

MSG – METEOSAT DRUHÉ GENERACE

MSG – METEOSAT of the second generation. On 28 August 2002, the first of the Meteosat Second Generation satellites, MSG-1, was launched. The paper is devoted namely to description of these new satellites. Besides that, it gives a brief overview of the EUMETSAT organization and discusses the related membership issues.

KLÍČOVÁ SLOVA: družice meteorologická – detekce atmosféry dálková – EUMETSAT – spolupráce mezinárodní

1. ÚVOD

Již od počátku 60. let 20. století představují meteorologické družice jeden z nejdůležitějších zdrojů informací moderní meteorologie. Zatímco „klasická“ pozemní staniční síť a balonová sondáž atmosféry poskytují bodová měření, reprezentativní pouze pro bezprostřední okolí meteorologické stanice či balonové sondy, meteorologické družice poskytují velkoplošné spojitě informace, v případě geostacionárních družic navíc souvislé i v čase. Proto jsou meteorologické družice spolu s radarovým pozorováním v současné době základním nástrojem pro monitorování aktuálního počasí a především pro velmi krátkodobé předpovědi extrémních jevů. Neméně důležité jsou družicové informace o vertikálním profilu a složení atmosféry (postupně doplňující „klasické“ informace, vstupující do numerických předpovědních modelů), či informace o celkovém množství některých atmosférických plynů – například ozonu.

Vedle těchto meteorologických aplikací se družice již po čtyři desetiletí využívají ke globálnímu i lokálnímu monitorování vegetace (rozsah, množství, stav), teploty povrchu moří a oceánů (opět velmi důležitých vstupních prvků do numerických modelů počasí), ohnisek velkých požárů (zejména v hůře dostupných oblastech), sněhové pokrývky a oceánského ledu. Slouží i ke sledování znečištění atmosféry prachem, pískem z pouští či aerosoly a jejich přenosu na velké vzdálenosti. V současnosti probíhá testování různých metod detekce srážek z družic, využitelných jako doplněk radarových měření, nebo jako jejich náhrada tam, kde radarová měření chybí. Většina výše zmíněných aplikací slouží rovněž pro dlouhodobou dokumentaci různých parametrů atmosféry, hydrosféry a zemského povrchu, resp. pro výzkum možných změn klimatu. Budiž podotknuto, že zmínit množství dalších aplikací je nad rámec tohoto příspěvku, další informace viz např. [1].

2. SYSTÉMY DRUŽIC A JEJICH PROVOZOVATELÉ

První skutečnou ryze meteorologickou družicí – byť experimentální – byl americký TIROS-1 (viz zkratky na konci článku), vypuštěný na polární oběžnou dráhu 1. dubna 1960. Za více než čtyři dekády, které uběhly od jeho startu, prošly meteorologické družice a jejich přístrojové vybavení bouřlivým vývojem. Jako milníky si uvedme alespoň 7. prosinec 1966 – start ATS-1, první geostacionární družice s meteorologickým přístrojovým vybavením, 16. říjen 1975 – start první operativní ryze meteorologické geostacionární družice GOES-1, a konečně 23. listopad 1977 – start první evropské geostacionární meteorologické družice Meteosat-1.

Současný tzv. globální systém meteorologických družic sestává ze tří základních kategorií družic:

- operativních družic na nízkých polárních drahách – např. polární družice NOAA, budoucí polární družice EUMETSAT METOP;
- operativních družic na geostacionární dráze – např. Meteosat, GOES;
- výzkumných a vývojových družic, standardně označovaných jako R&D (Research and Development) družice – Terra, Aqua, ENVISAT, TRMM, aj.

Přítom právě R&D družice hrají čím dál významnější roli při monitorování celkového stavu systému zemský povrch – atmosféra. Některé z přístrojů, které jsou dnes umístěny právě na R&D družicích, budou brzy patřit ke klíčovým přístrojům družic operativních.

Rychle rostoucí úloha meteorologických družic vedla ke stále těsnější spolupráci Světové meteorologické organizace (WMO) s provozovateli operativních meteorologických a R&D družic jako EUMETSAT (European Organization for Exploitation of Meteorological Satellites) a ESA (European Space Agency) v Evropě, NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) a NASA (National Aeronautics and Space Administration) v USA, či obdobnými agenturami Ruska, Číny, Japonska a Indie. V současnosti je tato spolupráce „institucionalizována“ v podobě „WMO Satellite Activities programme“ (WMOSA), majícího za cíl užší sepětí družicových pozorování s ostatními pozorovacími programy WMO. Činnost samotných provozovatelů meteorologických družic (resp. kosmických agentur) je do jisté míry koordinována tzv. „Co-ordination Group for Meteorological Satellites“ (CGMS). Pro Českou republiku je z těchto agentur nejdůležitější právě evropská organizace EUMETSAT, jejíž geostacionární družice jsou klíčové pro každodenní práci národní hydrometeorologické služby ČR. Právě nejnovější geostacionární družici organizace EUMETSAT, Meteosatu druhé generace (MSG, Meteosat Second Generation) je věnován tento článek.

