

ANALIZA METEOSAT-9 SATELITSKIH SNIMKI POŽARA NA KORNATU 30. KOLOVOZA 2007

Analysis of the Meteosat-9 Satellite Images of the Kornat fire on 30 August 2007

NATAŠA STRELEC MAHOVIĆ

Državni hidrometeorološki zavod
Grič 3, 10 000 Zagreb, Hrvatska
strelec@cirus.dhz.hr

Prihvaćeno 6.4.2008. u konačnom obliku 17.4.2008.

Sažetak: U radu su analizirane satelitske snimke sa senzora SEVIRI na Meteosat-9 satelitu za slučaj požara na otoku Kornatu 30. kolovoza 2007. Na snimkama u spektralnom području valne duljine 3.9 μm požar se mogao raspoznati kao vruća točka (hot spot) veličine jednog do dva pixela. Za prikaz je korištena kombinacija triju spektralnih područja: 3.9 μm , 0.8 μm i 0.6 μm , tako da je kanal 3.9 μm prikazan u crvenoj, kanal 0.8 μm u zelenoj, a kanal 0.6 μm u plavoj boji. U takvoj su kombinaciji vruća područja jasno prepoznatljiva u crvenoj boji. Požar je bio vidljiv samo u četiri termina jer je tijekom većeg dijela dana otok Kornat bio prekriven oblaci. Temperatura vruće točke najviša je bila u 14 UTC i iznosila je 313K. Pokazano je da se i u slučaju požara razmjerno malih dimenzija, satelitske snimke sa senzora SEVIRI na Meteosat satelitu mogu koristiti za prepoznavanje položaja požarišta, zbog vrlo velike osjetljivosti kanala 3.9 μm na visoku temperaturu. Nedostatak je razmjerno mala prostorna razlučivost, zbog čega se ne može u potpunosti točno odrediti veličina požara, te mogućnost pogreške u slučaju djelomične prekrivenosti oblacima. Prednost je vremenska učestalost snimki koja omogućuje praćenje promjena svakih 15 minuta.

Ključne riječi: satelitske slike, 3.9 μm kanal, vruće točke.

Abstract: This paper presents an analysis of the Meteosat-9 SEVIRI images of the catastrophic fire on the Kornat island on 30 August 2007. In the 3.9 μm images, fire can be detected as a hot spot of the size of one to two pixels. For visualisation, the RGB combination of 3.9 μm , 0.8 μm and 0.6 μm channels has been used, where 3.9 μm is shown in red, 0.8 μm in green and 0.6 μm in blue. In this combination, the hot spots are clearly recognisable as red dots. The fire was detectable in only four image slots, due to cloud coverage of the island during the largest part of the day. The temperature of the hot spot was the highest at 14:00 UTC, measuring 313K. This shows that, even in the case of a rather small fire, Meteosat second generation images can be successfully used for the detection and positioning of fires, due to the very high sensitivity of the 3.9 μm channel to high temperatures. The main disadvantage is its rather low spatial resolution, due to which the size of the fire cannot be precisely determined. In addition, the presence of clouds above the fire can completely eliminate the effect of high temperature on the ground, making the hot spots invisible to the 3.9 μm channel. The main advantage of the Meteosat data is their high temporal resolution, which enables the tracking of changes with only 15-minute intervals between images.

