

Dálkový průzkum Země

NOSIČE

RNDr. Ladislav Plánka, CSc.

Institut geodézie a důlního měřictví, Hornicko-geologická fakulta, VŠB – TU Ostrava

*Podkladové materiály pro přednáškový cyklus předmětu „Dálkový průzkum Země“
(jazyková ani odborná korektura neprovedena; aktuálnost dat je třeba průběžně prověřovat)*

K registraci zářivých toků se využívá přístrojů umístěných na:

- speciálních pozemních stavbách (stožáry, jeřáby, visuté lanové dráhy aj.),
- upoutaných či “řiditelných” balónech a vzducholodích,
- radiem řízených modelech letadel (UAV, RPAS, drony),
- na malých pilotovaných letadlech různých konstrukcí a nosností od tzv. “ultralightů” až po dopravní a nákladní letadla typu “aerotaxi”,
- na letadlech středního a velkého doletu a výškového dostupu,
- na raketách (včetně balistických), umělých družicích Země a kosmických lodích.



Pozemní stanice se používají pro zaznamenání informací o druzích povrchů, tj. získávání „a priori“ dat (aplikují přímou metodu DPZ).

Kosmické nosiče

- Rakety (včetně balistických)
- Pilotované a nepilotované umělé družice Země
- Orbitální stanice

Rakety

Rakety

USA vypustily v letech 1946 – 1948 několik desítek raket typu V-2 až do výšek 180 km. Pořizovaly v měřítkách 1:1-5 mil. snímky zemského povrchu na černobílý, barevný a infračervený film.

Další „pionýrské“ rakety:

- 1954 – 1955: dvě rakety VIKING s maximálním dostupem 255 km,
- 1956 – 1958: čtyři rakety NIKE-CAJUN, které z výšky 137 km také filmovaly,
- 1959: dvě rakety THOR (výška 585 km) a raketa ATLAS (výška 1400 km).

V2



Raketa dosáhla 3. října 1942 výšky 80 km

Rakety

- ESA: **Ariane** (Ariane 1 odstartovala z Kourou 24.12.1979)
- USA: **Titan**, **Saturn** (projekt Apollo a Sojuz-Apollo), **Atlas**, **Pegasus** (start z nosného letounu), **Delta**
- SpaceX: vyvíjí a provozuje víceúčelové raketové nosiče **Falcon**
- Rusko/Ukrajina: **Cyklon** (ukrajinská), **Kosmos**, **PROTON** (čtyřstupňové varianty této rakety slouží k vynášení družic o vzletové hmotnosti do 3 t na stacionární dráhy, případně kosmických sond do meziplanetárního prostoru a k planetám), **Sojuz** (podle ESA velmi spolehlivé), **Zenit** (ukrajinská)
- Čína: **Čchang Čcheng** (CZ, Dlouhý pochod)
- Japonsko: **Lambda** (startuje šikmo), **H**, **M**, **N**
- Indie: **SLV** (Satellite Launch Vehicle)
- Izrael: **Shavit** (malé satelity na nízkou oběžnou dráhu)
- ...

Rakety



Sojuz-FG



Ariane

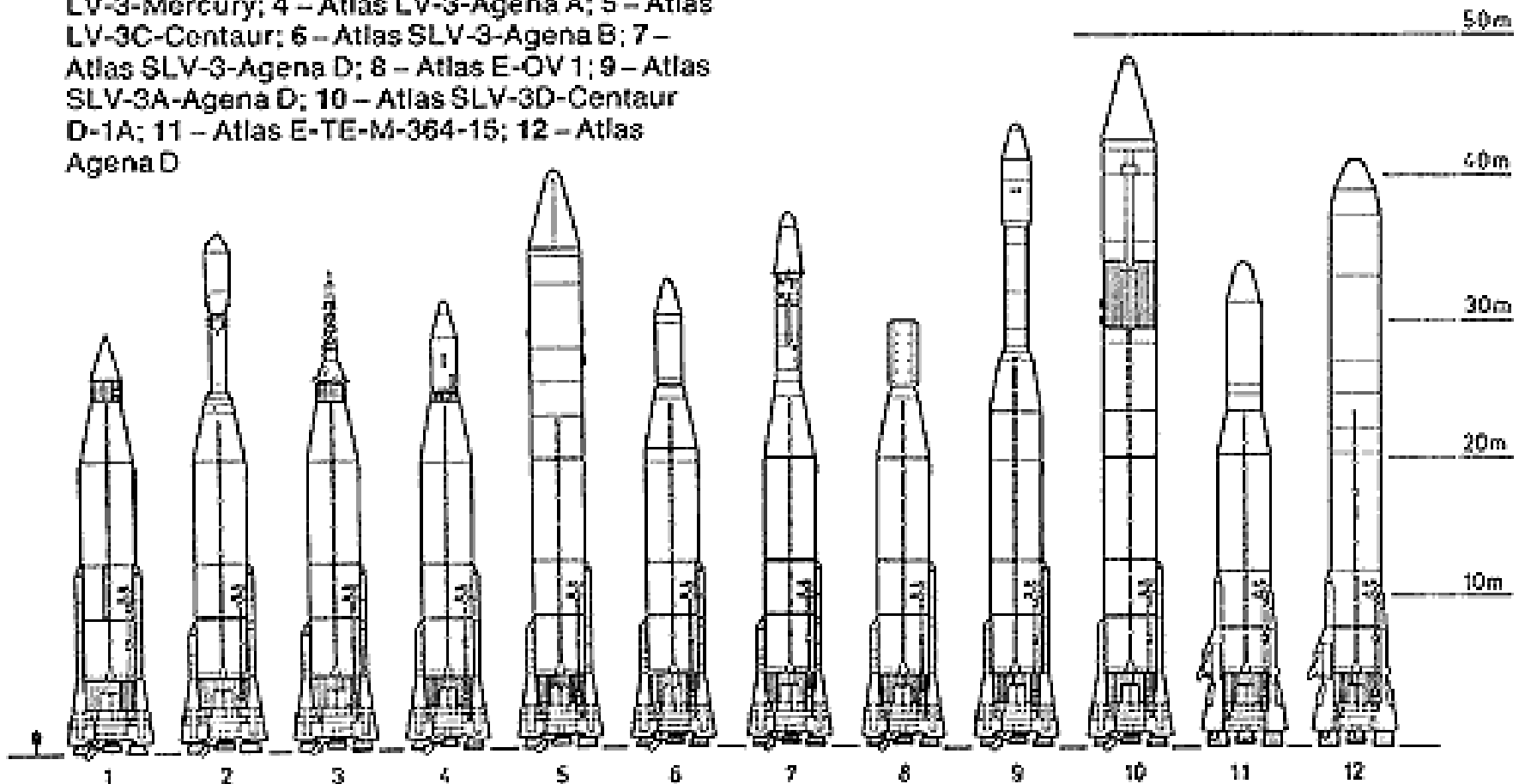


Proton

Rakety Atlas

1 – Atlas B-Score; 2 – Atlas-Able; 3 – Atlas LV-3-Mercury; 4 – Atlas LV-3-Agena A; 5 – Atlas LV-3C-Centaur; 6 – Atlas SLV-3-Agena B; 7 – Atlas SLV-3-Agena D; 8 – Atlas E-OV 1; 9 – Atlas SLV-3A-Agena D; 10 – Atlas SLV-3D-Centaur D-1A; 11 – Atlas E-TE-M-364-15; 12 – Atlas Agena D

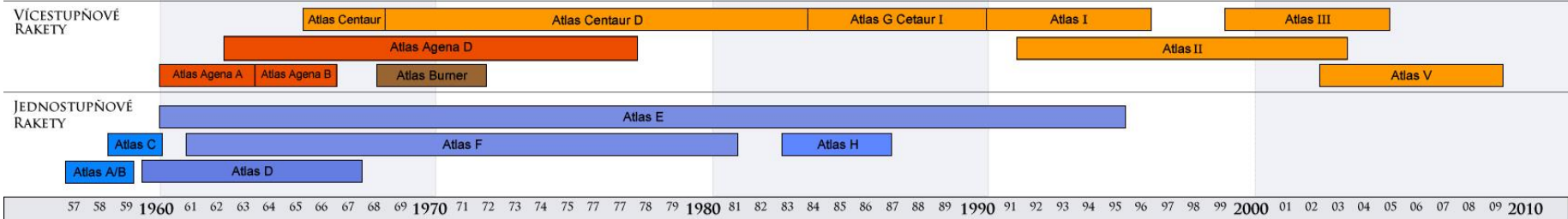
Varianty kosmické rakety Atlas



Rakety Atlas

Jedna z nejúspěšnějších amerických kosmických raket. Původní verze byla „dvoustupňová“. Protože všechny motory rakety pracují už od startu (motory „druhého stupně“ ovšem podstatně déle), hovoříme se o raketě jedenapůlstupňové.

Samotná raketa Atlas se začala používat jako nosič kosmických lodí Merkury.



https://cs.wikipedia.org/wiki/Rakety_Atlas

PROTON

Z ruské oblasti se přes počáteční nedůvěru stala jednou z nejspolehlivějších kosmických nosičů raketa PROTON.

Poprvé byla vypuštěna v roce 1965 a svůj název dostala od tiskové agentury TASS, která takto pojmenovala raketu UR-500 (vyvíjenou jako těžký raketový nosič vodíkových pum), jež v dané chvíli vynesla na tehdejší dobu rekordní 12 t těžkou družici pro zkoumání částic kosmického záření o vysokých energiích.

Rakety typu PROTON zklamaly především při snaze sovětské kosmonautiky vyhrát nad USA „závod o Měsíc“.

Čína a Japonsko

- V 70. letech 20. století vrcholí práce na raketách a raketových nosičích schopných vynést do kosmického prostoru družice v Japonsku a v Číně.
- Až na pátý pokus byla 11.2.1970 úspěšná pětistupňová japonská raketa Lambda 4S, která vynesla družici Ohsumi (Ošumi), na druhý pokus se 24.4.1970 vydala na krátký let do vesmíru čínská raketa typu CZ, kam vynesla družici Dong Fang Hong (Tung-fang chung).

