

SATELITSKE SLIKE DRUGE GENERACIJE SATELITOV METEOSAT ZA SPREMLJANJE EKSTREMNEGA VREMENA

Use of Meteosat Second Generation Satellite Images for Monitoring Extreme Weather

Mateja Iršič Žibert* UDK 551.5

Povzetek
Meteorološki satelit Meteosat-8 je prvi od druge generacije satelitov Meteosat in deluje od 29. januarja 2004. Omogoča bistveno boljši nadzor dogajanja v ozračju, kot so to omogočali sateliti prejšnje generacije. Izboljšane meritve so pomembne predvsem za boljše spremljanje dogajanja v ozračju in posledično boljšo napoved nekaj ur vnaprej. Z novimi meritvami lahko pogosteje spremljamo dogajanje v ozračju in zaradi več merilnih kanalov določamo tudi fazo razvoja konvekcije. Satelitske meritve satelita Meteosat-8 so dobro dopolnile tudi radarskim meritvam pri spremljanju konvektivnega razvoja dogajanja v ozračju.

Abstract
The Meteosat-8 meteorological satellite is the first of the Meteosat Second Generation satellites and has been operational since 29 January 2004. Meteosat-8 offers improved monitoring of the atmosphere in comparison to the options of the first generation. Improved measurements are important for better monitoring and, consequently, better nowcasting for some hours in advance. Using the new measurements makes it possible to monitor developments in the atmosphere more, and in the illustrated case specific characteristics in the development of convection are also visible. Furthermore, satellite measurements are a good complement to radar measurements when monitoring convective developments in the atmosphere.

Uvod

V meteorologiji se že od leta 1977 uporabljajo satelitske slike za spremljanje vremena, vendar se je tehnologija meritev in prenosa v zadnjem času bistveno izboljšala. V začetku leta 2004 (29. januarja) je začel delovati prvi od druge generacije satelitov Meteosat (Meteosat Second Generation - MSG), imenovan Meteosat-8.

Na Agenciji RS za okolje smo že od leta 1995 spremljali satelitske slike prve generacije satelitov Meteosat v realnem času v najboljši ločljivosti. Od aprila 2004 pa v realnem času spremljamo tudi najnovejše meritve satelita druge generacije Meteosat, ki omogoča bistveno boljši nadzor dogajanja v ozračju, kot so to omogočale meritve prve generacije.

Sateliti Meteosat so last medvladne satelitske organizacije EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites), katere sodelujoča država je od leta 2003 tudi Slovenija. EUMETSAT sestavlja 18 polnopravnih držav članic in 11 sodelujočih držav (slika 1).

* Mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, mateja.irsic@gov.si



Slika 1. Evropska medvladna organizacija za uporabo satelitov EUMETSAT vključuje 18 polnopravnih držav članic (temnozeleno) in 11 sodelujočih držav (svetlozeleno), med katerimi je tudi Slovenija od leta 2003.

Figure 1. European intergovernmental organization for the exploitation of meteorological satellites EUMETSAT, established through an international convention agreed by 18 European Member States (dark green) and 11 Cooperating States (light green), including Slovenia since 2003.

Vremenski satelit druge generacije satelitov Meteosat

Satelit Meteosat-8 meri celo zemeljsko poloblo vsakih 15 minut, torej še enkrat pogosteje, kot je bilo to mogoče s prvo generacijo satelitov Meteosat. V preglednici 1 so oznake dvanajstih kanalov radiometra na satelitu Meteosat-8, dana so območja spektralnih pasov meritev posameznega kanala in kratek opis uporabnosti.

Krajevna ločljivost je za prvih enajst kanalov vidnega in infrardečega dela spektra 3 km v nadirju, tj. nad ekvatorjem pravokotno pod satelitom. Za en kanal v vidnem delu (HRV) je ločljivost v nadirju 1 km. Podatki se pošljejo v centralni procesni center v Darmstadt v Nemčiji, kjer se umerjajo in v preoblikovanem formatu pošljejo uporabnikom prek komercialnega satelita Hot-Bird-6. Prednost prenosa prek komercialnih satelitov do uporabnika, kar je za satelitske podatke novost, je, da je sprejem tovrstnih podatkov mogoč z relativno poceni sprejemno opremo. Ker pa so podatki kodirani, je treba skleniti posebno licenco z organizacijo EUMETSAT, ki dodeli posebne dekodirne ključne.