Key words: satellite images, 3.9 μm channel, hot spots

1. UVOD

Šumski požari na našoj obali i otocima u ljetnim su mjesecima učestala pojava i svake su godine uzrokom velikih materijalnih šteta. U ljeto 2007. na našoj je obali buknuo više od 750 požara, a ukupno je opožareno oko 160.000 hektara. U požaru na otoku Kornatu 30. kolovoza 2007. po prvi puta su, nažalost, izgubljeni i životi vatrogasaca. Ovi podaci zorno pokazuju koliko je važno pravovremeno otkrivanje i gašenje požara. Rano otkrivanje požara u nenaseljenim ili slabo naseljenim područjima jedna je od učestalih primjena daljinskih istraživanja. Na globalnoj razini praćenje se provodi korištenjem podataka s polarnih satelita (NOAA, METOP, Terra, Aqua...) zbog razmjerno velike prostorne razlučivosti snimki, posebice u slučaju posljednja dva satelita, Terra i Aqua, koji mogu mjeriti zračenje sa Zemlje s prostornom razlučivošću 250 m. Podaci s tih satelita operativno se koriste u detekciji požara u mnogim zemljama, osobito u području viših geografskih širina (Kanada, Finska...). U umjerenim širinama prepreku pravodobnom prepoznavanju požara iz snimki s polarnih satelita predstavlja velik vremenski raspon između dviju sukcesivnih snimki iznad određenog područja. Naime, sateliti Terra i Aqua područje Hrvatske prelete jednom dnevno i to ne uvijek pod kutem koji bi bio dobar za analizu snimaka. NOAA i METOP sateliti posjete nas nešto češće, svaki 2 do 3 puta dnevno. Za vrijeme tragedije na Kornatu iznad našeg je područja preletio samo NOAA-18 satelit, oko 12 UTC, no otok Kornat je u to vrijeme bio većim dijelom prekriven oblacima. Jedini raspoloživi podaci u vrijeme događanja požara bili su stoga oni s EUMETSAT-ovog satelita Meteosat 9, dakle iz geostacionarne orbite.

Od 2003. kad je lansiran prvi od satelita iz druge generacije Meteosat satelita, nad područjem Europe i Afrike omogućeno je praćenje požara i iz geostacionarne orbite. Instrument SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager), koji se nalazi na satelitima Meteosat 8 i 9 koji su trenutno u Zemljinoj orbiti, mjeri zračenje u 12 spektralnih područja. Jedno od tih područja je i ono valne duljine 3.9 μm u kojem je omogućeno prepoznavanje vrućih točaka (hot spots) koje predstavljaju požare. Nedostatak motrenja iz geostacionarne orbite je razmjerno mala prostorna razlučivost koja u području iznad Ekvatora i 0-tog meridi-

jana iznosi 3x3 km i smanjuje se s povećanjem geografske širine. Prednost je, međutim, stalna prisutnost satelita iznad našeg područja i vremenski razmak od samo 15 minuta između dviju sukcesivnih snimki.

2. SVOJSTVA KANALA 3.9 μm

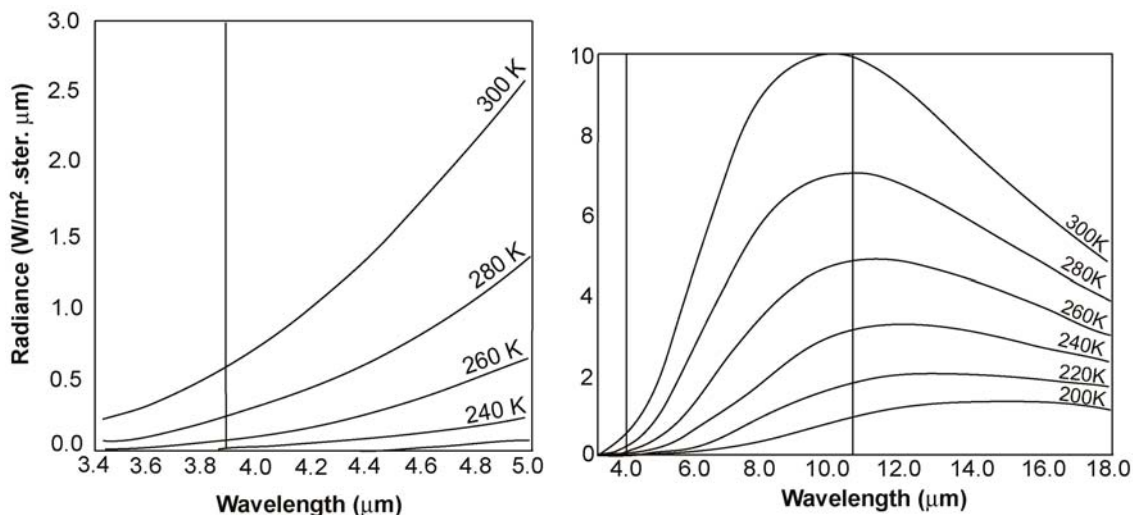
Požari vegetacije razvijaju temperaturu u rasponu između 500 i 1000 K. Optimalna valna duljina za praćenje požara je upravo ona u kojoj bi zračilo crno tijelo na takvoj temperaturi. Prema Wien-ovom zakonu pomaka (jedn. 1), što je objekt koji zrači topliji to je kraća valna duljina na kojoj emitira većinu svog zračenja. Valna duljina maksimalnog zračenja pri nekoj temperaturi računa se prema izrazu:

$$\lambda = bT^{-1} \quad (1)$$

gdje je T temperatura crnog tijela, a b konstanta proporcionalnosti koja iznosi: 2898 K m. Dakle, iz Wienovog zakona se može zaključiti da valna duljina maksimalnog zračenja tijela temperature oko 750 K iznosi 4 μm . Upravo stoga je najbolji kanal za detekciju šumskih požara kanal valne duljine 3.9 μm . Taj je kanal iznimno osjetljiv na promjene temperature odnosno na vrlo topla područja, stoga može detektirati i požare koji se događaju na površini mnogo manjoj od one koju obuhvaća pixel na slici (MSG-Interpretation Guide, 2006.). Razlog tome je nelinearnost odnosa zračenja i temperature nekog tijela zbog kojeg je odaziv zračenja na promjenu temperature puno veći za kraće valne duljine.

Drugim riječima, u usporedbi s drugim infra-crvenim kanalima većih valnih duljina (npr. 10.8 ili 12.0 μm), kanal 3.9 μm je puno osjetljiviji na visoku temperaturu (vidi sliku 1.). Dovoljno je da je oko 5% pixela zahvaćeno temperaturom od 500 K pa da temperatura cijelog pixela u kanalu 3.9 μm bude 360 K, dok će u istim uvjetima temperatura pixela u kanalu 10.8 μm biti manja od 320 K. To svojstvo omogućuje prepoznavanje i razmjerno malih požara, kao što je bio slučaj i s požarom na Kornatu.

U praksi se koristi nekoliko algoritama za detekciju požara koji, osim temperature u području 3.9 μm uključuju i temperaturu u području 10.8 μm te njihove standardne devijacije (EUMETSAT, 2007), no signal o požaru odnosno vrućem području sadržan je upravo u temperaturi u kanalu 3.9 μm (Weaver i Pur-



Slika 1. Odnos jakosti zračenja i valne duljine za različite temperature crnog tijela. Lijevo: male valne duljine - izrazito nelinearan porast jakosti zračenja s povećanjem temperature; desno: veće valne duljine - porast zračenja s povećanjem temperature gotovo linearan. (Preuzeto iz: Introduction to Channel 04 (3.9 μm), MSG Interpretation Guide, 2006.).

Figure 1. Relation between radiation intensity and wavelength for different black-body temperatures. Left: short wavelengths - strong non-linear increase of radiance with increasing temperature; Right: long wavelengths - an almost "linear" increase of radiance with increasing temperature. (Adapted from: Introduction to Channel 04 (3.9 μm), MSG-Interpretation Guide, 2006.).

dom, 1995). Najveću prepreku u detekciji predstavljaju oblaci koji, ako se nalaze iznad vrućeg područja, mogu potpuno promijeniti informaciju i zamaskirati požar jer na zračenje u području 3.9 μm veliki utjecaj ima apsorpcija od strane vodene pare kao i ona od strane CO₂.

