

Digitalne podatkovne zbirke pokrovnosti/rabe tal Slovenije

Digital land cover/use databases of Slovenia

Rada RIKANOVIC

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, Ljubljana

Ključne besede: pokrovnost/raba tal, digitalne podatkovne zbirke, GIS, Slovenija

Key words: land cover/use, digital databases, GIS, Slovenia

Kratka vsebina

V prispevku so predstavljene tri na Geološkem zavodu Slovenije (GEOZS) najpogosteje uporabljane digitalne zbirke podatkov o pokrovnosti/rabi tal Slovenije ter osnove njihove metodologije. To so CORINE Land Cover (CLC), Statistični GIS pokrovnosti tal Slovenije in Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč. Nastale so na podlagi različnih metodologij in se zato med seboj razlikujejo v nomenklaturi, viru in načinu zajema, vse pa so namenjene prenosu v GIS okolje.

Trenutno vsaka od njih kljub nekaterim pomanjkljivostim vsaj na osnovnem nivoju predstavlja dobro osnovo za analize rabe tal.

Abstract

The most frequently used land cover/used data sets of Slovenia in Geological Survey of Slovenia and their methodologies are presented in the article. These are CORINE Land Cover, Statistical land cover/use GIS of Slovenia and Agriculture land use monitoring. They are based on different methodologies, data sources and categorization, but primarily designed for GIS use.

Though they all have certain disadvantages, they still represent relevant data for general land use analysis.

Uvod

Raba tal je ena tistih prvin, ki najbolj prepoznavno zaznamujejo pokrajino. Kaže se v zastopanosti in razširjenosti zemljiških kategorij.

Odraža zapletena razmerja med naravnimi in družbenogospodarskimi dejavniki. Med prvimi je posebej pomembna izoblikovanost površja, t.j. nadmorska višina, nagib in osončenost pobočij, med družbenogospodarskimi in zgodovinskimi pa značilnosti kolonizacije, gospodarske razmere v preteklosti in sedanjosti ter zemljiškoposestniški

odnosi (Kladnik & Gabrovec, 1998). Raba tal je zato dinamičen proces, kar se kaže v stalnem spreminjanju površine posameznih kategorij oziroma njihovih medsebojnih razmerij (Gabrovec & Kladnik, 1997).

Preučevanje rabe tal je v Sloveniji dobro zastopano. S tem so se največ ukvarjali geografi, nekoliko manj druge "prostorske" vede. Razvile so se tudi različne metodologije, s katerimi se je ugotavljalo odnose med rabo tal in družbenimi in naravnimi dejavniki ter prepoznavalo določene procese, kot je npr. izguba kmetijskih površin na račun pozidanih površin, ogozdova-

nje, zatavljanje (Gabrovec & Klادنik, 1997).

Uporaba podatkov o pokrovnosti/ rabi tal

Analiza sprememb v pokrajini je pomembna pri beleženju naravnih in socialno-ekonomskih procesov, njihove dinamike in vzrokov, pa tudi pri napovedih možnih trendov in bodočega razvoja.

Informacije o pokrovnosti/rabi tal služijo kot podlaga za gospodarjenje s prostorom, okoljem in naravnimi viri. Zaradi intenzivnosti procesov in sprememb v okolju (npr. hitro zaraščanje kmetijskih zemljišč, povečevanje pozidanih površin, krčenje biotopov ogroženih živalskih vrst) se ne moremo več zanašati izključno na tematske informacije iz topografskih kart, ker se le-te obnavljajo v daljših časovnih presledkih. Informacije morajo biti čim bolj ažurne, popolne in objektivne. Zagotavljanje takih informacij je glavna naloga in cilj tovrstnih podatkovnih zbirk.

Kot najpomembnejša področja uporabe se najpogosteje omenjajo okoljske analize in raziskave, prostorsko planiranje, presoje tveganj posegov v okolje, urbano planiranje, osnovno kartiranje prostora, kmetijstvo, gozdarstvo, gospodarjenje z vodami, ugotavljanje degradacije prsti, promet.