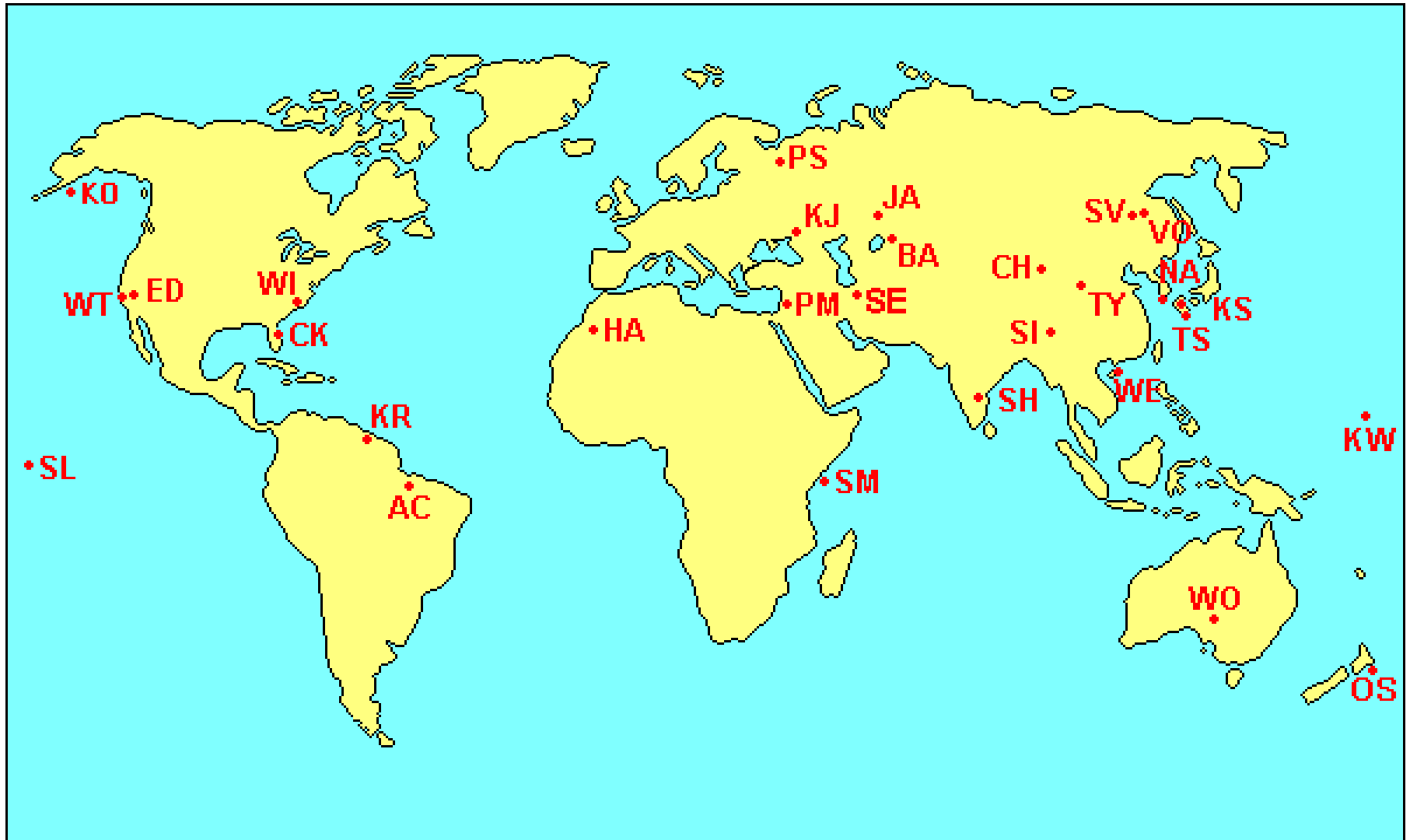
Řada raketových startů byla určena pro biologické a vojenské experimenty a pro řešení projektů špionážních družic s návratovými moduly. Raketové nosiče vyvíjí i KLDR a snad i Pákistán.

První úspěšná použití vlastních nosných raket

Stát	Datum	Nosná raketa	Kosmodrom	Družice
 SSSR	3. října 1957	Sputnik	 Bajkonur	Sputnik 1
 USA	31. ledna 1958	Juno I (Jupiter-C)	 Cape Canaveral	Explorer 1
 Francie	26. listopadu 1965	Diamant A	 Hammaguir	Astérix
 Japonsko	11. února 1970	Lambda 4S	 Kagošima	Ósumi
 ČLR	24. dubna 1970	Dlouhý pochod CZ-1	 Ťiou-čchuan	DFH-1
 Velká Británie	28. října 1971	Black Arrow	 Woomera	Prospero X-3
 ESA	24. prosince 1979	Ariane 1	 Kourou	CAT-1
 Indie	18. července 1980	SLV-03	 Šríharikota	Rohini 1
 Izrael	19. září 1988	Šavit	 Palmachim	Ofek-1
 Ukrajina	28. března 1999	Zenit 3SL	Sea Launch	DemoSat
 Írán	2. února 2009	Safir 2	 Semnán	Omid

https://cs.wikipedia.org/wiki/Nosn%C3%A1_raketa

Kosmodromy



<http://www.kosmo.cz/>

Kosmodrom Palmachim (PM)

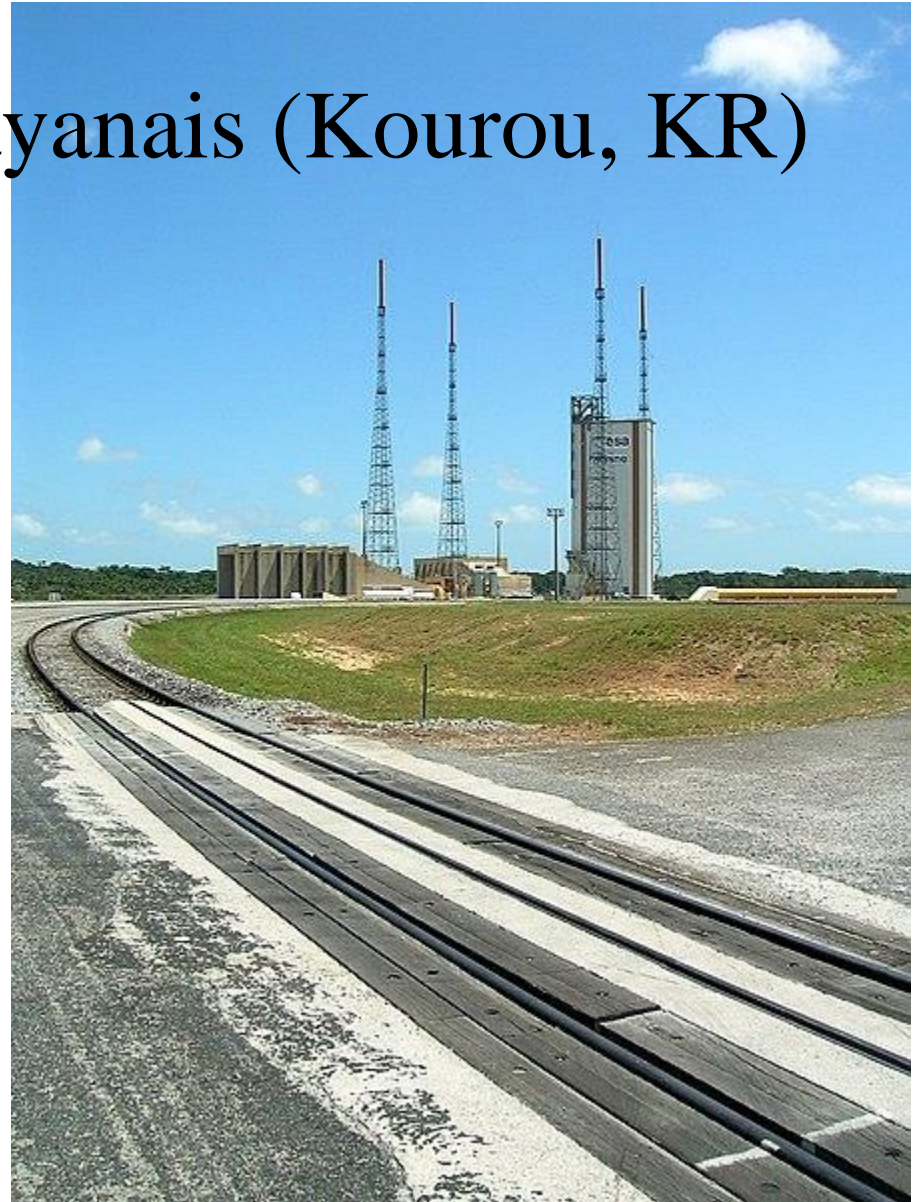
Kosmodrom **Palmachim Air Force Base** (31°54' s.š., 34°42' v.d.) má oproti jiným světovým kosmodromům velkou nevýhodu v tom, že rakety je z něj třeba (vzhledem k napjatým vztahům s okolními arabskými zeměmi) vypouštět západním směrem, proti rotaci Země, což vede k výrazně vyšším energetickým potřebám nosičů.

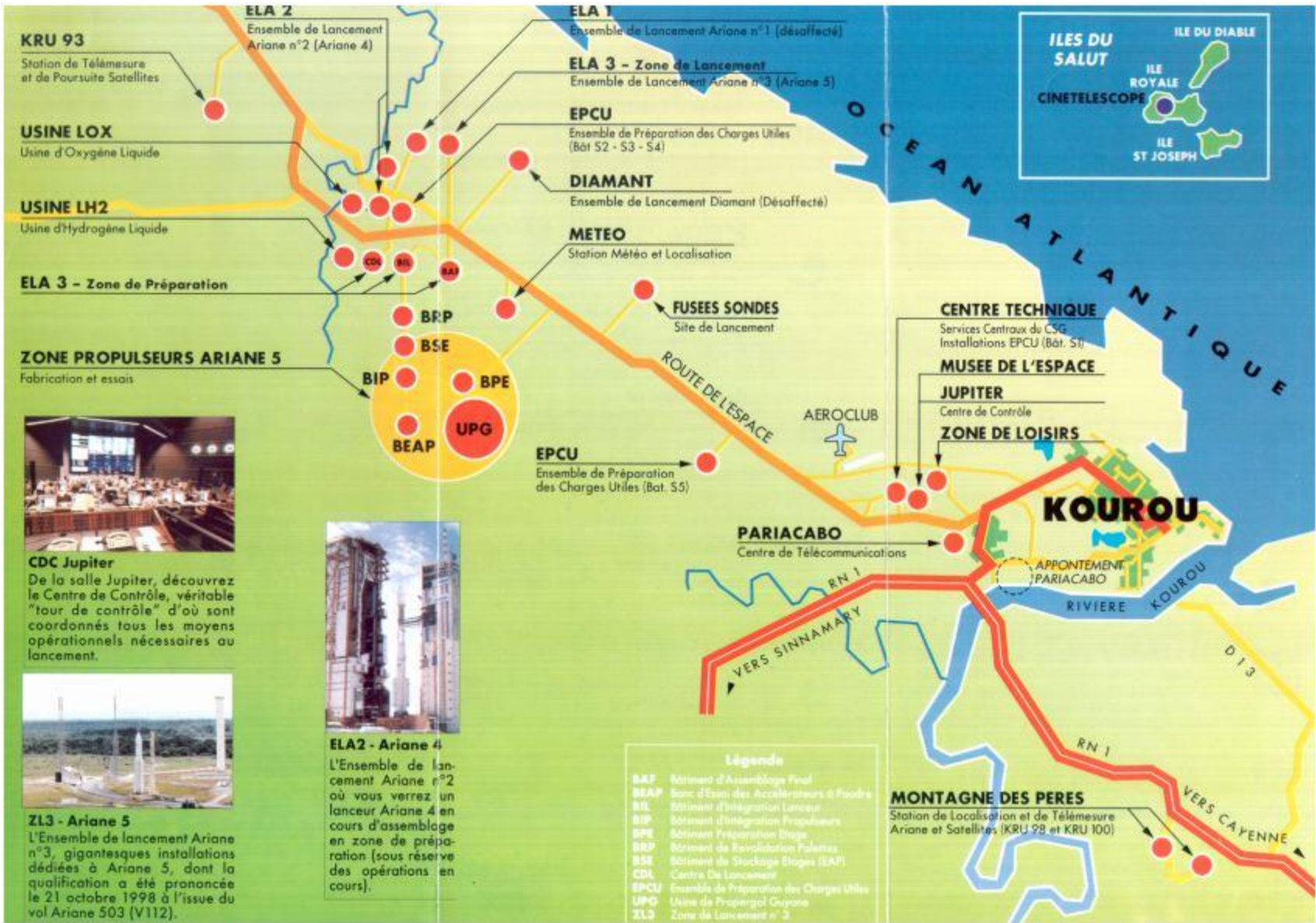
Centro de Lançamento de Alcântara (AC)

Od roku 1982 (dokončen v roce 1990) se začal budovat kosmodrom Centro de Lançamento de Alcântara ($02^{\circ}17'$ j.š., $44^{\circ}23'$ z.d.), který díky své rovníkové poloze vynese o 25 % těžší družici než je při stejných parametrech rakety možné z kosmodromu na Floridě.

Centre Spatial Guyanais (Kourou, KR)

- Kosmodrom využívá na $52^{\circ}46'$ z.d. a $5^{\circ}14'$ s.š. ESA (Evropská kosmická agentura).
- V prostoru základny se nachází především vypouštěcí komplex pro rakety Ariane (rampy ELA, tj. Ensemble de Lancement Ariane) – viz následující snímek.





