

Uporabnost daljinskega zaznavanja snega v Sloveniji

Anja Horvat, Andrej Vidmar, Sašo Petan, Mitja Brilly*

Povzetek

V današnjem svetu je vedno bolj pogosta uporaba satelitskih posnetkov za različne namene, med katerimi je tudi daljinsko zaznavanje snega. Izdelava preglednih kart snežne pokritosti površja je namreč precej bolj preprosta, kadar imamo na razpolago satelitski posnetek, kot pa če moramo na terenu izvajati meritve in jih kasneje interpolirati po površini. Pri izdelavi kart na osnovi satelitskih podatkov pa vseeno potrebujemo tudi terenske meritve, in sicer za verifikacijo posnetkov. Pri obdelavi satelitskih posnetkov sistema MODIS smo za verifikacijo uporabili razpoložljive podatke o prisotnosti snežne odeje v Sloveniji. Te podatke smo primerjali s satelitskimi posnetki in zaznано snežno pokritostjo na te-teh. Analizirali smo tudi podatke klimatološke postaje Ljubljana in prišli do zaključka, da satelitski posnetki za zaznavanje snežne pokritosti v Sloveniji niso uporabni in sicer zaradi neustreznih klimatskih značilnosti Slovenije, nizkih nadmorskih višin ter pokrovnosti tal.

Uvod

Pregledne karte površinske pokritosti s snežno odejo so pomembna izhodišča za nadaljnje hidrološke raziskave. Lahko so izdelane na podlagi satelitskih posnetkov ali pa s pomočjo terenskih meritev in interpolacije le-teh po površini (Foppa et al., 2006). Satelitski posnetki površinske pokritosti s snežno odejo organizacije NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) so na voljo že od leta 1966, danes pa je njihova uporaba razširjena po vsem svetu, predvsem pa v državah z veliko snežnimi padavinami (Hall & Riggs et al., 2002, str. 181). Karte površinske pokritosti s snežno odejo lahko uporabimo v kombinaciji s hidrološkimi modeli in tako določimo vpliv tajanja snega na dinamiko podtalnice, količino vode, ki jo snežna odeja prispeva k površinskim vodotokom v gorah ali pa določimo vpliv tajanja snega na površinski odtok in obliko hidrograma. Kljub vsem možnostim, ki nam jih dajejo satelitski posnetki, pa moramo karte, narejene na podlagi posnetkov, tudi validirati. Validacije kart v posameznih primerih kažejo obetajoče rezultate, npr. v Turčiji se izdelane karte na podlagi satelitskih posnetkov sistema MODIS za namen določanja vpliva tajanja snega v hribovitih regijah ujemajo s terenskimi meritvami kar 82 - odstotno (Tekelia et al., 2005, str. 216).

Po svetu je razvitih več programov za modeliranje snežne odeje, večinoma v hribovitih deželah, v Evropi Alpah. Za švicarske Alpe je razvit model, ki kombinira simulacijo snežne odeje, GIS-a in satelitskih posnetkov in je razvit z namenom, da bi z njim napovedovali naravne nesreče, kot so snežni plazovi in poplave, ugotavljali možno proizvodnjo hidroenergije ali ga uporabljali za namene turizma (Weibel et al., 2002, str. 179).

Satelitsko zaznavanje prinaša mnoge prednosti hidrološki znanosti. V večji meri olajšuje delo, saj terenske meritve in analize podatkov nadomeščajo satelitski posnetki, ki so že površinski prikaz (Suzuki in Ohta, 2003, str. 1181). Kljub vsemu bomo za posplošeno uporabo satelitskih posnetkov z zadovoljivimi rezultati potrebovali še več študij verifikacije satelitskih posnetkov s terenskimi meritvami (Grayson et al., 2002, str. 1313).

*UL, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

O sistemu MODIS

MODIS je kratica za Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, kar pomeni sprektoradiometersko slikanje s spreminjajočo se resolucijo in je del opreme na satelitu Terra. Namen posnetkov MODIS-a je globalno preučevanje vegetacije, pokrovnosti, globalne spremenljivosti površja, površinskega albeda, temperature ter snežne odeje in ledu. MODIS ima dnevno oziroma skoraj dnevno časovno resolucijo in 500-metrsko krajevno resolucijo posnetkov snežne pokritosti (Hall, Riggs et al., 2002, str. 181).

Največja pomanjkljivost MODIS-a pri kartografiranju snežne odeje na podlagi posnetkov je vizualno ločevanje pokritosti s snežno odejo in oblačnosti. Sneg in oblaki imajo namreč podoben spekter odboja žarkov, kar zahteva spremembe v algoritmu zaznavanja snežne odeje (Riggs in Hall, 2002 in 2004). V tej smeri se razvijajo metode, ki bi omogočale senzorju ločevanje različnih površin s podobnimi odbojnostimi (Vikhamar in Solberg, 2003, str. 309). To bi omogočilo senzorju, da razlikuje na posnetkih sneg in oblake.