Digitalne podatkovne zbirke

Vsaka karta pokrovnosti/rabe tal je ponostavljen abstrakten prikaz določenega izseka zemeljskega površja.

V zadnjem desetletju je v Sloveniji poleg zemljiškega katastra nastalo še nekaj podatkovnih zbirk z različnimi metodološkimi pristopi.

S širjenjem uporabe računalniških tehnologij in uporabo GIS-a je bilo potrebno poskrbeti za ustrezno digitalno obliko tovrstnih podatkov in primernost prenosa le-teh v GIS okolje.

Kot osnova spremljanja pokrovnosti/rabe tal se je uveljavilo daljinsko zaznavanje. Satelitski posnetki so v večini primerov postali osnova za zabeleženje pokrovnosti. Poleg njih se največkrat uporablja še digitalne ortofoto posnetke, dodatne podatke pa se pridobiva iz topografskih podlag ter drugih raz-

položljivih podatkov, kot način preverjanja je še vedno najbolj verodostojen terenski ogled.

Zemljiški kataster

Zemljiški kataster, ki ga vodi GURS, prikazuje stanje po katastrskih občinah, ki veljajo za dokaj stabilne ozemeljske enote, saj že od uvedbe franciscejskega katastra (1818-1827) predstavljajo osnovno enoto za redno spremljanje zastopanosti zemljiških kategorij in so se razmeroma malo spreminjale. V Sloveniji jih je približno 2700. Najmanjša površinska enota, na kateri beležijo rabo tal, je parcela. Kljub posodobitvi in pretvorbi v digitalno podatkovno zbirko je zaradi razdrobljenosti ozemlja (več kot 5,5 milijona parcel v Sloveniji) sprotno beleženje sprememb skoraj nemogoče. Odtod veliko zastajanje v ažurnosti, kar je tudi največja pomanjkljivost zbirke (Gabrovec & Klادنik, 1997).

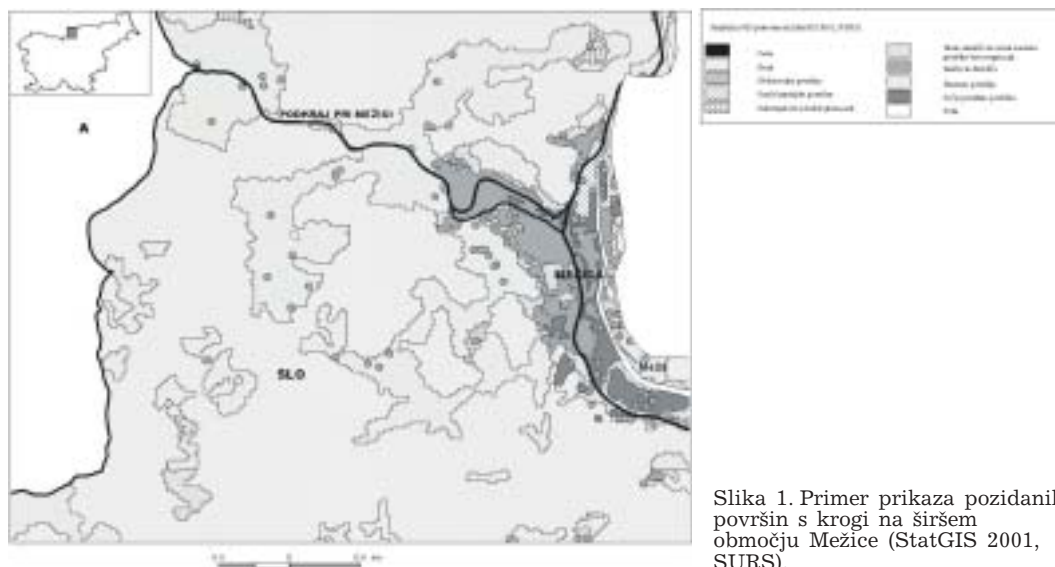
Kljub slabostim nekateri avtorji ugotavljajo, da je uporabnost zbirke nekoliko boljša na nivoju katastrskih občin, zato je zlasti primerna za medsebojne primerjave (Rejcek Brancelj, 1999).