KRU 93
Station de Télémétrie et de Poursuite Satellites

USINE LOX
Usine d'Oxygène Liquide

USINE LH2
Usine d'Hydrogène Liquide

ELA 3 - Zone de Préparation

ZONE PROPULSEURS ARIANE 5
Fabrication et essais



CDC Jupiter
De la salle Jupiter, découvrez le Centre de Contrôle, véritable "tour de contrôle" d'où sont coordonnés tous les moyens opérationnels nécessaires au lancement.



ZL3 - Ariane 5
L'Ensemble de lancement Ariane n°3, gigantesques installations dédiées à Ariane 5, dont la qualification a été prononcée le 21 octobre 1998 à l'issue du vol Ariane 503 (V112).



ELA2 - Ariane 4
L'Ensemble de lancement Ariane n°2 où vous verrez un lanceur Ariane 4 en cours d'assemblage (sous réserve des opérations en cours).

Légende

BEAP	Bâtiment d'Assemblage Final
BEAP	Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre
BL	Bâtiment d'Intégration Lanceur
BIP	Bâtiment d'Intégration Propulseurs
BPE	Bâtiment Préparation Etape
BSP	Bâtiment de Stockage Étages (EAP)
BSE	Bâtiment de Stockage Étages (EAP)
CDL	Centre De Lancement
EPCU	Ensemble de Préparation des Charges Utiles
UPG	Usine de Propriété Oxygène
ZL3	Zone de Lancement n° 3

Tjuratam (Bajkonur, BA)

- Velmi známý kosmodrom Bajkonur (BA) na souřadnicích $63^{\circ}25'$ v.d. a $47^{\circ}22'$ s.š. v Kazachstánu využívá Rusko.

Cape Canaveral a KSC (CK)

- Kosmodrom CK na souřadnicích $80^{\circ}32'$ z.d. a $28^{\circ}27'$ s.š. je sídlem Kennedyho vesmírného střediska (**Kennedy Space Center**) a odpalovací základny nazývané **Cape Canaveral Air Force Station**. Mys je propojen s ostrovem Merrit, který je také součástí areálu kosmodromu. První raketa byla odtud vypuštěna 24. července 1950.

Pilotované a nepilotované umělé družice Země

Dráhy družic: viz <https://www.n2yo.com/>

Družice

- Orientační životnost družic v závislosti na výšce jejich dráhy je (výška dráhy v km/životnost):
(500/5 let, 200/30 dní, 150/ 3 dny).
- Stabilizace:
 - rotací kolem své osy rovnoběžné s osou zemské rotace,
 - ve všech třech osách s konstantní polohou vzhledem k Zemi (tříosý gyroskopický stabilizátor).

Protože gyroskopy podléhají precesi, nemohou sloužit k absolutní prostorové orientaci celého systému. Jediným způsobem, jak udržet přesnou směrovou orientaci, je vytýčení nějakého obecného, absolutně neměnného směru. K zachycení tohoto směru slouží tzv. hvězdná čidla.

Dráhy družic

Pokud se jedná čistě o kosmické nosiče snímacích aparatur, pak se mohou pohybovat na:

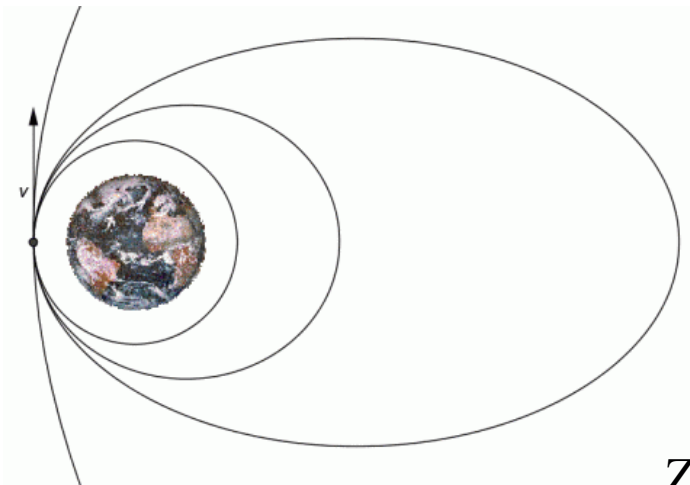
- subpolární dráze (sklon k rovině rovníku cca $80 - 110^\circ$),
 - **dráha prográdní** – družice letí od západu na východ, díky čemuž využívá zemské rotace. Sklon dráhy je $0^\circ - 90^\circ$
 - **dráha polární** – sklon oproti rovině rovníku je 90° . Díky tomu přelétá satelit přes oba zemské póly.
 - **dráha retrográdní** – Družice letí proti směru otáčení Země. Sklon její dráhy je v rozmezí $90^\circ - 180^\circ$.
- skloněné dráze (průmět dráhy leží cca mezi obratníkem Raka a obratníkem Kozoroha),
- geostacionární (rovníkové) dráze.

Dráhy družic

Podle tvaru dráhy satelitu rozlišujeme:

- kruhovou (eliptickou) dráhu,
- parabolickou dráhu,
- hyperbolickou dráhu.

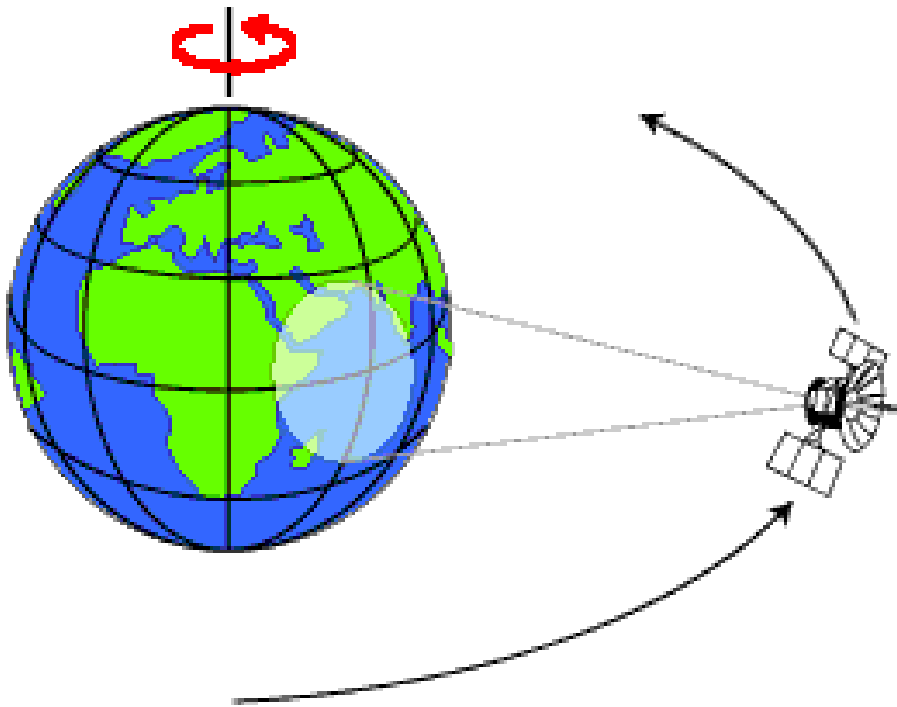
NE pro DPZ



Kruhová, eliptická a parabolická dráha.

Zdroj: Techmania Science Center. Autor: M. Králová.

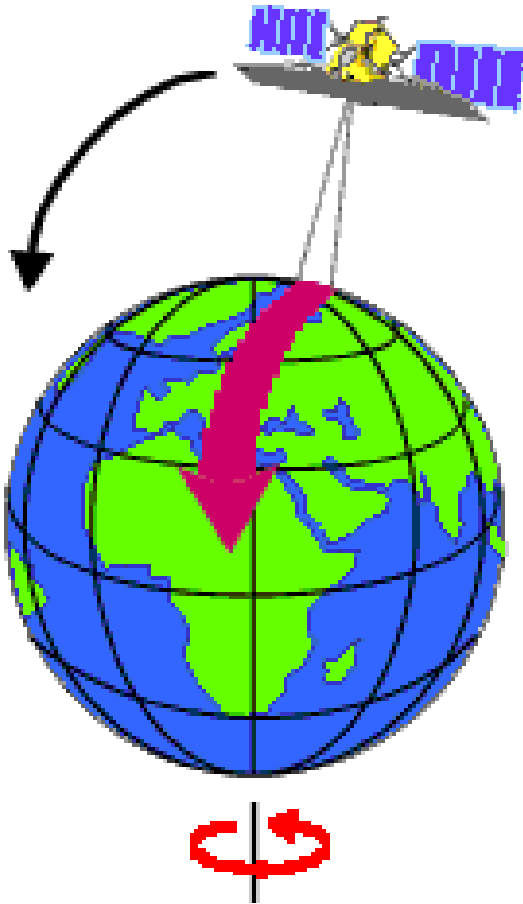
Geostacionární dráha



Družice obíhá kolem Země v rovině rovníku od západu k východu ve výšce cca 36 000 km (doba oběhu odpovídá době rotace Země kolem vlastní osy).

Pořizovaná data mají malé prostorové rozlišení, ale velké časové rozlišení (krátké časové intervaly mezi opakujícími se snímky), což využívá především meteoslужba.

Subpolární dráha



Pohyb se děje přibližně v poledníkovém směru (na denní straně od severu k jihu) obvykle ve výškách 700 – 1000 km.

Doba jednoho oběhu trvá cca 2 hodiny. Oběh je synchronní se Sluncem, což znamená, že nad daným místem je družice vždy ve stejnou dobu místního času.

Heliosynchronní dráha

Výběr vhodného úhlu dráhy satelitu vůči směru ke Slunci vychází ze zjištění, že nejvhodnější pro zpracování dat je, aby byly maximálně omezeny stíny objektů na zemském povrchu, neboť působí rušivě při analýze dat.

Z tohoto důvodu se dráha satelitu vždy volí tak, aby na své denní polovině procházela co nejbliž spojnicí Země - Slunce.

Satelit pak bude při snímání přelétat nad oblastmi s místním časem zhruba kolem 10 hodiny dopolední.

Heliosynchronní dráha

Po splnění všech uvedených požadavků bude dráha satelitu přesně synchronizována s denním a ročním pohybem Země kolem Slunce. Proto se nazývá **heliosynchronní cirkulární kvazipolární drahou**.

Precesní rotace dráhy družice bude rovna úhlové rychlosti pohybu Země kolem Slunce, tj. 1° za den. Velikost precese je určena výškou dráhy a jejím sklonem k rovině rovníku.

Družice na geostacionárních drahách

Meteosat

Před založením EUMETSATU zahájila ESA program *Meteosat Operational Programme* (MOP), který zastřešoval vývoj a výrobu vesmírného segmentu (družic) až do roku 1995.

EUMETSAT dosáhl plné finanční kontroly nad programem roku 1987. Prvním satelitem programu MOP byl v roce 1989 Meteosat 4 a ukončen Meteosatem 6 v roce 1993.

Následoval program *Meteosat Transition Programme* (MTP) který měl za úkol být přechodným článkem mezi první a druhou generací. Jediným satelitem tohoto programu je Meteosat 7, vypuštěný v roce 1997.

Česká republika byla spolupracujícím členem družice EUMETSATu od roku 2005, plnoprávným členem je od roku 2010.

Meteosat 1 - 7

- Meteosat 1 1977
- Meteosat 2 1981
- Meteosat 3 1988 – 1995
- Meteosat 4 1989 – 1995 (MOP-1, Meteosat Operational Programme)
- Meteosat 5 1991 (MOP-2)
- Meteosat M-6 1993 (MOP 3)
- Meteosat M-7 1997 (MTP 1, Meteosat Transition Programme)

Meteosat 1 - 7

- Družice typu METEOSAT jsou „zavěšeny“ nad Guinejským zálivem, odkud jsou schopny zobrazit celou Evropu a Afriku, západní Asii, část Jižní Ameriky a většinu Atlantského oceánu.
- Hlavním zařízením na palubě družic s pořadovým číslem 1 - 7 je tříkanálový skenující radiometr VISSR (*Visible and Infrared Spin Scan Radiometer*).

