



XIX Dolnośląski Festiwal Nauki **2016**



space situational awareness

Program Space Situational Awareness Europejskiej Agencji Kosmicznej

dr Szymon Gburek Centrum Badań Kosmicznych PAN Wrocław

2016-09-16: 17:00

Systemy wykorzystujące przestrzeń kosmiczną

- Nawigacja,
- Komunikacja,
- Obserwacje Ziemi i jej otoczenia

Są krytyczne dla europejskiej ekonomii.

Zależność od usług dostarczanych z przestrzeni kosmicznej rośnie.

Jakiegokolwiek przerwy lub utrata sprawności działania ma poważny wpływ na infrastrukturę, w której żyjemy.

- telekomunikację,
- bankowość,
- transport
- Transmisję TV/radio
- Prognozowanie pogody (na Ziemi i w kosmosie)

Kosmos – środowisko podwyższonego ryzyka

Słońce – główny czynnik kształtujący środowisko na Ziemi i w jej otoczeniu

- Rozbłyski słoneczne
- Wyrzuty masy z korony Słońca
- Sztormy geomagnetyczne

zagrożenia dla statków kosmicznych i astronautów i infrastruktury na Ziemi

- **Śmieci kosmiczne** (~60 lat eksploracji przestrzeni okołoziemskiej)
zagrożenia dla statków kosmicznych i astronautów i infrastruktury na Ziemi
- **Asteroidy i comety** - mogące uderzyć w Ziemię – są zagrożeniem dla ludzi i infrastruktury



Chicxulub crater
Mexico



Vredefort crater
South Africa

Europa vs bezpieczeństwo w Kosmosie

- Duże doświadczenie europejskich ekspertów
- Istnieją systemy detekcji, dla potrzeb ostrzegania o ewentualnych zagrożeniach
- Duża fragmentacja, nacjonalizacja zasobów – brak spójnego systemu.
- Potrzebny dalszy rozwój i konsolidacja infrastruktury.

Cel Programu Space Situational Awareness (SSA) Europejskiej Agencji Kosmicznej

Budowanie europejskiego systemu ostrzegawczego przed zagrożeniami z kosmosu i w kosmosie

Realizacja poprzez

- Jednoczenie istniejących, europejskich zasobów
 - obserwatoria
 - centra przetwarzania danych
- Rozwijanie nowych technologii detekcji zagrożeń kosmicznych

Efekty:

- Zabezpieczenie europejskiego dostępu do przestrzeni kosmicznej
- Chronienie i gospodarki
- Wzmocnienie przemysłu
- Niezależność w kosmosie



Inauguracja Programu Space Situational Awareness Europejskiej

2009 rok,

Początkowy budżet

100 milionów Euro

18 Państw członkowskich

Austria, Belgia, Czechy, Dania,
Finlandia, Francja, Niemcy, Grecja, Hiszpania, Luxemburg,
Norwegia, Polska, Portugalia, Rumunia, Szwecja,
Szwajcaria, Włochy,
Wielka Brytania???

SSA – trzy główne segmenty

- Space Weather (SWE) – pogoda kosmiczna
- Near-Earth Objects (NEO)
Obiekty mogące wejść w kolizję z Ziemią
- Space Surveillance and Tracking (SST)
Kosmiczne śmieci

Space Weather (SWE)



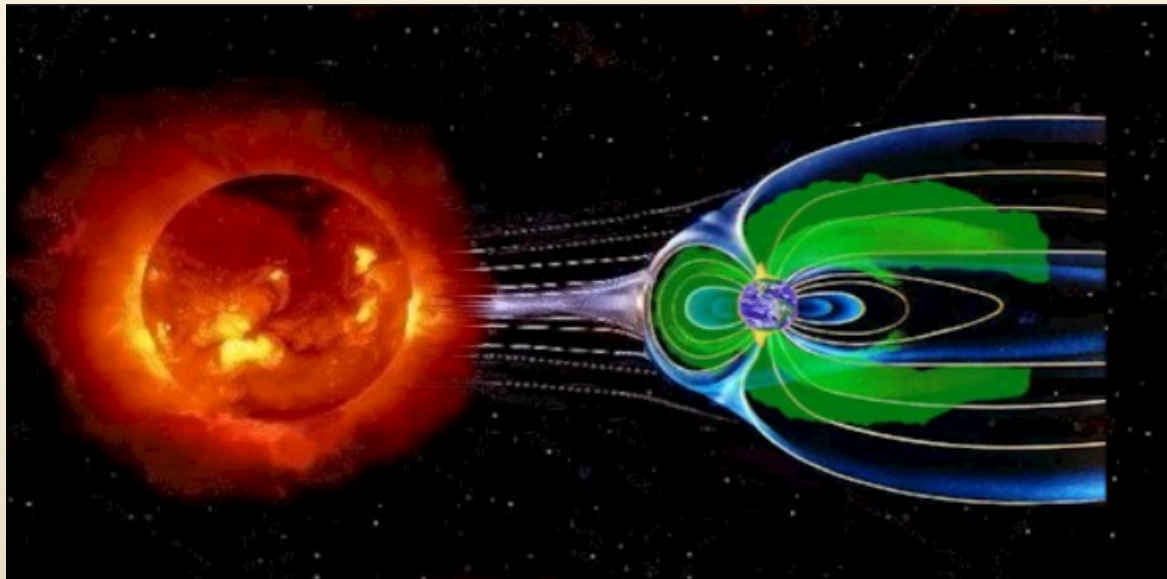
<http://swe.ssa.esa.int/solar-weather>

Space Weather (SWE)

Pogoda kosmiczna – stan heliosfery, magnetosfery i górnych warstw atmosfery Ziemi.