GURS bo na podlagi zakona o evidentiranju nepremičnin podatke o rabi zemljišč v sedanji obliki v naslednjih letih ukinil, prešli pa bodo na povezovanje zemljiškega katastra s podatki iz zbirke "Zajem in spremljanje rabe zemljišč", ki beleži dejansko rabo zemljišč.

Statistični GIS pokrovnosti/rabe tal Slovenije

Statistični GIS pokrovnosti in rabe tal (StatGIS) je informacijski sistem, ki poleg geografskih metod upošteva tudi statistične metode obdelave in analize prostorsko opredeljenih podatkov in omogoča kartografski in tabelarni prikaz analiziranih časovnih sprememb v pokrovnosti in rabi tal. StatGIS je vektorska numerična tematska karta v državnem Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu in prikazuje generalno sliko pokrovnosti tal Slovenije (Statistični urad RS; 2003, v nadaljevanju SURS).

Prva (StatGIS 1993) podatkovna zbirka je zabeležila stanje l. 1993. StatGIS 1997 in



Slika 1. Primer prikaza pozidanih površin s krogi na širšem območju Mežice (StatGIS 2001, SURS).

StatGIS 2001 predstavlja posodobitev prve zbirke. Vir podatkov za StatGIS 1993 so bili satelitski posnetki Landsat TM, obrisi gozdnih površin, vode, DMR 100, centriodi hiš, ceste in železnice (Šabić & Skumavec, 2001).

Osnovni viri podatkov StatGIS 1997 so satelitsko skenirani podatki Landsat TM in SPOT, dodatni pa še obrisi gozdnih površin in voda, DMR-20, centriodi hiš, podatki o cestah in železnicah, podatki registra teritorialnih enot, točkovne koordinate komunalnih in industrijskih deponij, kamnolomov in peskokopov ter športnih in mednarodnih letališč (SURS, 2003).

V StatGIS 2001 so bili osnova za posodobitev satelitski posnetki Landsat ETM. Vektorski sloji (gozdnih, obdelovalnih, travnatih in odprtih površin) so združeni v sloj pokrovnosti tal Slovenije, za stanje 2001. Sloje z manjšo prioriteto so prekrili s slojem z večjo prioriteto in tiste z manjšo prioriteto izločili. Klasifikacija ima tri stopnje. Osnovna stopnja vsebuje 7 glavnih kategorij, ki se delijo še na dveh nivojih. Osnovne kategorije so: gozdnate površine, kmetijske površine, pozidane (umetne) površine, ceste, železnice, odprte površine, vodne površine in močvirja (Skumavec, 2003).

Natančnost interpretiranja satelitsko skeniranih podatkov je bila ocenjena na 89% (Tretjak, 2002).

Pri uporabi zbirke StatGIS 2001 v okviru projekta Hidrogeologija Karavank (Brenčič et al., 2003) so se kot prednosti pokazale naslednje značilnosti zbirke:

- enakovredno zastopanje vseh pojavnih tipov na vseh stopnjah kategorizacije,
- ažurnost podatkov,
- dobro razčlenjena nomenklatura,
- dobra položajska natančnost grafičnih in atributnih podatkov.

Precej moteče so zunanje meje poligonov v obliki celic in prikaz pozidanih površin v obliki krogov (slika 1). Zdaleč največja slabost pa so problemi pri prenosu podatkov v različne formate zapisa oziroma celo izguba dela informacij pri prenosu. V programskem okolju ArcView so se pri obdelavi pokazale številne topološke napake, ki pri originalnih podatkih niso bile vidne, npr. podvajanje poligonov, viseče linije, prazni prostori med poligoni, ki so bodisi posledica napak pri zajemu podatkov ali pri prekrivanju slojev različne prioritete pri posodabljanju zbirke in nedoslednega izločanja slojev z manjšo prioriteto. Originalni podatki so izdelani v Map Info programskem okolju, naštetih problemi so se pojavili kot posledica prenosa v (.e00 in .shp) format zapisa za delo v ArcView in ArcGIS programskem okolju. Popravljanje napak je ročno, zelo zamudno in zato bolj ali manj nesmiselno, primerno zgolj za manjša območja obdelave.