3. ZÁKLADNÍ INFORMACE O ORGANIZACI EUMETSAT

EUMETSAT je mezinárodní institucí, jejímž hlavním posláním je vývoj a provoz evropských meteorologických družic. EUMETSAT vznikl na základě mezivládních dohod postupným vyčleněním z Evropské vesmírné agentury (ESA) a jako zcela samostatná instituce byl formalizován v roce 1986 (detaily viz [2]). Sídlo a zároveň řídicí středisko EUMETSAT je v německém Darmstadtu. EUMETSAT zakládalo 17 evropských států, které jej od počátku financovaly úměrně svému národnímu hrubému produktu. Do současnosti se organizace rozrostla na 18 členských států a sedm přidružených „spolupracujících členských států“ (viz obr.1).

EUMETSAT pro meteorology především v Evropě



Obr. 1 Členské státy (member states – tmavě) a „přidružené státy“ (cooperating member states – světlejší šedá) organizace EUMETSAT, stav k 1. 1. 2004 (zdroj EUMETSAT).

Fig. 1. Member states (dark-coloured) and „cooperating member states“ (light-grey colour) of EUMETSAT to the date of 1 January 2004 (source: EUMETSAT).

a Africe zajišťují provoz družic Meteorat a MSG, umístěných na geostacionární dráze, a družic METOP, které budou vypouštěny na nízké polární dráhy od roku 2005. Pro Evropu jsou družice Meteorat a jejich nástupce MSG naprosto klíčové, neboť představují nepřetržitý celoplošný zdroj informací o stavu a vývoji atmosféry v evropském regionu a přilehlých oblastech. Bez každodenních údajů a obrazových informací z družic si dnes vůbec nelze představit fungování hydrometeorologických služeb.

3.1 Formy členství v organizaci EUMETSAT

Základní formou je plnohodnotné členství (tzv. member state). To opravňuje jednotlivé členské státy podílet se na rozhodování o budoucím vývoji evropských meteorologických družic, a hlavně zajišťuje neomezený přístup k veškerým informacím pořízeným družicemi Meteorat, resp. MSG (a do budoucna i METOP), z nich odvozeným produktům a většinou softwaru, vyvinutému v rámci aktivit EUMETSAT. Tato forma členství je považována za prioritní. Občané členských států EUMETSAT se mohou stát jeho zaměstnanci. Firmy sídlící v členských státech EUMETSAT mohou získávat zakázky na vývoj a výrobu komponent jak vlastních družic, tak pozemního segmentu družicového systému, a tím částečně kompenzovat náklady na plnohodnotné členství.

Novější formou členství je „přidružené členství“ (tzv. cooperating member state; autor článku si je vědom nepřesnosti tohoto překladu, avšak termín „přidružené členství“ se jednak v češtině již vžil, jednak výstižněji charakterizuje status těchto zemí), kterým EUMETSAT vyšel vstříc ekonomicky slabším státům, především z bývalého východního bloku, které jsou nyní čekatelé či kandidátskými zeměmi pro vstup do EU. Oproti plnohodnotným členům platí přidružené státy po přechodnou dobu výrazně nižší roční poplatky. Zástupci těchto států (resp. jejich národních meteorologických služeb) jsou zvaní jako pozorovatelé na všechna jednání EUMETSAT, nemají však hlasovací právo (to mají pouze plnohodnot-

ní členové) a občané těchto států se nemohou stát zaměstnanci EUMETSAT. Přístup k datům a odvozeným produktům je identický jako v případě plnohodnotného členství, omezený může být přístup k softwarovým produktům.

Přidruženými členy jsou v současnosti Slovensko (od 6. 7. 1999), Maďarsko (7. 7. 1999), Polsko (1. 1. 2000), Chorvatsko (9. 2. 2002), Srbsko a Černá Hora (1. 1. 2003) a nejnověji Slovinsko a Rumunsko (oba státy k 1. 1. 2004). Všechny země sousedící s ČR již tedy mají plné (Německo, Rakousko) nebo přidružené (Slovensko, Polsko) členství, zatímco ČR dostává od EUMETSAT některá vybraná data na základě zvláštní dvoustranné smlouvy (viz níže). Předpokládá se, že přidružené členství je pouze přechodnou formou, a že přidružené státy se nejspíše do pěti let stanou plnoprávními členy EUMETSAT.