Głównym czynnikiem kształtującym pogodę kosmiczną jest aktywność Słońca.
Silne zaburzenia pogody kosmicznej są powodowane przez

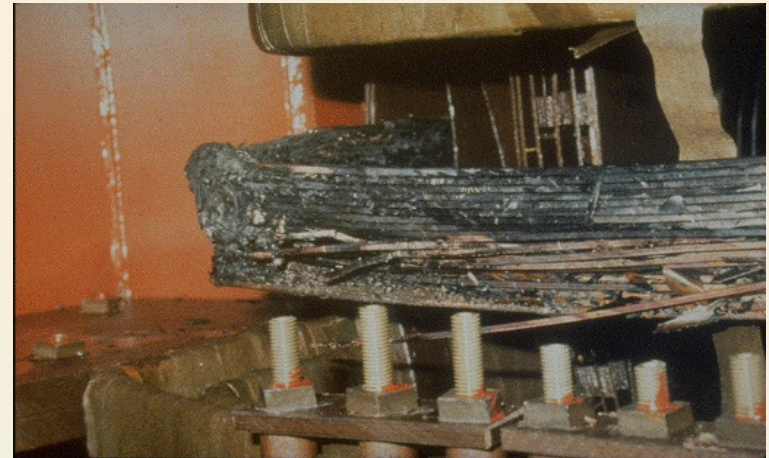
- Rozbłyski słoneczne
- Koronalne wyrzuty masy
- Zaburzenia w wietrze słonecznym



Silne zmiany pogody kosmicznej są stowarzyszone ze wzrostem strumienia cząstek i promieniowania elektromagnetycznego

Skutki

- Zagrożenie napromieniowaniem
(szczególnie kosmonauci, personel lotniczy i pasażerowie)
- Zakłócenia w telekomunikacji,
nawigacji, transmisji telewizyjnej i
radiowej
- Uszkodzenia układów elektronicznych
- Destabilizacja orbit satelitarnych
- Niszczenie satelitów
- Niszczenie sieci energetycznych
- Niszczenie gazociągów i rurociągów



Pogody kosmicznej nie możemy kształtować

Możemy ją przewidywać i prognozować i informować o zagrożeniach

Możemy zabezpieczać ludzi i urządzenia poprzez rozwijanie nowych odporniejszych technologii

SSA Space Weather Coordination Centre (SSCC)

Bieżące prognozy i ostrzeżenia dostępne publicznie



05 April 2013
Inauguration of Space Weather...
👁 683
★★★★☆ Votes: 7



28 March 2013
SSA Space Weather Coordinati...
👁 341
★★★★☆ Votes: 4

USING OUR IMAGES

[Terms and conditions](#)

[Contact us](#)

[Commenting guidelines](#)

Royal Observatory of Belgium. Inauguracja 05 kwiecień 2013

Obserwacje wykorzystywane do prognozowania pogody kosmicznej i ostrzegania

- Obserwacje promieniowania elektromagnetycznego słońca w różnych zakresach energii (widzialne, ultrafiolet, rentgenowskie, gamma)