CORINE Land Cover (CLC) Slovenija

V okviru CLC Slovenija projekta sta do sedaj nastali dve podatkovni zbirki. Prva je bila dokončana l. 1998 (CLC 1995/96), druga, posodobljena, l. 2003. Prvo fazo so izvajali GEOZS, GURS, Biotehnična fakulteta in Gozdarski inštitut (Use of CORINE Land Cover Information in the Central and Eastern European Countries, 2000).

Drugo fazo so l. 2002 pričeli izvajati GURS, Agencija za varstvo okolja, Gozdarski inštitut in GISDATA. Namen programa je identifikacija in smiselna kategorizacija pokrovnosti zemljišča, ki vključuje definirano nomenklaturu kodiranja in izdelave kvalitetne zbirke podatkov, potrebne za nadzorstvo, organiziranje in upravljanje z naravnimi viri na regionalnem in nacionalnem nivoju (Pokrovnost tal I & CLC 2000, 2003).

CLC je tematska karta pokrovnosti tal in ima obliko digitalne vektorske prostorske zbirke podatkov. V prvi vrsti je namenjena prenosu v GIS. Karta ažurno predstavlja realno stanje pokrovnosti kot ga je zaznal satelit, ne glede na morebitno rabo ali pravno stanje.

CORINE (COOrdination of INformation on the Environment) je ustanovila Evropska Komisija s ciljem zbrati, upravljati in zagotoviti točnost informacij o stanju okolja in naravnih virov v EU. Kasneje je bil CORINE inventar (raba tal, biotopi in zrak) razširjen tudi na srednjeevropske in vzhodnoevropske države (Use of CORINE Land Cover Information in the Central and Eastern European Countries, 2000).

Vzpostavljena je zbirka podatkov o prostoru po enotni klasifikaciji za celo Evropo. Na državnem nivoju je nastala vsedrjavna podatkovna zbirka rabe tal in vegetacijskega pokrova. Enotna klasifikacija omogoča uporabo podatkov na regionalni, državni in mednarodni ravni.

Glavne značilnosti zbirke so:

- osnovni vir podatkov so subjektivno fotointerpretirani analogni satelitski posnetki Landsat 5 TM iz l. 1995 in 1996, ortorektificirani in natisnjeni v merilu 1:100 000, osnova za ortorektifikacijo so bile topografske karte merila 1:25 000 in mreža DMR z gostoto 100 m,
- velikost najmanjše zajete enote kartiranja je 25 ha,

- tematska natančnost je ocenjena na vsaj 85 %,
- kartografska natančnost je 100 metrov ali manj,
- državni koordinatni sistem D-48 in Gauss-Krügerjeva projekcija,
- nomenklatura je razdeljena na treh ravneh; na 1. ravni je določenih 5 kategorij (umetne površine, kmetijske površine, gozd in deloma ohranjene naravne površine, močvirja oz. z vodo namočene površine in vode), na 2. ravni 15 kategorij in na 3. ravni 44 kategorij
- v Sloveniji je prisotnih 37 od 44 kategorij (Petek, 2001).

Nova baza, ki predstavlja pokrovnost zemljišča za l. 2000, je rezultat združitve zbirke sprememb in zbirke pokrovnosti tal popravljene referenčne zbirke iz l. 1995/96. Osnovni vir podatkov so satelitski posnetki Landsat 7 ETM iz l. 1999-2000. Baza ohranja osnovne glavne značilnosti prvotne zbirke. Nadgradnja baze CLC je baza sprememb pokrovnosti med letom 1995 in 2000. Skupno zabeleženih sprememb je 1%, prevladujejo spremembe v gozdnem pokrovu (Pokrovnost tal I&CLC 2000, 2003).