Meteosat 1 - 7

- VIS (viditelné pásmo) 0,4 až 1,0 μm
- IR (tepelné pásmo) 10,5 až 12,5 μm
- WV (pásmo absorpce vodní parou) 5,7 až 7,1 μm

Rozlišení radiometru v nadiru bylo 5 km pro kanály IR a WV, resp. 2,5 km pro kanál VIS. V důsledku šikmého pohledu a větší vzdálenosti bylo rozlišení pro oblast střední Evropy poněkud horší - přibližně 6 x 9 km pro WV a IR kanály, resp. 3 x 4,5 km pro VIS kanál.

Meteosat 8 - 11

- Meteosat 8 (MSG-1) 2002
- Meteosat 9 (MSG-2) 2005
- Meteosat 10 (MSG-3) 2012
- Meteosat 11 (MSG-4) 2015

Družice **MSG (Meteosat Second Generation)** s novým radiometrem **SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and IR Radiometer)**.

Radiometr poskytuje snímky v 11 kanálech o rozlišení 3 km na obrazový bod a v jednom kanále (HRV – High Resolution Visible channel) s obrazovou informací ve viditelném spektru o rozlišení 1 km, i když vzhledem k šikmé projekci povrchu Země je třeba pro Evropu a okraje glóbu rozlišení trochu horší.

Aktuálně využívané družice MSG

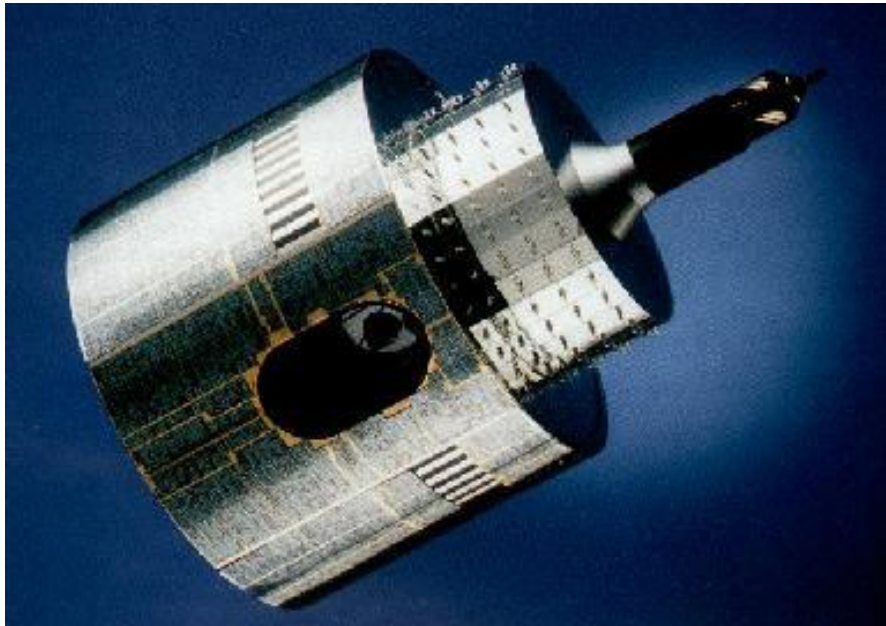
Satellite	Lifetime	Position	Services
Meteosat-11	15/07/2015 –	0° 36 000 km	0° SEVIRI Image Data. Real-time Imagery. Data Collection Service.
Meteosat-10	05/07/2012–	9.5°E 36 000 km	Rapid Scan Service from 20 March 2018. Real-time Imagery.
Meteosat-9	22/12/2005–Fuel lifetime is until 2024	3.5° E 36 000 km	Rapid Scan Service gap filling spacecraft and back-up spacecraft from 20 March 2018.
Meteosat-8	28/08/2002 – Fuel lifetime is until 2020	41.5° E 36 000 km	Full IODC service.

<https://www.eumetsat.int/>

Meteosat třetí generace (MTG)

Start první z šesti plánovaných družic MTG (MTG-I1) je v současnosti plánován na čtvrté čtvrtletí roku 2021. Poslední z této série má předběžně plánovaný start na čtvrté čtvrtletí roku 2032.

Meteosat



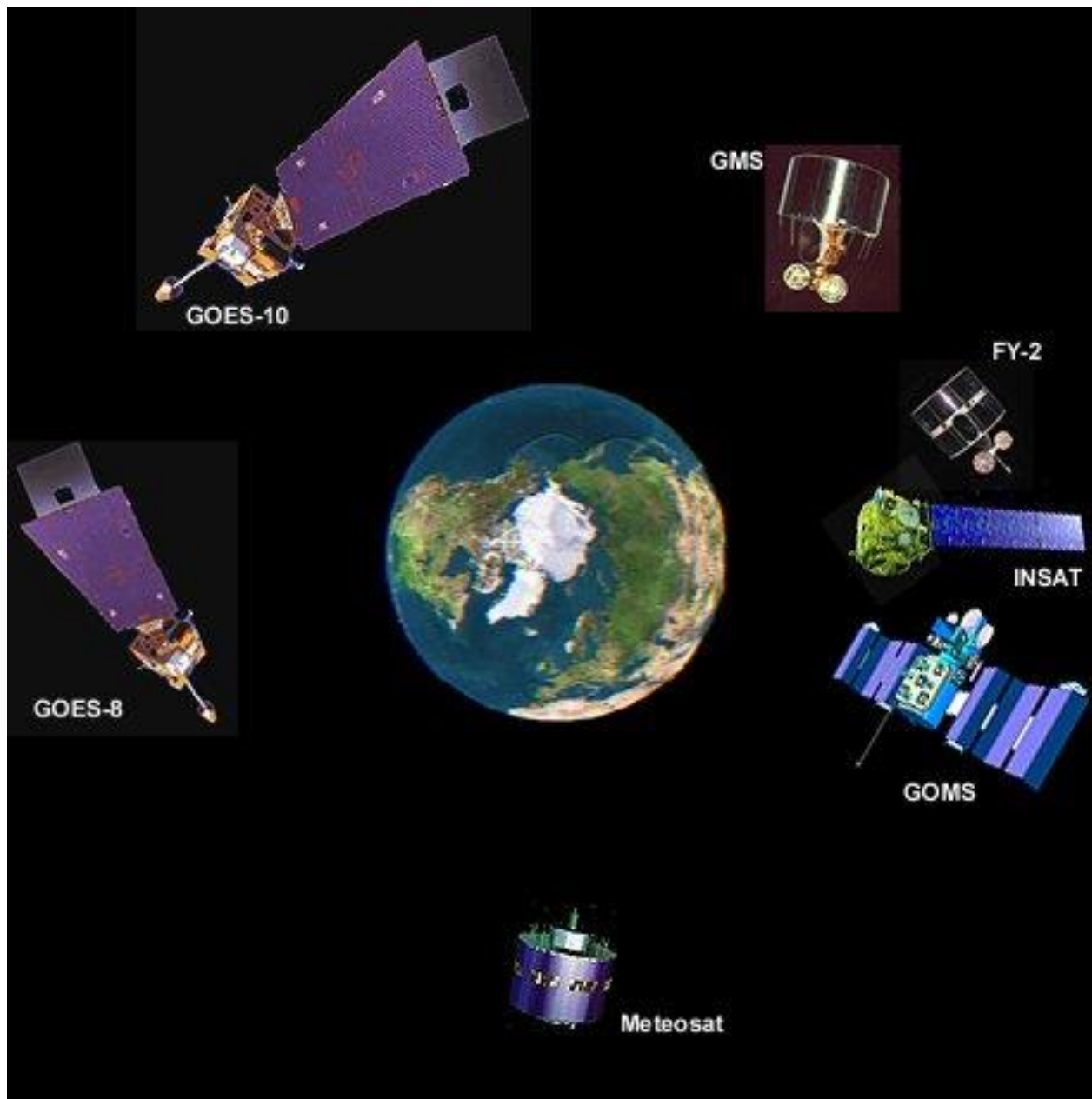
1. generace



2. generace

Další meteorologické geostacionární družice

- **SMS/GOES** (*Synchronous Meteorology Satellite/Geostationary Operational Environmental Satellite*) - zkušební geostacionární družice SMS, později vypouštěné pod názvem GOES (75° a 135° z.d.),
- **GMS** (Himawari) a MTSat (140° v.d.) – Japonsko,
- **Insat 3A** (*Indian National Satellite*) byla vypuštěna v roce 2003 ($93,5^\circ$ v.d.),
- **Feng Yun** – vypuštěna v roce 2006 ($86,5^\circ$ v.d.).



Některé důležité geostacionární meteorologické družice. (Kresba IAN)

Družice na (sub)polárních drahách

Meteorologické družice

Družicové systémy subpolární - meteorologické

TIROS (*Television and Infra-Red Observation Satellite*) – od roku 1960, v roce 1964 byly družice TIROS nahrazeny zlepšeným typem družic NIMBUS a v roce 1966 řadou družic ESSA (*Environmental Sciences Services Administration*).

NIMBUS - do roku 1978 bylo na oběžnou dráhu vypuštěno 7 experimentálních meteorologických družic ze série NIMBUS.

Družicové systémy subpolární - meteorologické

ITOS/NOAA (*Improved TIROS Operational Sattelites/ National Oceanic and Atmospheric Administration*)

Program meteorologických družic NOAA obsahuje družice, označované jako I. generace (odvozené z družic TIROS a ESSA) a družice typu TIROS-N (odvozené od vojenských družic DMSP), označované jako druhá generace – dnes létá NOAA 15, 18, 19 a 20.

Frekvence přeletů je dvakrát denně nad stejným územím. Data z družic lze zachytit až 6 x denně. V operačním nasazení jsou obvykle 2 družice (končí NOAA 15/K a 18/N, pokračují NOAA 19/N' a 20/JPSS 1); vzájemně posunuté na dráze tak dodávají informace cca každých 6 hodin.

NOAA

- **Druhá generace družic NOAA** započala startem prototypové družice Tiros-N (*Television and Infra Red Observation Satellite*) v roce 1978 a v roce 1979 startem první operační družice NOAA 6.
- Družice je na heliosynchronní kruhové subpolární dráze o výšce 810 - 870 km, se sklonem 98 - 99° a s oběžnou dobou cca 102 min.
- Posun dráhy mezi dvěma sousedními oblety činí na rovníku přibližně 25,5° (na západ).

NOAA

Hlavním zařízením družice je rastrující radiometr AVHRR (*Advanced Very High-Resolution Radiometer*, v roce 1991 AVHRR/2, od roku 1993 AVHRR/3) pro snímkování povrchu Země a oblačnosti ve viditelné a infračervené části spektra.

AVHRR/3

Kanál/vlnová délka 1/0,58 – 0,68, 2/0,725 – 1,000, 3A/1,58 – 1,64, 3B/3,55 – 3,93, 4/10,3 – 11,3; 5/11,5 - 12,5 μm ; rozlišení 1 až 4 km.