3.2 Současný vztah ČR k organizaci EUMETSAT

Česká republika, jakožto poslední země střední Evropy, zatím nemá žádnou formu členství v organizaci EUMETSAT. Přístup k informacím z meteorologických družic je řešen pouze na základě dvoustranné dohody mezi ČHMÚ a EUMETSAT. Tato dohoda striktně stanoví podmínky využívání digitálních obrazových dat z družic Meteorat a poplatky

za různé formy jejich použití – vnitřní potřeby národní meteorologické služby, poskytování třetím stranám, či jakákoliv forma veřejné distribuce (například televizním vysíláním nebo prostřednictvím internetu, apod.). Smlouva zahrnuje jak původní data vysílaná Meteoratem, tak jakékoliv z nich odvozené produkty, které by byly distribuovány v čase kratším než 24 hodin od jejich nasnímání družicí.

Vztah ČR k EUMETSAT na základě dvojstranné smlouvy začal být do jisté míry problematický v souvislosti s vypuštěním Meteoratu druhé generace (MSG). Vzhledem k výrazně většímu objemu dat poskytovaných touto novou družicí (viz níže) lze očekávat, že v okamžiku přechodu ČHMÚ od současného Meteoratu k MSG dojde k výraznějšímu navýšení ceny „balíku dat“, poskytovaných na základě stávajícího smluvního vztahu.

V době psaní tohoto příspěvku (prosinec 2003) probíhají na úrovni příslušných ministerstev schvalovací jednání o přistoupení ČR k EUMETSAT formou přidruženého členství. Pokud dojde k podpisu příslušné smlouvy mezi ČR a EUMETSAT v průběhu roku 2004, stane se ČR přidruženým členem (cooperating member) EUMETSAT k 1. 1. 2005.

4. GEOSTACIONÁRNÍ DRUŽICE

Na základě Keplerových rovnic lze odvodit výšku kruhové dráhy družice, kdy její oběžná doba bude stejná jako doba rotace Země. Takováto dráha se nazývá geosynchronní, její poloměr (se zahrnutím korekcí na neseferičnost Země) činí 42 168 km. Pokud má tato dráha navíc nulový sklon k zemskému rovníku, tj. rovina oběžné dráhy družice a rovina rovníku jsou totožné, družice zdánlivě visí nad pevným místem na zemském povrchu a dráha se nazývá geostacionární. Průměrná výška dráhy nad zemským povrchem na rovníku je pak 35 790 km. První nápady na využití geostacionární dráhy pro umístění umělých družic Země pocházejí ze 20. let 20. století – a to jak z oblasti vědeckofantastické literatury, tak z tehdejšího vědeckého světa. V roce 1945 pak spisovatel

Arthur C. Clarke explicitně formuluje myšlenku využití geostacionárních družic jednak pro telekomunikační účely, jednak pro nepřetržité sledování počasí [3]. Do realizace této myšlenky však uběhnou přibližně další dvě desetiletí: první experimentální geostacionární meteorologická družice, americká ATS-1, startuje v prosinci 1966.

Jednoznačně největší předností geostacionárních meteorologických družic je to, že nám poskytují svá pozorování ne pouze tehdy, když zrovna přelétají nad zájmovým územím (jak je tomu u družic polárních), ale tak často, jak to umožňuje konstrukce přístrojů umístěných na družici. V současnosti je kolem Země rozmístěno již takové množství geostacionárních meteorologických družic, že je možné v podstatě nepřetržitě sledování celého zemského povrchu a přilehlé atmosféry (přesněji pásu území omezeného přibližně 60. stupněm severní a jižní zeměpisné šířky). Geostacionárním družicím organizace EUMETSAT jsou věnovány další dvě kapitoly, podrobnější informace o ostatních meteorologických družicích viz například [1] a [4].

5. DRUŽICE METEOSAT (PRVNÍ GENERACE)

Pro nás, obyvatele Evropy, je bezesporu nejdůležitější meteorologickou geostacionární družicí evropský Meteosat, umístěný nad průsečíkem rovníku a nultého poledníku (tedy nad Guinejským zálivem). Družice ze své polohy „vidí“ celou Afriku, převážnou část Evropy a Atlantského oceánu, západní část Indického oceánu a část Jižní Ameriky. Samotná družice má tvar několika soustředných válců, přičemž průměr největšího z nich je 2,1 m, délka družice je 3,2 m a její váha v době startu činí cca 700 kg (včetně paliva pro manévry na oběžné dráze). Družice je stabilizována vlastní rotací – kolem své osy kolmé na rovinu zemského rovníku rotuje rychlostí 100 obrátok za minutu.

