

**Matija Zorn,
Mateja Breg Valjavec,
Rok Ciglič**

**KARTOGRAFSKI VIRI
IN VIRI DALJINSKEGA
ZAZNAVANJA
TER NJIHOVA
UPORABNOST
ZA SPREMLJANJE
DINAMIKE REČNEGA
TOKA –**

**Na primeru mejnih odsekov
Drave in Dragonje**

UVOD

Zgodovinski dogodki in prostor, v katerem so se ti zgodovinski dogodki odvijali, so nerazdružljivo povezani. Pogojeni so bili lahko z neko pokrajino ali pa so vplivali na nadaljnji razvoj oziroma spremembe v njej.⁵⁷⁶ »Zemljepisno okolje je za zgodovinarja toliko pomembnejše, ker je to brez dvoma eden med pomembnimi činitelji v zgodovinskem razvoju samem.«⁵⁷⁷ Zato je toliko bolj presenetljivo, da se zgodovinarji relativno redko poslužujejo kartografskih virov (na primer zgodovinskih zemljevidov),⁵⁷⁸ ki so prvovrstni vir za prostorsko razumevanje pokrajine v nekem obdobju oziroma za spremljanje prostorske dinamike skozi daljša obdobja.⁵⁷⁹

Kartografski viri niso le sredstvo za prostorski prikaz pojavov, pač pa so verodostojen dokument prostora, časa in družbenih razmer, v katerih so nastali,⁵⁸⁰ ter jih kot take lahko obravnavamo kot vire prve roke, pri katerih »je mogoče ugotoviti neposreden stik avtorja vira z dogodki ali stanji.«⁵⁸¹ Pogosto vsebujejo informacije, ki niso zabeležene v nobenem drugem viru (na primer zemljepisna imena, potek meja, prometnic, vodotokov, oblik površja).⁵⁸²

Kot vir se uporabljajo predvsem pri zgodovinski geografiji in okoljski zgodovini,⁵⁸³ ki sta v Sloveniji pretežno v domeni geografskih preučevanj,⁵⁸⁴ povezanih predvsem s spremembami rabe tal⁵⁸⁵ in kulturne pokrajine.⁵⁸⁶

Njihovo uporabo za kvantitativno preučevanje pokrajinskih sprememb so pospešili geografski informacijski sistemi (GIS-i),⁵⁸⁷ ki so jih »osvobodili statičnosti« oziroma le odtisa na papirju. Zanimariti ne smemo tudi vse večje dostopnosti kartografskega gradiva.⁵⁸⁸

576 Slukan Altič, *Povijesna kartografija*, str. 21.

577 Grafenauer, *Struktura in tehnika zgodovinske vede*, str. 284. Pri takšnem razumevanju so nekateri šli predaleč in tako je v 19. stoletju nastal »geografski determinizem«, ki je precenjeval vpliv naravnega okolja na družbo (Vrišer, *Uvod v geografijo*, str. 65).

578 Jenny et al., *Alte Karten als historische Quelle*, str. 129.

579 Grafenauer (*Struktura in tehnika zgodovinske vede*, str. 288) zgodovinske zemljevide le bežno omeni pri razlagi zgodovinske geografije kot pomožne vede zgodovini, a ne kot vir zgodovinskih podatkov, pač pa kot način podajanja rezultatov.

580 Slukan Altič, *Povijesna kartografija*, str. 21, 23.

581 Grafenauer, *Struktura in tehnika zgodovinske vede*, str. 252.

582 Rumsey, Williams, *Historical maps in GIS*, str. 1.

583 Slukan Altič, *Povijesna kartografija*, str. 21.

584 Podobno za nemško govoreče dežele omenjajo Jenny et al., *Alte Karten als historische Quelle*, str. 130.

585 Petek et al., *Uporaba starih letalskih*; Fuchs et al. *The potential of old maps*; Frajer, Geletič, *Research of historical landscape*.

586 Petek, Urbanc, *Zemljiški kataster kot ključ*.

587 GIS je »računalniški sistem za zajemanje, shranjevanje, vzdrževanje, obdelovanje, analiziranje, povezovanje in predstavljanje geolociranih prostorskih podatkov« (Kladnik et al., *Geografski terminološki slovar*, str. 112).

588 Obstajajo številne digitalne kartografske zbirke knjižnic in arhivov (Jenny et al., *Alte Karten als historische Quelle*, str. 129, 144). Na primer zemljevidi, dostopni na spletnih straneh Digitalne

Pred uporabo GIS-ov je bila njihova uporaba »analogna« oziroma se je kartografske vire med seboj primerjalo subjektivno, s »kritičnim očesom« bralca. Rezultati so bili tako močno odvisni od njegovih interpretacijskih sposobnosti. Pri uporabi GIS-ov so kartografski viri spremenjeni v digitalno obliko, kar omogoča objektivno kombiniranje z drugimi prostorskimi podatki.⁵⁸⁹

Kot pri vseh zgodovinskih virih je tudi pri kartografskih potrebna kritična obravnava le-teh.⁵⁹⁰ V povezavi s tem je treba poznati zgodovinski kontekst, v katerem so nastali, saj so odraz potreb naročnikov,⁵⁹¹ kar je vplivalo na vsebino. Pomembno je, ali je kartografsko gradivo nastalo kot plod terenskega dela kartografa (in je kot tako vir prve roke) ali so bile za izdelavo uporabljene že obstoječe kartografske podlage (in je kot tako vir druge roke), kar lahko botruje zastarelim podatkom. Nenazadnje sta pomembna tudi avtorstvo, saj so kartografi pripadali različnim »šolam«, ter tehnološki razvoj kartografskih tehnik,⁵⁹² kar se odraža v njihovi natančnosti.⁵⁹³ Zavedati se moramo tudi, da ima lahko kartografski vir načrtne napake⁵⁹⁴ (na primer vojaške karte) ali napake, povezane z nepoznavanjem pokrajine.⁵⁹⁵

V prispevku obravnavamo uporabnost izbranih kartografskih virov iz druge polovice 18. in 19. stoletja za preučevanje dinamike rečnega toka na rekah Dragonji in Dravi, na odsekih, ki mejijo na Republiko Hrvaško, v povezavi s sodobnimi kartografskimi izdelki, ki so plod uporabe daljinskega zaznavanja.⁵⁹⁶

Danes sateliti dnevno beležijo prostorske okoljske spremembe, za starejša obdobja pa so za sledenje tovrstnih sprememb na razpolago kartografski viri. Tehnologija GIS omogoča hkratno uporabo obojih in s tem primerjavo poteka rečnih strug v različnih časovnih presledkih.

knjižnice Slovenije (<http://www.dlib.si/>) ali na spletnih straneh Open Culture (<http://www.openculture.com/2016/04/download-67000-historic-maps-in-high-resolution-from-the-wonderful-david-rumsey-map-collection.html>).

589 Rumsey, Williams, *Historical maps in GIS*, str. 3; Jenny et al., *Alte Karten als historische Quelle*, str. 129.

590 Jenny et al., *Alte Karten als historische Quelle*, str. 130.

591 Prav tam, str. 130–131.

592 Slukan Altić, *Povijesna kartografija*, str. 23.

593 Rumsey, Williams, *Historical maps in GIS*, str. 1.

594 Jenny et al., *Alte Karten als historische Quelle*, str. 133.

595 Gašperič, *Razvoj metod prikaza*, str. 36.

596 Daljinsko zaznavanje je »ugotavljanje in določanje pojavov in oblik na Zemljinem površju z razdalje z letalskimi, satelitskimi [in drugimi zračnimi, op. a.] posnetki« (Kladnik et al., *Geografski terminološki slovar*, str. 66).

PRIDOBIVANJE PROSTORSKIH PODATKOV

Kartografski viri

Za uporabo zgodovinskega kartografskega gradiva v GIS-ih je treba gradivo ustrezno pripraviti. Ponavadi si sledijo tri faze obdelave gradiva:⁵⁹⁷ digitalizacija, georeferenciranje in vektorizacija. Digitalizacija pomeni pretvorbo kartografskega vira v digitalno obliko, ponavadi s skeniranjem (dobimo rastrsko podobo). Pri georeferenciranju kartografski vir umestimo v izbran koordinatni sistem, s čimer vir s pomočjo ustreznih računalniških programov (na primer *ArcGIS Desktop*, *QGIS*, *Erdas Imagine*) umestimo v enoten geografski prostor.⁵⁹⁸ Vektorizacija pa pomeni pretvorbo skenirane rastrske slike v vektorsko obliko, kar omogoča nadaljnje prostorske analize.⁵⁹⁹ Vektorizacija vsebine je mogoča le v primerih, ko gre za preproste dobro ločljive elemente (na primer linije cest, rek).