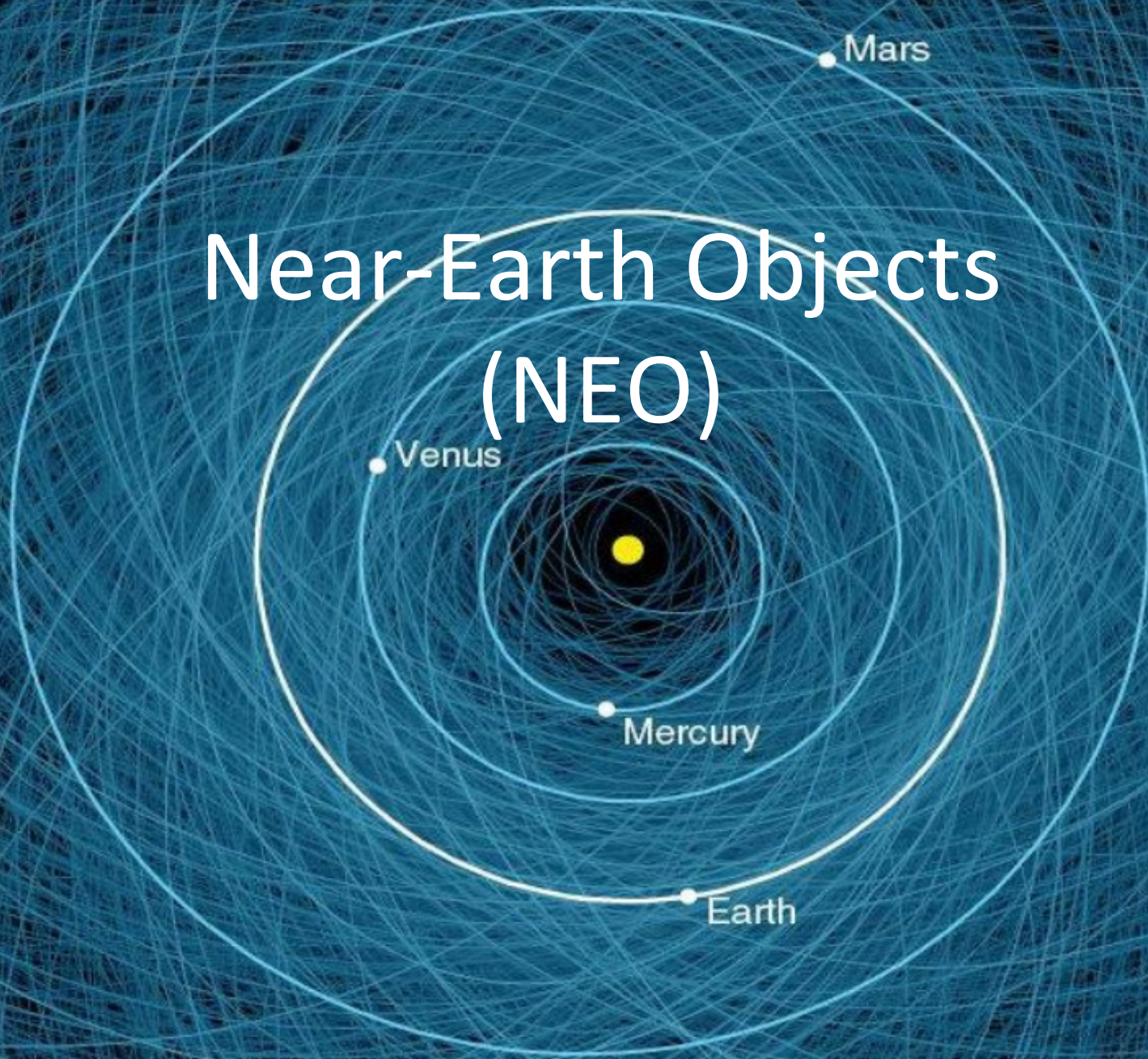
- Obserwacje promieniowania cząstek

- Obserwacje pola magnetycznego



Dane satelitarne i uzyskiwane na Ziemi

Near-Earth Objects (NEO)



Near-Earth Objects (NEO) segment

<http://neo.ssa.esa.int/service-description>

- Prowadzenie i koordynacja obserwacji małych obiektów wokół Ziemi
- (zbliżających się na odległość 1.3 AU)
- Określanie ich orbity, parametrów fizycznych
- Katalogowanie, prowadzenie statystyk
- Ocena ryzyka zderzenia
- Ocena efektów zderzenia



Impact crater near Carancas, Peru, 2007



Monitorowane obiekty

- near-Earth asteroids (NEAs)
- near-Earth comets (NECs)
- Statki kosmiczne, meteoroidy – dostatecznie duże do śledzenia w kosmosie

Near-Earth Objects (NEO)

<http://neo.ssa.esa.int/service-description>

SSA-NEO segment wykorzystuje tzw. NEO software system, który dostarcza informacji o NEO dla

- Instytucji rządowych
- Akcjonariuszy
- Przedsiębiorstw ubezpieczeniowych
- Naukowców
- Mediów
- Agencji Kosmicznych





System SAA-NEO jest też ogólnie dostępny. Niektóre usługi wymagają jednak rejestracji.

Near-Earth Objects (NEO)

<http://neo.ssa.esa.int>

NEO Coordination Centre (NEOCC) mieści się we Włoszech w miejscowości Frascati (ESA's establishment ESRIN, Frascati, Italy). Inauguracja - 22 May 2013.

space situational awarenessEuropean Space Agency

ESA SSA SST SWE NEO

13-Sep-2016

NEO Coordination Centre

Precursor services

Current number of known NEAs:
14791

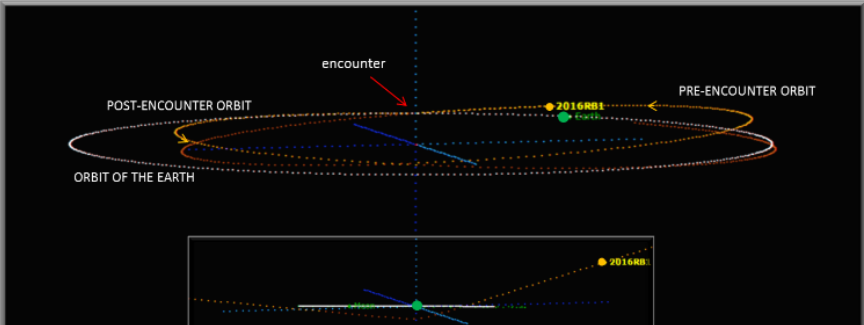
Current number of NEAs in risk list:
553

Last update: 2016-09-13 15:58:00 UTC

Web portal under maintenance on 14 September 2016 from 10:00 to 12:00 CEST.