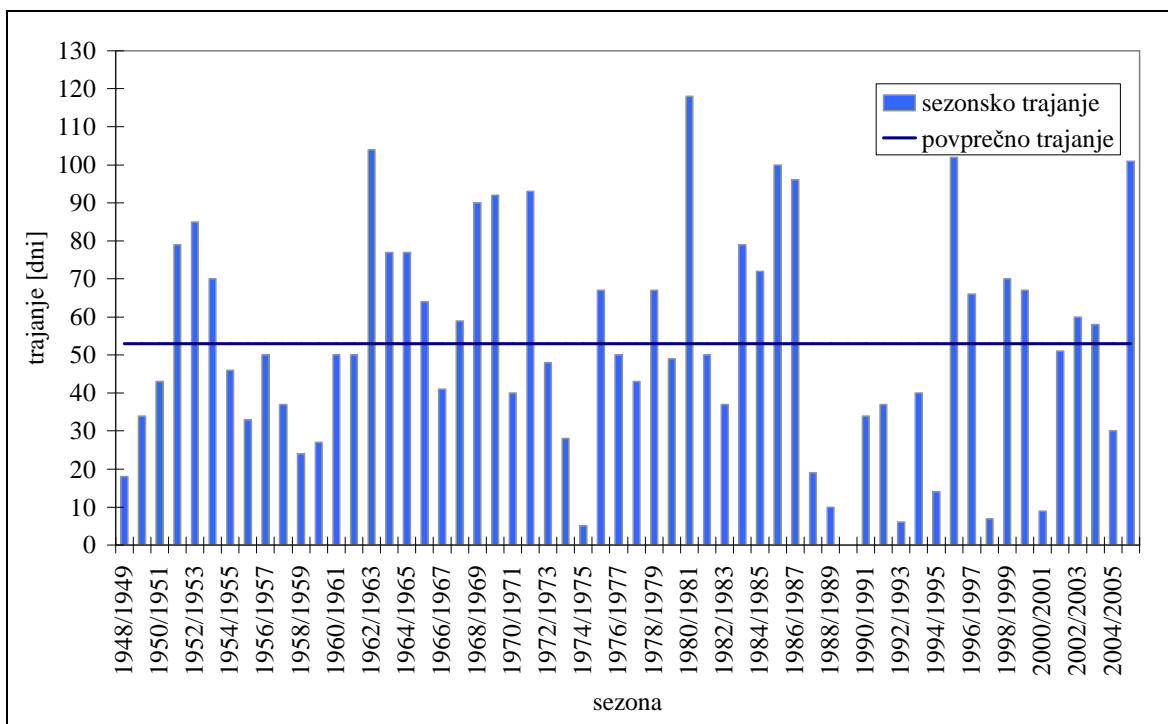
Merilna mesta snežne odeje

Snežna odeja v gorskem svetu je zelo spremenljiva zaradi prisotnosti močnejših vetrov in osončenosti oziroma osenčenosti (Ogrin, 2005, str. 63). Zato je potrebno pred izbiro merilnih mest snežne odeje skrbno premisliti o vseh možnih vplivih. Za validacijske namene smo uporabili meritve snežne odeje upravljalca klimatoloških postaj ARSO (Agencija za okolje RS). Glede na to, da je območje validacije relativno majhno (okoli 12000 km²) smo lahko uporabili meritve samo ene postaje, in sicer klimatološke postaje v Ljubljani.

Podatki in metodologija

Karte pokritosti s snežno odejo so podlaga za številne hidrološke modele, ki kombinirajo daljinsko zaznavanje, modeliranje površinskega odtoka, GIS, DEM in drugo (Haefner et al., 1997, str. 275). V uporabi je vedno več kart pokritosti s snežno odejo, narejenih s pomočjo različnih računalniških tehnik, ki pa morajo še vedno biti validirane na podlagi terenskih meritev pred nadaljnjo uporabo. Primerjava in-situ meritev in satelitskih posnetkov sistema MODIS je bila tako narejena tudi za primer Avstrije (Parajka in Bloeschl, 2006, str. 679).

Izhodišče naše študije je, da je trajanje prisotnosti snežne odeje v Sloveniji v povprečju več kot 50 dni na leto (Slika 1), kar pomeni, da tajanje snega prispeva neko količino vode k površinskemu odtoku. To lahko sklepamo tudi iz dejstva, da Ljubljana leži na največjem vodonosniku v Sloveniji, ki se napaja s površinskimi vodotoki, predvsem Savo, ki izvira v hribovitem svetu. Zaradi tega je pomembno, da poznamo vpliv tajanja snežne odeje na površinski odtok in v nekaterih primerih tudi posredno na podtalnico, za kar kot osnovo potrebujemo pregledno karto pokritosti s snežno odejo. Glede na vedno bolj razširjeno uporabo satelitskih posnetkov v snežni hidrologiji smo se odločili, da preverimo uporabnost le-teh na primeru Slovenije.



Slika 1 – Sezonsko trajanje pokritosti površja s snežno odejo v Ljubljani za sezone od 1948/1949 do 2005/2006

Razpoložljivi satelitski posnetki sistema MODIS

Produkti snežne pokritosti območja so bili dobljeni z uporabo informacij MOD-pasov 02, 04, 06 in iz satelita Landsat TM iz projekta Corine 2000 (Preglednica 1, Slika 2):

- projekcija: UTM33 (Universal Transverse Mercator, cona 33 sever);
- geo. datum: WGS84 (World Global System 1984); rasterski format: GEOTIFF (Geo - Tagged Image File Format), 4-bit globina pikslov.

Preglednica 1 - Seznam razpoložljivih satelitskih posnetkov

Št.	Ime rastrske datoteke	Čas	Ura	Datum	Kvaliteta
1	mod02hkm_2002299.1050_fuso33_sca3.tif	2002299_1050	10:50	26.10.02	slaba
2	mod02hkm_2002324.1045_fuso33_sca3.tif	2002324_1045	10:45	20.11.02	slaba
3	mod02hkm_2002363.1050_fuso33_sca3.tif	2002363_1050	10:50	29.12.02	dobra
4	mod02hkm_2003014.1050_fuso33_sca3.tif	2003014_1050	10:50	14.1.03	slaba
5	mod02hkm_2003055.1045_fuso33_sca3.tif	2003055_1045	10:45	24.2.03	odlična
6	mod02hkm_2003078.1050_fuso33_sca3.tif	2003078_1050	10:50	19.3.03	dobra
7	mod02hkm_2003103.1045_fuso33_sca3.tif	2003103_1045	10:45	13.4.03	dobra
8	mod02hkm_2003126.1050_fuso33_sca3.tif	2003126_1050	10:50	6.5.03	nezadostna
9	mod02hkm_2003162.1025_fuso33_sca3.tif	2003162_1025	10:25	11.6.03	nična
10	mod02hkm_2003201.1030_fuso33_sca3.tif	2003201_1030	10:30	20.7.03	nična
11	mod02hkm_2003229.1055_fuso33_sca3.tif	2003229_1055	10:55	17.8.03	nična
12	mod02hkm_2003261.1055_fuso33_sca3.tif	2003261_1055	10:55	18.9.03	nična

1	805867	nedoločeno	
2	19502	jezero	
3	131900	morje	
4	65796	sneg	
5	239114	oblaki	

