

SATELITSKO ZAZNAVANJE STANJA VEGETACIJE NA REGIONALNI RAVNI – PRIMER POLETJA 2013

Satellite Monitoring of State of Vegetation at the Regional Scale – Example of Summer 2013

Mateja Iršič Žibert*, Boštjan Muri** UDK 551.501.86:502.211:582

Povzetek
Satelitske tehnologije so v zadnjih letih zelo napredovale in se vedno bolj uporabljajo za spremljanje stanja ozračja, zemeljskega površja in oceanov, vključujoč onesnaženost ozračja ter podnebne spremembe. Pri spremljanju stanja zemeljskega površja je poletni pomembno tudi spremljanje stanja vegetacije, saj so spremembe na njej, kot na primer porumenelost listov ob suši, zaznane tudi s satelitskimi meritvami. V članku so na kratko predstavljeni satelitski produkti, ki jih države članice Evropske organizacije za uporabo meteoroloških satelitov (EUMETSAT) razvijajo in nadgrajujejo in do katerih na Agenciji RS za okolje (ARSO) operativno dostopamo. Ti produkti vključujejo več vrst vegetacijskih indeksov, s katerimi se ocenjuje stanje vegetacije na regionalni ravni. Krajevna ločljivost takšnih satelitskih produktov je nekaj kilometrov in če vegetacija na takem območju ni enotna, predstavljajo nekakšno povprečno stanje vegetacije. Podani so primeri vrednosti satelitskega vegetacijskega indeksa *delež pokritosti z vegetacijo* (FVC) za leto 2013, ki kažejo območja, na katerih je bila vegetacija v sušnem stresu.

Abstract
The satellite technology has significantly progressed in recent years. Satellite data is being increasingly included in the process of monitoring state of the atmosphere, land surface, and oceans, including air pollution and climate change. Monitoring the state of vegetation plays a more and more important role for the monitoring of land surface, especially in the summer, since different changes such as the yellowing of leaves caused by drought can be detected also by satellite measurements. The article presents satellite products developed by the member states of the European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT). The Slovenian Environment Agency (ARSO) has operational access to these products. They include different vegetation indices which show the state of vegetation at the regional level. The spatial resolution of these vegetation indices is a few kilometres, and if vegetation in the pixel area is not homogeneous, the indices show the average vegetation condition in it. The article illustrates examples of Fraction of Vegetation Cover (FVC) for 2013, which shows areas of possible drought.

Uvod

Zaznavanje in spremljanje suše je vedno bolj pomembno, pri čemer so poleg terenskih ogledov dobrodošle tudi satelitske meritve stanja vegetacije. V ta namen je uporabnih več različnih satelitov, ki se bistveno razlikujejo glede na časovno dostopnost in krajevno ločljivost meritev. V tem članku se bomo osredotočili na satelitske

meritve geostacionarnih satelitov METEOSAT, ki omogočajo vsakodnevno spremljanje stanja vegetacije v krajevni ločljivosti nekaj kilometrov in so primerni za regijsko določanje stanja vegetacije. Pri tem je treba opozoriti, da stanja vegetacije ne moremo opazovati skozi oblake, zato mora biti območje opazovanja med meritvijo brez oblakov. Stanje vegetacije se tako lahko ocenjuje le na popolnoma brezoblačnem območju, saj kakršni koli oblaki, še posebno prosojna oblačnost, vnašajo šum in dodatno negotovost pri interpretaciji satelitskih meritev. Nizkoorbitalni sateliti na drugi strani omogočajo natančnejšo prostorsko ločljivost meritev, vendar so podatki za izbrano območje dostopni le vsakih nekaj dni in so s tega vidika bolj občutljivi na napake zaradi prosojne oblačnosti.

* mag., Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, ARSO, Vojkova cesta 1 b, Ljubljana, mateja.irsic@gov.si

** Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, ARSO, Vojkova cesta 1 b, Ljubljana

Vegetacijski indeksi

iz satelitskih meritev

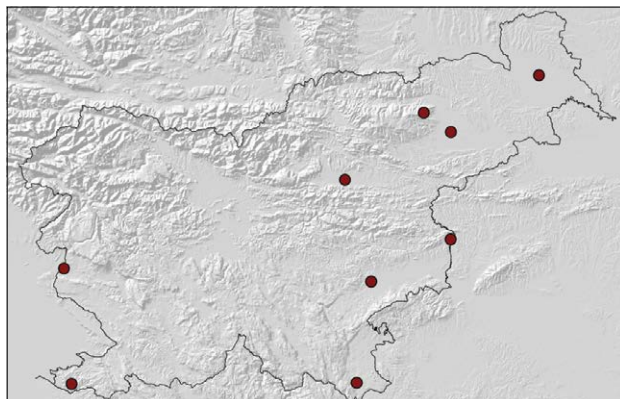
Slovenija je od leta 2008 polnopravna članica medvladne Evropske organizacije za uporabo meteoroloških satelitov (EUMETSAT). Leta 2014 združuje ta organizacija 30 polnopravnih držav članic in eno sodelujočo, ki imajo skupaj v lasti oziroma upravljajo štiri geostacionarne vremenske satelite METEOSAT, dva polarnoorbitalna satelita METOP, namenjena spremljanju dogajanja v atmosferi, na morju in nad kopnim, ter nizkoorbitalni oceanografski satelit JASON-2. Vsi ti satelitski programi omogočajo uporabnikom dostop do meritev v realnem času in zagotavljajo meritve več zaporednih let, tudi do 20 let, kar je za operativno uporabo v nacionalnih meteoroloških in hidroloških službah zelo pomembno. Podatki teh satelitov se v več središčih po Evropi obdelajo naprej, da so primerni za uporabo na različnih področjih. Sedež razvoja satelitskih produktov za analizo tal je na Portugalskem, kjer državna meteorološka služba na inštitutu za morje in ozračje (IPMA) vodi konzorcij, ki razvija satelitske produkte za analizo tal in uporabo v biosfernih aplikacijah (Satellite Application Facility on Land Surface Analysis – LSA SAF). V tem konzorciju sodelujejo še francoska (Météo-France), belgijska (RMI) in finska (FMI) meteorološka služba, portugalski inštitut za uporabne znanosti in tehnologijo (ICAT), nemški tehnični inštitut (KIT) ter španska univerza v Valencii (UV) (Inšič Žibert in sod., 2014).

Do vseh satelitskih produktov, razvitih v EUMETSAT LSA SAF, ima ARSO dostop in jih od leta 2012 operativno uporablja tudi za potrebe sušnega centra za JV-Evropo (Drought Management Centre for Southeastern Europe – DMCSEE) kot dopolnilo vsem drugim meritvam in modelom. Za analizo stanja vegetacije so v uporabi predvsem napredni vegetacijski indeksi, kot so delež pokritosti z vegetacijo (Fraction of Vegetation cover – FVC), indeks listne površine (Leaf Area Index – LAI) in delež sevanja, pomembnega za fotosintezo (Fraction of Absorbed Photosynthetic Active Radiation – FAPAR). Vegetacijski indeksi nam podajajo informacijo o trenutnem stanju vegetacije. Za proučevanje suše in sušnega stresa na rastlinah moramo poznati tipične poteke vegetacijskih indeksov, ko v izbranem vegetacijskem obdobju (pomlad, poletje, zgodnja jesen) ni bilo suše. Na podlagi odklonov od značilnega oziroma referenčnega stanja, ki je različno za različne rastlinske vrste kot tudi za letni čas, lahko sklepamo na stanje vegetacije, kot je na primer suša. Metodologija določitve referenčnega stanja je odvisna od izbranih satelitskih meritev. Za meritve s satelita METEOSAT smo metodologijo uvedli v preteklih letih (Muri in sod., 2012) in je prikazana v naslednjem poglavju.

Satelitski vegetacijski indeks *delež pokritosti z vegetacijo* (FVC) določa delež površja, ki ga na horizontalni ravnini prekriva vegetacija. Vrednost 1 pomeni, da je površina v celoti prekrita z vegetacijo in v dobrem stanju, nizke

vrednosti pa so značilne za območja z malo padavinami ali za gorata območja, kjer vegetacija ni razvita ali pa je poškodovana zaradi kakršnega koli vzroka. Satelitski vegetacijski indeks listne površine (LAI) je brezdimenzijska količina, ki je opredeljena kot skupna enostranska površina listov na enoto površine tal in si jo lahko predstavljamo kot skupno površino listov, vsebovanih v vertikalnem stolpcu, normaliziranem glede na njegov prerez. Satelitski vegetacijski indeks FAPAR predstavlja delež sevanja, primerne za fotosintezo (400–700 nm), ki ga absorbirajo zeleni deli drevesnih krošenj. V LSA SAF se vegetacijska indeksa listne površine in delež pokritosti z vegetacijo vsak dan operativno izračunavata od leta 2006, FAPAR pa od leta 2007. To nam je omogočilo, da smo na ARSO na podlagi dolgoletnega arhiva pripravili referenčne vrednosti, ki so variabilne glede na sezono in lokacijo v Sloveniji (Muri in sod., 2012).