V vseh fazah obdelave gradiva lahko pride do napak. Napake so lahko povezane že z virom samim, saj s starostjo kartografskih virov upada njihova položajna natančnost.⁶⁰⁰ Zaradi tega vsi viri niso uporabni za neposredno primerjavo. Za spremljanje pokrajinskih sprememb so pomembni predvsem kartografski viri večjih meril.

Napake so lahko povezane s skeniranjem gradiva, saj je originalno kartografsko gradivo lahko deformirano zaradi zvijanja, krčenja ali gubanja papirja.⁶⁰¹

Napake nastajajo tudi pri georeferenciranju. To temelji na določanju kontrolnih točk – točk, ki so skupne staremu kartografskemu viru ter sodobni kartografski podlagi, letalskem ali satelitskem posnetku, ki je podlaga za georeferenciranje. Podlaga za georeferenciranje so lahko topografski zemljevidi (1:25.000, 1:50.000), temeljni topografski načrti (1:5.000), digitalni ortofoto posnetki (ortorektificirani letalski posnetki), digitalni katastrski načrt. Katero podlago bomo izbrali, je odvisno od natančnosti, ki jo želimo doseči, ter velikosti in merila vira, ki ga georeferenciramo. V praksi se je pokazalo, da so najzanesljivejše tiste kontrolne točke, ki so se v daljšem časovnem obdobju najmanj spreminjale. Na listih franciscejskega katastrskega načrta so na primer najprimernejše točke strešna slemena ali vogali cerkva, kapel ter drugih starih stavb v jedrih naselij. Kot zelo uporabne so se izkazale tudi parcelne meje oziroma točke na

597 Bec, Podobnikar, Spreminjanje struge reke Save, str. 114.

598 Natančen postopek je opisan v: Petek, Fridl, Pretvarjanje listov zemljiško-katastrskega; Jenny et al., *Alte Karten als historische Quelle*; Podobnikar, Georeferencing and quality assessment.

599 Bec, Podobnikar, Spreminjanje struge reka Save, str. 114.

600 Prav tam.

601 Petek, Fridl, Pretvarjanje listov zemljiško-katastrskega, str. 79; Jenny et al., *Alte Karten als historische Quelle*, str. 133.

dvo-, tro- ali večmeji med parcelami. Malo manj primerne, kljub temu pa za kontrolne točke še vedno uporabne, so poti oziroma križišča, saj se njihov potek marsikje do danes ni spremenil. Spreminjala se je predvsem njihova širina, na kar moramo biti pozorni.⁶⁰² Število kontrolnih točk je odvisno od velikosti in merila zemljevida, ki ga želimo georeferencirati. Pomembno je, da so čim bolj enakomerno porazdeljene po zemljevidu, ki ga georeferenciramo,⁶⁰³ ter zgoščene na mestih, kjer so položajna odstopanja največja.⁶⁰⁴ Ta so ponavadi največja na robovih zemljevidov, kar je lahko povezano z različnimi kartografskimi projekcijami, v katerih so bil izdelani kartografski viri.

Za ozemlje Slovenije imajo za raziskave pokrajinskih sprememb ustrezno merilo in s tem zadovoljivo natančnost habsburški vojaški zemljevidi treh različnih izmer – od konca 18. do konca 19. stoletja (prvi dve izmeri v merilu 1 : 28.800, tretja izmera v merilu 1 : 25.000) – ter franciscejski kataster⁶⁰⁵ z začetka 19. stoletja z desetkrat natančnejšim merilom (1 : 2.880) ter njegova kasnejša reambulančna različica⁶⁰⁶ iz druge polovice 19. stoletja.

Omenjeni viri so za ozemlje Slovenije že v celoti ali deloma georeferencirani. Georeferencirani habsburški vojaški zemljevidi so dostopni na spletnem portalu MAPIRE – Historical Maps Online,⁶⁰⁷ kot tudi delno georeferenciran franciscejski kataster, ki pa je dostopen tudi na spletni strani Registra nepremične kulturne dediščine.⁶⁰⁸ V prvem primeru so georeferencirani posnetki dostopni proti plačilu. Na spletni strani ponudnika žal ni navedena uspešnost georeferenciranja oziroma napake, ki so ob tem nastale. Brezplačno lahko zemljevide s spletne strani prenesemo tudi s pomočjo »zajema zaslonske slike«. Za tem sliko vnesemo v ustrezen geoinformacijski program in georeferenciramo. Se pa ob tem soočimo z vprašanjem avtorskih pravic.

DALJINSKO ZAZNAVANJE

»Daljinsko zaznavanje je znanost pridobivanja informacij o površju Zemlje, ne da bi z njo prišli v neposredni stik.«⁶⁰⁹ Tovrstne informacije lahko pridobivamo z letalskimi, satelitskimi in drugimi posnetki. Tudi te vire je treba pred uporabo za primerjalne analize ustrezno pripraviti, kar najpogosteje vključuje.⁶¹⁰

602 Petek, Fridl, Pretvarjanje listov zemljiško-katastrskega, str. 79.

603 Bec, Podobnikar, Spreminjanje struge reke Save, str. 115.

604 Petek, Fridl, Pretvarjanje listov zemljiško-katastrskega, str. 79.

605 Petek, Fridl, Pretvarjanje listov zemljiško-katastrskega; Petek, Urbanč, Franciscejski kataster kot ključ.

606 Seručnik, Reambulančni kataster za Kranjsko.

607 Medmrežje: <http://mapire.eu/en/>.

608 Medmrežje: <http://giskd6s.situla.org/giskd/>.

609 Oštir, *Daljinsko zaznavanje*, str. 13.

610 Prav tam, str. 123–135.

- geometrijske popravke, pri katerih posnetke postavimo v izbran koordinatni sistem oziroma jih georeferenciramo, poleg tega pa moramo odstraniti tudi nepravilnosti, ki so nastale zaradi različnih dejavnikov, kot so na primer lastnosti sensorja snemanja, gibanja Zemlje in izoblikovanost površja – tem popravkom se ne moremo izogniti, saj prenašamo podatke iz trirazsežnostnega prostora na dvorazsežno podobo;
- atmosferske popravke, ki so potrebni zaradi nenehnega spreminjanja razmer v atmosferi – atmosfera lahko oslabi ali celo absorbira valovanje (ali del valovanja) na poti od vira (ponavadi Sonca) do zemeljskega površja;
- če združujemo različne posnetke istega območja, moramo upoštevati različen položaj Sonca v času snemanja, kar vpliva na različno osvetljenost istih območij.

Letalski posnetki

Prvi znani zračni posnetki slovenskega ozemlja so iz obdobja pred prvo svetovno vojno, ko so v posameznih krajih prirejali letalske mitinge ter iz balonov in letal fotografirali mesta.⁶¹¹ Med prvo svetovno vojno so avstro-ogrski in italijanska letala snemala kraje ob soški fronti, medtem ko je bila v drugi svetovni vojni z nemških (Luftwaffe) in britanskih letal (Royal Air Force) posneta skoraj celotna Slovenija. Po drugi svetovni vojni je snemanja prevzel Vojnogeografski inštitut iz Beograda, leta 1972 pa so postala civilna domena pod tedanjim Geodetskim zavodom Socialistične Republike Slovenije. Slovenija je bila prvič kot celota v enem snemanju posneta leta 1975. S tem so se začela Ciklična aerofoto snemanja Slovenije,⁶¹² ki potekajo še danes. Slovenija je bila posneta v merilu 1 : 17.500. Prvi posnetki so bili črno-beli, v osemdesetih letih 20. stoletja pa so jih zamenjali barvni. Številna manjša območja so bila posneta že takoj po drugi svetovni vojni.⁶¹³

Letalski posnetki se uporabljajo za preučevanju različnih sprememb v pokrajini.⁶¹⁴ So prvovrsten vir za: preučevanje sprememb rabe tal in pokrovnosti tal,⁶¹⁵ prepoznavanje pokrajinskih elementov,⁶¹⁶ preučevanje rastja,⁶¹⁷ arheolo-

611 Sitar, *Letalstvo in Slovenci*.

612 Lipej, Slovenija na letalskih posnetkih; Perko, *Analiza cikličnega aerosnemanja Slovenije*.

613 Breg Valjavec, Ribeiro, Uporabnost zgodovinskih aeroposnetkov, str. 72–73.

614 Prav tam, str. 74.

615 Na primer: Petek et al., Uporaba starih letalskih; Sklenička, Temporal changes in pattern; Käyhkö et al., Dynamic land use and land cover changes; Godone et al., Progressive fragmentation.