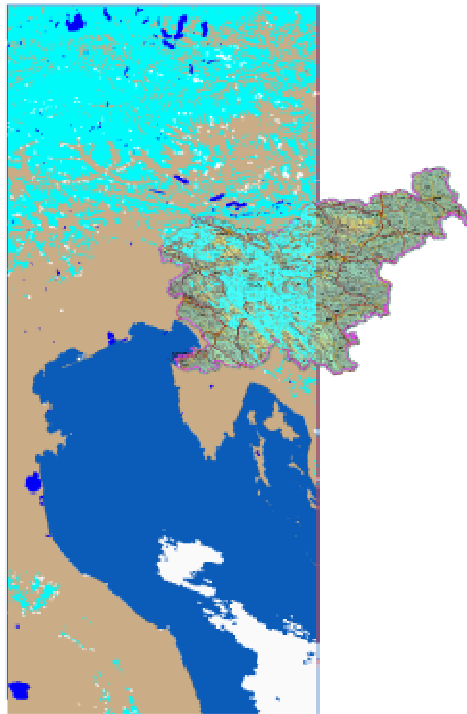
Slika 2 - Klasifikacijska shema posnetkov

Pregled in preračun posnetkov območij pokritih s snegom z vektorskim GIS

Zaradi vektorske obdelave podatkov GIS, ki jo uporabljamo za doseganje večje natančnosti preračunov pri večjih merilih (1 : 5.000 in 1 : 25.000) in kompatibilnosti z razpoložljivimi obstoječimi vektorskimi podatki, je bilo potrebno rastrske vsebine SCA3 (posnetki območij pokritih s snegom) predhodno vektorizirati.

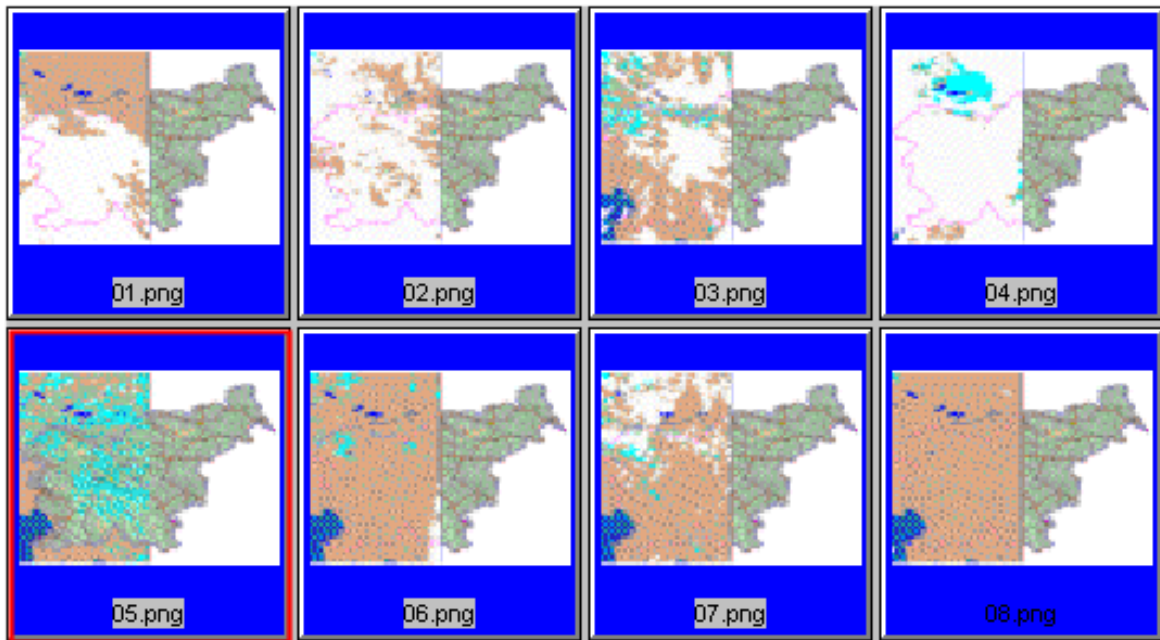
Vektorizacijo se je izvršilo s programskim orodjem "Vextractor" za avtomatsko vektorizacijo. Program med drugim omogoča paketno («batch») obdelavo geopozicioniranih rastrskih slik GeoTIFF, tako da vektorsko naknadno geopozicioniranje in/ali transformacija nista potrebna. Torej dobljena vektorska topologija prevzame vsebine projekcije in razmerja avtomatsko iz rastra in hkrati za vse datume. Vektorizirale so se samo vsebine obarvane svetlo modro (razred 4), torej vsebine, ki predstavljajo snežno odejo (sneg; Slika 2). Po vektorizaciji so se tako dobili vektorski obrisi - konture snežne odeje.

Nato se je te vsebine prekrilo z mejo R Slovenije in dobljeni so bili vektorski poligoni posnetkov območij pokritih s snegom na območju bloka UTM33 in WGS48, ki pokriva pol Slovenije - zahodni del (Slika 3).



Slika 3 - Posnetek območja pokritega s snegom (SCA) na dan 24. 2. 2003 (UTM33-WGS84 - celotni posnetek)

Dobljenih je bilo 8 datumsko različnih poligonov posnetkov pokritosti s snegom (SCA3) (Slika 4). 4 posnetki niso vsebovali pokritosti s snegom na območju Slovenije (Slika 4). Torej za junij, julij, avgust in september v letu 2003 na posnetkih ni bilo zaznane snežne odeje. Več snega je bilo samo meseca februarja 2003.



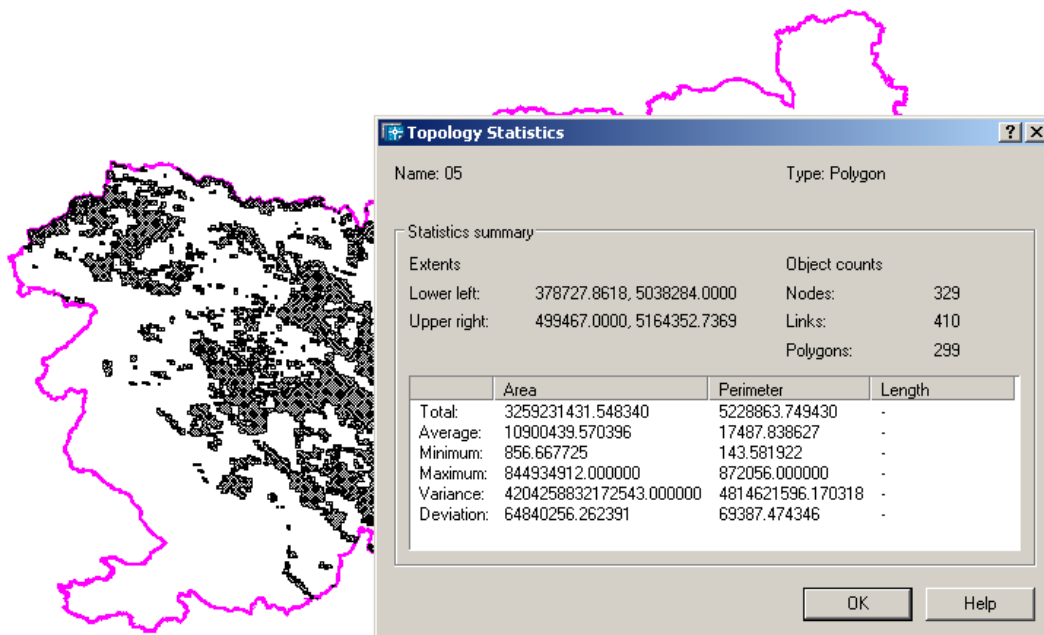
Slika 4 - Pokritost s snegom zahodnega dela R Slovenije od oktobra 2002 do maja 2003