News

An NEO over Antarctica
09 September 2016



Asteroid 2016 RB1 has hit the news because of a peculiar close passage on 7 September 2016 at 19:20 CEST. About the size of a cottage, the asteroid flew past our planet at an altitude of 34000 km, roughly the same as the so-called "geostationary ring" where most telecommunication satellites reside. Yet it posed no hazard neither to our planet nor to the satellite operators. Despite having been discovered only 24 hours before closest approach, the orbit became quickly so well constrained to ensure that the computation of the incoming flyby had the necessary accuracy to rule out any Earth impact solution. As a matter of facts already in the morning of 7 September 2016 RB1 was present in our close approaches list but not in the updated Risk List, which ranks the objects for which a non-zero impact probability is detected.

The danger to geostationary satellites would be possible (although very unlikely) only if the closest approach distance were reached near the Earth equatorial plane,

Near-Earth Objects (NEO) facilities

- **Sieć teleskopów – 1987 obserwatoriów**
większość danych (obrazów) dostarcza
 - Observatorio Astronómico de La Sagra – Granada, Hiszpania
 - ESA Optical Ground Station (OGS) – Tenerife, Hiszpania
- **Przyszłość – dane z kosmicznej misji astrometrycznej Gaia**

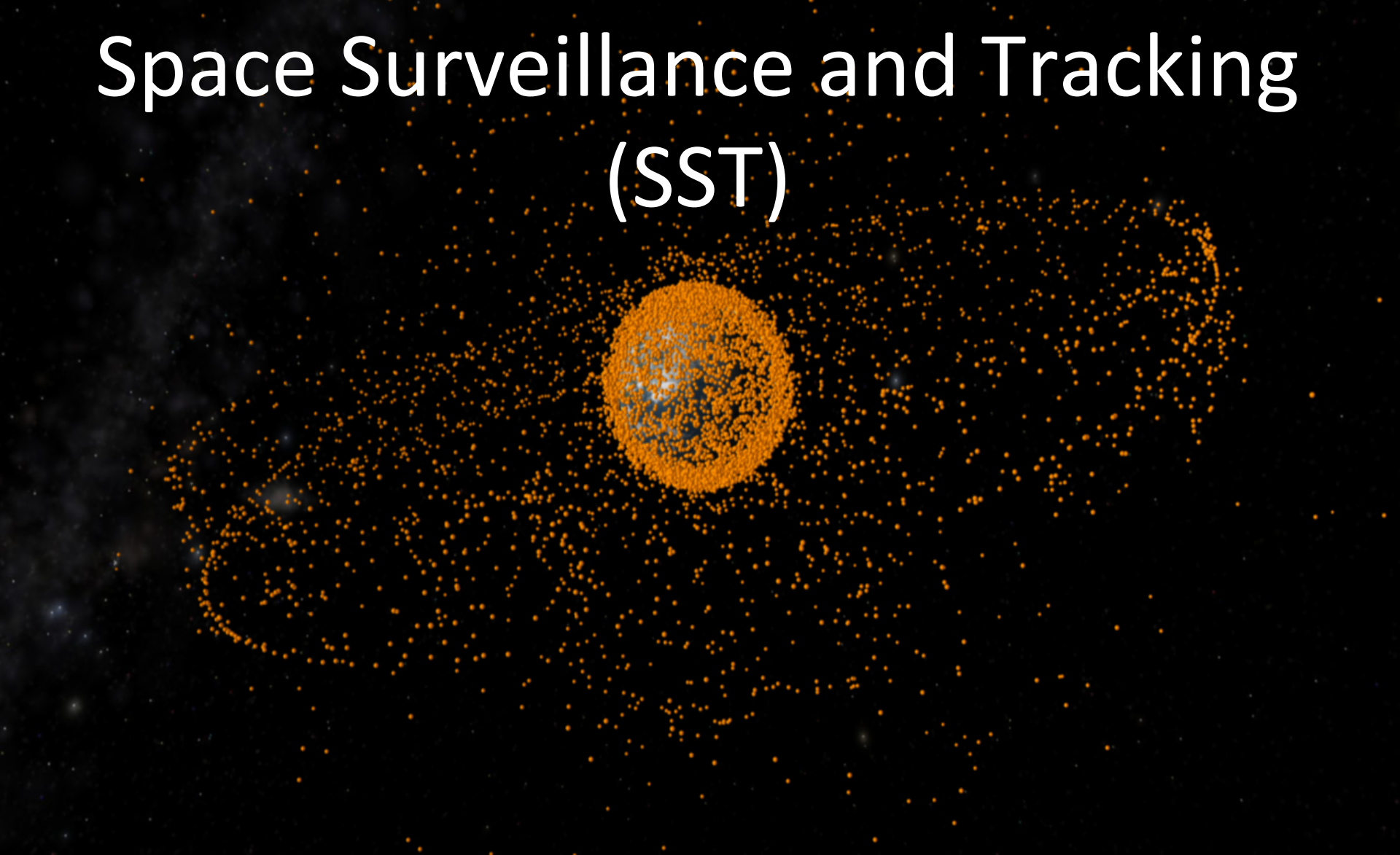


OGS

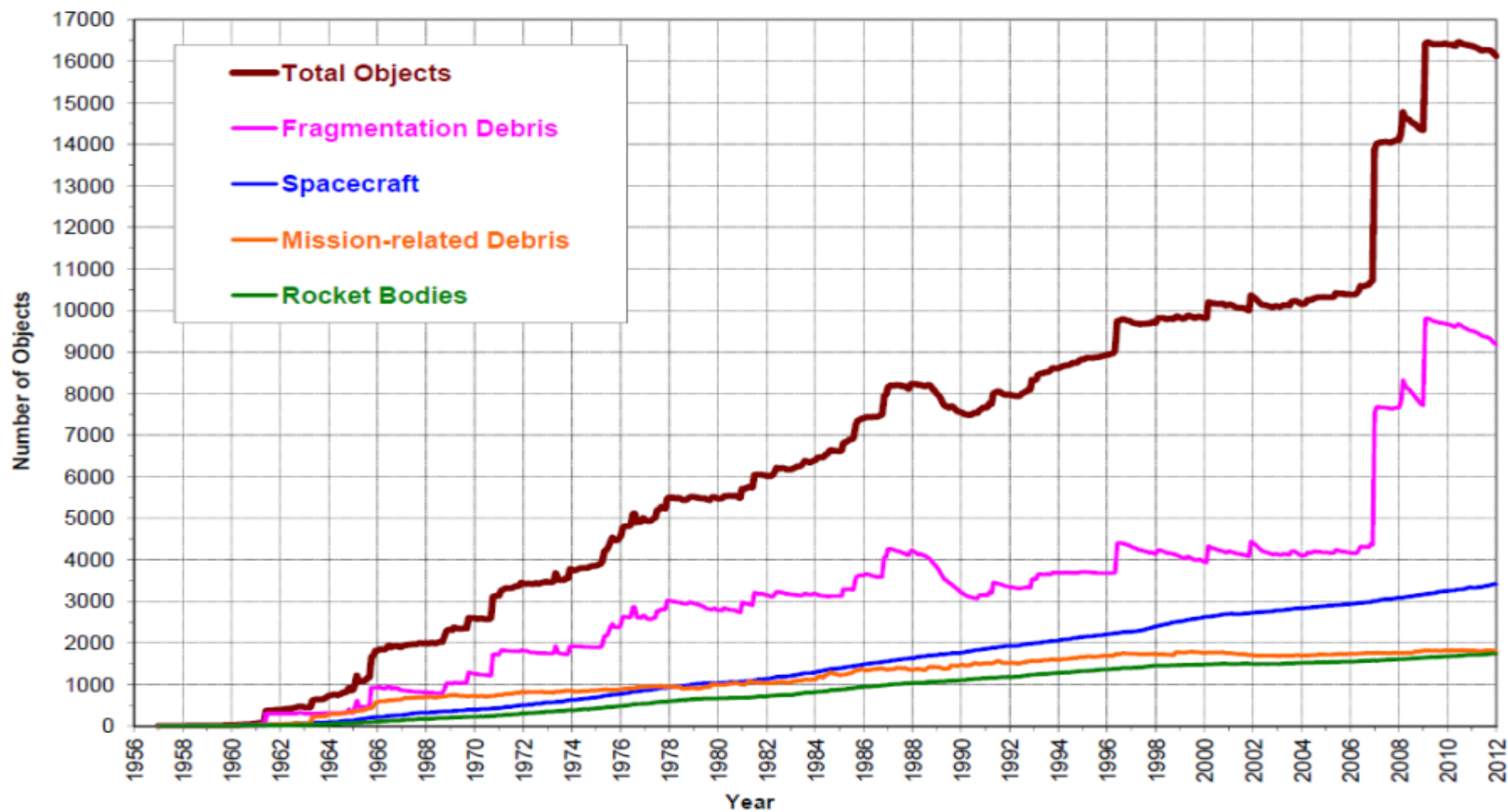


La Sagra

Space Surveillance and Tracking (SST)



Miesięczna liczba obiektów na orbicie Ziemi



Wytworzone przez człowieka obiekty, umieszczone w przestrzeni kosmicznej i nie spełniające już żadnej użytecznej funkcji

Ilość obiektów na orbicie Ziemi w zależności od masy i rozmiaru

	size	number	% total mass
	> 10 cm	> 20,000	99.93
	1 – 10 cm	> 600,000	0.035
	< 1 cm	> 35,000,000	0.035
	total	> 35,000,000	> 6,000 tons

Źródła kosmicznych śmieci

Nieczynne satelity

Fragmenty rakiet

Defragmentacje

- eksplozje (np. DMSP-F13)
- zderzenia obiektów w przestrzeni kosmicznej
- próby broni antysatelitarnej



Zmrożone bryły chłodziwa z przebitych zbiorników (np. RORSAT)

Odpadnięte elementy, płatki farby

Śmieci wyrzucane z misji załogowych lub gubione obiekty



Położenie kosmicznych śmieci

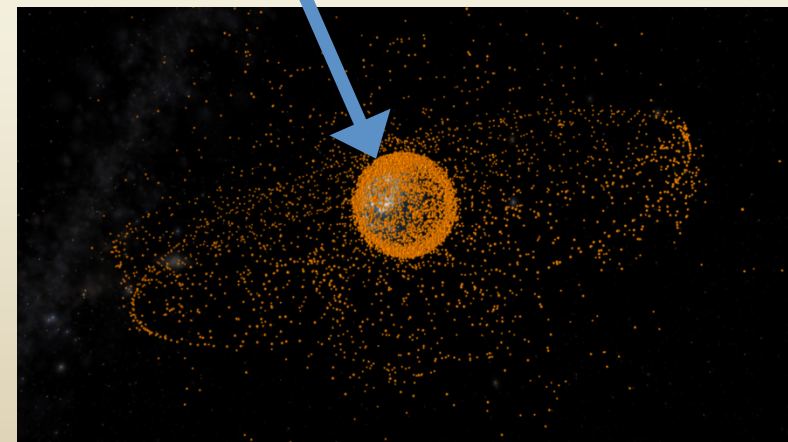
Większość na niskich orbitach – kilkaset km nad Ziemią (LEO orbits)

Zderzenia z prędkością ~ 15 km/s

Wyższe orbity – mniej zaśmiecone

Zderzenia z prędkością ~ 1.5 km/s

Średnio jeden satelita niszczony rocznie
wskutek zderzeń.