616 Na primer: Bescoby, Detecting Roman land boundaries.

617 Na primer: Archer, Tree-grass dynamics; Fensham et al., Modelling trends in woody vegetation; Browning et al., Field validation of 1930s aerial photography.

ške raziskave,⁶¹⁸ preučevanje dinamike vodotokov in ledenikov,⁶¹⁹ zgodovinske raziskave,⁶²⁰ preučevanje kulturne dediščine,⁶²¹ pa tudi pokrajinskih učinkov gospodarskih dejavnosti.⁶²²

Za vizualno fotointerpretacijo letalskih posnetkov je tehnično najpreprostejša geoinformacijska analiza aeroposnetkov. Analogne ali digitalne posnetke vizualno pregledamo. Kadar preučujemo tridimenzionalne objekte (gramoznice, stavbe) in strukture (gozd), uporabimo stereoposnetke ter s pomočjo stereoskopa ali stereoskopskih očal, ki omogočijo trirazsežnostni pogled (3R), določimo, za kakšen objekt gre. Stereoeffekt je vzpostavljen, ko se dva posnetka zadostno prekrivata (običajno 60–80 %).⁶²³ V primerjavi z analogno lahko pri digitalni fotointerpretaciji posnetke obdelamo in s tem izboljšamo možnost določanja iskanih objektov (na primer povečamo barvne kontraste, prilagodimo svetlobo, pretvorimo v negativ). Poleg kakovostnih posnetkov sta za dobro interpretacijo nujna usposobljen interpretator ter ustrezna metodologija določanja po interpretacijskem ključu.⁶²⁴

Za uporabo v GIS-u moramo tudi letalske posnetke georeferencirati (slika 1). Le-to poteka enako, kot je opisano v poglavju Kartografski viri, to je z iskanjem kontrolnih točk ali prek postopka triangulacije, kadar delamo s stereoposnetki. Številne države so v obdobju zadnjega pol stoletja sistematično zbirale tovrstne posnetke svojih ozemelj.⁶²⁵

Obdelava digitaliziranih posnetkov omogoča avtomatsko pridobivanje 3R podatkov.

Teoretično lahko iz vseh stereoposnetkov izdelamo digitalni model reliefa (DMR), to je 3R podobo površja. Kakovosten DMR nekdanjega površja je primeren za geomorfometrično⁶²⁶ (kvantitativno) analizo površja in omogoča primerjavo s površjem sedanje pokrajine, kvalitativno ali kvantitativno. Glavna prednost 3R analize pokrajine je, da lahko poleg lege in obsega objekta v obravnavanem obdobju določimo tudi njegove 3R dimenzije (na primer globino, višino). Tovrsten način je bil na primer uporabljen za: ugotavljanje zasutih vrtač,⁶²⁷ pre-

618 Na primer: Reeves, *Aerial photography and archaeology*.

619 Na primer: Schmitz et al., *Using historic aerial photography*; Pérez Álvarez et al., *Multi-temporal archaeological analyses*; Triglav Čekada et al. *Površina Kaninskih in Triglavskega ledenika*.

620 Na primer: Ravbar, *Avstro-Ogrsko letalstvo na soški fronti*; Ravbar, *Letališča na soški fronti*.

621 Na primer: Bryan, Clowes, *Surveying Stonehenge by photogrammetry*.

622 Na primer: Pacina, Weiss, *Georelief reconstruction*.

623 Triglav Čekada et al., *Spremljanje površja ledenikov*.

624 Breg Valjavec, Ribeiro, *Uporabnost zgodovinskih aeroposnetkov*.

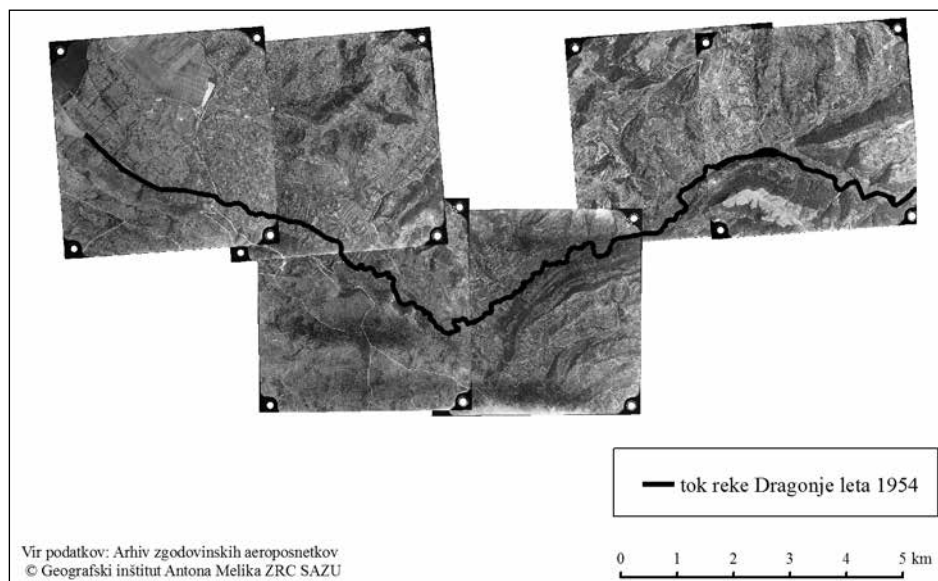
625 Prokešová et al., *Landslide dynamics*.

626 Pike et al., *Geomorphometry*.

627 Breg Valjavec, *Nekdanja odlagališča odpadkov*.

učevanje ledenikov⁶²⁸ ali poplav.⁶²⁹ Na tak način lahko s prostorninsko analizo določamo tudi količino izkopane rude v nekem obdobju.⁶³⁰ Letalski posnetki so primerni še za odkrivanje nekdanjih antropogenih objektov v pokrajini⁶³¹ ali rekonstrukcijo nekdanjih naselij.⁶³²

Slika 1: Georefencirani letalski posnetki iz leta 1954 za območje reke Dragonje.



Satelitski posnetki

Danes je na voljo množica brezplačnih in plačljivih satelitskih posnetkov. Prvi, kot so na primer posnetki Landsat⁶³³ ali MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer),⁶³⁴ imajo večinoma slabšo prostorsko ločljivost, ki je nekaj 10 m ali nekaj 100 m. Primerni so za analize večjih območij. Drugi, plačljivi viri, imajo lahko ločljivost tudi manjšo od enega metra, na primer GeoEye ali WorldView.⁶³⁵ Poleg prostorske ločljivosti sta pomembni tudi radiometrična

628 Triglav Čekada et al., Acquisition of the 3D boundary; Triglav Čekada, Gabrovec, Documentation of Triglav glacier.

629 Triglav Čekada, Zorn, Poplave septembra 2010.

630 Pacina, Weiss, Georelief reconstruction.

631 Breg Valjavec, Ribeiro, Uporabnost zgodovinskih aerosposnetkov.

632 Kokalj, Veljanovski, Izdelava 3R modela iz arhivskih letalskih posnetkov.

633 Medmrežje: <http://landsat.usgs.gov/>.

634 Medmrežje: <http://modis.gsfc.nasa.gov/>.

635 Za seznam različnih senzorjev glej na primer: Parcak, *Satellite remote sensing*, str. 42; Kuenzer et al., Earth observation satellite sensors.

ločljivost, ki pove, v koliko različnih vrednostih lahko senzor zazna podobo, ter časovna ločljivost, ki pove, koliko posnetkov določenega območja opravi senzor v nekem obdobju; na primer Landsatovi sateliti naredijo posnetek istega območja vsakih 16 dni, MODIS-ovi pa vsak dan.