Dobljeni vektorski poligoni so vsebovali otoke, ki jih je bilo potrebno izločiti za nadaljnjo obdelavo. Izdelati je bilo potrebno bolj kompleksno topologijo ("topology with islands"). Gnezdene otoke (enojno in večkratno - otok v otoku) smo izločili posebej. Določili so se na osnovi topoloških atributov in izdelanega algoritma glede na levo in desno stran vektorjev, s katerim je možno ugotoviti, ali je poligon otok ali ne (Slika 5, Slika 6).

Field Name	Data Type
ID	Number
START_NODE	Number
END_NODE	Number
DIRECTION	Number
DIRECT_RESISTANCE	Number
REVERSE_RESISTANCE	Number
LEFT_POLYGON	Number
RIGHT_POLYGON	Number

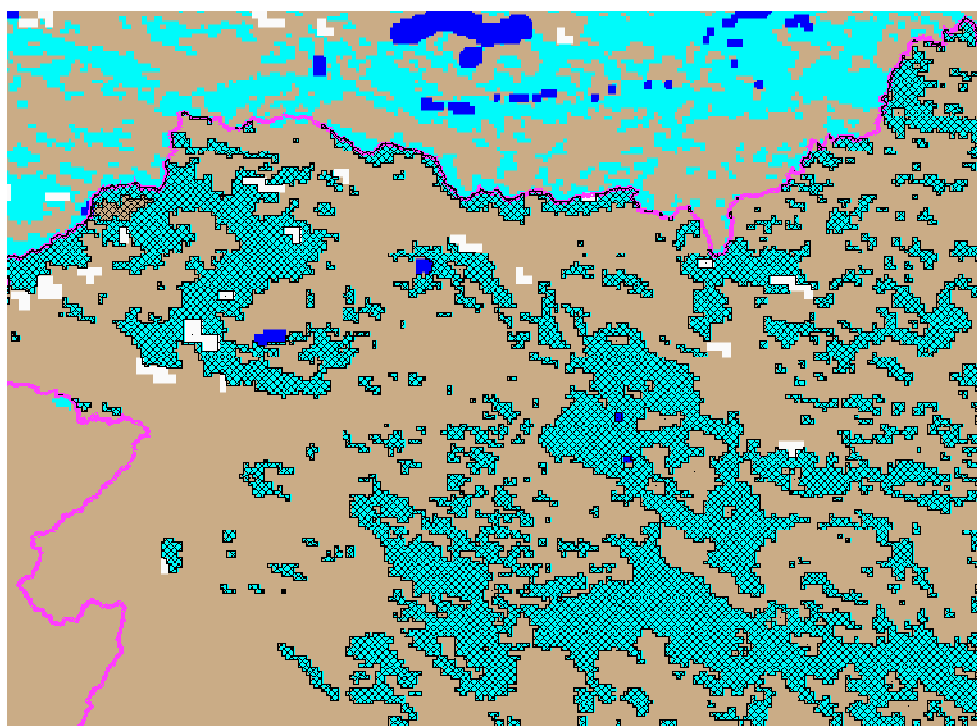
Field Name	Data Type
ID	Number
AREA	Number
PERIMETER	Number
LINKS_QTY	Number
Island	Number

Slika 5 - Atributi vektorske topologije

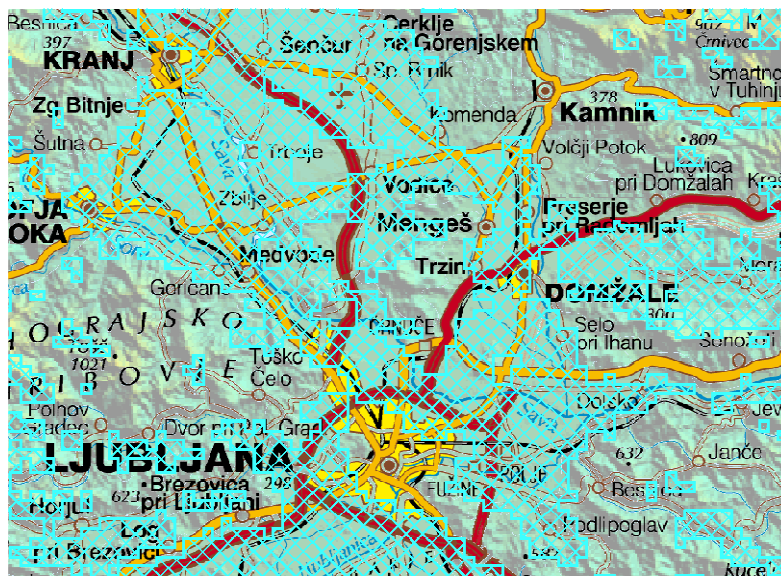


Slika 6 - Statistika topologije posnetkov pokritosti s snegom (SCA3) na dan 24. 2. 2003 (3.259,2 km²)

Nato smo zgradili novo topologijo (Slika 7). Otoke smo odšteli, da smo dobili poligone z luknjo ("Poligone with Islands"), ki so natančno prekrili rastrsko vsebino posnetkov (SCA) (Slika 8).