Delež pokritosti z vegetacijo in indeks listne površine podajata pomembno informacijo o tridimenzionalni strukturi vegetacije oziroma drevesnih krošenj. Pri zdravih in polno razvitih drevesnih krošnjah iz lastnosti satelitskega signala lahko ocenimo delež zelene vegetacije, ki absorbira ali razprši sončno svetlobo. Tako dobimo indeks listne površine. FAPAR je na splošno tesno povezan s tem indeksom, predvsem za zdrave in polno razvite drevesne krošnje. Odvisen je od strukture drevesnih krošenj ter optičnih lastnosti listov in tal. Oba indeksa sta pomembni vhodni spremenljivki za opis stanja tal in njihovega vpliva v numeričnih modelih za napovedovanje vremena in v podnebnih modelih. Sta tudi pomemben vir podatkov o stanju tal za različne okoljske dejavnosti, kot so kmetijstvo, gozdarstvo, varovanje okolja, hidrologija, spremljanje sušnih razmer itn. Ocene parametrov FVC, LAI in FAPAR temeljijo na analizi satelitskih meritev prejetega kratkovalovnega sevanja v treh različnih območjih valovnih dolžin: vidnem ~ 600 nm, bližnjem infrardečem ~ 800 nm in kratkovalovnem infrardečem ~ 1600 nm. Metoda temelji na karakterizaciji odbojnosti v vseh treh območjih za različne tipe tal in vegetacije (Garcia-Haro in sod., 2013).



Slika 1: Lokacije spremljanja stanja vegetacije iz satelitskih vegetacijskih indeksov LSA SAF
Figure 1: The monitoring locations of the state of vegetation based on the LSA SAF satellite vegetation indices.

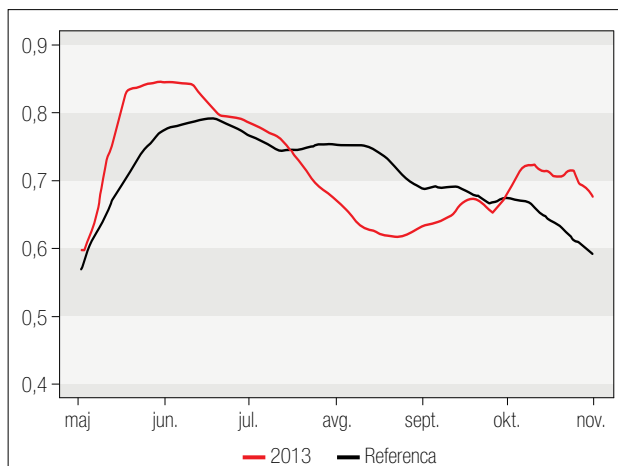
Na ARSO operativno spremljamo stanje vegetacije na regionalni ravni za vso Slovenijo, dodatno še na nekaterih izbranih lokacijah, kot so prikazane na sliki 1. Te lokacije so bile izbrane tako, da vsebujejo čim bolj homogeno vegetacijo.

Spremljanje stanja vegetacije leta 2013

Leta 2013 je suša prizadela večji del Slovenije, izredna suša pa je bila v vzhodni in severovzhodni Sloveniji (Sušnik in sod., 2014a). V tem poglavju bomo predstavili satelitske indikatorje stanja vegetacije, ki jih moramo za celovit pristop k analizi suše uporabljati skupaj z drugimi meteorološkimi viri meritev in agrometeorološkimi modeli (Sušnik, 2014b).