Metody zapobiegania zderzeniom

- Przeprowadzanie manewrów w celu uniknięcia zderzenia
- Czyszczenie przestrzeni kosmicznej
 - Naturalna degradacja orbity wskutek tarcia (LEO)
 - Wyposażanie satelitów w systemy zwiększające tarcie
 - Przesuwanie satelitów w mniej używane obszary orbity parkingowe
 - Deorbitacja przy pomocy innych statków kosmicznych

Pierwszy polski satelita PW-Sat

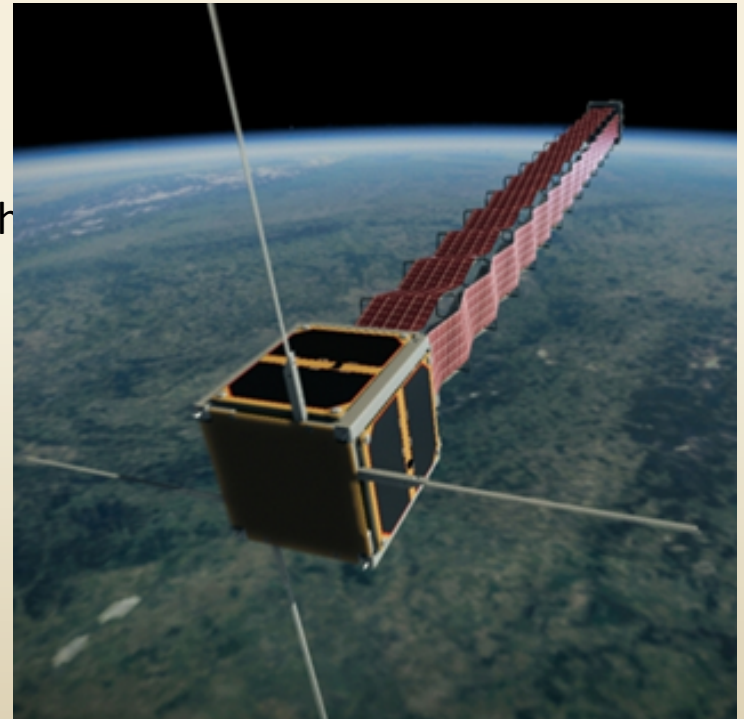
Projekt studentów Politechniki Warszawskiej przeprowadzony w celu

- przetestowania elastycznych ogniw fotowoltaicznych
- sprawdzenia systemu deorbitacji

Wystrzelony 13 lutego 2012 roku

Misja zakończyła się niepowodzeniem - ogon się nie rozwinął.

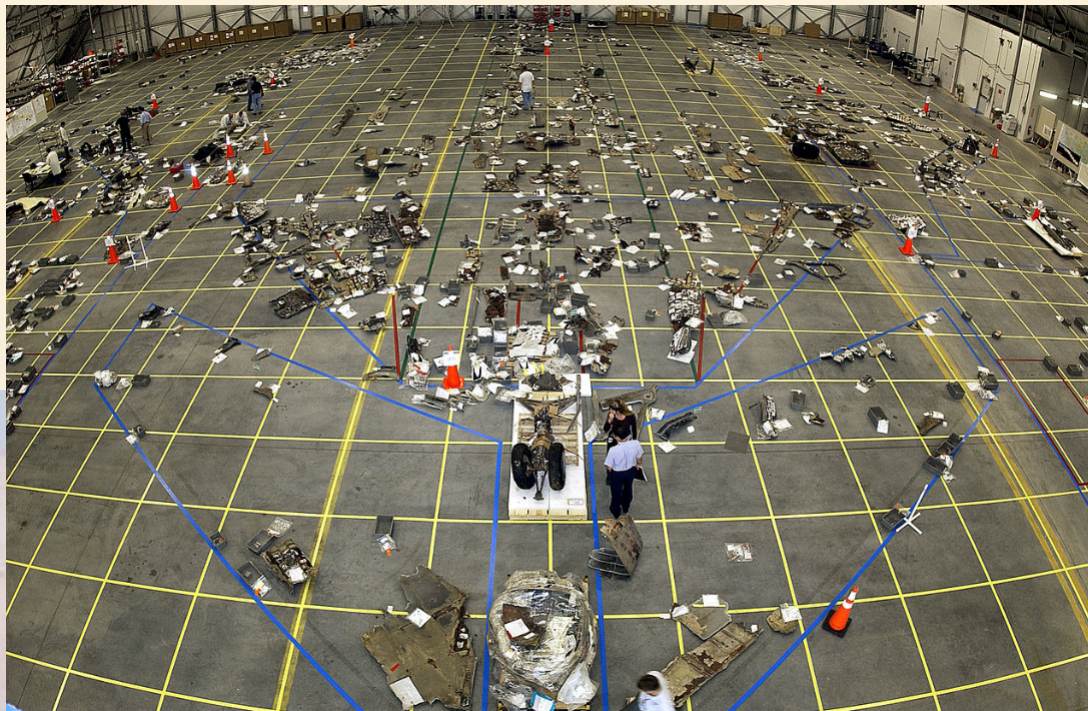
28 października 2014
deorbitacja bez rozwiniętego ogona