Slika 7 - Vektorizirane površine pod snegom 24. februarja 2003 v R Sloveniji



Slika 8 – Posnetek pokritosti s snegom (SCA) na območju Ljubljane

Vektorske poligone posnetkov (SCA) je tako možno uporabljati za nadaljnjo analizo prekrivanja z vektorskimi poligoni drugih vsebin, kot so vektorski poligoni višinskih pasov, hidrografska območja - povodja, administrativna območja, vektorski CLC (Corine Land Cover) ipd.

Rezultati in razprava

Analiza uporabnosti satelitskih posnetkov

Analiza uporabnosti satelitskih posnetkov na primeru Ljubljanskega polja je bila narejena na podlagi podatkov pokritosti neba z oblaki v obdobju od leta 2000/2001 do 2004/2005 (Preglednica 2). V Preglednici 2 so predstavljeni rezultati oblačnosti za dneve, ko je bila prisotna tudi snežna odeja.

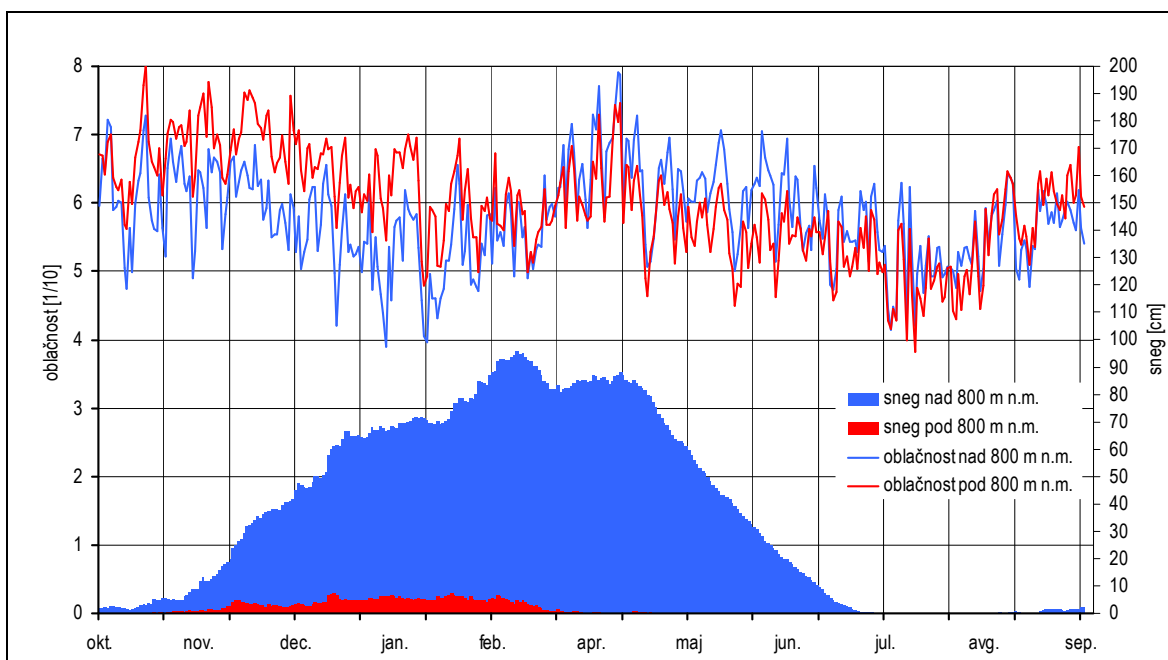
Preglednica 2 - Število dni s snežno odejo in delež oblačnosti

sezona	število dni s snežno odejo	število dni s snežno odejo in ...		
		jasnim nebom	delno jasnim nebom	oblačnim nebom
2000/2001	11	0	0	11
2001/2002	51	14	2	35
2002/2003	61	19	1	41
2003/2004	59	8	3	48
2004/2005	31	10	1	20
vsota	213	51	7	155
	33%	8%	1%	24%

Jasno nebo: pokritost neba z oblaki je manj kot 10 % (uporabni satelitski posnetki)
 Delno jasno nebo: pokritost neba z oblaki je med 10 % in 20 % (delno uporabni satelitski posnetki)
 Oblačno nebo: pokritost neba z oblaki je več kot 20 % (neuporabni satelitski posnetki)

Na Sliki 9 je prikazana prisotnost oblačnosti nad in pod 800 m n. v., ko je prisotna snežna odeja. Glede na prikazane podatke lahko vidimo, da je pod 800 m n.m. več

oblačnosti, kar pomeni, da so satelitski posnetki na nadmorski višini pod 800 m manj uporabni.



Slika 9 - Primerjava povprečne oblačnosti in višine snežne odeje med nižje ležečimi in višje ležečimi meteorološkimi postajami za obdobje zim 1996 do 2006

Za primerjavo oblačnosti med postajami je bilo potrebno primerjati podatke o odstotkih jasnih dni glede na število dni s snežno odejo. Daleč največ jasnih dni imajo v dvajsetletnem povprečju Rateče 18 %, najmanj pa, pričakovano, Ljubljana 7 %. Presenetljiv je podatek za Kredarico, ki ima kljub visokemu številu jasnih dni le 11 % jasnih dni.



Slika 10 - Običajen panoramski pogled s hribov pozimi v Sloveniji

Pregledna analiza dobljenih podatkov posnetkov pokritosti s snegom (SCA verzije 3)