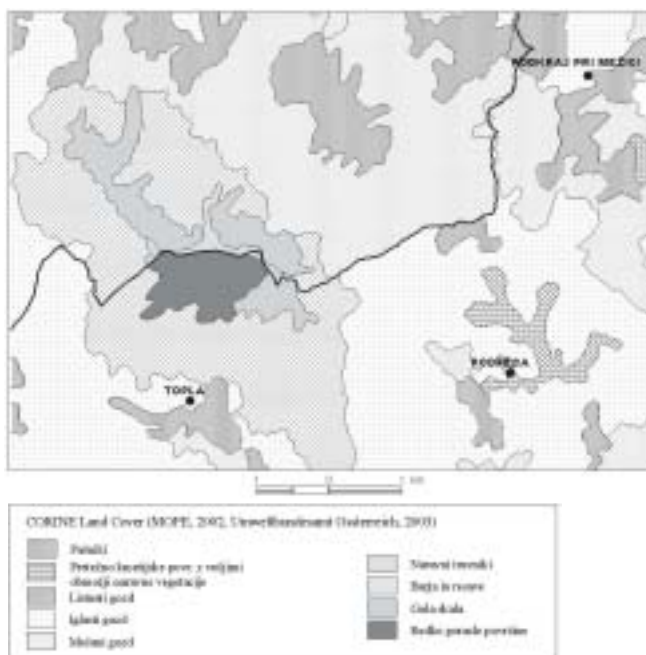
Baza CLC se je kot ustrezna izkazala v primeru določanja pokrovnosti tal obmejnega območja med Avstrijo in Slovenijo v okviru projekta Hidrogeologija Karavank (Brenčič et al., 2003) ter v projektu določanja teles podzemne vode Slovenije, kjer smo ugotavljali pokrovnost tal z namenom določiti vire razpršenega onesnaževanja (Prestor et al., 2002).

Uporabljali smo CLC1995/96.

Kot prednosti zbirke so se pokazale:

- jasen izvor in metodologija,
- jasna nomenklatura,
- enakopravno zastopanje vseh pojavnih tipov,
- ni tehničnih in topoloških napak (napak pri postopku zajema),
- ni neklasificiranih kategorij in/ali območij,
- primerna za določanje pokrovnosti tal na državnem nivoju,
- primerljivost na nivoju Evrope,
- primernost za uporabo v meddržavnih projektih.

Slabost prve zbirke je bila zlasti subjektivnost pri fotointerpretaciji, kar je druga faza odpravila. Glavna omejitev zbirke je predvsem slabša uporabnost oz. celo neupo-



Slika 2. Primer neujemanja meja poligonov in kategorij avstrijske in slovenske podatkovne zbirke CLC (3. stopnja členitve) na območju karbonatnega vodonosnika Pece (MOPE, 2002; Umweltbundesamt Österreich, 2003).