Rotace družice je také základem snímání obrazových dat – uvnitř družice je umístěn dalekohled radiometru VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer, průměr hlavního zrcadla 400 mm), který prostřednictvím sklopeného plochého zrcadla (s proměnlivým náklonem) postupně od jihu k severu snímá jednotlivé obrazové řádky. Nasnímání celého zemského disku trvá 25 minut, během dalších 5 minut se přístroje vrátí do výchozí polohy, družice se stabilizuje a ve 30. minutě začíná záznam dalšího snímku. Družice tak za 24 hodin pořídí celkem 48 snímků, každý z nich ve dvou nebo třech následujících spektrálních pásmech:

- kanál VIS (visible): 0,5–0,9 μm viditelné záření
- kanál IR (infrared): 10,5–12,5 μm tepelné záření
- kanál WV (water vapor): 5,7–7,1 μm pásmo absorpce vodní párou

Data bezprostředně po nasnímání jsou nejprve v řídicím centru v německém Darmstadtu korigována (kompenzace odchylek družice od ideální polohy na oběžné dráze) a zkontrolována, a teprve poté jsou opět přes Meteosat předávána s několikaminutovým zpožděním dle pevného rozvrhu uživatelům. Přenos uživatelům je dvojího typu – digitální (HRI, High Resolution Imagery) pro přijímací stanice typu PDUS (Primary Data User Station) a analogový (WEFAX, Weather Facsimile) pro systémy SDUS (Secondary Data User Station), obojí přibližně v pásmu 1,7 GHz. Zatímco snímky distribuované a přijaté v režimu WEFAX jsou volně dostupné a jejich využití a další distribuce nejsou nijak omežovány, obrazová data přenášená digitálně (HRI) podléhají přísné distribuční politice EUMETSAT (v závislosti na statutu konkrétního uživatele z hlediska členství, resp. bilaterální smlou-

vy) a jsou šifrována – tudíž pro jejich příjem a dešifraci je nutná tzv. MKU (Meteosat Key Unit).

Kromě snímání a přenosu obrazových dat družice Meteosat rovněž zajišťují službu sběru dat z automatických stanic (DCS, Data Collection System), přenos vybraných snímků z jiných meteorologických družic a přenos různých produktů vyspělých meteorologických služeb (MDD, Meteorological Data Distribution).

Meteosatů první generace bylo celkem sedm. Poslední z nich, Meteosat-7 je v době psaní článku hlavní operativní družicí organizace EUMETSAT, po operativním zprovoznění družice MSG-1 v únoru 2004 se Meteosat 7 stane záložní družicí pro MSG-1. Zároveň bude nadále poskytovat svá data těm uživatelům, kteří ještě nemají systém pro příjem dat z MSG-1. Ukončení operativní činnosti Meteosatu-7 na nultém poledníku se předpokládá ke konci roku 2005.

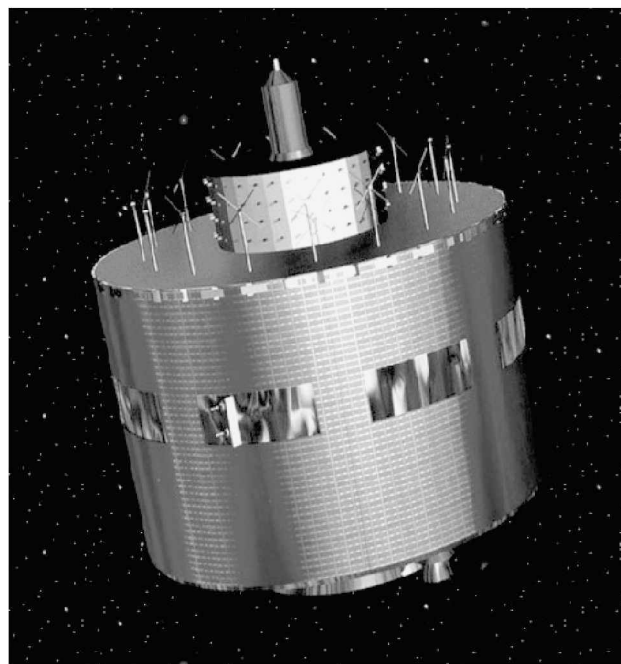
6. DRUŽICE MSG – METEOSAT DRUHÉ GENERACE

6.1 Koncept družice a její vybavení

Družice je svou koncepcí i vzhledem (obr. 2) obdobná stávajícímu Meteosatu – opět se jedná o družici ve tvaru válce stabilizovanou vlastní rotací; rotace družice je též využita jako podstata pro snímkování. Podobně jako Meteosat, i MSG rotuje rychlostí 100 obrátok za minutu. Váha družice při startu je přibližně 2 tuny, z čehož ale cca 965 kg připadá na palivo pro manévry na oběžné dráze; průměr družice je přibližně 3,2 m, její délka 2,4 m. Družice je navržena pro vynášení na oběžnou dráhu raketami Ariane 4 a 5 a Atlas 1.

