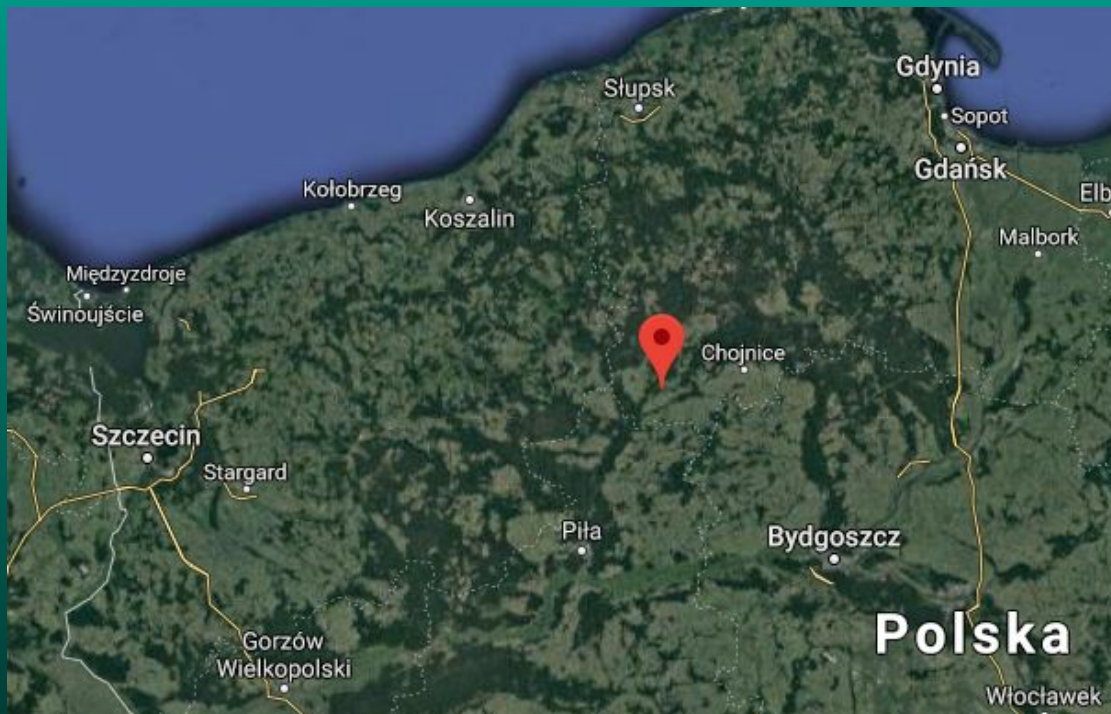
czerwone - wyjściowe

	1	2	3	4	5	6	7
	A0	B1	B5	B6	C3	C5	GKP
	B941	B914	B953	B954	B93F	B956	
N	54,07505	54,37191	53,93703	54,19633	53,64291	54,1162	53,2697
E	17,63717	17,566642	17,14901	17,13096	18,06823	16,77978	17,2367
x	3559,16	3535,04	3580,52	3558,58	3587,4	3572,14	3635,82
y	1131,5726	1119,115	1104,8689	1096,8672	1170,342	1077,1186	1128,0275
z	5154,57	5173,85	5145,56	5162,46	5126,26	5157,25	5101,57
R [m]	74883,76	98128,87	57452,5	76639,92	67228	66133,83	51793
R[km]	74,88376	98,12887	57,4525	76,63992	67,228	66,13383	51,793

	Stacja 257	Stacje 267	Stacje 657	Stacje 625
x	3630	3628	3623	3614
y	1126	1110	1119	1110
z	5154	5150	5151	5118
N	53,594441	53,620915	53,641625	53,5470473
E	17,233351	17,01168	17,1638	17,073759
R [km]	6403,787317	6396,638492	6396,178	6362,941144
wysokość R-Rz [km]	38,440404	31,291579	30,831	-2,405769

godzina:	19:07:26	v = 343 m/s	
Kombinacja:	X [km]	Y [km]	Z [km]
257	53,594441	17,233351	38,440404
267	53,620915	17,01168	31,291579
657	53,641625	17,1638	30,831
średnia	53,62	17,14	33,52
niepewność	0,01	0,07	2,46

R dla GKP	6365,346913
-----------	-------------



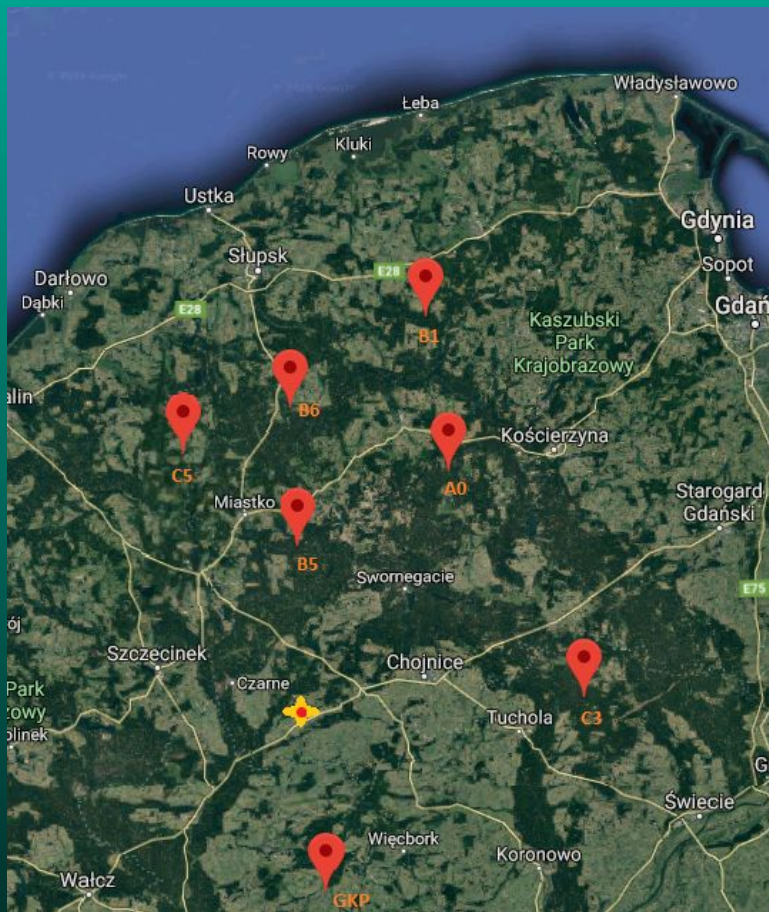
czas: 19:07:26

$v = 343 \text{ m/s}$

$\varphi = 53,619 \pm 0,014^\circ \text{ N}$

$\lambda = 17,136 \pm 0,066^\circ \text{ E}$

$h = 33,5 \pm 2,4^\circ \text{ km}$



Lokalizacja eksplozji bolidu
oraz lokalizacja stacji
sejsmologicznych
eksperymentu 13 BB Star

Czy to był bolid?

—

TAK!