Težava pri uporabi satelitskih posnetkov je omenjena ločljivost. Ta pogosto ni takšna, da bi omogočala spremljanje pokrajinskih sprememb (tudi rek) v zelo velikem merilu.⁶³⁶

Lasersko skeniranje Slovenije

Med načine daljinskega zaznavanja spada tudi čedalje bolj razširjena tehnika laserskega skeniranja, ki ga pogosto označujemo z izrazom »lidar«. Izraz pomeni Light Detection And Ranging oziroma svetlobno zaznavanje in merjenje razdalj ali Laser Imaging Detection And Ranging oziroma lasersko snemanje, zaznavanje in merjenje razdalj. Danes predstavlja eno izmed najnatančnejših metod za izdelavo DMR-jev.

Pri tej metodi gre za določanje razdalj do objektov z uporabo laserskih impulzov. Razdaljo med senzorjem in objektom namreč določimo z merjenjem časa potovanja elektromagnetnega impulza.⁶³⁷ Laserski skener meri samo razdalje, dejanski položaj odbojnikov pa dobimo, če poznamo položaj in usmerjenost senzorja. Za vsak poslani impulz moramo v izbranem koordinatnem sistemu poznati točen položaj senzorja in kot pogleda skenerja. Lidarski sistemi so zato opremljeni z diferencialnim sprejemnikom globalnega pozicioniranja (differential global positioning system, DGPS) in inercialnim navigacijskim sistemom (inertial navigation system, INS). Za uspešno geografsko umestitev lidarskih meritev je treba oba sistema natančno sinhronizirati s samim skenerjem.⁶³⁸

Po laserskem skeniranju dobimo podatke o položaju ter podatke o odbojih oziroma razdaljah. Iz obeh podatkov izračunamo položaj točk odboja na površju. Končni rezultat je oblak točk.⁶³⁹ Tega lahko klasificiramo na točke, ki predstavljajo tla (površje), zgradbe, rastje (visoko, nizko) in drugo⁶⁴⁰ (slika 2). Lasersko skeniranje Slovenije je potekalo med letoma 2011 in 2015 in je zajelo celotno državo.⁶⁴¹

636 Huziu et al., *Spatial pattern analyses of landscape*, str. 108.

637 Oštir, *Daljinsko zaznavanje*, str. 73.

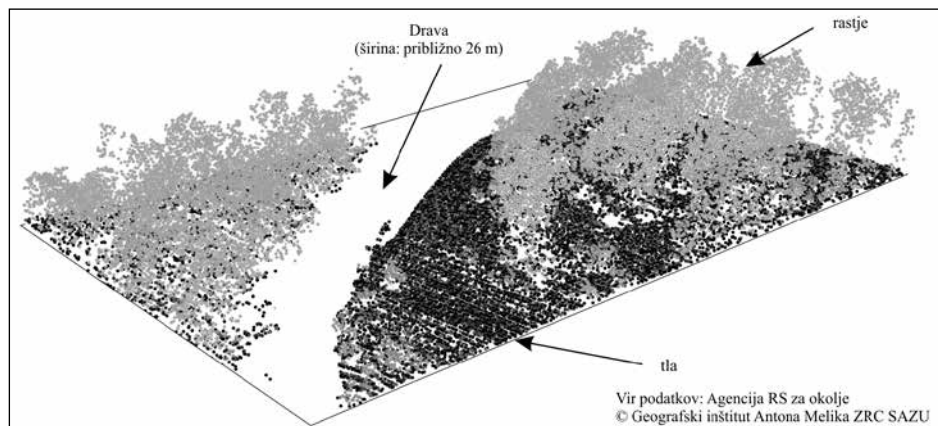
638 Prav tam, str. 76.

639 Prav tam, str. 76.

640 Pegan Žvokelj et al., *Izvedba laserskega skeniranja Slovenije*, str. 12–13; Mongus, Žalik, Ground and building extraction from LiDAR.

641 Triglav Čekada, Bric, Končan je projekt laserskega.

Slika 2: Prerez skozi oblak lidarskih točk na območju reke Drave (prikazani sta kategoriji »tla« in »rastje«).



UPORABA

Habsburške vojaške izmere

Habsburške vojaške izmere, to so prva vojaška ali jožefinska izmera (1763–1787),⁶⁴² druga vojaška ali franciscejska izmera (1806–1869)⁶⁴³ ter tretja vojaška ali franciscejsko-jožefinska izmera (1869–1887),⁶⁴⁴ so zaradi svojega merila (prvi dve izmeri sta v merilu 1 : 28.880, tretja pa v merilu 1 : 25.000) primerne za ugotavljanje sprememb toka večjih rek. Pri manjših vodotokih so napake zaradi merila⁶⁴⁵ ter same izmere (predvsem pri prvi izmeri) tolikšne, da so lahko večje od dejanskih pokrajinskih sprememb. Napake pri prvi in drugi izmeri so tudi več sto metrov.⁶⁴⁶ Vsaka izmera je bila sicer natančnejša,⁶⁴⁷ a je kljub temu pri tretji izmeri na posameznih območjih zamik tudi do 220 m.⁶⁴⁸

Na sliki 3 so prikazane spremembe toka reke Drave od druge polovice 18. stoletja do druge polovice 19. stoletja na območju današnje meje med Slovenijo in Hrvaško, približno med Ormožem in Središčem ob Dravi.

⁶⁴² Rajšp, Slovenija na vojaškem zemljevidu; Zorn, Jožefinski vojaški zemljevid; Štular, Jožefinski vojaški zemljevid.

⁶⁴³ Timár, System of the 1 : 28,800 scale.

⁶⁴⁴ Molnár et al., Mozaičenje listov kart, str. 460–461.

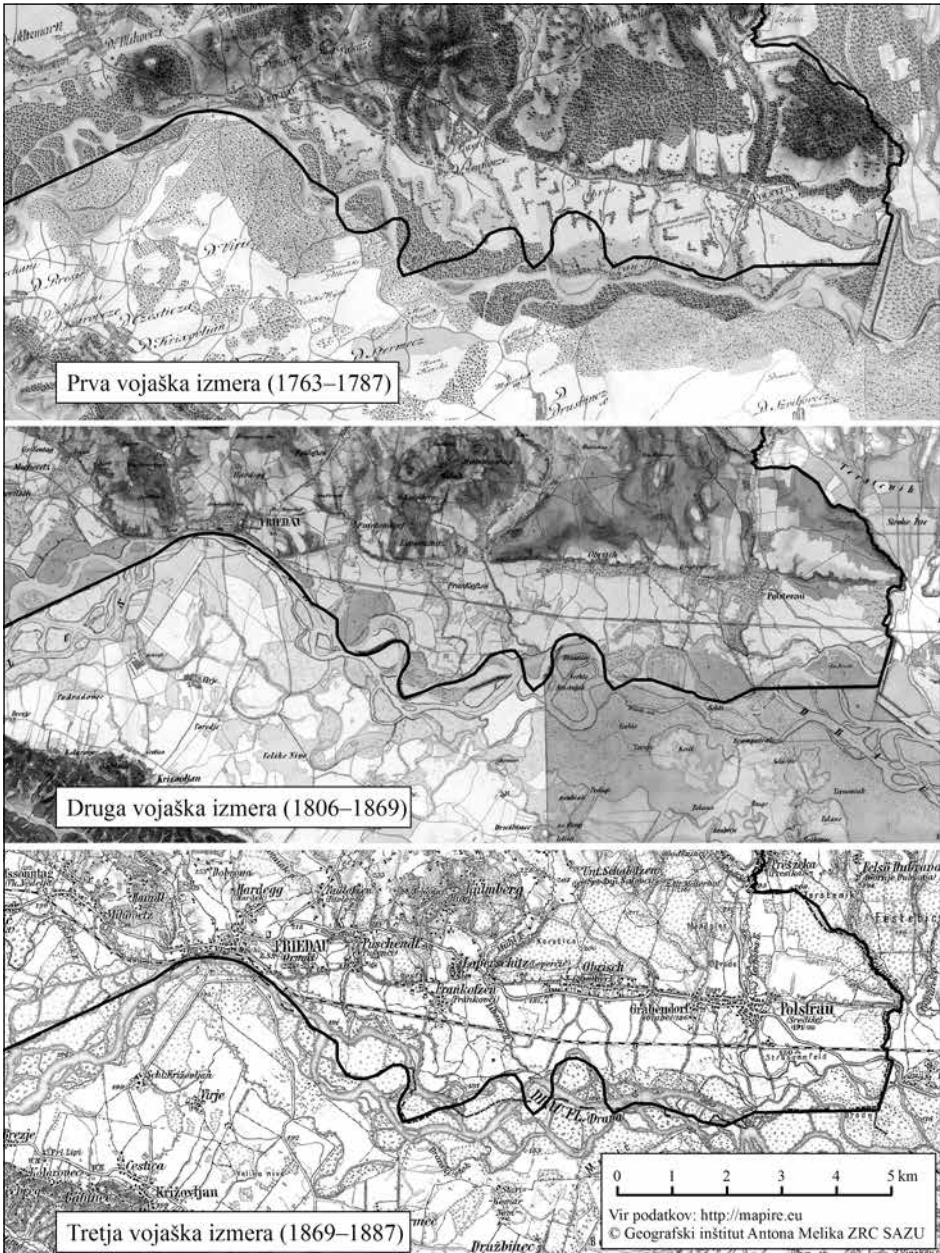
⁶⁴⁵ Skaloš et al., Using old military survey maps, str. 436.