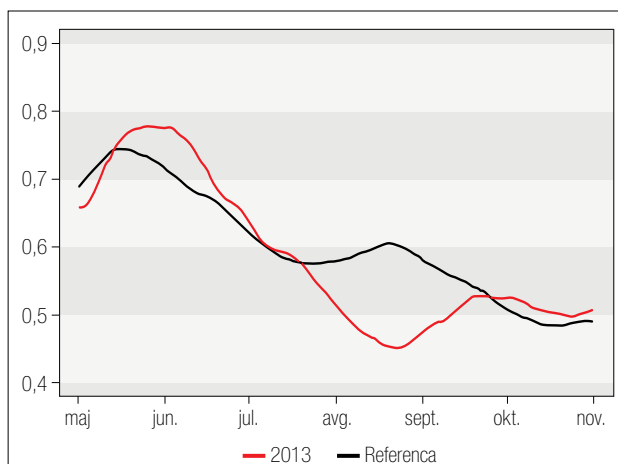
Na sliki 2 je prikazan potek satelitskega vegetacijskega indeksa delež pokritosti z vegetacijo za lokacijo v okolici Nove Gorice, kjer so na območju 5 x 5 km zajeti vinogradi, polja in travniki. Iz prikazanega poteka za leto 2013 je razvidno, da se je v obdobju od začetka julija do začetka septembra vrednost vegetacijskega indeksa spustila pod referenčno vrednost. To kaže na stanje vegetacije, ki je poškodovana zaradi suše. Čim večja so odstopanja od referenčnih krivulj in časovno daljša, tem zanesljivejši pokazatelj za sušo so ti podatki. Na sliki 3 je enak prikaz za lokacijo blizu Murske Sobotne, ki obsega obsežna območja polj s pšenico in koruzo. Zaradi različnih razvojnih faz zorenja poljščin in poletne žetve je tipični letni potek referenčne vegetacijske krivulje v Murski Soboti zelo drugačen kot v Novi Gorici, saj vidimo, da delež zelene vegetacije doseže najvišjo vrednost v začetku maja, nato pa začne sorazmerno hitro upadati. Leta 2013 so bile vrednosti deleža pokritosti z vegetacijo (FVC) na obeh lokacijah (slika 2 in 3) od sredine julija do konca avgusta izrazito pod referenčno vrednostjo, kar kaže na poškodovano vegetacijo, v tem primeru zaradi suše. Suša je bila najizrazitejša avgusta, saj je bilo takrat največje odstopanje od referenčnih vegetacijskih vrednosti.

Za prostorske prikaze stanja vegetacije na območju celotne Slovenije se spremljajo dnevne in dekadne vrednosti vegetacijskih indeksov. Na sliki 4 je podano stanje satelitskega vegetacijskega indeksa delež pokritosti z vegetacijo 21. avgusta 2013. Nizke vrednosti označujejo mogoča območja suše, pri čemer je treba poudariti, da je zaradi krajevne ločljivosti nekaj kilometrov analiza primerna za regionalno raven. Pri interpretaciji prostorskih prikazov odstopanj predstavljenih vegetacijskih indeksov od referenčnih je treba upoštevati, da je suša lahko določena predvsem na območjih, kjer je vegetacija homogena, in na območjih, kjer je poškodovanost vegetacije izrazita. Na sliki 5 so podana odstopanja od referenčnih vrednosti vegetacijskega indeksa FVC (delež pokritosti z vegetacijo) za 21. avgust 2013, pri čemer so hribovita območja in morje izločeni iz analize. Večje



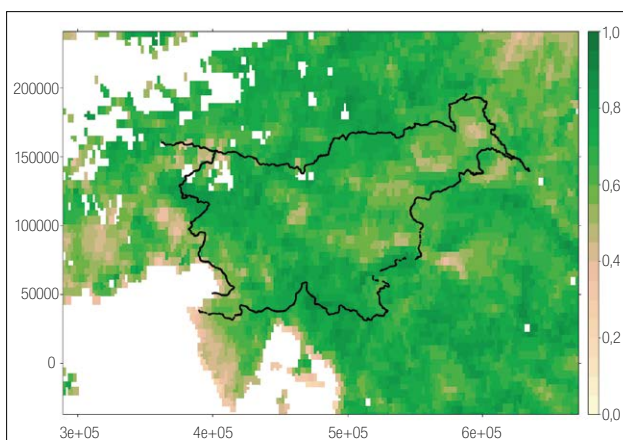
Slika 2: Časovni potek vegetacijskega indeksa FVC od maja do novembra 2013 (rdeče) in referenčna vrednost (črno) v okolici Nove Gorice, kjer so obsežni nasadi vinske trte. V obdobjih, ko so vrednosti FVC za leto 2013 nad referenčno vrednostjo, je bilo stanje vegetacije normalno. Da je bila vegetacija poškodovana od sredine julija do septembra, je razvidno, ko vrednosti FVC za leto 2013 padejo pod referenčne vrednosti. ©ARSO

Figure 2: Time variation of vegetation index FVC (Fraction of Vegetation Cover) between May and November 2013 (red) and reference signal (black) near Nova Gorica, where extensive vineyards are located. Drought signal is obvious from mid-June to September, when values for 2013 are below the reference signal ©ARSO.