NOAA

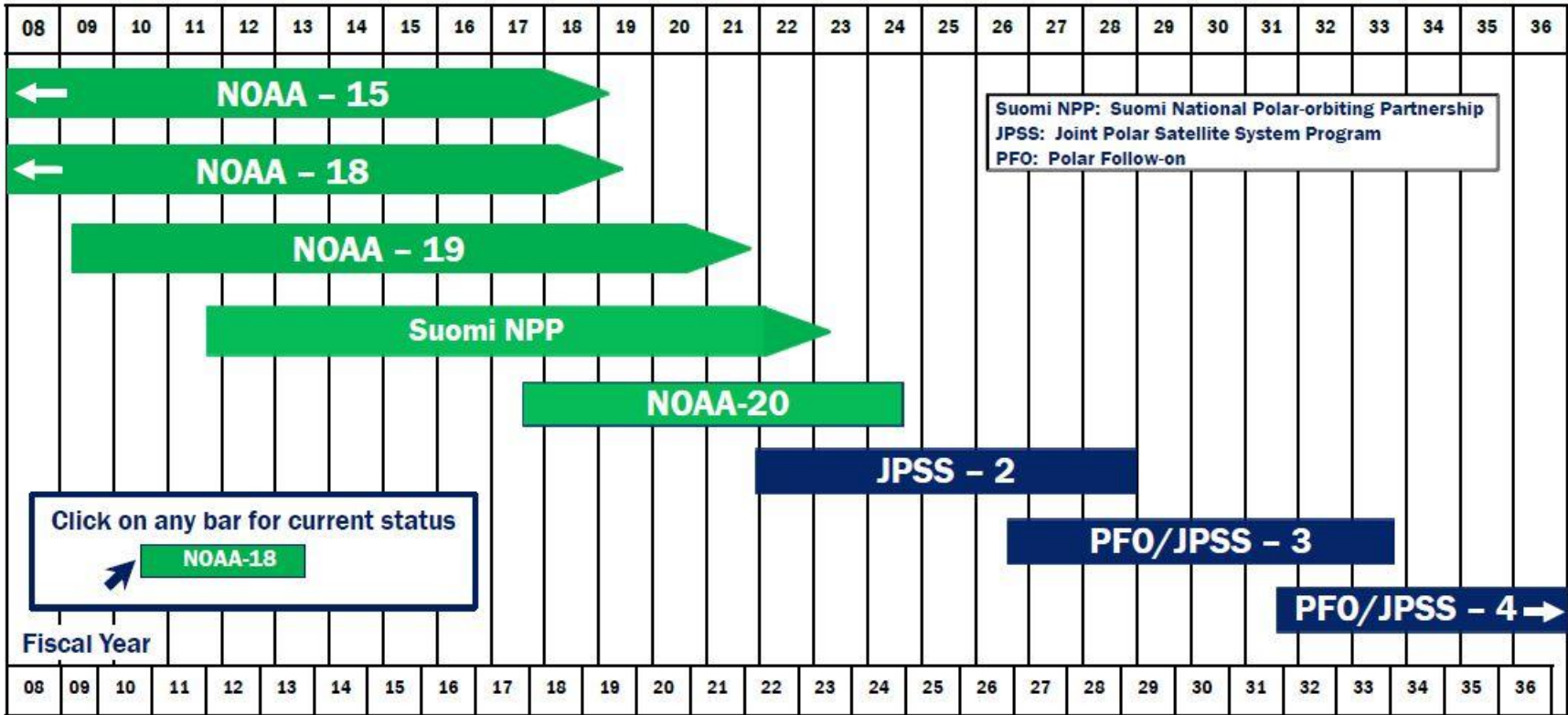




NOAA Polar Satellite Programs Continuity of Weather Observations

Calendar Year

As of January 2018



Fiscal Year



Approved:
Assistant Administrator for Satellite and Information Services

	In orbit and operating		Planned Mission Life, from Planned Launch Date
	Launched before Jan 2008		Planned Mission Life Beyond 2036
	Reliability analysis-based extended weather observation life estimate (60% confidence) for satellites on orbit for a minimum of one year – Most recent analysis: September 2017		

Družicové systémy subpolární a šikmé - meteorologické

- Klimatologická a meteorologická družice **TRMM** (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) postavená a provozovaná NASA byla vyslána na šikmou dráhu o sklonu cca 35° v roce 1997 (v atmosféře shořela v roce 2016?).
- Ruské družice **METEOR** obíhají Zemi:
 - ve výšce cca 1200 km (METEOR 3 6) – od roku 1994,
 - ve výšce cca 1000 km (METEOR 3M1) – od roku 2001,
 - ve výšce cca (METEOR M1) – od roku 2009,
 - ve výšce cca 800 km (METEOR M2) – od roku 2014.
- První evropská meteorologická družici nové generace **MetOp** pracuje od roku 2006.

Družice DPZ

Družice DPZ

- LANDSAT (původní název ERTS) - Družice typu LANDSAT (USA) patří mezi nejznámější a nejvyužívanější pro dálkový průzkum Země. Je určena k monitorování životního prostředí a globálních změn na planetě Země.
- SPOT - Družice SPOT konstruuje francouzsko-britská společnost Matra Marconi Space pro francouzské Národní centrum kosmických studií (CNES), které řídí program Spot Image.
-

Družice programu Landsat

- Landsat 1 (1972 - 1978) – ERTS 1 (Earth resources Technology Sattelite)
- Landsat 2 (1975 -1982)
- Landsat 3 (1978 - 1983)
- Landsat 4 (1982 - 1985)
- Landsat 5 (1984 - 2007)
- Landsat 6 (1993 - havárie při startu)
- Landsat 7 (1999 - stále funkční, technické problémy)
- Landsat 8 (11. 2. 2013, náhrada za 5 a 7)

http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php

Dráha Landsatu

- Družice Landsat/ũ mají helio-synchronní dráhu, blízkou dráze polární (průlet nad rovníkem v 10:00 hod. místního slunečního času ± 15 min.)
- Létají ve výšce 705 km (přelet nad rovníkem je pod úhlem $98,2^\circ$, oběh kolem Země trvá 98,9 minuty). Zabezpečují plný pokryv území mezi 81° s.š. a 81° j.š.
- Po 16 dnech se družice vrací do výchozí polohy. Při společném provozu Landsatu 4 a 5 (1984 - 1985) se zkrátila perioda opakování na 8 dnů. Opakovací cyklus Landsatu 1 - 3 byl 18 dnů.

Landsat 8

LANDSAT 8 má dva senzory OLI (Operational Land Imager) a TIRS (Thermal InfraRed Sensor).

Senzor OLI má 9 spektrálních kanálů (viz následující snímek), a to:

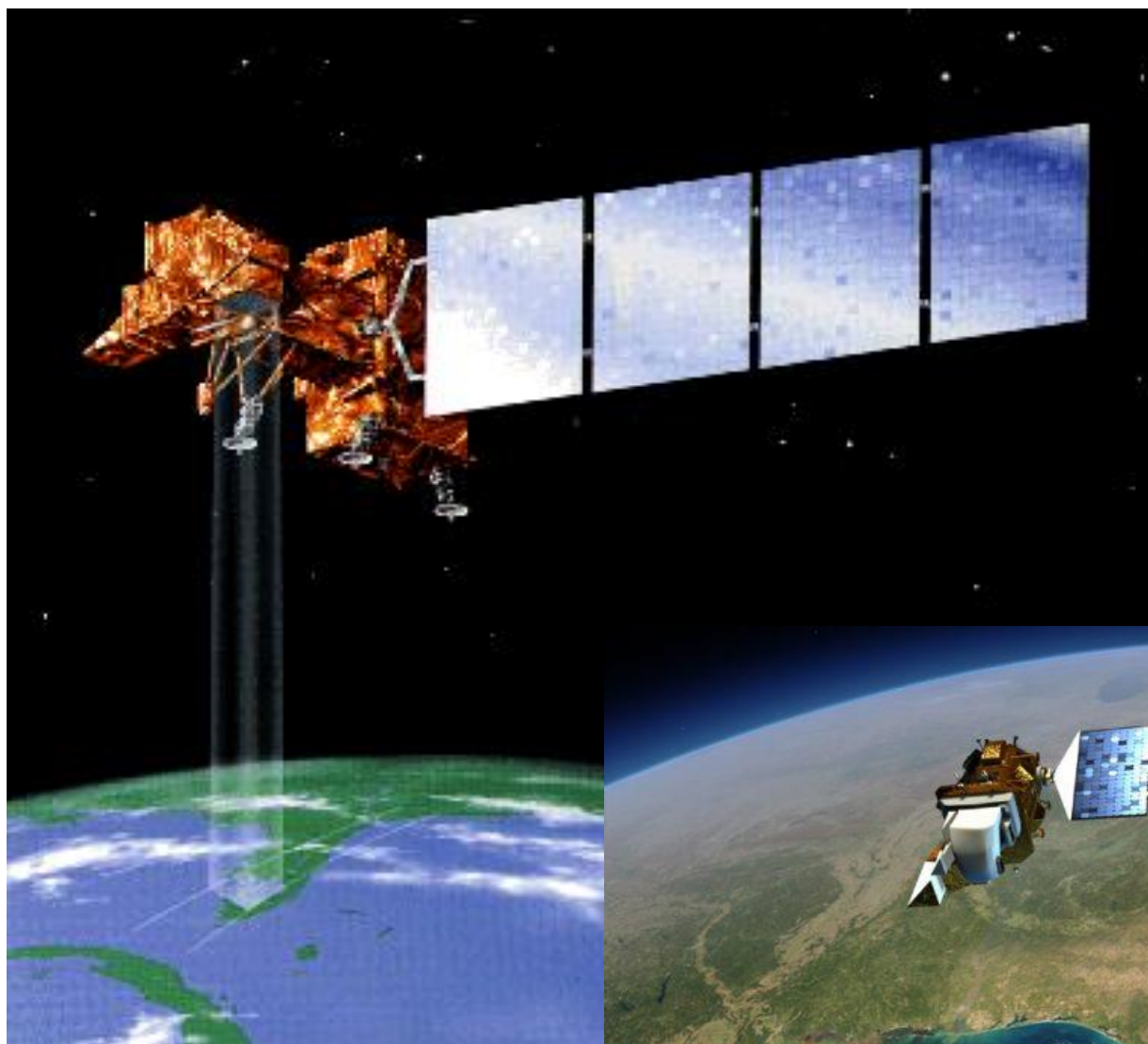
- 1 PAN s rozlišením 15 m,
- 8 VNIR (viditelné pásmo), NIR a SWIR (blízké a střední infračervené pásmo) s rozlišením 30 m.

Zabírá pás o šířce 185 km. Na pokrytí celé zeměkoule je třeba 16 dní.

Senzor TIRS pracuje v infračerveném spektru (zajišťuje tepelná data) a rozlišuje jen stometrové detaily (oproti OLI má jen cca poloviční životnost).

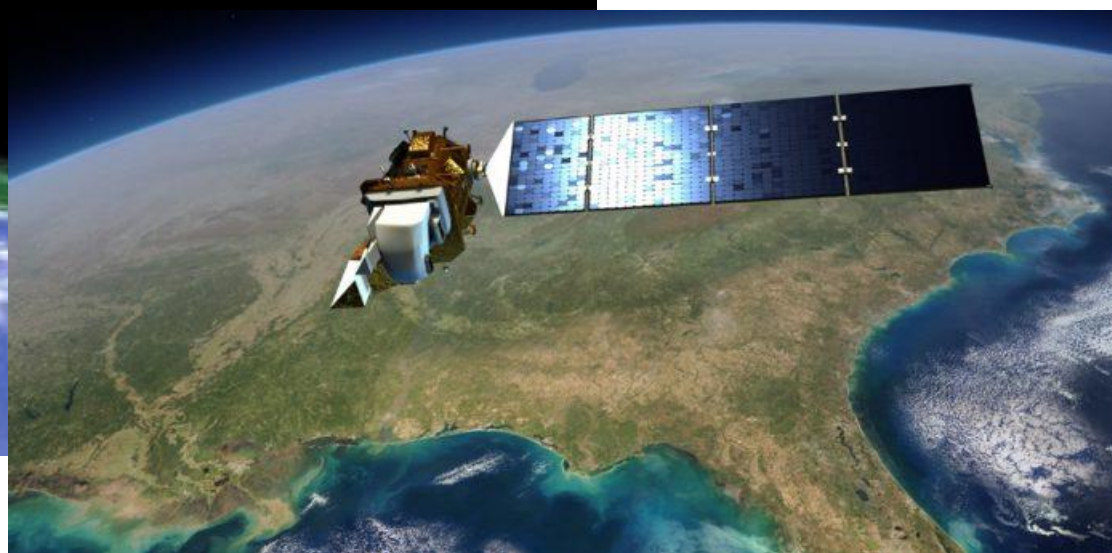
Landsat 8

Označení pásma	Rozsah v μm		Kódové označení	Prostorové rozlišení v m
	Od	Do		
8 PAN	0.5	0.68	PAN	15
1	0.433	0.453	COASTAL	30
2	0.45	0.515	BLUE	30
3	0.525	0.6	GREEN	30
4	0.63	0.68	RED	30
5	0.845	0.885	NIR	30
9	1.36	1.39	SWIR	30
6	1.56	1.66	SWIR	30
7	2.1	2.3	SWIR	30
10	10,6	11,2		100
11	11,5	12,5		100



Landsat 7
(vlevo)

Landsat 8
(vpravo dole)



SPOT

- Systém francouzských družic SPOT (*Système Probatoire d'observation de la Terre*) pracuje na oběžné dráze od roku 1986.
- V současné době pracují na oběžné dráze družice SPOT 6 a 7. Pracují s cca 3 denní periodou snímání vybraných míst na zemském povrchu.
- Nejnovější družice SPOT 7 umožňuje společně se sesterskou a konstrukčně identickou družicí Spot 6 dosáhnout jednodenní periody snímání vybraných míst na zemském povrchu.