Kanali se razlikujejo predvsem v tem, ali merijo sevanje v vidnem (VIS) delu spektra, bližnjem infrardečem delu (NIR) ali infrardečem delu spektra (IR ali WV). V vidnem in bližnjem infrardečem delu spektra so vsi kanali izbrani tako, da merijo sevanje tal in oblakov v t. i. atmosferskem oknu, torej v območju, v katerem je atmosfera za sevanje večinoma prepustna. V infrardečem delu spektra so

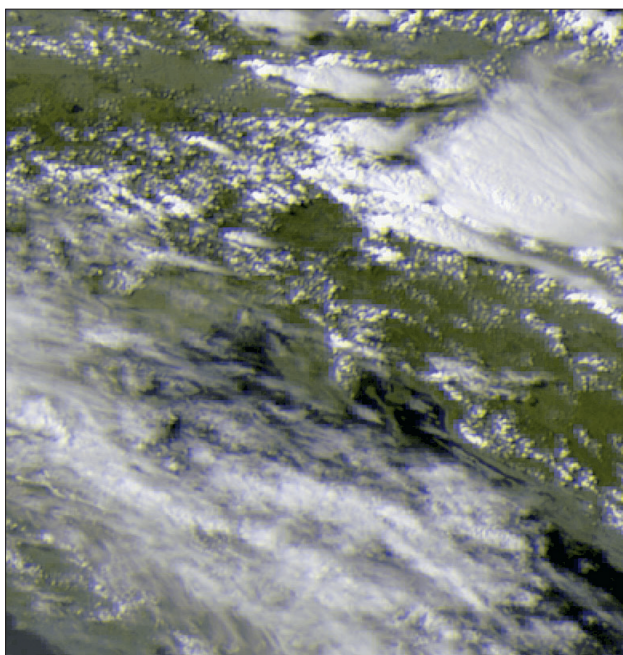
nekateri kanali namenoma izbrani tako, da merijo sevanje na območju absorpcije in sevanja plinov v atmosferi, kot so vodna para (kanala WV 6,2 in WV 7,3), ozon (IR 9,7) ali ogljikov dioksid (IR 13,4). V infrardečem delu spektra imamo tudi nekatere kanale v atmosferskem oknu (IR 8,7, IR 10,8 in IR 12,0), s tem zberemo čim več lastnosti atmosfere in tal. Ob jasnem vremenu glavni del sevanja izvira od tal, ob oblačnem vremenu pa iz najvišje optično debele oblačne plasti. Če oblaki niso optično debeli, do sensorja pride tudi del sevanja tal. V takem primeru ekvivalentna temperatura črnega telesa, ki se določi za kanale infrardečega dela, ne ustreza dejanski temperaturi vrha oblačnosti, ampak je višja od dejanske temperature, zato je treba paziti pri interpretaciji in upoštevati ustrezne popravke.

Področja uporabe meritev satelita Meteosat-8 so:

- detekcija oblačnosti in snega/ledu zaradi velike odbojnosti/sipanja sončnega spektra na oblakih oziroma ledenih delcih,
- razločevanje med tekočo in trdno fazo vode, kar je pomembno tudi pri določitvi razvoja konvekcije,
- značilnosti tal in rastlinstva,
- detekcija nizkih oblakov in megle tudi ponoči,
- detekcija tankih cirusov,
- detekcija območja požarov,
- določitev območij podhlajenih kapljic,
- določitev faze vrha oblačnosti oziroma območij snega ali ledu,
- detekcija hladnih oblakov,
- določitev temperature morja in tal ob jasnem vremenu.

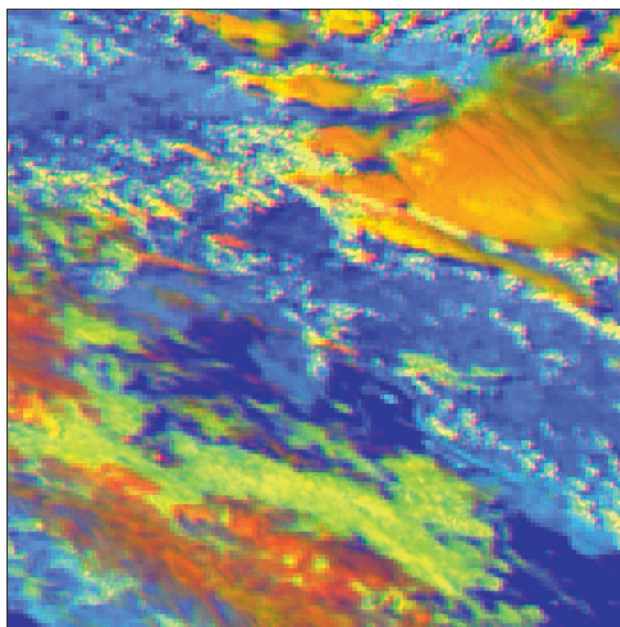
Št. kanala	Oznaka	Centralna valovna dolžina	Najmanjša valovna dolžina	Največja valovna dolžina	Glavne uporabe
1	VIS0,6	0,635	0,56	0,71	površje, oblaki, polje vetra
2	VIS0,8	0,81	0,74	0,88	površje, oblaki, polje vetra
3	NIR1,6	1,64	1,50	1,78	površje, agregatno stanje vode vrha oblakov
4	IR3,9	3,90	3,48	4,36	površje, oblaki, polje vetra
5	WV6,2	6,25	5,35	7,15	vodna para, visoki oblaki, atmosferska nestabilnost
6	WV7,3	7,35	6,85	7,85	vodna para, atmosferska nestabilnost
7	IR8,7	8,70	8,30	9,1	površje, oblaki, atmosferska nestabilnost
8	IR9,7	9,66	9,38	9,94	ozon
9	IR10,8	10,80	9,80	11,80	površje, oblaki, atmosferska nestabilnost, polje vetra
10	IR12,0	12,00	11,00	13,00	površje, oblaki, atmosferska nestabilnost
11	IR13,4	13,40	12,40	14,40	višina cirusnih oblakov, atmosferska nestabilnost
12	HRV	široki pas (0,4–1,1 μm)			površje, oblaki