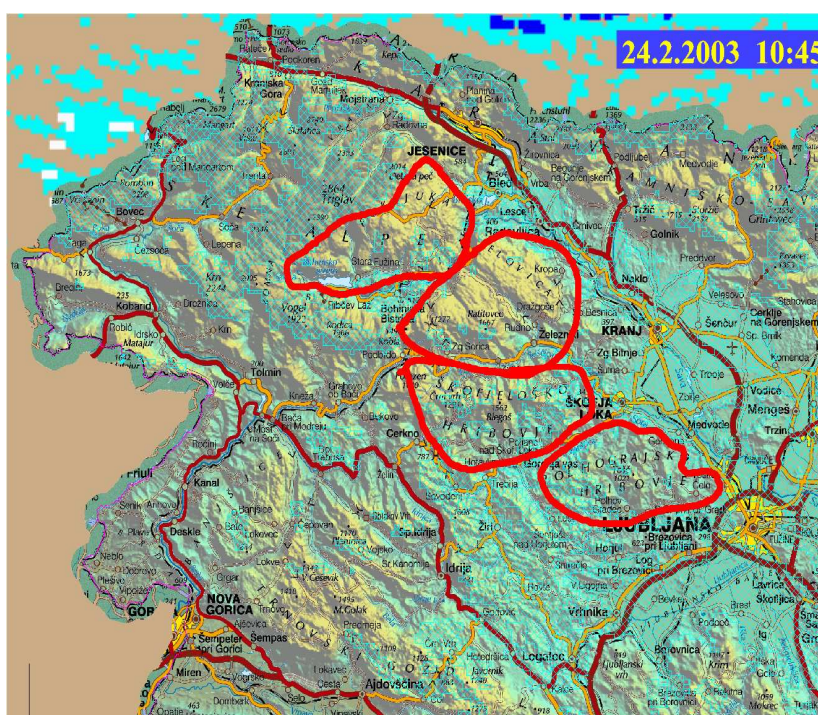
Pri procesu validacije smo primerjali obdelane satelitske posnetke in terenske meritve v istem časovnem intervalu (Hall, Solberg et al., 2002, str. 55) – satelitski posnetek mod02hkm_2003055.1045_fuso33_sca3 ter meritve na dan 24. 2. 2003.

Nad Evropo je bil ta dan močan anticiklon, zato nad Slovenijo ni bilo oblačnosti. Po podatkih meteoroloških postaj iz Preglednice 3 lahko sklepamo, da je bila snežna odeja, čeprav nizka, prisotna po vsej državi, razen na Primorskem.

Preglednica 3 - Pregled višine snežne odeje meteoroloških postaj dne 24. 2. 2003

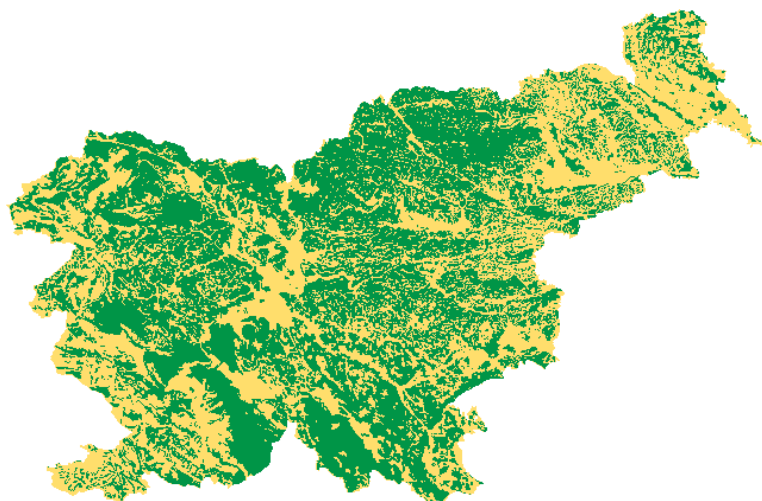
Ime postaje	Nadmorska višina [m]	Sneg [cm]	Ime postaje	Nadmorska višina [m]	Sneg [cm]
Letališče Brnik	364	8	Novo mesto	220	19
Kredarica	2514	195	Celje	244	10
Rateče Planica	864	18	Šmartno pri Slov.Gradcu	455	18
Vojsko	1067	60	Murska Sobota Rakičani	188	5
Bilje	46	0	Lesce	515	8
Postojna	533	6	Metlika	210	12
Kočevje	467	28	Vogel	1535	90
Ljubljana Bežigrad	299	15	Lisca	943	52
Črnomelj	157	12	Letališče Portorož	2	0

Vizualni pregled (Slika 11) pokaže, da veliko obravnavanega območja ni prekrto s snegom oziroma je v nedoločljivem območju ("undetermined"). Po vedenju in izkušnjah pa bi na teh območjih sneg dejansko moral biti. Ugotovljeno je, da so ta območja pokrita z gozdom in snežna odeja leži pod krošnjami dreves. To pa po vsej verjetnosti sateliti ne zaznajo. Gre za velika gozdna področja Polhograjskega in Škofjeloškega hribovja ter predvsem planot Pokljuke in Jelovice. Na Pokljuki je v tem času sigurno bilo veliko snega saj, se na tem območju prireja svetovni pokal v smučarskih tekih. Prav tako je na tem območju več smučarskih centrov in snežnih rekreacijskih centrov.



Slika 11 - Vektorizirano območje z označenimi večjimi gozdnimi površinami

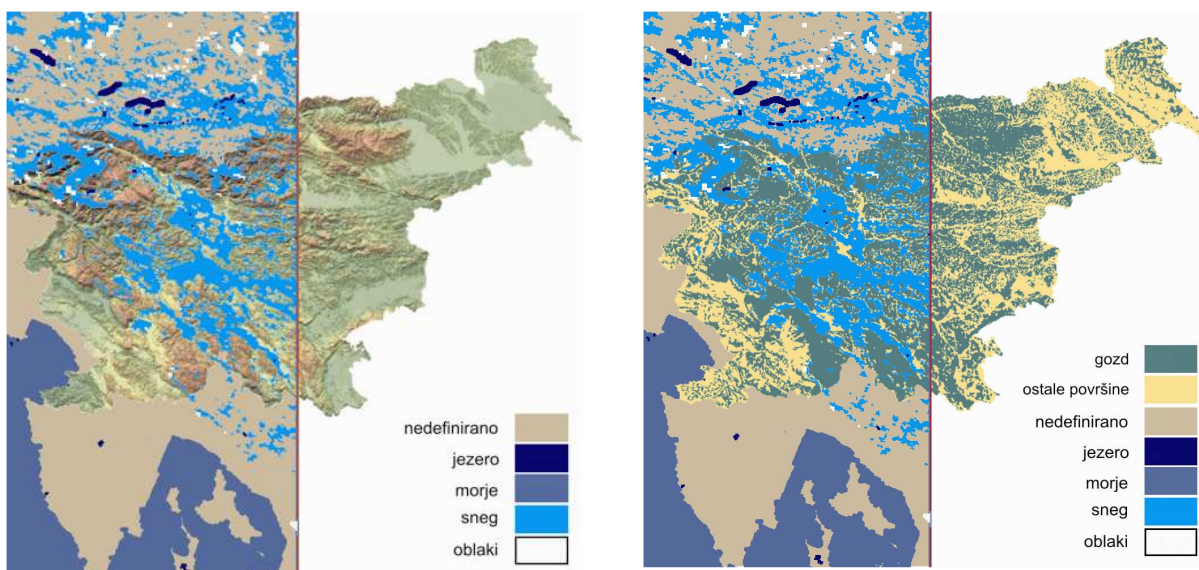
Vektoriziran satelitski posnetek smo položili na podlago, kjer je prikazana pokritost z vegetacijo (Slika 12).