SPOT

Název	Funkčnost	Inklinace	Výška letu v km
SPOT 1	1986 - 1990	98,8°	78 - 830
SPOT 2	1990 - 2009	98,8°	830
SPOT 3	1993 - 1997	98,8°	820 - 845
SPOT 4	1998 - 2013	98,8°	825
SPOT 5	2002 - 2015	98,8°	800 - 825
SPOT 6	2012	98,2°	694
SPOT 7 - Azersky	2014	98,2°	694

SPOT 5 – senzor HRG

Spektrální pásma (μm)		HRG
panchro	0,51 - 0,73	2,5 nebo 5 m
modrá	0,43 - 0,47	10 m
zelená	0,49 - 0,61	10 m
červená	0,61 - 0,68	10 m
blízké IČ	0,78 - 0,89	10 m
střední IČ	1,58 - 1,75	20 m
Šířka záběru		60 km

Nový elektronický skener HRG (High resolution Geometry) měl rozlišení 5 m v panchromatickém režimu a 10 m v režimu multispektrálním. Jeho zvláštnost spočívala v tom, že dvě kamery pořizovaly řádky s polovičním překrytím, takže následným zpracováním bylo možné získat panchromatická data s rozlišením 2,5 m.

SPOT 6,7 – senzor NAOMI

Spektrální pásma (μm)		Rozlišení v m
panchro	0,455 – 0,745	1,5
modrá	0,455 – 0,525	6
zelená	0,530 – 0,590	6
červená	0,625 – 0,695	6
blízké IČ	0,760 – 0,890	6
Šířka záběru		60 km

Sentinel 2

- Družice Sentinel jsou realizovány v rámci evropského programu Copernicus (dříve označovaného zkratkou GMES), společně Evropskou komisí a Evropskou kosmickou agenturou ESA.
- Družice Sentinel 2A (od roku 2015) a Sentinel 2B (2017) pořizují multispektrální data (viz následující snímek) v prostoru od 56° j.š. po 84° s.š. v rozlišení 10 m, 20 m nebo 60 m (podle použitého spektrálního pásma); celkový úhel záběru je 290 km.
- Výška dráhy je plánovaná na 786 km s časovým rozlišením 14.3 dny; dráha je heliosynchronní s časem přeletu místního poledníku v 10:30 hodin.

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (μm)	Resolution (m)	Bandwidth (nm)
Band 1 – Coastal aerosol	0.443	60	20
Band 2 – Blue	0.490	10	65
Band 3 – Green	0.560	10	35
Band 4 – Red	0.665	10	30
Band 5 – Vegetation Red Edge	0.705	20	15
Band 6 – Vegetation Red Edge	0.740	20	15
Band 7 – Vegetation Red Edge	0.783	20	20
Band 8 – NIR	0.842	10	115
Band 8A – Narrow NIR	0.865	20	20
Band 9 – Water vapour	0.945	60	20
Band 10 – SWIR – Cirrus	1.375	60	20
Band 11 – SWIR	1.610	20	90
Band 12 – SWIR	2.190	20	180

Ikonos

- Družice Ikonos postavila pro dálkový průzkum firma Lockheed Martin Commercial Space Systems, Sunnyvale, CA (USA). Jejím provozovatelem je společnost Space Imaging (od roku 2006 GeoEye).
- Nyní je družice Ikonos součástí početné skupiny družic velmi vysokého rozlišení sloučené společností pokračující dále pod názvem DigitalGlobe.
- Kamerový systém pro dálkový průzkum Země pracuje ve dvou režimech (šíře záběru 11,3 km):
 - panchromatický režim (rozlišení 0,82 m, spektrální obor 450 - 900 nm);
 - multispektrální režim (rozlišení 3,2 m, spektrální obory 445 - 516 nm, 505 až 592 nm, 632 - 698 nm, 757 - 853 nm).

Družice DPZ

- **Družice EO** s hyperspektrálním skenerem Hyperion, který je vybavený 220-ti spektrálními pásmy (v intervalu od 0,4 do 2,5 μm , tj. v 10 μm širokých a na sebe navazujících spektrálních kanálech) s prostorovým rozlišením ve všech pásmech 30 m. Jedna scéna Hyperionu má šířku 7,7 km a délku 100 km s daty pořízenými ve všech 220 kanálech a s vysokou radiometrickou rozlišovací schopností.
- SeaSAR - výzkum oceánů (USA).
- IRS (India Remote Sensing Satellite).
- David – Izrael a SRN pro zemědělské a ekologické aplikace.
-

Družice pro radarový průzkum

Družice pro radarový průzkum

- RADARSAT (Kanada)
- Družice ERS (ESA)
- Sentinel 1 (ESA)
- ENVISAT (*Environmental Satellite*) – 2002, ESA
-

RADARSAT

Radarsat 2 (2007) od Canadian Space Agency je umístěn do výšky 798 km. Sklon dráhy letu k rovníku je 98.6° , perioda obletu je 24 dní.

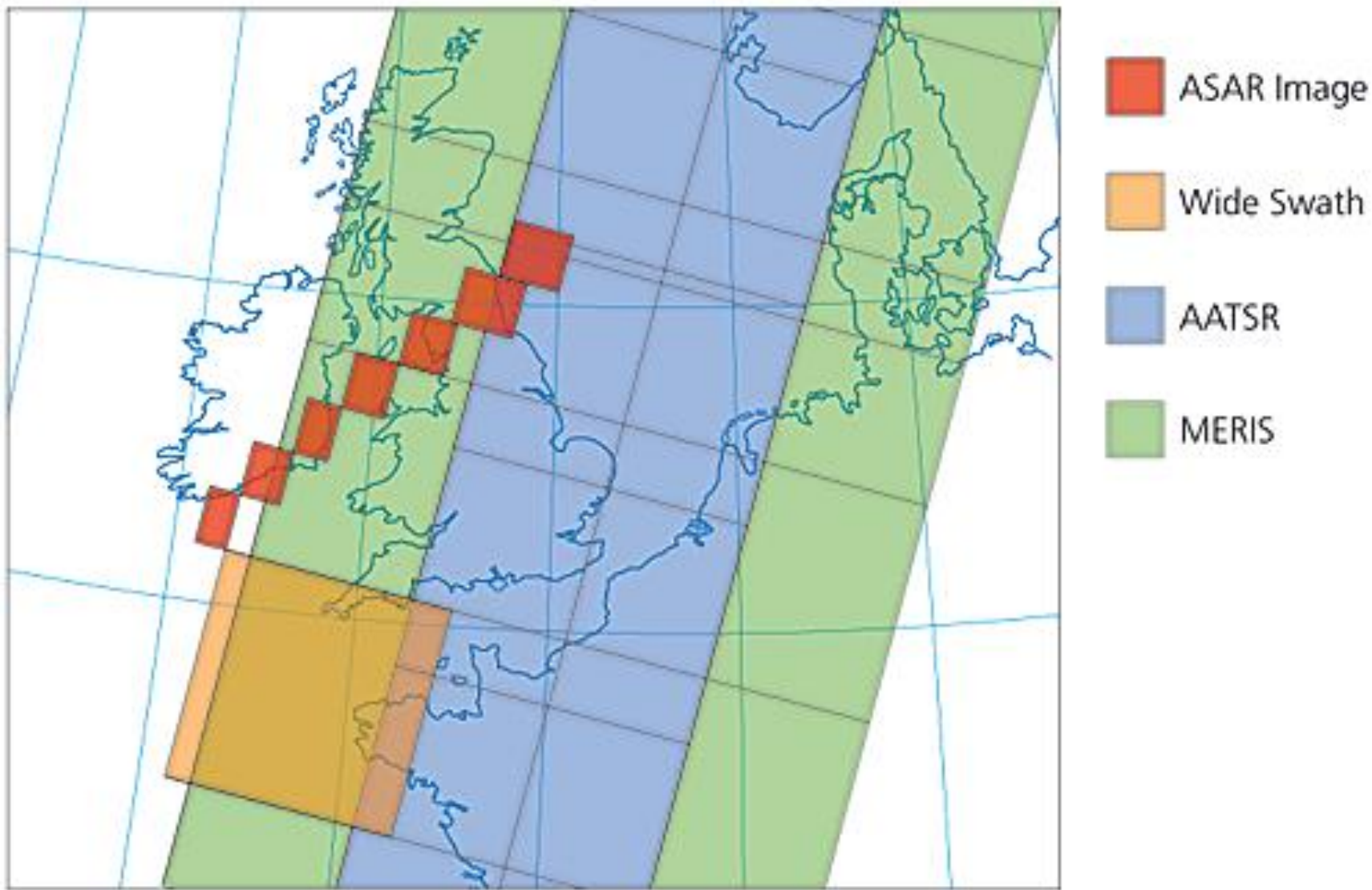
- SAR
- prostorové rozlišení 3.0, 8.0, 12.0, 18.0, 25.0, 30.0, 40.0, 50.0, 100.0 m

ERS

- Družice ERS se staly **první satelitní řadou pořizující radarová data pro komerční účely.**
- ERS-1 byl vynesen na oběžnou dráhu v červenci 1991 raketou Ariane z kosmodromu v Kourou. ERS-2 ho následoval v dubnu 1995. Hlavním přístrojem na palubě je SAR, čili radar se syntetickou aperturou, který umožňuje získat data bez ohledu na světlo či oblačnost. Tomu odpovídají cíle mise zaměřené na aplikace v životním prostředí a mapování. Prostorové rozlišení snímků je 25 m.
- Obě družice ERS se pohybují na heliosynchronní dráze s inklinací $98^{\circ} 52'$ a výškou mezi 782 až 785 km. Termínové rozlišení je 35 dnů.

ENVISAT

- Družice ENVISAT byla jednou z největších a nejkompexnějších družic dálkového průzkumu Země, která úspěšně pořizovala radarové, ale i optické snímky zemského povrchu.
- Družice pracovala v období 2002 – 2012.
- ENVISAT byla vybavena unikátními pozorovacími aparaturami ASAR, GOMOS, AATSR, MERIS a Radar Altimeter (viz i následující snímek).



Šíře záběru senzorů družice ENVISAT

Sentinel 1

- Současnou sestavu tvoří dvě identické sesterské družice Sentinel-1A (start v dubnu 2014) a Sentinel-1B (start v dubnu 2016).
- Obě družice obíhají ve stejné orbitální rovině v úhlové vzdálenosti 180° (tj. družice se vůči sobě nacházejí vždy nad protilehlými stranami Země) a tak zatímco každá družice samostatně může opakovat snímání téhož území jednou za 12 dní, obě družice společně mohou opakovat snímání téhož území jednou za 6 dní (pro území na a v okolí rovníku, pro území dále od rovníku i častěji).
- Výška letu je 693 km při sklonu dráhy $98,2^\circ$.
- Sentinel 1 jsou radarové družice s radarem typu SAR, pracujícím v pásmu C. Družice pořizují data v rozlišení až 5 m.