Preglednica 1. Značilnosti kanalov radiometra na satelitu Meteosat-8 (Güttlich et al., 2004).
Table 1. Channel characteristics of the radiometer on the Meteosat-8 satellite (Güttlich et al., 2004).



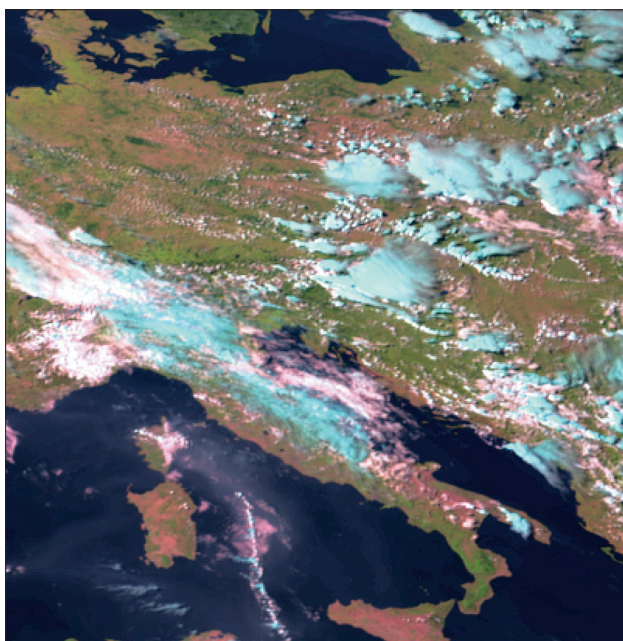
Slika 2. Vidna slika v visoki krajevni ločljivosti (HRV) satelita Meteosat-8 dne 9. avgusta 2004 ob 14:45 UTC, © ARSO.

Figure 2. High-Resolution Visible image (HRV) from the Meteosat-8 satellite on 9 August 2004 at 14:45 UTC, © ARSO.



Slika 3. Multispektralna kombinacija vidne slike v visoki krajevni ločljivosti, bližnje infrardeče in infrardeče slike (HRV, NIR 1.6, IR 10.8) satelita Meteosat-8 dne 9. avgusta 2004 ob 14:45 UTC. Modro jasno morje ali kopno, rumena nizka oblačnost brez kristalov, oranžna in rdeča oblačnost s kristali različnih velikosti, © ARSO.

Figure 3. Multi-spectral combination of high-resolution image, near-infrared and infrared image (HRV, NIR1.6, IR10.8) from the Meteosat-8 satellite on 9 August 2004 at 14:45 UTC. Blue is clear sea or land, yellow is low cloudiness without crystal particles, orange and red are cloudiness with crystal particles of various sizes, © ARSO.



Slika 4. Multispektralna kombinacija bližnjega infrardečega in dveh vidnih slik satelita Meteosat-8 (NIR1.6, VISO.8, VISO.6) dne 9. avgusta 2004 ob 14:45 UTC. Bela nizka oblačnost, turkizna oblačnost s prisotnimi ledenimi kristali, © ARSO.

Figure 4. Multi-spectral combination of near-infrared and two visible images from the Meteosat-8 satellite (NIR1.6, VISO.8, VISO.6) on 9 August 2004 at 14:45 UTC. White is low cloudiness without crystal particles and turquoise is cloudiness with crystal particles, © ARSO.