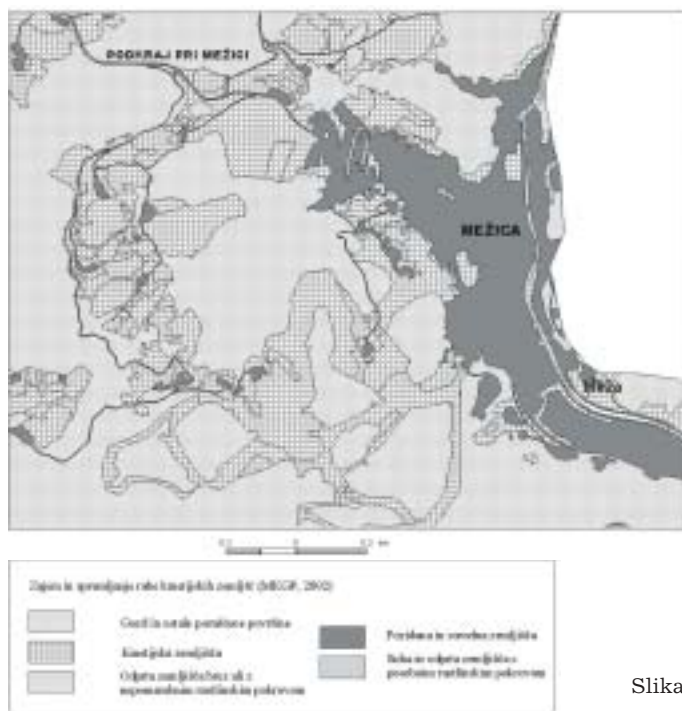
rabnost na lokalnem nivoju. Zaradi majhnega merila kartiranja ter velikosti in širine najmanjše zajete enote niso prikazane manjše, a velikokrat zelo pomembne kategorije pokrovnosti, npr. ceste, odlagališča odpadkov, odkopi materiala, ki so z vidika proučevanja ogroženosti okolja izredno pomembni. V primeru določanja pokrovnosti obmejnega območja med Slovenijo in Avstrijo, kjer smo za avstrijski del uporabili podatkovno bazo CLC Avstrije (Umweltbundesamt Österreich, 2003), se je pokazalo, da nacionalni bazi nista usklajeni. Posledica subjektivnosti pri interpretaciji satelitskih posnetkov je tako neujemanje meja poligonov kot tudi pogosto neujemanje v kategoriji pokrovnosti na nižjih nivojih kategorizacije (slika 2). Kot primer naj služi homogeno visokogorsko območje Pece (večinoma redko porasle površine nad gozdno mejo), ki je v slovenskem delu opredeljeno na drugi stopnji kot neporasle površine z malo ali brez vegetacije (3.2.) in na tretji stopnji kot redko porasle površine (3.3.3.), na avstrijski strani pa na drugi stopnji kot grmovno in/ali zeliščno rastlinstvo (3.1.), na tretji stopnji pa kot naravni travniki (3.2.1.). Podobno je s sklenjenim, homogenim gozdnim območjem, ki je na avstrijski strani na tretji stopnji opredeljeno kot mešani gozd (3.1.3.), na slo-

venski pa kot iglasti gozd (3.1.2.), čeprav ni opaznih odstopanj v zastopanosti drevesnih vrst oz. njihovega deleža.

Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) je l. 1998 pričelo izvajati projekt "Zajem in spremljanje podatkov o rabi zemljišč" v sklopu projekta postavitve informacijskega sistema ministrstva. Cilj je bil vzpostavitev prostorske podatkovne zbirke o rabi kmetijskih zemljišč kot temeljne evidence na državni ravni za vodenje kmetijske politike, za prilagajanje zahtevam Evropske unije ter vrednotenje kmetijskih in gozdnih zemljišč (slika 3).

Podatki o rabi kmetijskih zemljišč so razen v kmetijstvu uporabni in potrebni tudi na drugih področjih (za topografske karte, za posodabljanje podatkov zemljiškega katastra). V okviru podprojekta bo parcelam iz zbirke zemljiškega katastra dodan pripis podatkov o rabi kmetijskih zemljišč. Spojitev podatkovnih slojev zemljiškega katastra in sloja rabe zemljišč bo omogočila administrativno kontrolo subvencijskih vlog za tako imenovane "subvencije na površino". Zajeta



Slika 3. Prikaz rabe tal na 1. nivoju kategorizacije.

raba zemljišč se bo uporabljala tudi pri vzpostavljanju registra kmetijskih gospodarstev, katastrov trajnih nasadov (vinogradi, sadovnjaki, oljčniki in hmeljišča) ter izvajanju drugih nalog s področja vodenja kmetijske politike.

Glavne značilnosti zbirke so:

- vir podatkov so digitalni ortofoto posnetki, dopolnjeni s terenskimi ogledi ter drugimi razpoložljivimi podatki,

- zajeti podatki so enotni po položajni kakovosti, vsebinski popolnosti in obliki zajema,

- na 1. stopnji kategorizacije je določenih 7 kategorij (kmetijska zemljišča, gozd in ostale poraščene površine, pozidana in sorodna zemljišča, odrpta zamočvirjena zemljišča, zemljišča s posebnim rastlinskim pokrovom, zemljišča brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom, vode),

- na naslednjih stopnjah členitve sta razdeljeni le kategoriji kmetijska zemljišča (štirje nivoji) in odrpta zamočvirjena zemljišča (dva nivoja),