⁶⁴⁶ Štular, Jožefinski vojaški zemljevid, str. 93; Podobnikar, Georeferencing and quality assessment, str. 60; Timár, System of the 1 : 28,800 scale, str. 103. Po drugih avtorjih je bila napaka pri drugi izmeri nekaj deset metrov (Zimova et al., Historical military mapping).

⁶⁴⁷ Prva izmera še ni temeljila na natančni geodetski izmeri ali posebni kartografski projekciji, medtem ko je druga že rezultat dobre geodetske izmere (Zimova et al., Historical military mapping).

⁶⁴⁸ Molnár et al., Mozaičenje listov kart, str. 459.

Slika 3: Spreminjanje rečnega toka Drave v obdobju med prvo, drugo in tretjo habsburško vojaško izmero ter potek današnje državne meje med Slovenijo in Hrvaško.



Katastrski viri

Poleg vojaških potreb so kartografske podlage nastajale tudi v okviru zemljiškega katastra oziroma popisa zemljišč za odmero zemljiškega davka.⁶⁴⁹ Za uporabo so primerni francoski kataster z narisom zemljišč na zahodnem bregu Soče⁶⁵⁰ ter franciscejski kataster (1818–1828)⁶⁵¹ in njegova posodobljena različica, t. i. reambulančni kataster (1869–1887)⁶⁵² za celotno ozemlje Slovenije.

Franciscejski kataster

»Originalna katastrska mapa [zemljiško-katastrski načrt, op. a.] je bila izdelana kot avtentičen naris stanja vseh zemljišč v katastrski občini v [zelo velikem, op. a.] merilu 1:2880.«⁶⁵³ Franciscejski kataster predstavlja dragocen zgodovinski vir, saj je »zgodovinski dokument zajetja agrarnega, geografskega in urbanističnega trenutka naše [po]krajine.«⁶⁵⁴ Poleg merila se od habsburških vojaških izmer razlikuje tudi po tem, da ne prikazuje reliefa. Golec⁶⁵⁵ je njegov pomen slikovito opisal: »V prispodobi bi lahko rekli, da pomeni čas pred franciscejskim katastrom za spoznanje in preučevanje prostora dobo tipanja v (pol)temi.«

Določanje rečnih tokov je »poligonsko«, saj je reka vrisana kot parcela ali več parcel, ki so obarvane s svetlo modro barvo. Napisano je tudi ime reke (slika 4).

Letalski posnetki

Spreminjanje poteka strug je posledica meandriranja vodotokov, kar je značilnost predvsem nižinskih vodotokov. Številne slovenske reke so bile po drugi svetovni vojni regulirane s poglobitvijo in izravnavo struge. Okljuki so bili odrezani in počasi jih je preraslo rastje. Iz zgodovinskih letalskih posnetkov lahko rekonstruiramo nekdanji tok reke.⁶⁵⁶

Spreminjanje toka reke Dragonje smo preučevali na podlagi letalskih posnetkov iz leta 1954 (slika 5) in leta 2011 (slika 6). Starejši posnetki so hranjeni v Arhivu zgodovinskih aeroposnetkov.⁶⁵⁷

649 Ribnikar, Zemljiški kataster kot vir za zgodovino; Golec, Zemljiški katastri 18. in 19. stoletja.

650 Golec, Zemljiški katastri 18. in 19. stoletja.

651 Drobnik, Reproduciranje franciscejskega katastra; Golec, Zemljiški katastri 18. in 19. stoletja; Gabrovec et al., Vpliv sprememb rabe tal, str. 104.

652 Seručnik, Reambulančni kataster za Kranjsko.

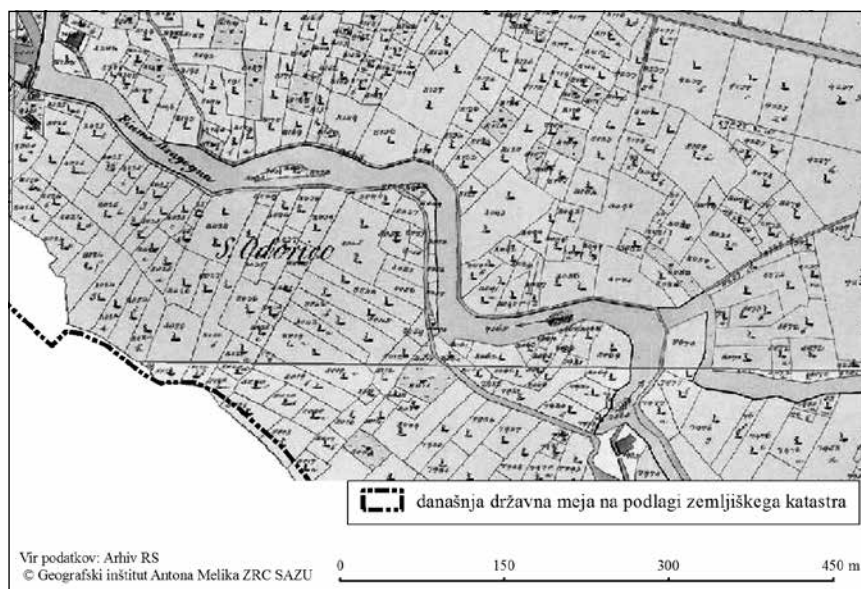
653 Ribnikar, Zemljiški kataster kot vir za zgodovino, str. 331.

654 Prav tam, str. 335.

655 Golec, Zemljiški katastri 18. in 19. stoletja, str. 366.

656 Breg Valjavac, Ribeiro, Uporabnost zgodovinskih aeroposnetkov.

657 Medmrežje: <http://www.gis.si/sl/storitve/historicni-aeroposnetki>.

Slika 4: Odsek reke Dragonje pri vasi Sečovlje na franciscejskem katastru.

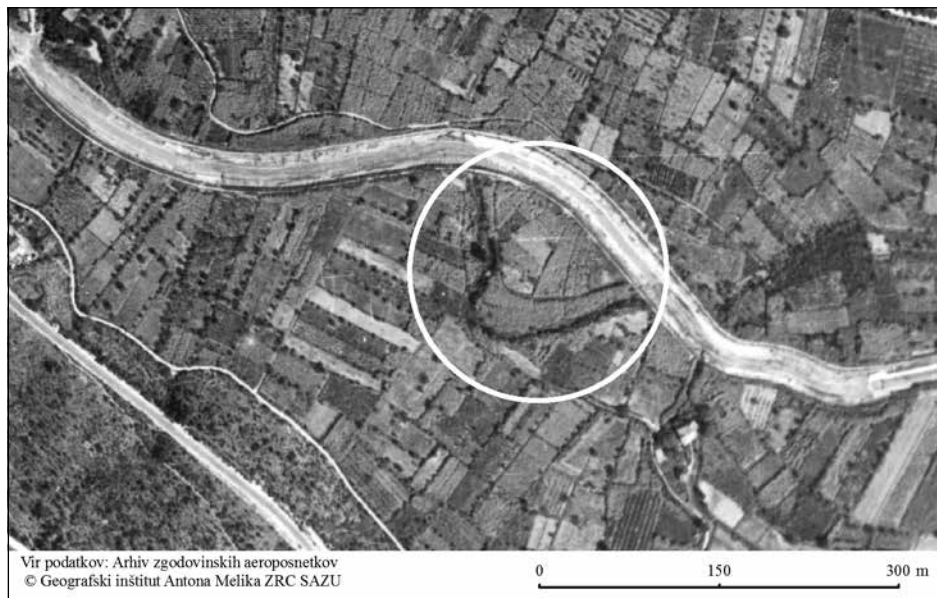
V spodnjem toku teče Dragonja med kmetijskimi zemljišči, zato je njen potek jasno določljiv. V zgornjem toku je raba tal ob reki precej manj intenzivna; poleg grmičevja prevladuje gozd, zato je rečna struga na posnetkih določenih odsekov »prekinjena«. Poleg antropogenih sprememb struge so pomembne tudi spremembe, ki jih povzročajo naravni procesi (erozija, akumulacija, poplavljanje).⁶⁵⁸ Slednji pridejo bolj do izraza v zgornjem toku, kjer je manj antropogenih posegov.