Zásadní rozdíl oproti stávajícímu Meteosatu a zároveň hlavní přínos MSG bude v počtu spektrálních kanálů radiometru SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager, průměr hlavního zrcadla radiometru 500 mm), ve frekvenci snímování a v rozlišovací schopnosti radiometru. Jeho jednotlivé spektrální kanály jsou následující:

- VIS 0.6 0,58–0,71 μm viditelné záření
- VIS 0.8 0,74–0,88 μm blízké infračervené záření



Obr. 2 Družice MSG (kresba, zdroj: EUMETSAT).

Fig. 2. MSG satellite (artist's view, source: EUMETSAT).

- HRV 0,50–0,90 μm viditelné záření, vysoké rozlišení (1 km)
- IR 1.6 1,50–1,78 μm blízké infračervené záření
- IR 3.9 3,48–4,36 μm blízké infračervené záření
- WV 6.2 5,35–7,15 μm pásmo absorpce vodní párou
- WV 7.3 6,85–7,85 μm pásmo absorpce vodní párou
- IR 8.7 8,30–9,10 μm tepelné záření, atmosférické okno
- O₃ 9.7 9,38–9,94 μm tepelné záření, pásmo absorpce O₃
- IR 10.8 9,80–11,8 μm tepelné záření, atmosférické okno
- IR 12.0 11,0–13,0 μm tepelné záření, atmosférické okno
- CO₂ 13.4 12,4–14,4 μm tepelné záření, pásmo absorpce CO₂

Rozlišovací schopnost (projekce jednoho obrazového pixlu na zemský povrch v nadíru) bude 1 km pro kanál HRV a 3 km pro všechny ostatní kanály; pro oblast střední Evropy – v důsledku šikmějšího pohledu a větší vzdálenosti od družice – je rozlišovací schopnost zhoršena na přibližně 3 x 2 km pro HRV a 6 x 4 km pro všechny ostatní kanály, delší rozměr pixlu je vždy orientován severo-jihním směrem. Družice bude snímat rychlostí 4 snímky za hodinu (tedy 2x rychleji než stávající Meteosat). Jak je zřejmé, bude toto představovat obrovský nárůst požadavků na přenosové rychlosti – data budou přenášena uživateli s využitím bezztrátové komprese. Schéma toku dat bude obdobné jako u stávajícího Meteosatu – tedy nejdříve přenos surových dat do řídicího centra, jejich korekce a prověření kvality, a teprve poté jejich distribuce koncovým uživatelům.

Právě v přenosu dat uživatelským stanicím dojde k zásadní změně oproti současným družicím Meteosat – zcela zmizí analogový přenos dat. MSG bude využívat dva typy digitálního přenosu – pomalejší (LRIT, Low Rate Information Transmission) a rychlý (HRIT, High Rate Information Transmission). Právě LRIT nahradí stávající WEFAX – je koncipován jako přenos pro „stanice chudších“ nebo méně náročných uživatelů (např. africké státy, vysoké školy, aj.). LRIT bude přenášet pouze zlomek dat pořízených družicí – bude redukován jak počet přenášených kanálů (na 4 kanály), tak i frekvence snímků (pouze po 30 minutách). Navíc pro přenos dat bude v tomto případě použita ztrátová komprese, tudíž přijaté snímky například nebude možné převést na fyzikální veličiny. Stanice pro příjem dat režimem LRIT jsou někdy označovány jako LRUS (Low Rate User Station) a měly by nahradit stanice typu SDUS; avšak na rozdíl od stanic SDUS již budou vyžadovat implementaci dešifrovací jednotky SKU (Station Key Unit). Kromě vlastního redukováného toku dat z MSG budou v rámci LRIT přenášeny i další produkty – například vybrané snímky z jiných meteorologických družic (zřejmě 1x za 3 hodiny), nebo prostřednictvím MDD různé produkty meteorologických služeb (analýza situace, předpovědi, aj.) určené pro méně meteorologicky vyspělé státy.

Naproti tomu HRIT bude vyhrazen pouze pro přenos dat SEVIRI, a to právě s využitím výše zmíněné bezztrátové komprese dat (s výjimkou HRV, kde bude využita částečně ztrátová komprese). Stanice pro příjem HRIT bývají označovány jako HRUS (High Rate User Station), opět bude nutná přítomnost dešifrovací jednotky (SKU). Dle požadavků EUMETSAT musí být stanice HRUS koncipovány tak, aby bylo možné jejich snadné a levné rozšíření o LRUS (bez výraznějších hardwarových změn); opačně to ze zjevných

důvodů neplatí (LRUS nebude možné snadno rozšířit na HRUS). Stanice HRUS jsou míněny především pro vyspělejší meteorologické služby.