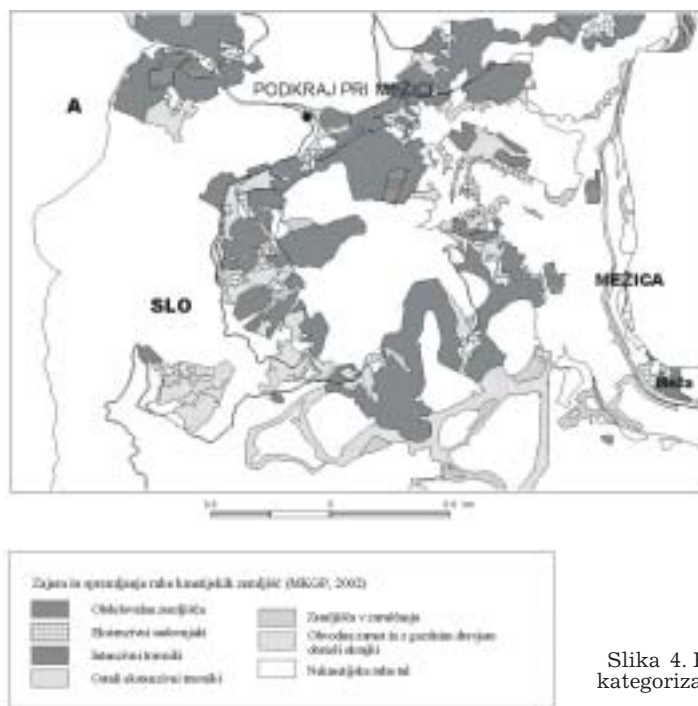
- minimalna velikost posamezne kategorije rabe tal je 0,5 ha, za vinograde in oljčnike je 0,05 ha ter za sadovnjake 0,1 ha (Rotter, 2001).

Zbirka je primarno namenjena uporabnikom, ki potrebujejo natančne podatke o kmetijski rabi zemljišč.

Glede na izkušnje se kot prednosti kažejo dobro razčlenjena klasifikacija kmetijskih površin, velika atributna in pozicijska natančnost grafičnih podatkov ter razmeroma malo topoloških in tehničnih napak. Zbirka je zelo primerna za raziskave, kjer so potrebni natančni podatki o kmetijski rabi zemljišč in njegovem vplivu na okolje (npr. za ugotavljanje vpliva kmetijske rabe tal na podzemno vodo). Manj uporabna oz. neuporabna pa je za prikaz natančnejše nekmetijske rabe tal, saj nekmetijski pojavnosti na nižjih stopnjah niso zastopani (slika 4). Kljub temu omogoča na 1. stopnji členitve natančen splošen pregled rabe tal.

Sklep

Predstavljene so pomembnejše digitalne podatkovne zbirke za splošni pregled pokrovnosti/rabe tal Slovenije. Poleg njih so v uporabi še nekatere druge, vendar večinoma bolj sektorsko naravnane zbirke, iz katerih je prav tako mogoče pridobiti določene in-



Slika 4. Prikaz rabe tal na nižjih nivojih kategorizacije, kjer površine z nekmetijsko rabo tal niso določene.

formacije, lahko pa služijo tudi kot dopolnilni oz. kontrolni vir.

V članku obravnavane podatkovne zbirke imajo nekatere skupne značilnosti, ki so tudi njihove glavne prednosti. Pokrivajo celotno državno ozemlje, s čimer je vsaj v grobem omogočena primerjava in s tem večja verodostojnost rezultatov, so ažurne, imajo jasno in pregledno kategorizacijo, nastale so v zadnjem desetletju ter so zato prvenstveno namenjene implementaciji v GIS okolje, večinoma pa tudi omogočajo pretvarjanje podatkov v različne formate zapisa.