Po drugi svetovni vojni so se na slovenskem podeželju zgodile velike spremembe v parcelaciji kmetijskih zemljišč.⁶⁵⁹ Ponekod so bila zasebna zemljišča podržavljena in pri tem združena v večje parcele, tudi ob reki Dragonji (sliki 5 in 6).

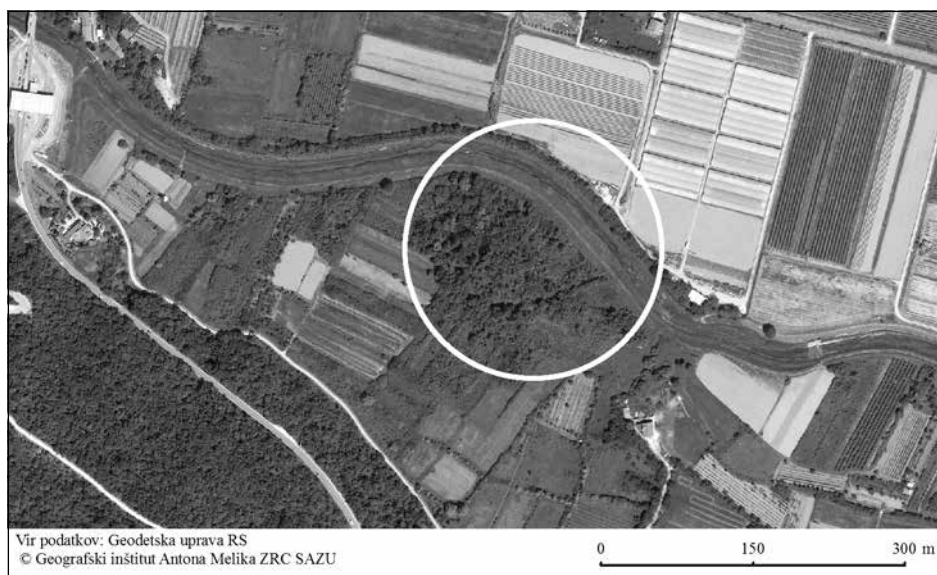
658 Zorn, Erozijski procesi v slovenski Istri.

659 Lisec et al., Analiza stanja.

Slika 5: Na letalskem posnetku iz leta 1954 je ob »sveže« regulirani strugi reke Dragonje, vzhodno od današnjega mejnega prehoda Sečovlje, na levem (južnem) bregu, viden »odsekan« rečni rokav (bel krog), ki je že zatravljen.



Slika 6: Na letalskem posnetku reke Dragonje iz leta 2011, vzhodno od današnjega mejnega prehoda Sečovlje, ne opazimo več »odsekanega« okljuka (bel krog), saj je povsem poraščen z drevesnim rastjem.



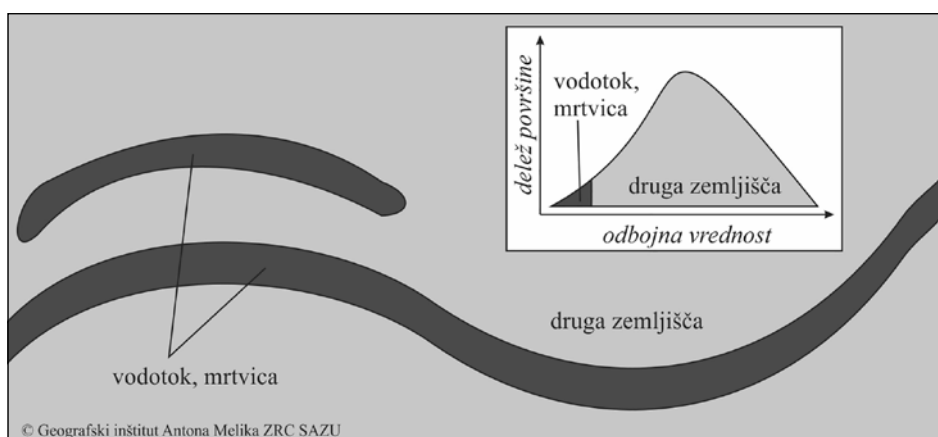
Satelitski posnetki

Na temelju posnetkov, ki sta jih posnela senzorja TM (Thematic Mapper) na satelitu Landsat 5 in OLI (Operational Land Imager) na satelitu Landsat 8, smo ugotavljali spremenljivost rečnega toka na primeru reke Drave.

Klasifikacija infrardečega spektralnega pasu daje boljši vpogled na vodna telesa kot klasifikacija vidnih spektralnih pasov.⁶⁶⁰ S četrtnim Landsatovim *TM* spektralnim pasom zaznamo večino vodnih teles,⁶⁶¹ nekaj slabosti pa se pokaže na urbanih zemljiščih, na območjih senc vzpetin in nekaterih pašnikih. Še nekoliko boljše rezultate dobimo s klasifikacijo petega, bližnjeinfrardečega spektralnega pasu.

Na obravnavanem območju ni večjih urbaniziranih zemljišč ter večjih vzpetin, ki bi povzročali sence, zato smo uporabili omenjen pristop ter pregledali četrtni in peti spektralni pas. Četrtni spektralni pas senzorja *Landsat TM* je primeren za razlikovanje vodnih in kopnih zemljišč, saj voda absorbira skoraj vso bližnje infrardečo svetlobo in ima na posnetkih zato precej nižje vrednosti odboja kot prst, pozidano ali pa poraščeno zemljišče.⁶⁶² Pri posnetku iz leta 2015, ki je bil posnet z Landsat 8 OLI, smo uporabili bližnje infrardeči spektralni pas. Za prikaz smo uporabili celice, ki so imele v omenjenih spektralnih pasovih najnižje vrednosti (slika 7).

Slika 7: Celice z najnižjo spektralno vrednostjo v infrardečem spektralnem pasu posnetkov senzorja Landsat TM in bližnje infrardečem spektralnem pasu posnetka senzorja Landsat OLI najpogosteje predstavljajo vodna in zelo vlažna zemljišča.



660 Frazier, Page, Water body detection, str. 1464.

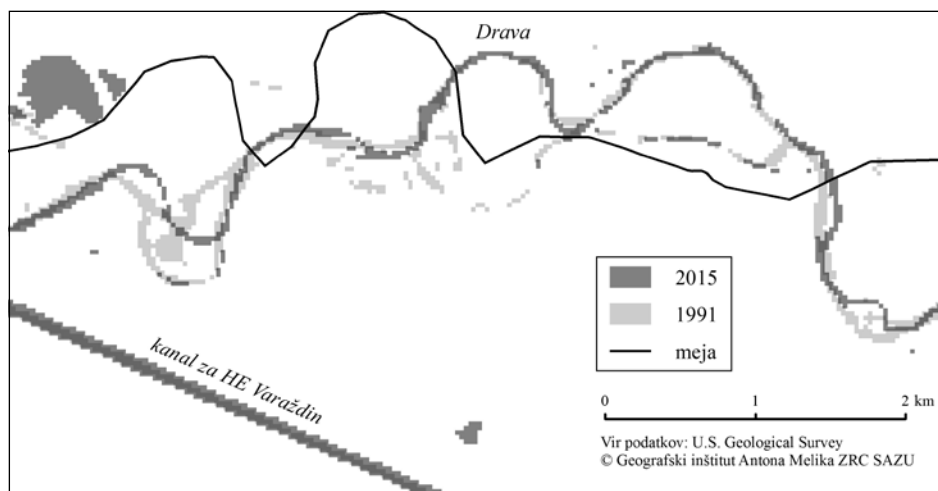
661 Prav tam.