Podle původních předpokladů EUMETSAT měla být data HRIT a LRIT přenášena ke koncovým uživatelům opět prostřednictvím vlastní družice, tj. MSG. Pro příjem dat režimem HRIT by v takovém případě byla nutná parabolická anténa o průměru kolem 3,7 m. Avšak dne 17. října 2002 (již na oběžné dráze) došlo k závažné poruše zesilovače retranslačního systému na MSG-1, což znamenalo zásadní změnu původních plánů. Vlastní snímání dat a jejich přenos do řídicího centra v Darmstadtu nebyly sice touto poruchou ohroženy, byl však znemožněn původně plánovaný přenos HRIT i LRIT dat koncovým uživatelům. EUMETSAT tak byl nucen hledat náhradní způsob distribuce dat, a to jak pro HRIT, tak pro LRIT, přičemž řešením byl nakonec systém EUMETCast/DVB (viz níže).

Vedle již zmíněných modulů SEVIRI a MDD budou na MSG umístěny též systém DCS pro sběr dat z automatických stanic, modul GERB (Geostationary Earth Radiation Budget) pro měření krátkovlnného i dlouhovlnného celkového záření pro monitorování radiační bilance Země) a konečně modul S&R (Search and Rescue) pro vyhledávání a retranslaci nouzových signálů z mobilních platform kdekoli na Zemi v dohledu MSG.

6.2 Přenos dat HRIT a LRIT prostřednictvím EUMETCast/DVB

Poměrně krátce po poruše zesilovače distribučního systému na MSG-1 bylo EUMETSAT rozhodnuto, že náhradním řešením bude distribuce HRIT/LRIT dat prostřednictvím systému EUMETCast (EUMETSAT Multicast Distribution System). Ten byl navržen a doposud využíván systémem EARS (EUMETSAT ATOVS Retransmission Service) pro distribuci dat ATOVS (Advanced TIROS Operational Vertical Sounder). Tato služba však představovala podstatně menší objem přenášených dat, pro potřeby přenosu HRIT/LRIT dat bylo nutné tuto službu výrazně „posílit“. Řešením bylo použití technologie DVB (Digital Video Broadcasting), která již umožňuje přenos objemu dat, odpovídajícího toku dat HRIT (a tím i objemově výrazně menšího LRIT).

Kromě vlastního zvýšení přenosových kapacit bylo rovněž nutné řešit otázku geografického pokrytí službou EUMETCast. Původně byla tato služba navržena pouze pro evropskou oblast (s horším pokrytím signálem ve východní Evropě), pro potřeby přenosu dat z MSG bylo zapotřebí rozšířit možnost příjmu i do ostatních oblastí zobrazovaných družicí MSG (tedy především na celou Afriku). Konečné řešení zahrnuje přenos komerčními družicemi Hot Bird 6 (umístěné na 18° východní délky, v „Ku-pásmu“) nebo Atlantic Bird 3 (umístěné na 5° západní délky, v „C-pásmu“). Toto nouzové řešení nakonec paradoxně znamená výrazné zjednodušení a zlevnění přijímací části uživatelských stanic HRUS (a tedy i LRUS) – například místo drahé 3,7 m antény nyní stačí anténa o průměru kolem 1 m. Na druhou stranu však představuje dodatečné náklady na straně EUMETSAT, který hraří náhradní distribuci přes výše zmíněné komerční telekomunikační družice ze svého rozpočtu.

Náhradní způsob distribuce systémem EUMETCast/DVB též znamená náhradu původně plánované dešifrovací jednotky SKU obdobnou jednotkou, ale již v systému příjmu EUMETCast/DVB, a sice dešifrovací jednotkou označova-

nou jako EKU (EUMETCast Key Unit), pro kterou je ale opět nutná licence EUMETSAT.

Doposud však nepadlo konečné rozhodnutí o přenosu dat z družic MSG-2 až MSG-4; pro tyto budoucí družice pravděpodobně bude umožněn jak původní přenos HRIT/LRIT přes vlastní družici MSG, tak systémem EUMETCast/DVB. Zatím však není zcela zřejmé, jak dalece bude systém EUMETCast/DVB náchylný na výpadky přenosu dat, způsobené útlumem v silných srážkách – přenos přes MSG v původně plánovaném pásmu 1,7 GHz není srážkami v místě příjmu prakticky ovlivněn.