Sentinel 3

- Družice Sentinel 3 (Sentinel 3A – 2016, Sentinel 3B – duben 2018?) budou poskytovat **radarová a multispektrální data středního rozlišení**, čímž navážou především na data z družic Envisat a Cryosat-2. Družice nabídnou prostorové rozlišení 300 - 500 m, výškovou přesnost radarových měření 3 cm a časové rozlišení 5 dní pro dvě družice.
- Data ze Sentinelu 3 budou využívána především pro sledování zemského povrchu a oceánů (např. teploty, topografie) či určování kvality povrchových vod.
- Pro sledování oceánu je dodatečně navrhována radarová altimetrie s využitím družice Sentinel 6.

Družice pro mapování

Družice pro mapování

- **CartoSat** (*Cartographic Satellite*) – od roku 2005 (Indie), dnes CartoSat 2F (rozlišení: MS 2 m, PAN 0,65 m)
- **KOMPSAT** (*KOrean MultiPurpose SATellite*) – od roku 2006, dnes KOMPSAT-3 (rozlišení: MS 2,8 m, PAN 0,7 m)
- **ALOS/Daichi** (*Advanced Land Observing Satellite*) - japonská družice (JAXA) pro dálkový průzkum Země. Sloužila pro pořizování globálních geodetických dat pro vytvoření celosvětové digitální mapy v měřítku 1 : 25 000 a revizi topografických map v měřítku 1:25 000. Měla dva optické přístroje (PRISM s rozlišením 2,5 m, AVNIR-2 s rozlišením 1 m) a jeden radarový (PALSAR s rozlišením 10 – 100 m). Družice ALOS byla navržena tak, aby posloužila i pro zvládání přírodních katastrof. Družice pracovala v období 2006 - 2011.

Družice pro mapování

- **Družice OrbView-3** patřila v období 2003 – 2007 k prvním komerčně využívaným družicím s vysokým rozlišením na světě. Pořizovala snímky v černobílém formátu (PAN) s rozlišením 1 m a v barevném formátu (MS) s rozlišením 4 m při šířce scény v nadiru 8 km. Družice pracovala na oběžné dráze o výšce cca 470 km.
- V roce 2004 (99°, 890 km) byla vypuštěna družice **RockSat 2 (Formosat 2)** s multispektrální kamerou pro snímkování povrchu Země s rozlišením 2 m v panchromatickém režimu 450-900 nm a s rozlišením 8 m v multispektrálním režimu (450 – 520 nm, 520 až 600 nm, 630 - 690 nm a 760 - 900 nm) při šířce záběru 24 km. Registrovala i bouřkové výboje v atmosféře.

Družice pro mapování

- **QuickBird 2** (od roku 2001) – společnost EarthWatch, Inc. (nyní DigitalGlobe), prostorové rozlišení v PAN cca 65 cm.
- V září 2007 byla na oběžnou dráhu vynesena družice **WorldView I** společnosti DigitalGlobe (rozlišení v PAN 45 cm), v roce 2009 WorldView 2 se stejným rozlišením a v roce 2014 WorldView 3 (rozlišení v PAN 31 cm).

Zpravodajské družice

Zpravodajské (fotoprůzkumné, vojenské) družice

- Izrael (Ofmaq, resp. OPSat)
- Rusko (Kosmos)
- Japonsko
- USA (Teprve v roce 1995 prezident USA podepsal zákon o odtajnění zpravodajských družicových dat, které byly pořízeny první generací amerických fotoprůzkumných satelitů (CORONA, ARGON, LANYARD).
- Čína
- Japonsko
- ...

*Pilotované kosmické lety, družicové systémy a
orbitální stanice*

Pilotované kosmické lety

Programy SSSR/Ruska:

- **Vostok** - první lidé na oběžné dráze
- **Voschod** - první vícemístná kosmická loď
- **Sojuz, Sojuz T, Sojuz TM, Sojuz TMA** - standardní dopravní kosmická loď
- **Saljut** - první orbitální stanice
- **Mir** - orbitální stanice druhé generace (modulární)
- **Buran** - ruský kosmický raketoplán

Družicové systémy

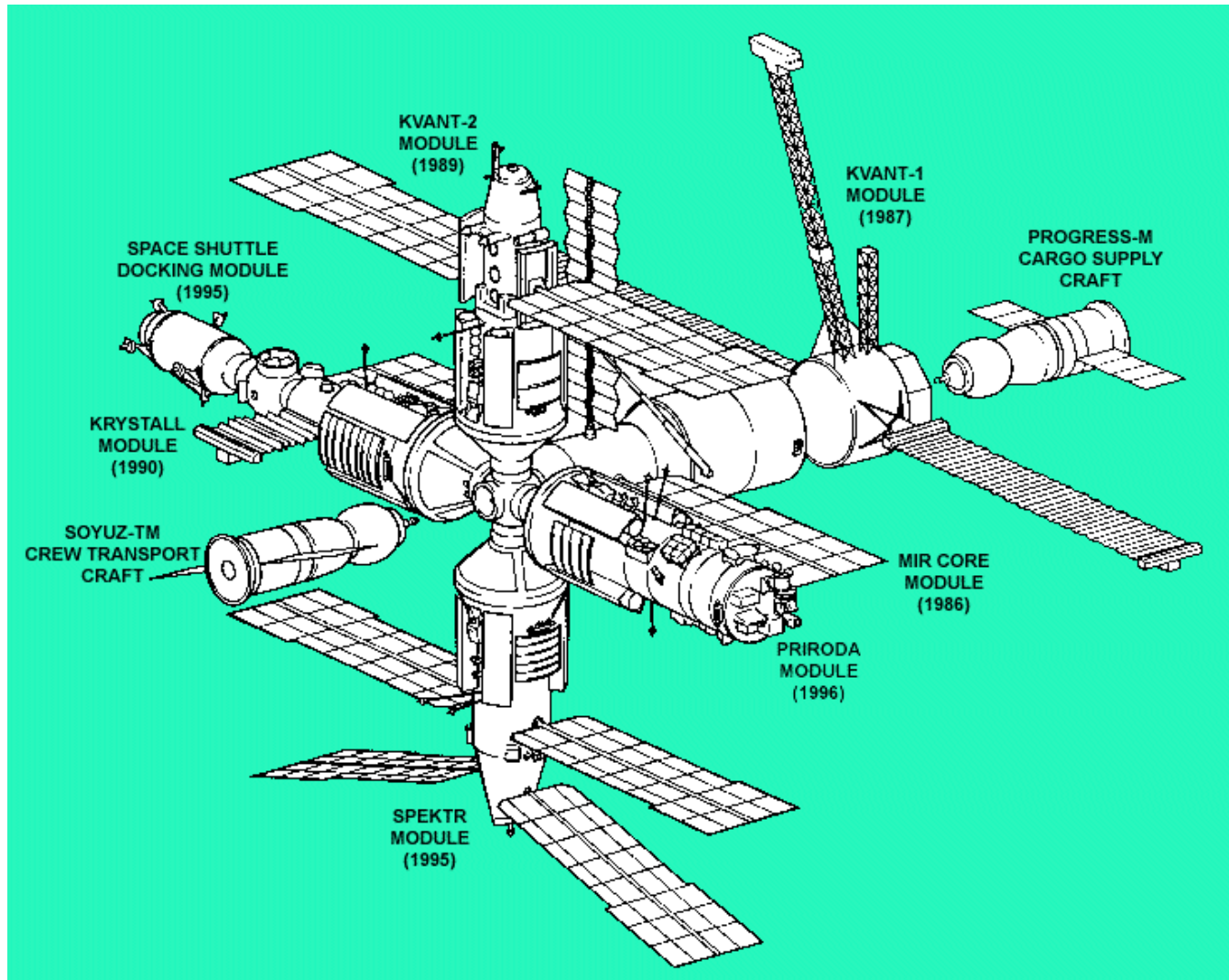
Kosmické lodě **SALJUT** létaly ve výškách 240 - 349 km nad zemským povrchem.

Při letu kosmické lodě **SOJUZ-22** (1976) byl vyzkoušen multispektrální snímkový systém MKF-6M, který tvořilo šest kamer s ohniskovou vzdáleností 125 mm.

Bývalé sovětské družicové systémy **KOSMOS** nebyly všeobecně jednotného typu. Vycházely z jednotné koncepce, ale lišily se výbavou.

Některé z nich byly „pronajaty“ k vědeckým účelům spolupracujících socialistických zemí pod označením „program **INTERKOSMOS**“ .

Mir (cca 1986 – 2001)



Pilotované kosmické lety

Programy USA :

- **Mercury** - první Američané ve vesmíru
- **Gemini** - nácvik manévrování a setkávání na oběžné dráze
- **Apollo** - první přistání na Měsíci
- **Skylab** - první velká a těžká orbitální stanice
- **STS** - první kosmický raketoplán (vícenásobně použitelná dopravní loď), navazuje *Space Shuttle*
- **Orion (CEV)** - vyvíjená transportní loď pro lety k ISS, k Měsíci i dál

Družicové systémy

- GEMINI – barevné a multispektrální snímky
- Program Apollo přinesl mj. první snímky Země z vesmíru ve třech spektrálních pásmech a stal se tak předchůdcem programů Landsat a Skylab. Sojuz - Apollo
- Kosmická laboratoř **SKYLAB** byla vypuštěna 14.5.1973 a pracovala, za přítomnosti obměňujících se lidských posádek, do 8.2.1974.
- ERS – po zkušenostech s multispektrálními snímky z Apolla a Skylabu NASA počátkem 70. let zahájila program **Earth Resources Satellites**, jehož součástí jsou i družice ERTS (**Landsat**).

Družicové systémy

Vysílání družic ERTS (*Earth Resource Technology Satellite*) bylo součástí dlouhodobého průzkumu zemského povrchu, známého jako program EROS.

Program zahrnoval celkem 6 družic. První dvě družice byly určeny pro tematické mapování, další dvě pro topografické mapování a úkolem posledních dvou družic bylo získávat oceánografické údaje.

První civilní pokusná pozorovací družice Země (ERTS-1, resp. Landsat 1), vypuštěná v roce 1972, měla za úkol zjistit stav globálních zásob přírodního bohatství a zaznamenat zásahy lidské činnosti a jejich účinky.

Pilotované kosmické lety

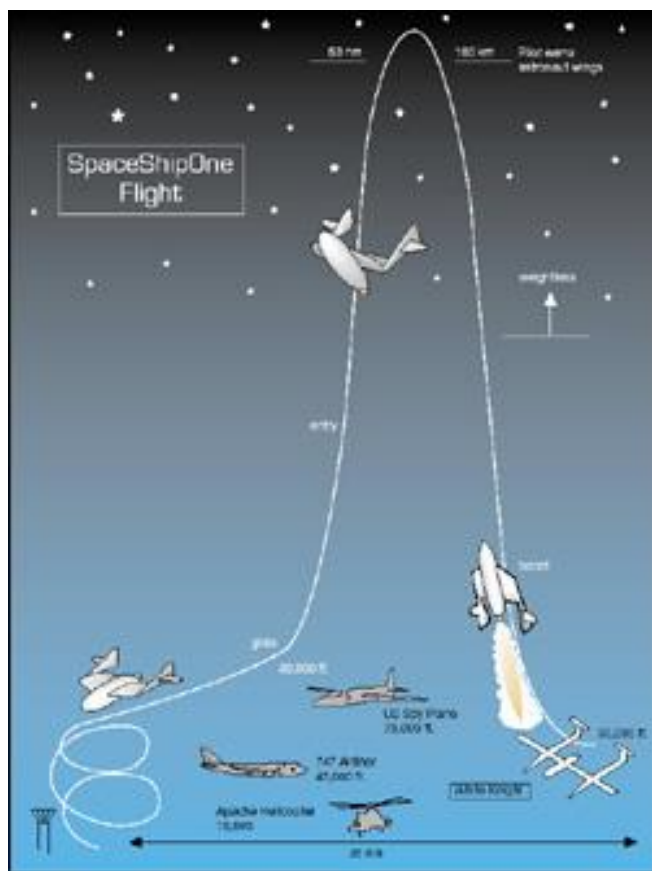
ALFA – program stanice FREEDOM byl díky velký finančním škrtnům zeštíhlen na mezinárodní stanici ALFA, která byla po přijetí Ruska za člena programu dále pozměněna (dnes jen ISS, **International Space Station**).