662 Medmrežje: <http://gif.berkeley.edu/documents/Landsat%20Band%20Information.pdf>.

Uporabili smo posnetka, ki sta nastala 19. septembra 1991 in 19. julija 2015. Z omenjenim postopkom smo za vsako leto določili tok reke (slika 8). Zaradi širine reke Drave, ki na preučevanem območju meri tudi prek 70 metrov, so spremembe vidne tudi iz posnetkov Landsat, ki imajo ločljivost 30 m. Na manjših rekah jih žal zaradi omejene ločljivosti ne moremo uporabiti, lahko pa podoben postopek izvedemo z drugimi senzorji, ki napravijo posnetek z ločljivostjo nekaj metrov ali celo manj.

Po pričakovanjih je ob pregledu posnetkov prišlo do manjših nejasnosti glede klasifikacije vodnih zemljišč na morda delno poplavljenih ali pa vsaj vlažnejših pašnikih oziroma travnikih v bližini reke. Tovrstne napake je zato treba preveriti na terenu ali s pregledom drugih virov (zemljevidi z vrisanimi vodnimi objekti, letalski posnetki in drugo).

Slika 8: Na temelju satelitskih posnetkov iz različnih let lahko opazimo razlike v spremembi rečnega toka. Primer reke Drave v zadnjih trideset letih na odseku, kjer Drava spremlja državno mejo med Slovenijo in Hrvaško (med Ormožem in Središčem ob Dravi).



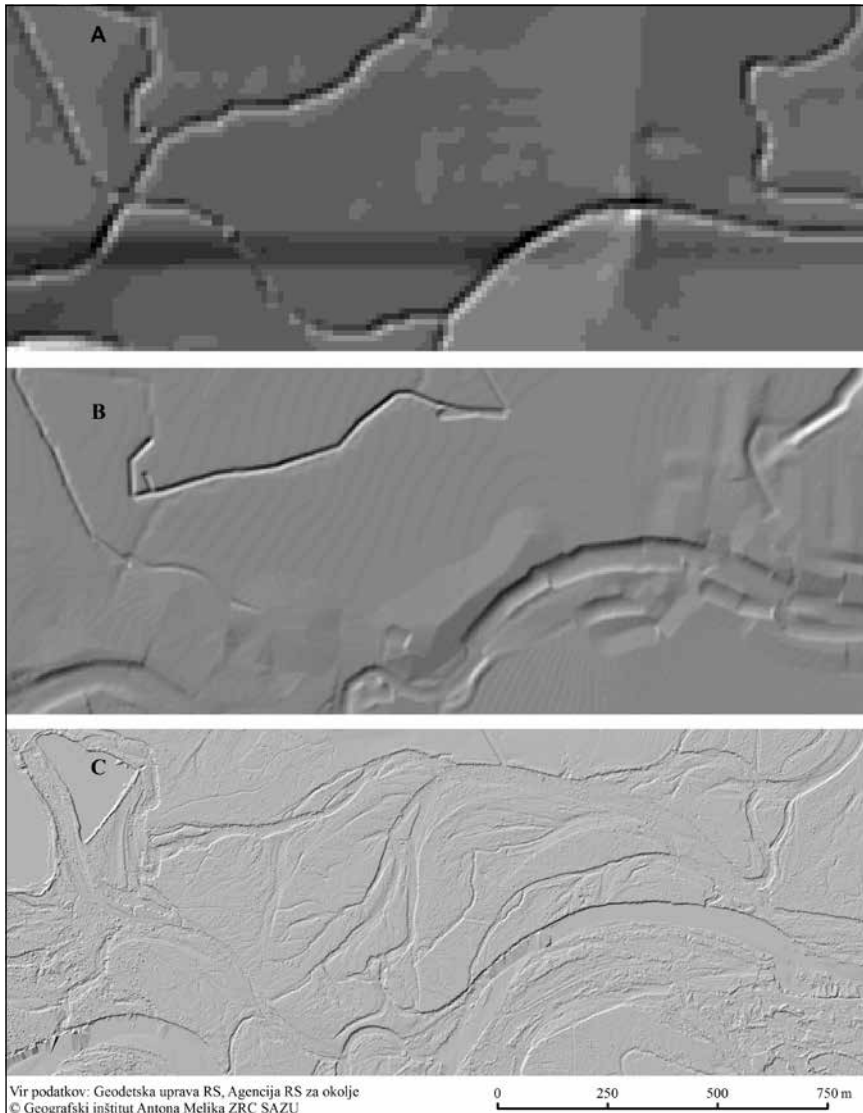
Digitalni modeli reliefa

S spletne strani E-vode⁶⁶³ smo prenesli klasificiran oblak točk za območje Drave v okolici Ormoža, za katerega smo želeli preveriti uporabnost podatkov laserskega skeniranja Slovenije (lidar) za ugotavljanje spreminjanja rečnega toka. V nasprotju s starejšimi DMR-ji ločljivosti na primer 12,5 ali 5 m omogoča posnetek laserskega skeniranja izdelavo zelo natančnega DMR (ločljivost 1 m) in zato

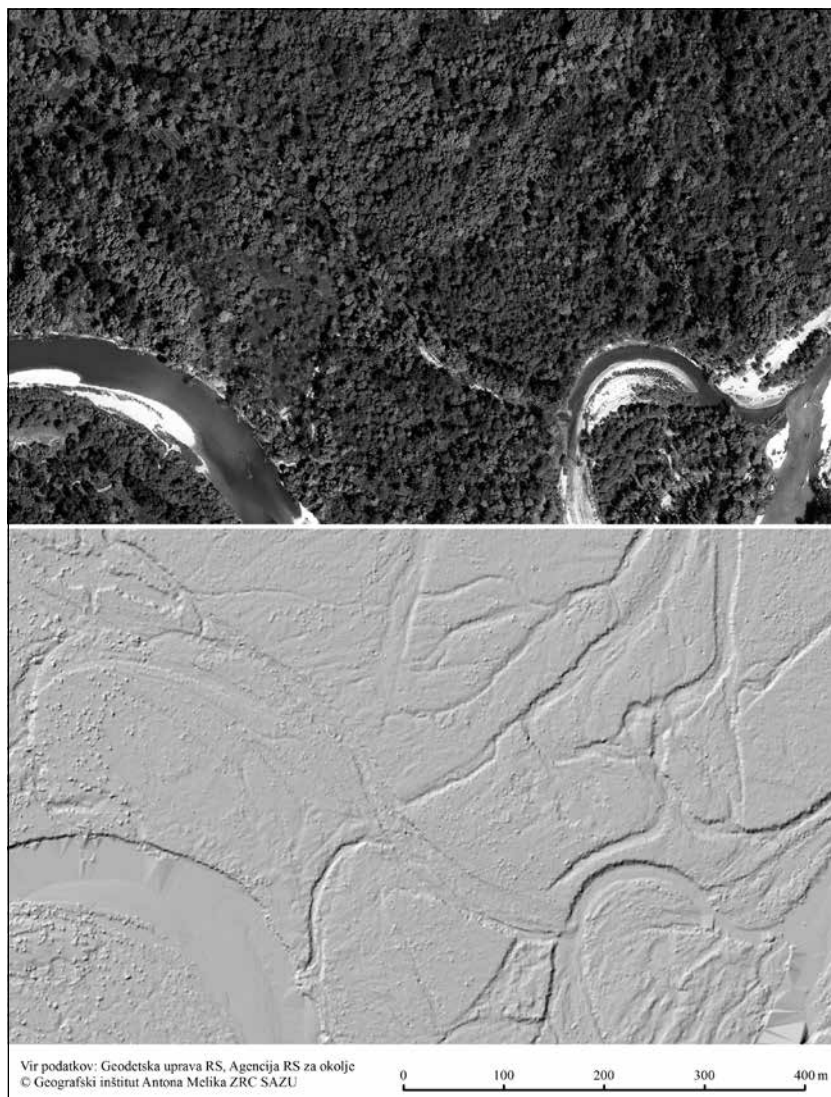
⁶⁶³ Medmrežje: <http://evode.arso.gov.si/indexd022.html?q=node/12>.

veliko bolj natančno analizo reliefa (slika 9). V primerjavi z letalskimi posnetki je prednost lidarja tudi, da razkrije oblike, ki se skrivajo pod rastjem (slika 10). Na senčenem reliefu (sliki 9 in 10) vidimo sledove meandriranja Drave.