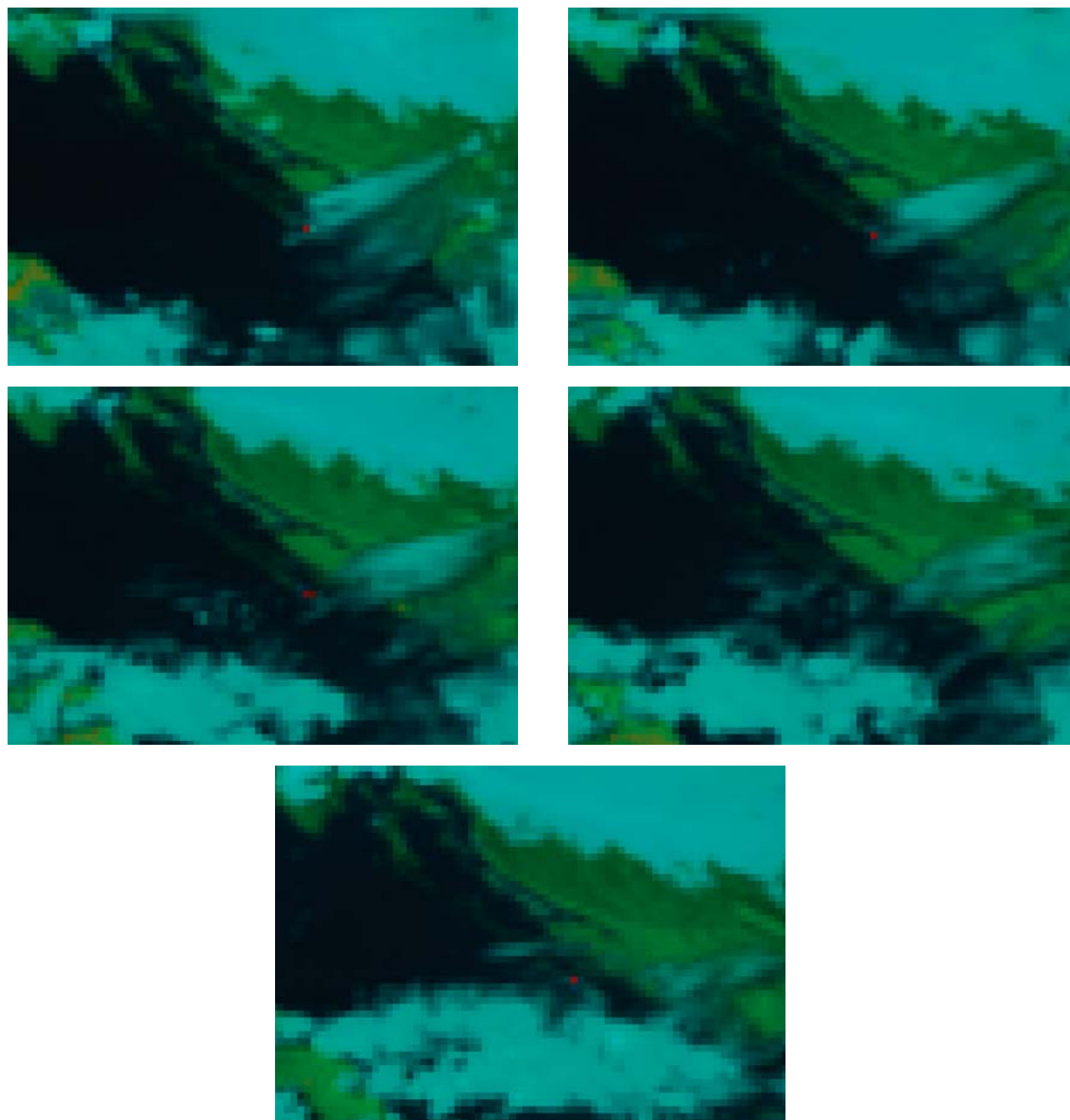
Na slikama koje prikazuju samo zračenje u području 3.9 μm vruće točke su svjetlije od ostatka slike jer je intenzitet zračenja to veći što je veća temperatura. Radi zornijeg prikaza i lakšeg raspoznavanja topografije podaci o zračenju u kanalu 3.9 μm kombinirani su s podacima zračenja u vidljivom dijelu spektra. Pritom je kanal 3.9 μm prikazan u crvenom dijelu spektra, kanal 0.8 μm u zelenom, a kanal 0.6 μm u plavom. U takvoj kombinaciji područja visoke temperature, a malog albedu zbog nedostatka oblaka, bit će crvene boje, kopno je u zeleno-smeđim nijansama, more crno, a oblaci svjetlo plavi.