6.3 Start MSG-1 a jeho zprovoznění

- 1995 až 2002 – postupné odklady termínu startu MSG-1;
 - 28. srpna 2002 – start družice MSG-1 ze základny Kourou ve Francouzské Guayaně (raketou Ariane-5); základní testování družice organizací ESA; družice umístěna pro dobu testování na 10,5° západní délky;
 - září 2002 – postupné převzetí kontroly nad družicí EUMETSAT, testování jak družice samotné, tak pozemního segmentu;
 - polovina října 2002 – neopravitelná porucha zesilovače retranslačního subsystému, pozastavení všech testovacích aktivit;
 - konec listopadu 2002 – obnovení testování družice, 28. 11. 2002 pořízeny první snímky a přeneseny do EUMETSAT;
 - únor 2003 – po instalaci dodatečných komponent pozemního segmentu začíná rutinní snímání a zpracování obrazových dat;
 - 14. květen 2003 – EUMETSAT zahajuje pravidelné vysílání zpracovaných dat HRIT prostřednictvím náhradního přenosového systému, EUMETCast/DVB (zatím pouze v prostoru Evropy);
 - červen 2003 – zahájení testovací fáze B – doladování pozemního segmentu;
 - červenec 2003 – ukončení testovací fáze SEVIRI; všechny subsystémy radiometru SEVIRI prohlášeny za plně funkční a splňující kritéria na radiometrickou a geometrickou kvalitu přístroje; zprovoznění systému Search & Rescue a přístroje GERB (Geostationary Earth Radiation Budget); zahájení distribuce dat LRIT
 - 2. září až 19. října 2003 – družice úspěšně prochází prvním obdobím „zatmění“ bez jakéhokoliv vypínání přístrojů (období kolem jarní a podzimní rovnodennosti, kdy se družice dostává na desítky minut do zemského stínu; Meteosaty první generace nebyly schopny toto zatmění překlenout bez sluneční energie pouze z palubních zdrojů a musely být proto pravidelně kolem půlnoci UTC vypínány);
 - listopad 2003 – rozšíření vysílání zpracovaných obrazových dat systémem EUMETCast/DVB i mimo Evropu, současně zahájeno vysílání části odvozených produktů;
 - 19. prosince 2003 – deklarace připravenosti MSG-1 pro operativní provoz.
- Podrobnější rozpis jednotlivých kroků viz [2]. Plánované aktivity na období, které bude nyní bezprostředně následovat (z hlediska času přípravy tohoto příspěvku):
- konec ledna 2004 – ukončení zkušební distribuce dat; po přesunutí družice na pozici 3,4° západní délky (14.–27. ledna) a „dekontaminaci“ družice (odstranění zbytkových plynů a námrazy) přechod do operativního režimu; při zahájení operativního provozu přejmenování MSG-1 na Meteosat-8, snímky před distribucí uživatelům korigová-

ny tak, jako by družice byla umístěna přesně na nultém poledníku;

- 3. únor 2004 – 24hodinový test EKU;
- březen 2004 – zahájení rutinního šifrování dat SEVIRI; pro příjem jiných než šestihodinových dat (která budou volně přístupná) bude nutná funkční EKU, licencovaná EUMETSAT.

7. ODVOZENÉ PRODUKTY A SYSTÉM SAF (Satellite Application Facility)

Vedle operativních obrazových dat, pořizovaných přístrojem SEVIRI a distribuovaných v režimech HRIT/LRIT, budou z družic MSG k dispozici následující operativní produkty, centrálně generované ve zpracovatelském pozemním středisku, které je součástí řídicího centra v německém Darmstadtu, distribuované EUMETSAT (pro jednoznačnost jsou uvedeny i originální technické názvy produktů v angličtině):

- Atmospheric Wind Vectors – vektory větru, získané analýzou pohybu oblačnosti a plynných složek atmosféry (vodní pára, ozon) v různých hladinách
 - Cloud Analysis – analýza oblačnosti, informace o množství oblačnosti (pokrytí), výšce a typu oblačnosti v různých hladinách; určeno především pro využití v numerických modelech počasí a pro klimatické účely
 - Tropospheric Humidity – vlhkost ve středních a horních hladinách troposféry; opět určeno především pro využití v numerických modelech počasí a pro klimatické účely
 - High Resolution Precipitation Index – družicový odhad srážek (především konvektivních)
 - Cloud Top Height – zpracované snímky určené především pro leteckou meteorologii
 - Clear Sky Radiances – celkové záření v bezoblačných oblastech
 - Global Airmass Instability – indexy instability pro nowcasting
 - International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) data
 - Total Ozone Product – celkové množství ozonu
 - Calibration Monitoring – informace o kalibraci přístrojů
- Většina těchto produktů by měla být dostupná prostřednictvím toku dat LRIT. Podrobnosti k těmto produktům viz technická dokumentace, volně přístupná ke stažení na [2].