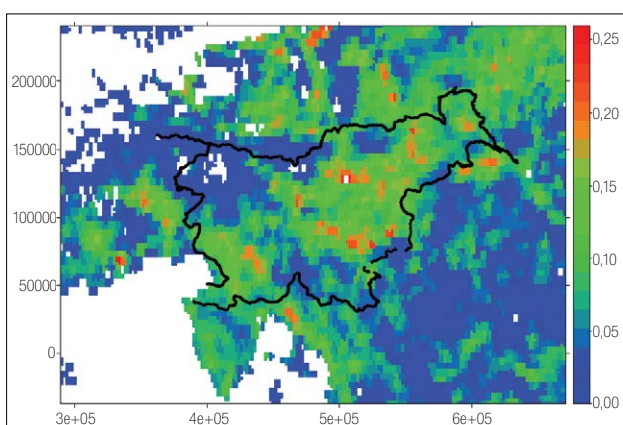
Slika 3: Časovni potek vegetacijskega indeksa FVC od maja do novembra 2013 (rdeče) in referenčna vrednost (črno) v okolici Murske Sobotne, kjer so različna polja, predvsem pšenična. Sušni signal je izrazit od sredine julija do septembra, ko so vrednosti za leto 2013 pod referenčnimi vrednostmi. ©ARSO

Figure 3: Time variation of vegetation index FVC (Fraction of Vegetation Cover) between May and November 2013 (red) and reference signal (black) near Murska Sobota, where there are different crop fields, especially wheat. Drought signal is obvious from mid-June to September, when values for 2013 are below the reference signal ©ARSO.



Slika 4: Vegetacijski indeks FVC 21. avgusta 2013. Vrednosti FVC so podane z barvno skalo, hribovita območja in morje so izločeni (belo). ©ARSO

Figure 4: Vegetation index FVC (Fraction of Vegetation Cover) on 21 August 2013. Colour palette is on the right, mountain areas and the sea are excluded (white) ©ARSO.



Slika 5: Odstopanje vegetacijskega indeksa FVC od referenčnih vrednosti 21. avgusta 2013. Barvna skala je podana na desni, hribovita območja in morje so izločeni (belo). Večje vrednosti (zelena do rdeča) kažejo območja s poškodovano vegetacijo. ©ARSO

Figure 5: Anomalies from the vegetation index FVC (Fraction of Vegetation Cover) from reference values on 21 August 2013. Color palette is on the right, mountain areas and the sea are excluded (white). Higher values (green and red) show areas with damaged vegetation ©ARSO.

vrednosti (zelena do rdeča) kažejo območja s poškodovano vegetacijo. S slike 5 je razvidno, kateri deli Slovenije so bili konec avgusta 2013 najbolj prizadeti zaradi suše. To so predvsem Primorska, nekateri deli Dolenjske in Štajerske ter Ljubljanska kotlina. Tudi podatki s terena in karta vodne bilance potrjujejo, da so bila prav ta območja leta 2013 najbolj prizadeta zaradi suše. Takšne satelitske prikaze spremljamo za vse dekade v mesecu in jih skupaj z drugimi agrometeorološkimi podatki in modeli vključimo v mesečni bilten.

Sklepne misli

S satelitskimi tehnologijami lahko spremljamo stanje vegetacije. S podatki EUMETSAT so bili prikazani primeri poletja 2013, iz njih lahko glede na krajevno ločljivost meritev 5 x 5 km sklepamo na stanje vegetacije na regionalni ravni. Na območjih z bolj homogeno vegetacijo so podatki o stanju vegetacije neposredno uporabni, za območja z raznoliko vegetacijo pa je njihova interpretacija zahtevnejša. Vsekakor boljša ločljivost satelitskih meritev omogoči dodatne informacije o stanju vegetacije. V ta namen se bodo v prihodnje proučili rezultati projekta SatDroughtMon Evropske vesoljske agencije in storitve Evropske komisije v sklopu programa Copernicus, ki omogoča dostop do satelitskih podatkov za analizo površja v srednji in visoki ločljivosti.

Viri in literatura

1. Garcia-Haro in sod., 2013. Product User Manual Vegetation Parameters, <http://landsaf.meteo.pt>.
2. Iršič Žibert, M., Muri, B., 2014. Uporaba satelitskih meritev EUMETSAT. ARSO - MKO, Ljubljana. ISBN 978-961-6024-62-4.
3. Muri, B., Iršič Žibert, M. and Gregorič, G., 2011. SEVIRI/MSG Derived Vegetation Characteristics and Their Potential to Monitor Drought Conditions in Slovenia. Procs. of the 2011 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Oslo, Norway.
4. Sušnik, A., Valher, A., 2014a. Od mokre pomladi do sušnega poletja 2013. V tej številki revije Ujma.
5. Sušnik, A., 2014b. Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.