3. PRIKAZ SITUACIJE

Meteorološka analiza situacije pokazala je da je tijekom 30. kolovoza 2007. nad područjem Kornata naoblaka bila većinom između 6/10 i 8/10 u terminima klimatoloških motrenja. Na

satelitskim snimkama zbog prisutnosti oblaka do 1245 UTC nije bilo vidljivih vrućih točaka (hot spots) u predjelu Kornata. Prvi signal zamijećen je na slici u 1245 UTC (1445 LST) (slika 2a). Signal je veličine 2 pixela od kojih jedan ima temperaturu 310K i taj je na slici vidljiv kao crvena točka, dok drugi ima nešto nižu temperaturu, 304K i čini se da je većim dijelom prekriven oblacima. Prvi, topliji pixel nalazi se na položaju 43.88 N, 15.21 E. Druga točka ima koordinate 43.89 N, 15.25 E. S obzirom na iznos temperature i kriterije koji se najčešće koriste u detekciji požara, prva točka se može okarakterizirati kao aktivni požar. Druga točka ima nižu temperaturu od granične temperature, no ovdje se može pretpostaviti da je samo vrlo mali dio pixela zahvaćen požarom pa je i srednja temperatura pixela niža od one za koju bismo rekli da predstavlja požar. Snižanju temperature doprinjeli su i oblaci koji su u tom terminu dijelom prekrivali područje požara.

U sljedećem terminu, u 1300 UTC (slika 2b), temperatura vruće točke na istom položaju kao u prethodnom terminu, porasla je na 212K. Do takve promjene može doći zbog povećanja površine požarišta, ali uzrok može biti



Slika 2. Satelitske slike s Meteosat 9 satelita za 30. 08. 2007. u a)1245 UTC, b)1300 UTC, c)1315 UTC, d)1330 UTC i e)1400 UTC. Prikazana je kombinacija kanala 3.9 μ m, 0.8 μ m i 0.6 μ m. Vruća točka koja označava požar vidljiva je u crvenoj boji.

Figure 2. Meteosat-9 satellite images on 30 August 2007 at a) 1245 UTC, b)1300 UTC, c)1315 UTC, d)1330 UTC and e)1400 UTC. The 3.9 μ m, 0.8 μ m and 0.6 μ m RGB combination of channels is shown. The hot spot representing the fire is seen as a red dot.

i smanjenje naoblake koja je na slici u predhodnom terminu djelomično prekrivala vruću točku. Na slici u 1315 UTC (slika 2c) najviša temperatura bila je 307K u istoj točki kao i na predhodnim snimkama. U susjednoj točki na 43.89 N, 15.25 E temperatura je bila 304K. Obje su točke na slici vidljive u crvenoj boji. Iako same vrijednosti temperature nisu dovoljno visoke da se točka obilježi kao požar,

očito je da se radi o točki vezanoj uz požar. Zanimljivo je također primjetiti da je na slici 2c pixel temperature 304K vidljiv u crvenoj boji, dok na slici 2a pixel temperature 307K nije bio crven. Tome su razlog oblaci koji su u ovoj RGB kombinaciji dali plavkastu boju pixelu na slici 3a iako je bio malo topliji od onog na slici 3c, ali na slici 3c oblaci manje kontaminiraju pixel.