Space Shuttle - některé jejich lety byly určeny přímo pro dálkový průzkum Země.



Pilotované kosmické lety

- **Shenzhou** - první čínská pilotovaná kosmická loď
- **SpaceShipOne** (2004, nad 100 km)



Vybrané kosmické agentury

Agentura	Stát	Web	Název
NASA	USA	http://www.nasa.gov/	National Aeronautics and Space Administration
RAKA	Rusko	http://www.rosaviakosmos.ru/	Rossijskoje Aviacionno-Kosmičeskoje Agentstvo
ESA	EU	http://www.esa.int/	European Space Agency
JAXA	Japonsko	http://www.jaxa.jp/	Japan Aerospace Exploration Agency
CNSA	Čína	http://www.cnsa.gov.cn/	China National Space Administration
ISRO	Indie	http://www.isro.org/	Indian Space Research Organization
NSAU	Ukrajina	http://www.nkau.gov.ua/	National Space Agency of Ukraine
CSA	Kanada	http://www.space.gc.ca/	Canadian Space Agency
AEB	Brazílie	http://www.agespacial.gov.br/	Agencia Espacial Brasileira
KARI	Korea	http://www.kari.re.kr/	Korea Aerospace Research Institute

Letecké nosiče

- Podle pohonu
- Podle nosných ploch
- Podle způsobu vzletu a přistání
- Podle druhu startovací a přistávací plochy

... podle pohonu

- tryskové
 - lopatkové
 - proudové
 - dvouproudové
 - turbohřídelové
 - bezlopatkové
 - náporové
 - pulzační
 - raketové (jen některé experimentální stroje)
- vrtulové
 - pístové
 - turbovrtulové reaktivní vrtule (experimentální)

... podle nosných ploch

- jednoplošníky (monoplány)
- dvojplošníky (biplány)
- trojplošníky (triplány)
- ... atd.

... podle druhu startovací a přistávací plochy

- pozemní (teraplány)
 - kolové (klasické uspořádání)
 - lyžinové (zimní resp. arktické)
- vodní (hydroplány).

...podle způsobu vzletu a přistání

- VTOL (*Vertical Take off and Landing*) kolmo vzlétající a přistávající,
- STOL (*Short Take off and Landing*) krátce vzlétající a přistávající.

Pilotované letecké nosiče

- Letadlové laboratoře představují letadla dalekého doletu a vysokého dostupu, tj. letadla pohybující se ve výškách od 5000 m do 20 000 m.
- Lze mezi ně zařadit letadlo AN-30 (Rusko), RB-57B, DO-Skyservant a U-2 (všechna USA), Mystère 20 (Francie).

AWACS

E-3 Sentry (Hlídka) je letadlo včasného varování a kontroly (AWACS - *Airborne Warning and Control System*), které poskytuje velitelům sil protivzdušné obrany Spojených států a NATO možnost dohledu, velení, kontroly vzdušného prostoru a komunikace.

E-3 Sentry je modifikovaný dopravní Boeing B-707/320 s kruhovou rotační radarovou anténou. Anténa je ukryta v diskovitém radomu o průměru 9,14 m a tloušťce 1,83 m, který nesou dva pylony o výšce 3,35 m nad trupem.



Lockheed U-2R v konfiguraci *Senior Spear*



Pilotované letecké nosiče

- Letadla středního doletu se pohybují ve výškách od 500 m do 8 000 m a používají se při snímkovacích pracích v měřítku kolem 1:20 000.
- Do této kategorie lze zařadit letadla KF 49 (Nizozemsko), Explorer a Cessna (obě USA), AN-2, IL-2, IL-11 (všechna Rusko), L-410, resp. 610 (ČR).

L 410



Pilotované letecké nosiče

- Vrtulníky se používají při snímkovacích pracích ve výškách od 50 m do 2 000 m. V ČR se nejčastěji používaly vrtulníky MI-2 a MI-8, dnes je typová nabídka velmi široká.
- Ultralehká letadla.
- Pilotované balóny a vzducholodě.

Dálkově řízené letecké nosiče

Pro malé „bezpilotní“ letouny (Unmanned Aerial Vehicle - UAV, resp. Unmanned Aerial Systems - UAS, RPAS - Remotely Piloted Aircraft System) vysílané nad nepřátelská území se ustálil pojem „dron“.

Dron existuje už celá desetiletí, ale koncem 20. století se objevilo nebývalé množství nových typů těchto strojů.

RC-modely





Rogallo 1977 s kamerou Flexaret (Geografický ústav ČSAV, Brno)



Rogallo 1981 s multispektrální kamerou Flexaret M6 (Geografický ústav ČSAV, Brno)

Dálkově řízené letecké nosiče

- Zpočátku je intenzivně využíval především Izrael, ale od konce roku 2000 vysílala drony i CIA, a to typ I-GNAT z Uzbekistánu nad Afganistán. Radar typu Lynx, kterým byl vybaven, byl schopen rozlišit detaily od čtyř centimetrů (koleje vyjeté autem, stopy člověka ve sněhu či v písku).
- Od konce roku 2001 je v užívání modernější verze s označením RQ-1 Predator, která je vybavena videokamerami přenášejícími záběry přímo přes telekomunikační satelit na kontrolní stanici.



Predator



Mikrodrony

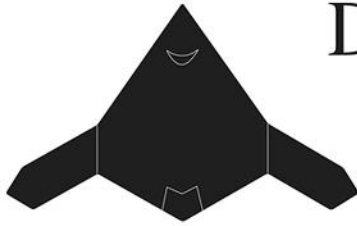
Mikrodrony mohou operovat i v uzavřených prostorech, kam se „nepozorovaně“ dostanou (místnosti, tunely, jeskynní systémy) a odkud se mnohdy ani z mnoha důvodů neočekává po splnění jejich „zpravodajské povinnosti“ jejich návrat.

„Microdrone“, resp. „Micro Air Vehicle (MAV)“, jsou letadélka dlouhá několik desítek centimetrů,

„Nanodrony“, resp. Nano Air Vehicle (NAV), mají délku jen několik jednotek centimetrů a hmotnost nepřesáhne deset gramů.

FOR UNOFFICAL USE ONLY (FUUO)

DRONE SURVIVAL GUIDE



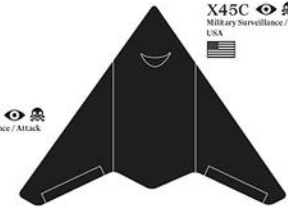
X47C
Military Surveillance / Attack
USA



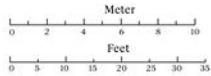
Sentinel
Military Surveillance
USA



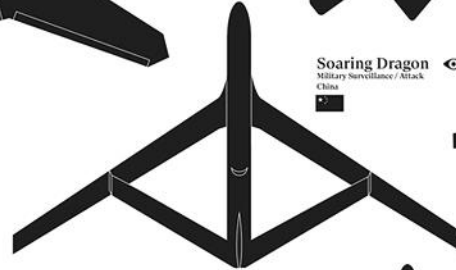
nEUROn
Military Surveillance / Attack
France



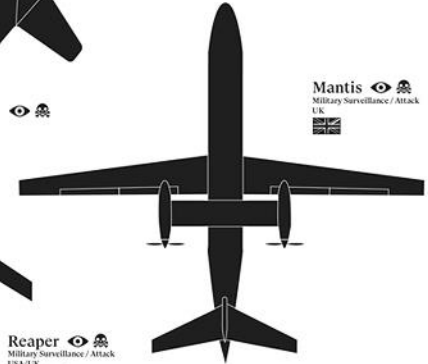
X45C
Military Surveillance / Attack
USA



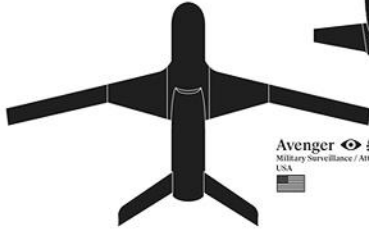
Global Hawk
Military Surveillance
USA



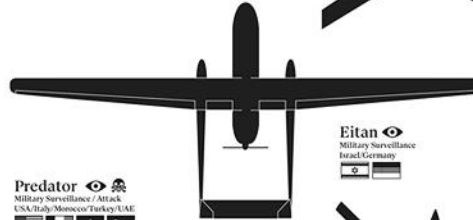
Soaring Dragon
Military Surveillance / Attack
China



Mantis
Military Surveillance / Attack
UK



Avenger
Military Surveillance / Attack
USA



Eitan
Military Surveillance
Israel/Germany



Reaper
Military Surveillance / Attack
USA/UK



Barracuda
Military Surveillance
France/Germany



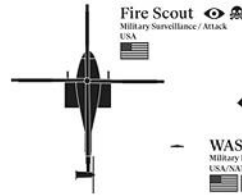
Herti
Surveillance
UK



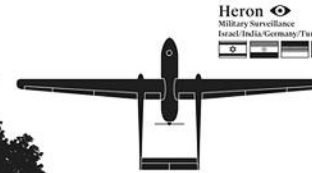
Predator
Military Surveillance / Attack
USA/Italy/Mexico/Turkey/UAE



Hummingbird
Military Surveillance / Attack
USA



Fire Scout
Military Surveillance / Attack
USA



Heron
Military Surveillance
Israel/India/Germany/Turkey



Hermes
Military Surveillance
Israel



Shadow
Military Surveillance
USA/NATO



Rustom I
Military Surveillance
India



WASP III
Military Reconnaissance
USA/NATO



Raven
Military Reconnaissance
USA/NATO

Air robot
Domestic surveillance
UK

Aeryon Scout
Domestic Surveillance
Canada

AR Parrot
Consumer photography
USA

Scan Eagle
Military Surveillance
USA/NATO

Harpy
Military Attack
Israel

Killer Bee
Surveillance
USA

Drony



Balony a vzducholodě



Literatura a vybrané použité zdroje

- Kolář, J., Halounová, L., Pavelka, K.: *Dálkový průzkum Země 10*. Vydavatelství ČVUT, Praha 1997, 164 s., ISBN 80-01-01567-X
- Kruse Fred A.: Preliminary Results – Hyperspectral Mapping of Coral Reef Systems Using EO-1 HYPERION, Buck Island, U.S. Virgin Islands. 18 s., 2003 [online, cit. 2017-11-21]. Dostupný z:
http://www.hgimaging.com/PDF/Kruse_JPL2003_USVI_Hyperion.pdf
- Pavelka, K.: *Dálkový průzkum Země 10, Operační systémy*. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1998, s. 57, ISBN 80-01-01738-9
- Železný, M.: Dálkový průzkum Země. Katedra kybernetiky, Západočeská univerzita Plzeň, Plzeň 2005, 83 s. (<http://artin.zcu.cz/courses/dpz/DPZ-051130.pdf>)
- Campbell James B., Wynne Randolph H.: *Introduction to Remote Sensing*. 5th Edition, Guilford Press, New York 2011, 667 p., ISBN-13: 978-1609181765
- Hanzl, V., Plánka, L.: *Letecké snímkování z malých výšek s využitím dálkově řízených nosičů a neměřických kamer*. Vojenský topografický obzor. Sborník topografické služby, č. 1, VZU Praha, Praha 1992, str. 11 - 12
- <http://www.czechspace.cz>
- <http://www.esa.int>
- <http://www.lib.cas.cz/>
- <http://www.gisat.cz/>
- <http://landsat.usgs.gov/>