Vedle těchto produktů, generovaných přímo EUMETSAT, bude členským a přidruženým zemím k dispozici i nepřeberné množství dalších produktů, generovaných v rámci tzv. SAF (Satellite Application Facility). Jednotlivé SAF jsou virtuální pracoviště, zřízené sdružením několika (hydro)meteorologických služeb, zaměřené na přípravu nějakého konkrétního produktu – zpracovaných dat nebo programových balíčků. Pro přehlednost uvádím jednotlivé SAF (opět s původním anglickým názvem); pro bližší informace o jednotlivých SAF a jejich produktech viz [2]:

- NWC & VSRF Nowcasting and very Short Range Forecasting
- O&SI Ocean and Sea Ice
- O3M Ozone Monitoring
- CLM Climate Monitoring
- NWP Numerical Weather Prediction
- GRAS GRAS Meteorology
- LSA Land Surface Analysis

V závislosti na typu produktu budou uživatelům distribuovány zpracované produkty s různým časovým odstupem od

naměření původních dat; pouze pro účely nowcastingu bude distribuován příslušný software přímo uživatelům (kvůli minimalizaci možného zpoždění).

8. ZÁVĚR

Přes všechny problémy, které MSG-1 doposud provázely, lze jeho zprovoznění považovat za obrovský úspěch EUMETSAT. Jaký bude skutečný přínos druhé generace Meteosatů pro meteorologii ukáže až blízká budoucnost. Starty dalších družic této série jsou naplánovány následovně: MSG-2 by měl být vynesen na oběžnou dráhu v lednu 2005, MSG-3 v lednu 2008 a konečně MSG-4 v říjnu 2010. MSG-4 bude posledním z této generace Meteosatů, již nyní probíhají jednání mezi EUMETSAT a organizací ESA o podobě a přístrojovém vybavení Meteosatů třetí generace (MTG, Meteosat Third Generation).

Vedle geostacionárních družic plánuje EUMETSAT i vlastní družice na polárních dráhách, označovaných METOP (Meteorological Operational Polar Satellites of EUMETSAT). První z nich by měla být vypuštěna v roce 2005. Družice METOP mají doplnit americké polární družice NOAA, přičemž jejich přístrojové vybavení bude do jisté míry kompatibilní; vedle využití v meteorologii bude část přístrojového vybavení zaměřena na komplexní monitorování životního prostředí. Podrobnější informace o těchto družicích budou předmětem samostatného článku, věnovaného pouze polárním družicím.

Seznam použitých zkratk

ATOVS	Advanced TIROS Operational Vertical Sounder
DCS	Data Collection System
DVB	Digital Video Broadcasting
EARS	EUMETSAT ATOVS Retransmission Service
EKU	EUMETCast Key Unit
EUMETCast	EUMETSAT Multicast Distribution System
EUMETSAT	European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites
ESA	European Space Agency
GERB	Geostationary Earth Radiation Budget
HRI	High Resolution Imagery
HRIT	High Rate Information Transmission
HRUS	High Rate User Station

LRIT	Low Rate Information Transmission
LRUS	Low Rate User Station
MDD	Meteorological Data Distribution
METOP	Meteorological Operational Polar Satellites of EUMETSAT
MKU	Meteosat Key Unit
MSG	Meteosat Second Generation
MTG	Meteosat Third Generation
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
pixel	picture element
PDUS	Primary Data User Station
S&R	Search and Rescue
SDUS	Secondary Data User Station
SKU	Station Key Unit
SEVIRI	Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager
TIROS	Television Infrared Observation Satellite
VISSR	Visible and Infrared Spin Scan Radiometer
WEFAX	Weather Facsimile

Literatura a internetové zdroje

- [1] KIDDER S.Q. – T.H. VONDER HAAR, 1995. Satellite Meteorology – an introduction. San Diego: Academic Press. ISBN 0-12-406430-2.
- [2] <http://www.eumetsat.de> - internetová stránka organizace EUMETSAT
- [3] CLARKE, A. C., 1945. The Space Station: Its Radio Applications. [Originál a pět kopií rozeslány soukromě poštou v květnu 1945, originál nyní uložen v National Air and Space Museum, Smithsonian Institute, Washington, D.C. (prvně přetištěno v Spaceflight, Vol.10, No.3, March 1968, 85–86).]
- [4] http://www.chmi.cz/meteo/sat/ms_web.html - odkazy na vybrané internetové stránky související s meteorologickými družicemi
- [5] <http://www.chmi.cz/meteo/sat> - internetová stránka družicového oddělení ČHMÚ

Lektor RNDr. J. Strachota, rukopis odevzdán v prosinci 2003.