Kosmiczne śmieci mogą powodować zagrożenia na Ziemi



Fragment rakiety na pustyni. Arabia Saudyjska



Części promu Columbia zebrane po katastrofie

Prototypowy radar ESA do SST. Santorcaz, ~30 km od Madrytu



SST - infrastruktura

- Radary (CAMRa, EISCAT, Monge, Santorcaz and Palaiseau)
- Teleskopy optyczne (Zimmerwald telescopes, OGS, La Sagra OAM, Starbrook, TFRM, TJO)
- Laser ranging (SLR station in Graz)
- Plany na przyszłość – nowe instrumenty
- ESA's robotic telescopes
- Wykorzystanie EISCAT, nowe teleskopy i lasery
- Wsparcie dla operatorów
- Kalibracja i rozwój nowych instrumentów/detektorów

EISCAT, Szwecja

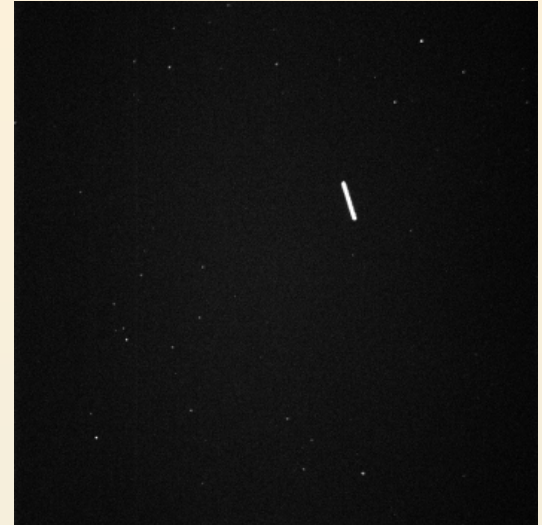
Obszował obiekt o średnicy 2 cm
w odległości 1000 km.



SST – Surveillance vs Tracking

- **Surveillance - nadzór**

- Duże pole widzenia
lub małe z ciągłym skanowaniem, mała precyzja
- Identyfikacja obiektów (odkrywanie nowych)
- wstępne określanie położenia i orbity



- **Tracking - śledzenie**

- Małe pole widzenia, duża precyzja
- dokładniejsze określanie parametrów orbity



Optical (Surveillance)

- La Sagra (E)
- Tarot (F)
- TFRM (E)
- Starbrook (UK)
- Zimmerwald (CH)

Optical (Tracking)

- OGS (ESA)
- La Sagra (E)
- Starbrook (UK)
- Zimmerwald (CH)

Radar (Surveillance)

- EISCAT (FI, N, SE)
- Medicina (I)

Radar (Tracking)

- Chilbolton (UK)
- EISCAT (FI, N, SE)
- Medicina (I)
- Monge (F)

Other

- Graz (A)
Laser Ranging

ESA SST Centre



Collision Warning
Sensors Network
- Optical Sensors
- Radar Sensors
- Webcams
Analysis Centres

Administration
Objects
Objects
Services
Conjunction prediction analysis
Re-entry prediction analysis scenarios
Maintenance and monitoring
Maintenance and monitoring

Service management
Conjunction prediction service
Alerts
Execute Run
Business process monitoring
Contact

Target and chaser trajectories on Earth map. Please roll the mouse wheel forward/backwards to zoom in/out, double click in the divider to reset zoom

Conjunction at 2013/01/25 03:38:26 of 9801700002, 1998-0178, - and 9205300001, 1992-053A, -

Before Conjunction

space situational awareness

Space Debris Spacecraft Operations

Can check the results that have raised alerts according to the procedure in the report, and click on an alert icon to see the alert messages

Target	Chaser	Result Date
9801700002	9205300001	2013-01-21 15:40:53
9801700002	9205300001	2013-01-21 15:40:53

Item 1..2 of 2

Report 2D Map 2D Graphs 3D Graphs CC

esa space situational awareness

European Space Agency

ESA SSA SST SWE NEO Space Debris Spacecraft Operations

21-Jan-2013

SST Precursor Services
Collision Warning
Sensors Network
- Optical Sensors
- Radar Sensors
- Webcams
Analysis Centres

Administration
Objects
Objects
Services
Conjunction prediction analysis
Re-entry prediction analysis scenarios
Maintenance and monitoring
Maintenance and monitoring

Service management
Conjunction prediction service
Alerts
Execute Run
Business process monitoring

3D Orbit Track and Foot Print

Object ID: 2
Re-entry Date: 2012-08-14T02:13:7.14Z
Calculation Date: 2013-01-18T15:31:43.00Z

Altitude (0 to 11 km)