Na Oddelku za hidrogeologijo Geološkega zavoda Slovenije sta do sedaj bili bolj v uporabi CLC baza in baza Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč, ki po naših izkušnjah predstavljata zelo dobro osnovo za splošni pregled pokrovnosti/rabe tal Slovenije, kljub določenim omejitvam. Zankrat je zaradi nekaterih problemov pri pretvorbi originalnih podatkov, ustvarjenih v MapInfo programskem okolju (mif format) v druge formate zapisa (.e00, .shp) nekoliko manj uporabna podatkovna zbirka Statistični GIS pokrovnosti/rabe tal Slovenije.

Podatkov zemljiškega katastra pri analizah rabe tal ne uporabljamo, ti so zaradi neažurnosti tudi najmanj uporabni.

Kljub prednostim in pomanjkljivostim oz. omejitvam vsake zbirke pa je uporabnik tisti, ki bo glede na namen svoje raziskave sam presodil, kateri zbirki podatkov bo dal prednost.

Literatura

Šabić, D. & Skumavec, D. 2001: Statistični GIS pokrovnosti/rabe tal Slovenije, Uporaba informacij o pokrovnosti prostora pri varstvu okolja in trajnostnem razvoju, Gozd Martuljek

Use of CORINE Land Cover Information in the Central and Eastern European Countries, European Commission Phare Programme 2000.

Petek, T. 2001: Corine Land Cover (CLC) v Sloveniji, Uporaba informacij o pokrovnosti in rabi prostora pri varstvu okolja in trajnostnem razvoju, Zbornik referatov, Delavnica, Gozd Martuljek.

Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS, 2002, spletna stran: http://nfp.si.eionet.eu.int/slo/pokrovnost/corine_land_01.htm

Pokrovnost tal I & CLC 2000, 2003, ARSO, GISDATA, Ljubljana.

Gabrovec, M. & Kladnik, D. 1997: Nekaj novih vidikov rabe tal v Sloveniji, Geografski zbornik XXXVII, Ljubljana.

Kladnik, D. & Gabrovec, M. 1998: Geografski atlas Slovenije, Ljubljana, str. 180-182.

Rejec Brancelj, I. 1999: Metodološki vidiki preučevanja kmetijskega obremenjevanja okolja v slovenskih pokrajinah, Geografski vestnik 71, Ljubljana.

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano – MKGP, 2003, spletna stran: <http://193.2.111.28/gu/Projekti/Nepremic/nepremic1.asp>.

Rotter, A. 2001: Corine Land Cover (CLC) v Sloveniji, Uporaba informacij o pokrovnosti in rabi prostora pri varstvu okolja in trajnostnem razvoju, Zbornik referatov, Delavnica, Gozd Martuljek.

Skumavec, D. 2003: Izdelava vektorske zbirke pokrovnosti tal Slovenije, stanje 2001, Statistični urad RS.

Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS, 2002, CORINE Land Cover, baza podatkov.

Statistični urad RS za statistiko, 2003, Statistični GIS pokrovnosti, stanje 2001, baza podatkov

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2002, Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč, baza podatkov.

Umweltbundesamt Österreich, Ministrstvo za okolje Republike Avstrije, 2003; spletna stran: <http://www.umweltbundesamt.at>

Tretjak, A. 2001: Metoda ocenjevanja točnosti statističnega GIS-a pokrovnosti in rabe tal, Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2001-2002, ZRC SAZU, Ljubljana.

Spletna stran Geodetske uprave RS: http://193.2.110.244/gu/aplik/opis/cepp/intro_cepp.asp

Brenčič, M., Poltnig, W., Placer, L., Rikanovič, R., Ratej, J., Prestor, J., Bole, Z., Praprotnik, B., Matoz, T. & Gale, U. 2003: Hidrogeologija Karavank (območje Pece) - poročilo, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana in Joanneum Research –Institut für Wasser Ressourcen Management Graz.

Prestor, J., Janža, M., Rikanovič, R., Šajn, R., Bavec, M., Lapanje, A., Rajver, D., Bizjak, M., Strojjan, M. & Benčina, D. 2002: Nacionalna baza hidrogeoloških podatkov za opredelitev teles podzemne vode Republike Slovenije (1. faza), Geološki zavod Slovenije, poročilo, Ljubljana.