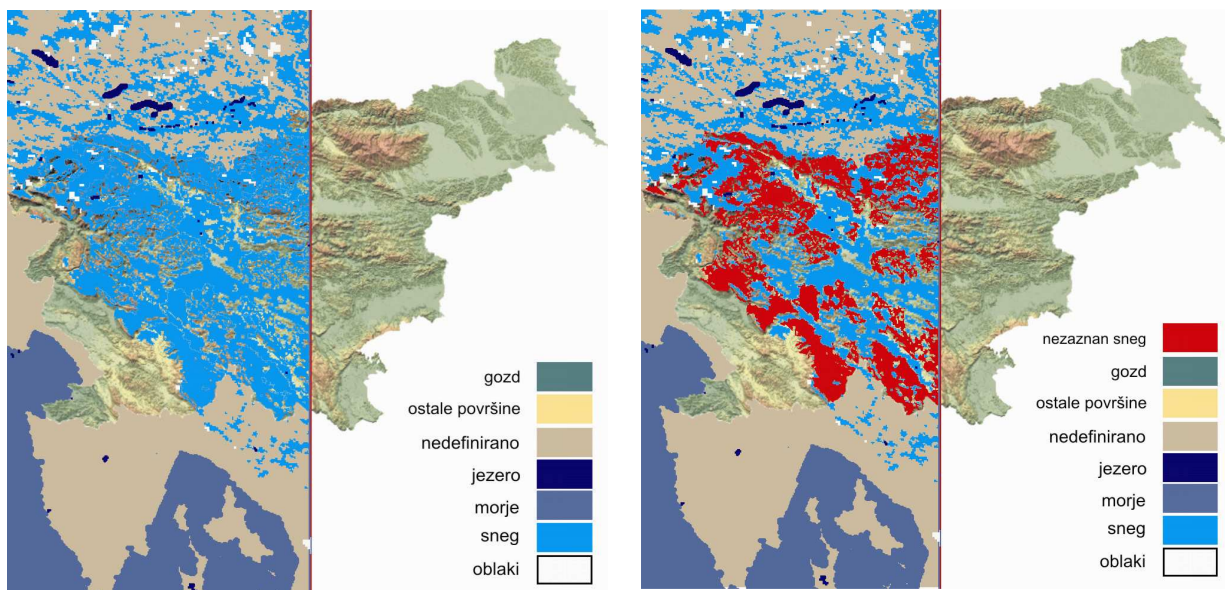
Slika 12 - Gozdna pokritost Slovenije

Rezultat je prikazan na Sliki 13, kjer se vidi, da je območje razlike med zaznanim snegom in območji brez zaznanega snega večinoma pokrito z gozdom. V tem primeru sitem MODIS ni bil zanesljiv za zaznavanje snežne odeje višine pod 25 cm v gozdu. Snežna odeja je bila zanesljivo zaznana le nad gozdno mejo oziroma v nižinah.

Na satelitskem posnetku na Sliki 14 vidimo tudi območje brez zaznane snežne odeje med Kranjem in Jesenicami. To območje ima nizko nadmorsko višino in višino snežne odeje med 5 in 10 cm. Višina snežne odeje je bila izmerjena ob 7. uri zjutraj in se je do 11:45, ko je bil narejen posnetek, že stalila.



Slika 13 - Posnetek mod02hkm_2003055.1045_fuso33_sca3 sistema MODIS dne 24. 2. 2003 združen z reliefom Slovenije in posnetkom območij poraslih z gozdnimi površinami

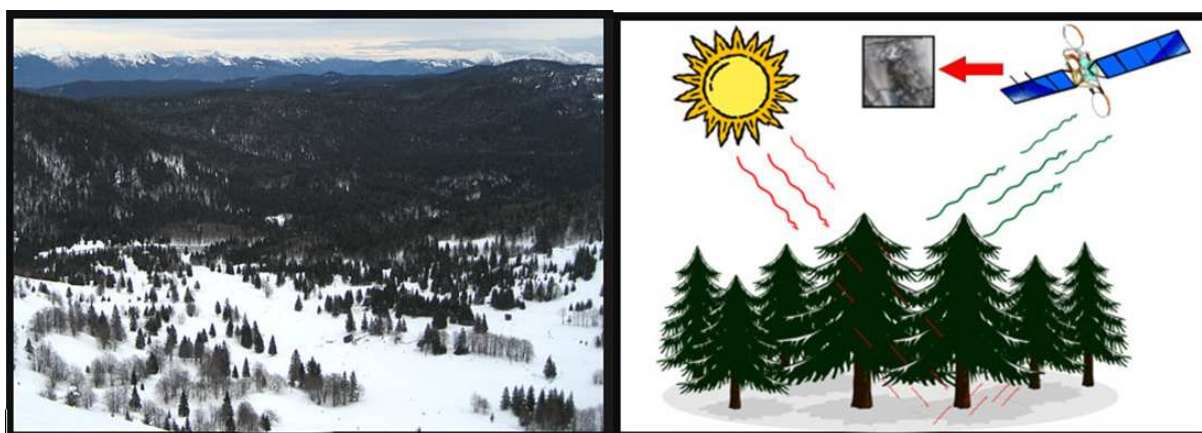


Slika 14 - Prikaz dejanske površine snežne odeje glede na podatke postaj dne 24. 2. 2003 in rdeče obarvana območja, kjer sistem MODIS zaradi gozda ni zaznal snežne odeje



Slika 15 - Prikaz obdelave posnetkov: a) območja snega glede na podatke s postaj, b) območja satelitsko zaznanega snega, c) razlika snežnih površin obeh posnetkov

Slovenija je dežela gozdov, saj le-ti pokrivajo 57,9 % naše domovine (1.173.847 hektarjev). Po gozdnatosti smo na tretjem mestu v Evropski uniji, za Švedsko in Finsko. Ne le da sneg pod drevesnimi krošnjami na satelitskih posnetkih ni viden, temveč se sneg pod drevesnimi krošnjami drugače tali (Suzuki in Ohta, 2003, str. 1181) (Slika 16). Iz tega razloga je daljinsko zaznavanje snega na poraščenih površinah zelo negotovo.