Nakon 1315 UTC, u sljedeća dva termina motrenja 1330 UTC i 1345 UTC vruće točke nisu bile prepoznatljive na slikama kao što je vidljivo na slici 2d koja pokazuje situaciju u 1330 UTC. Iz samih satelitskih podataka ne može se sa sigurnošću zaključiti da li je požar u tim trenucima bio slabiji ili su ga prekrivali oblaci. U posljednjem prikazanom terminu, 1400 UTC (slika 2e) vruća točka pomakla se na sjever. Najtopliji signal, temperature 313K, nalazi se u tom terminu na 43.93 N, 15.23 E. S obzirom na to da se požar širio iz uvale prema unutrašnjosti otoka, dakle prema sjeveru, takav je podatak u skladu s ponašanjem požara. Ova temperatura pixela od 313K ujedno je i najviša zabilježena u vrijeme trajanja požara. Nakon 1400 UTC, zbog oblaka koji su u potpunosti prekrili požarište, daljnje praćenje nije bilo moguće.

Osim vrućih točaka na satelitskim je slikama često vidljiv i dim te izgorena područja. Pritom se dim najbolje vidi na slikama u vidljivoj dijelu spektra 0.6 μm , a izgorena područja na slikama u području 0.8 μm . No, u slučaju kornatskog požara, zbog oblačnosti, ali i zbog razmjerno malih dimenzija požara, ni jedna od tih pojava nije bila uočena.

4. ZAKLJUČAK

Za vrijeme trajanja tragičnog požara na otoku Kornatu, 30. 08. 2007. jedini podaci koji su mogli biti korišteni za prepoznavanje požara bili su podaci o zračenju u spektralnom području 3.9 μm s instrumenta SEVIRI na Meteosat-9 satelitu. Požar je bio vidljiv kao vruća točka u četiri termina motrenja jer je u ostalim terminima područje Kornata bilo prekriveno oblacima. U tri od četiri termina motrenja položaj najtoplije točke bio je na 43.88 N, 15.21 E

dok je u terminu 1400 UTC vruća točka bila na 43.93 N, 15.23 E. Analiza je pokazala da je najviša temperatura vruće točke, 313K zabilježena upravo na slici u 1400 UTC, nakon čega se signal gubi zbog naoblake. Dim od požara i zgarište nisu bili uočeni.

Ovom je analizom pokazano da se i u slučaju požara manjih dimenzija podaci s Meteosat satelita druge generacije mogu koristiti za pravovremeno otkrivanje i praćenje požara. Nedostatak podataka s geostacionarnog satelita je mala prostorna razlučivost zbog koje nije moguće točno odrediti veličinu požarišta. Osim toga, u slučaju prekrivenosti oblacima detekcija požara nije moguća. Unatoč tome pokazuje se da je i u slučaju malih požara zračenje u području 3.9 μm dobar pokazatelj položaja požarišta i da se taj podatak može operativno upotrijebiti za prepoznavanje čestih požara na našoj obali u ljetnim mjesecima. Daljnje istraživanje i operacionalizacija su u tijeku.

LITERATURA

- EUMETSAT, 2007: Active Fire Monitoring with MSG; Algorithm Theoretical Basis Document. EUMETSAT Doc.No. : EUM/MET/REP/07/0170
- Weaver J.F. and J.F. Purdom, 1995: Observing Forest Fires with the GOES-8, 3.9 μm Imaging Channel. *Weather and Forecasting*, Vol. 10, 803-808
- MSG Interpretation Guide, 2006: Introduction to Channel 04 (3.9 μm). http://oiswww.eumetsat.org/WEBOPS/msg_interpretation/index.html