Z meritvami satelita Meteosat-8 je mogoče spremljati dogajanje v atmosferi nad širšim območjem, za nas je zanimivo predvsem na območju Evrope. Tako nam satelitske meritve omogočajo celosten pregled dogajanja nad širšim območjem in tudi natančnejšo in pogostejšo analizo nad izbranim manjšim območjem. Ker so vsakih 15 minut na voljo meritve dvanajstih kanalov, sta ob danem času mogoča različno kombiniranje kanalov v multispektralne kombinacije in njihova časovna animacija. S tem dobimo prilagojene prikaze za npr. spremljanje konvektivnega razvoja, območja nizke oblačnosti in megle tudi v nočnem času, območja visoke oblačnosti, zasnežena območja ... V nadaljevanju bo nekaj multispektralnih prikazov za spremljanje razvoja konvekcije.

Spremljanje razvoja konvekcije 9. avgusta 2004

9. avgusta je bilo nad srednjo in južno Evropo območje enakomernega zračnega pritiska (Markošek, 2004). V višinah je bilo severovzhodno od nas v bližini naših krajev manjše jedro hladnega in vlažnega zraka, ki je vplivalo tudi na



Slika 5. Multispektralna kombinacija dveh vidnih kanalov in infrardečega kanala (VISO.6, VISO.8, IR10.8) satelita Meteosat-8 dne 9. avgusta 2004 ob 14:45 UTC, © ARSO.

Figure 5. Multi-spectral combination of two visible images and infrared image (VISO.6, VISO.8, IR10.8) from the Meteosat-8 satellite on 9 August 2004 at 14:45 UTC, © ARSO.

vreme pri nas. Zjutraj in del dopoldneva je bilo delno jasno, preostanek dneva pa spremenljivo do pretežno oblačno s pogostimi krajevnimi plohami in močnimi nevihtami, ki so jih spremljali nalivi, močan veter in tudi toča.

Pri spremljanju nastanka in razvoja konvektivnih oblakov je v dnevnem času zelo uporabna vidna slika v visoki ločljivosti. S slike 2 se lepo vidijo območja oblačnosti v belih odtenkih. Zaradi dobre krajevne ločljivosti (nad Slovenijo približno 1,5 km), ki je primerljiva z radarsko ločljivostjo (1 km), lahko s satelitom »vidimo« npr. Cu humilise, ko še niso vidni z radarjem. Za prikaz dodatnih lastnosti oblakov je zelo uporabna kombinacija vidne slike v visoki ločljivosti

z bližnje-infrardečo in infrardečo sliko. Iz takega prikaza, kot ga vidimo na sliki 3, lahko razlikujemo med nizkimi oblaki, ki še nimajo kristalov (rumeno), in bolj razvitimi oblaki vertikalnega razvoja (oranžno-rdeči). Iz oblik lahko sklepamo, ali so konvektivnega razvoja ali pa so bolj plastoviti. Spremljanje takega prikaza vsakih 15 minut in ustrezne animacije nam omogočajo hitro prepoznavanje in spremljanje razvoja konvektivnih oblakov.

S prikazom kombinacije bližnje infrardečega in dveh vidnih kanalov lahko na območju oblačnosti določimo tudi, ali so oblaki samo iz vodnih kapljic (nizki oblaki) ali so že prisotni tudi kristali – bolj razviti konvektivni oblaki, ali visoki ledeni oblaki, slika 3. Ker lahko pri tem prikazu vidimo tudi morebitna območja snega, je zlasti pozimi in manj poleti treba preveriti še kombinacijo vidnega in infrardečega dela, pri čemer zaradi temperaturnega prispevka zlahka ločimo visoke oblake s kristalčki (belo ali modro) od snega (rumeno), prikazano na sliki 4.

Sklepne misli

Z novo generacijo satelitov Meteosat je mogoče pogostejše in natančnejše spremljanje dogajanja v ozračju. V prispevku smo med veliko mogočih uporab prikazali le nekatere nove možnosti, ki dajejo natančnejši vpogled v lastnosti oblakov pri spremljanju konvekcije. V kombinaciji z radarsko sliko nam omogoča hitrejšo prepoznavanje konvektivnih oblakov, kar je za izdajanje opozoril še posebno pomembno.

Viri in literatura

1. Markošek, J., 2004. Razvoj vremena v avgustu 2004. Mesečni bilten, št. 8, letnik XI, str. 17–23. Agencija RS za okolje – MOP, Ljubljana.
2. Güttlich J., Sinander, N., Schaffner, E., 2004. MSG Ground Segment LRIT/HRIT Mission Specific Implementation, EUM/MSG/SPE/057, Issue 4.2, March 2004.