36°N, 24°N, 12°N

35°W, 0, 25°E, 50°E, 75°E, 0°

Download Plot as PNG Download Plot as JPG

3.037466 Data - Source: 0248.522 - User: service (Pilot)

File Edit View Help

Ready (Publishing Service) of Conjunction Prediction Service

Services
 Configuration
 Re-entry Prediction Analysis
 System Monitoring and Maintenance
 Business Process Monitoring
 Objects
 Radar network
 Analysis results
 Re-entries
 Re-entry results
 Re-entry scenarios
 Re-entry summary
 Values (PDF)
 Re-entry Analysis

Input
 Business Process Monitoring (Out of scope) Services Re-entry Prediction Analysis Services System Monitoring and Maintenance

Business Process Monitoring

Request list

Request ID	Request time	Start time	Result time	Priority	User name	Select All	Export
1591	2013/01/21-15:40:54.565	2013/01/21-15:40:54.565	2013/01/21-15:42:48.455	5			

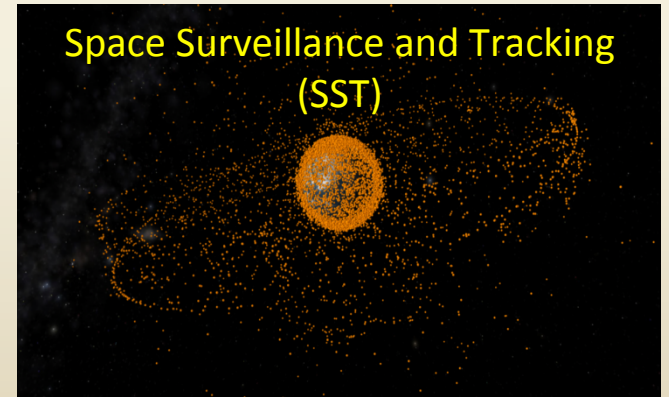
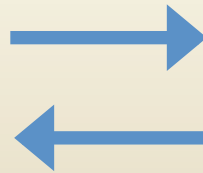
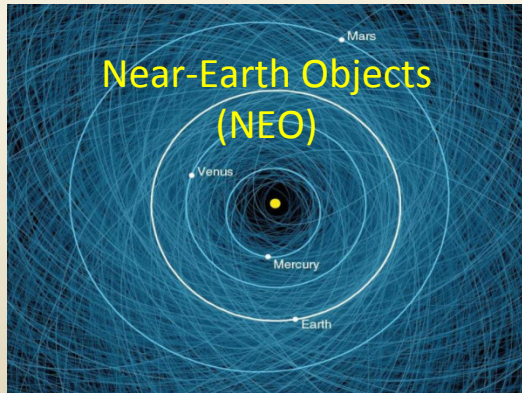
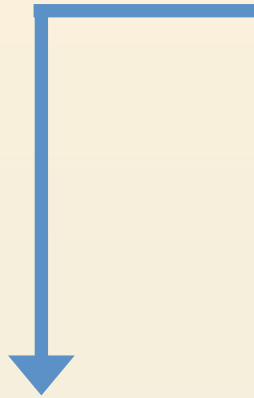
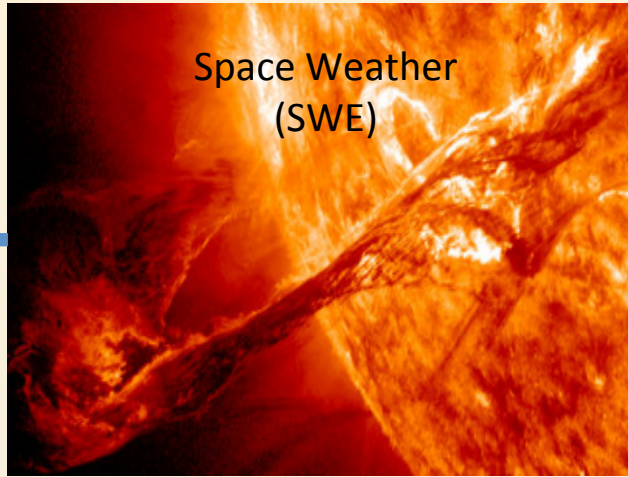
Output
 Analysis results (Charts) Radar network (Table) Objects (Objects) Re-entry results (Table) Re-entry scenarios (Table) Re-entry summary (Table) Values (Table) Re-entry Analysis (Table)

Altitude (km)

Time (Seconds)

Download 1180: 26.01.2013 15:48

Synergia segmentów programu SSA



Podsumowanie

- Wszystkie trzy segmenty SSA zostały uruchomione
- Wszystkie trzy segmenty SSA wymagają dalszej rozbudowy
(poprawa dokładności, jakości)
- Segmenty SSA wspomagają się wzajemnie
- Segmenty SSA dostarczają regularnego serwisu, w większości dostępnego publicznie



Dziękuję za Uwagę

[Pokaz przyrządów kosmicznych](#)

dr Szymon Gburek, dr Zbigniew Kordylewski, Żaneta Szaforz, Magdalena Gryciuk, Jarosław Bąkała (Centrum Badań Kosmicznych PAN Wrocław)

2016-09-17:
15:00 - 18:00

Wrocław : Centrum Badań Kosmicznych PAN, ul. Kopernika 11,