Slika 16 - Snežna odeja v gozdu

Zaključek

Opazovanje in spremljanje snežne odeje z daljinskim zaznavanjem oziroma satelitskimi posnetki, postaja po svetu kljub nekaterim pomanjkljivostim glavna metoda spremljanja površine snežne odeje (Schmugge et al., 2002, str. 1367). Za ostale podatke o snežni odeji se še vedno uporablja podatke avtomatskih in meteoroloških postaj ter terenskih meritev.

V Sloveniji znaša povprečna letna stopnja oblačnosti 52 %, v času s snežno odejo pa 66 %. Z vidika zaznavanja snežne odeje ni ta podatek prav nič vzpodbuden, saj pogostost pojavljanja oblačnosti močno vpliva na zaznavanje v vidnem in bližnjem IR-spektru. V povprečju je v času s snežno odejo verjetnost jasnega dneva le 10 %, kar pri povprečnem trajanju snežne odeje (81 dni) pomeni 8 do 9 popolnoma jasnih dni. Za uporaben satelitski posnetek potrebujemo jasnino le v času preleta, za satelita sistema MODIS je to čas med 11:45-12:00 in 13:00-13:15, ko satelita preletita Evropo. Izračunano z linearno korelacijo ocen oblačnosti ob 7. in 14. uri znaša število jasnih popoldnevov 18,59 dni, kar v povprečju predstavlja 23 % dni v času snežne odeje.

Največji dejavnik pri napakah v zaznavanju snega so gozdne površine in površine, kjer je snežna odeja zelo tanka. Upoštevati moramo tudi, da se meritve snežne odeje opravljajo ob 7:00, satelit pa posname območje ob 11:45. Pri tanki snežni odeji se lahko zgodi, da se ta stali v času med jutranjo meritvijo in popoldanskim posnetkom satelita, kar bi ocenili kot napako v zaznavanju satelita. Ker je odstotek pokrovnosti gozda v Sloveniji zelo visok (66 % za leto 2007) in narašča, je podatek o natančnosti zaznavanja snežne odeje zelo pomemben. Na podlagi analize posnetka in ocene stanja snežne odeje dne 24. 2. 2003 smo dobili grobo oceno napake, ki znaša na našem posnetku 52 % (Slika 14). Ta rezultat ne predstavlja dejanske napake, nakazuje pa velik odstotek nezaznanih površin snežne odeje, predvsem na račun gozdnih površin.

Ugotovljeno je, da kjer je velika gozdnatost, metoda za zaznavanje površin pokritih s snegom EO (Earth Observation) ne daje zadovoljivega rezultata oziroma je dejanska pokritost s snegom težko določljiva (Foppa et al., 2006). Predstavljena metoda daljinskega zaznavanja snežne odeje je primerna za določanje dnevne snežne odeje v hribovitih območjih nad gozdno mejo, nikakor pa ne za nižjeležeča območja pokrita z gozdom (Brilly et al, 2008).

Zahvala

Raziskava je bila izvedena kot del projekta AWARE financiranega iz 6. okvirnega programa EU.

Literatura

- Brilly M., Vidmar A., Petan S., Horvat A., 2008. AWARE project: Final Report on the Study the Groundwater Impact on Runoff Formation.
- Foppa N., Stoffel A., Meister R., 2006. Synergy of in situ and space borne observation for snow depth mapping in the Swiss Alps. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* xxx (2006) xxx-xxx. In Press.
- Grayson R. B., Bloeschl G., Western A. W., McMahon T. M.. Advances in the use of observed spatial patterns of catchment hydrological response, *Advances in Water Resources* 25 (2002) 1313-1334.
- Haefner H., Seidel K., Ehrler H., 1997. Applications of Snow Cover Mapping in High Mountain Regions. *Phys. Chem. Earth*, Vol. 22, No. 3-4, pp. 275-278, 1997.
- Hall D.K., Solberg R., Riggs G. A., 2002. Validation of Satellite Snow Cover Maps in North America and Norway. 59th EASTERN SNOW CONFERENCE Stowe, Vermont USA, 2002.
- Hall D.K., Riggs G. A., Salomonson V.V., 2002. MODIS snow cover products. *Remote Sensing of Environment*, No. 82, p. 181-194.

- Parajka J., Bloeschl G., 2006. Validation of MODIS snow cover images over Austria. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, No. 10, p. 679–689.
- Ogrin M., 2005. Measuring Winter Precipitation With Snow Cover Water Accumulation In Mountainous Areas. *Acta geographica Slovenica*, 45-2, 2005, p. 63–92.
- Riggs G. A., Hall D. K., 2004. Snow and Cloud Discrimination Factors in the MODIS Snow Algorithm. IGARSS, Anchorage, Alaska, 2004.
- Riggs G. A., Hall D. K., 2002. Reduction of Cloud Obscuration in the MODIS Snow Data Product. 59th EASTERN SNOW CONFERENCE, Stowe, Vermont USA, 2003.
- Schmugge T.J., Kustas W.P., Ritchie J.C., Jackson T.J., Rango A., 2002. Remote sensing in hydrology. *Advances in Water Resources*, No. 25, p. 1367–1385.
- Suzuki K., Ohta T., 2003. Effect of Larch Forest Density on Snow Surface Energy Balance. *Journal of Hydrometeorology*, volume 4.
- Tekelia A.E., Akyurekb Z., S_{ormanc} A.A., S_{ensoyc} A., S_{ormana} A.U., 2005. Using MODIS snow cover maps in modeling snowmelt runoff process in the eastern part of Turkey. *Remote Sensing of Environment*, No. 97, p. 216 – 230.
- Vikhamar D., Solberg R., 2003. Snow-cover mapping in forests by constrained linear spectral unmixing of MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, No. 88, p. 309–323.
- Weibel D., Wunderle S., Kleindienst H., 2002. Snow Pack Simulation In The Swiss Alps – Combining Gis And Re-Mote Sensing To Model Snow Cover In Switzerland. *Proceedings of EARSeL-LISSIG-Workshop Observing our Cryosphere from Space*, Bern, March 11 – 13, 2002.