Slika 9: V primerjavi s senčenim reliefom z ločljivostjo 12,5 m (A) in 5 m (B) je DMR, izdelan na podlagi laserskega skeniranja, veliko bolj natančen – ločljivost 1 m (C) – in s tem uporabnejši za opazovanje manjših reliefnih oblik. Primer iz okolice Ormoža. V primerjavi s slikama A in C na sliki C ne prepoznamo le obstoječe struge Drave, temveč tudi številne paleostruge.



Slika 10: Senčen relief, izdelan iz posnetkov laserskega skeniranja (spodaj), lahko prikaže reliefne oblike, ki so skrite pod rastjem (letalski posnetek zgoraj).



Slika 11: Na senčenem reliefu, izdelanem iz posnetkov laserskega skeniranja, je ob regulirani strugi reke Dragonje, vzhodno od današnjega mejnega prehoda Sečovlje, na levem (južnem) bregu, viden »odsekan« okljuk (primerjaj s slikama 5 in 6).



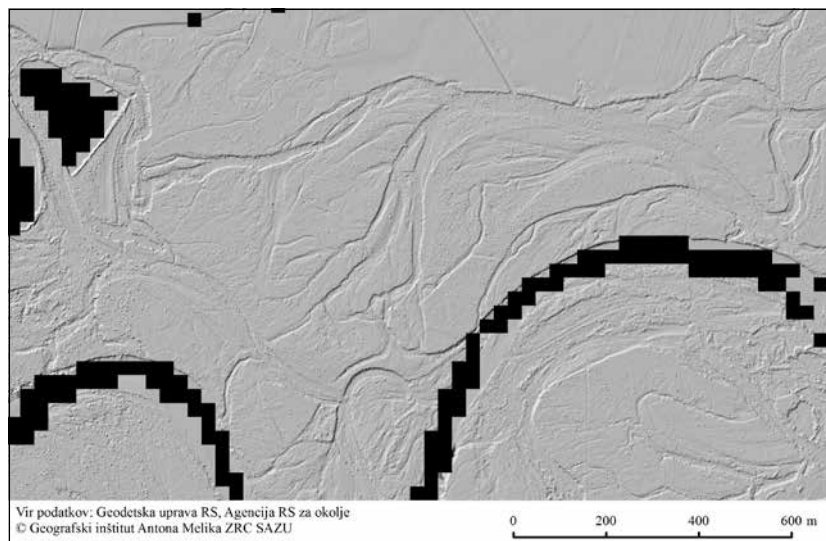
SPREMINJANJE REČNEGA TOKA

Z razvojem novih tehnologij ter množico posnetkov daljinskega zaznavanja (slika 12) in zgodovinskimi kartografskimi viri v digitalni obliki lahko dinamiko rečnih tokov spremljamo v daljših časovnih razdobjih. Za območje Slovenije obstajajo različni (tudi na spletu) dostopni viri (preglednica 1).

Preglednica 1: Seznam kartografskih virov/prostorskih podatkov za območje Slovenije.

ime podatkovnega sloja/vira	ločljivost/merilo	vir	opomba
habsburški vojaški zemljevidi	1 : 28.800 (prva in druga izmera) 1 : 25.000 (tretja izmera)	http://mapire.eu/en/	pregledovalnik georeferenciranih vojaških zemljevidov s konca 18. in 19. stoletja za območje habsburške monarhije
franciscejski kataster	1 : 2.880	http://giskd6s.situla.org/giskd/	pregledovalnik georeferenciranih listov franciscejskega katastra za nekatera območja Slovenije
satelitski posnetki	30 m in več	http://earthexplorer.usgs.gov	satelitski posnetki za območje celega sveta
satelitski posnetki	30 m in več	http://glovis.usgs.gov	satelitski posnetki za območje celega sveta
satelitski posnetki	30 m in več	http://landsatlook.usgs.gov	satelitski posnetki za območje celega sveta
posnetki laserskega skeniranja; digitalni model reliefa	1 m	http://evode.arso.gov.si/indexd022.html?q=node/12	posnetki laserskega skeniranja za območje Slovenije

Slika 12: Prikaz senčenega reliefa, ki je izdelan na temelju posnetka laserskega skeniranja, ter vodnih zemljišč, ki so določena na temelju satelitskega posnetka *Landsat 8 OLI* (črni kvadrati).



Drava

Drava na približno 20 km dolgem odseku, kjer je mejna reka med Slovenijo in Hrvaško, deli slovensko Podravje od hrvaškega Podravja.⁶⁶⁴ Do izgradnje verige slovenskih hidroelektrarn je pogosto poplavljala in spreminjala svojo strugo. Zaradi tega je sčasoma nastal precejšen razkorak med zdajšnjim potekom rečne struge in katastrskimi mejami, ki so bile v času nastajanja zemljiškega katastra vezane na strugo Drave (sliki 3 in 8). Posledica je zemljiško dvolastništvo, vezano na »žepe« katastrskih ozemelj obeh držav na nasprotnih bregovih reke.

Dragonja

V spodnjem, ravninskem delu toka Dragonja vijuga in spreminja potek svoje struge. Bolj vodnate reke, kot je Drava, sicer hitreje predstavljajo svoje struge, vendar enaki procesi delujejo tudi na manj vodnatih rekah. Na večjih vodotokih so hidrološko-morfološke spremembe tudi vidnejše in lažje sledljive, kar pa ne izključuje pomembnosti sprememb na manjših vodotokih (sliki 13 in 14). Zaradi bočne erozije (spodjedanje zunanega dela okljukov in odlaganje erodiranega gradiva na notranjem delu) se potek struge počasi spreminja. Počasnost procesov pa ne pomeni manjše jakosti v daljšem časovnem obdobju. Prav zaradi počasnosti se pogosto procesi zmotno smatrajo za manj intenzivne. Vendar je treba vedeti, da se tudi v primeru manjših vodotokov ob vsakem močnejšem poplavnem dogodku lahko bistveno spremeni hidrološki režim reke kakor tudi potek struge vodotoka (slika 13).



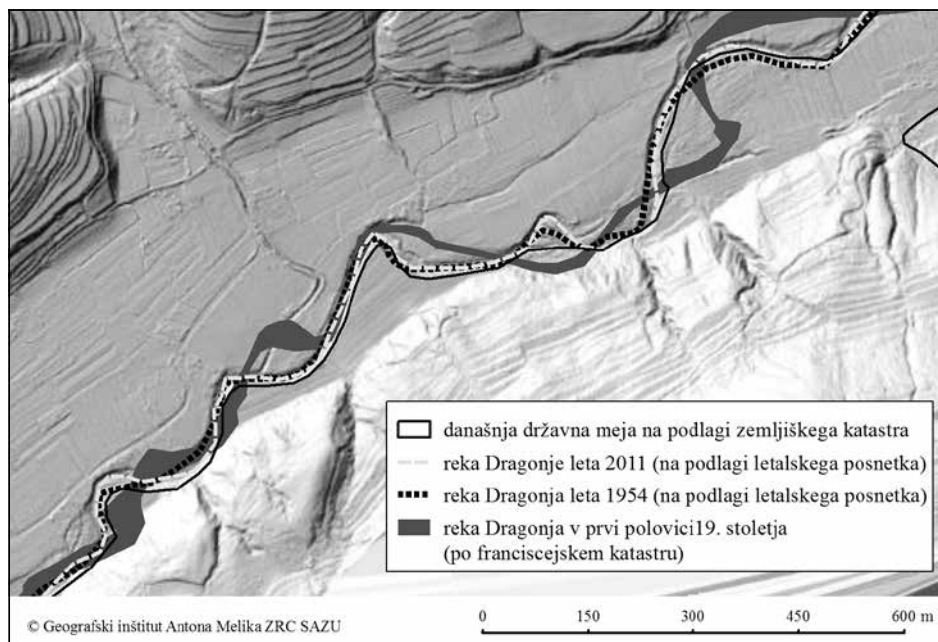
Slika 13: Vodotoki na zunanji strani okljukov erodirajo, na notranji pa akumulirajo gradivo. Ob poplavi septembra 2010 je bil zunanji del okljuka Dragonje, ki je na sliki, erodiran za več kot meter. (fotograf: Matija Zorn)⁶⁶⁵

664 Bračić, *Ptujsko polje*, str. 9.

665 Triglav Čekada et al., *How to decide*.

Območje največjih naravnih spreminjanj toka je poplavno območje v spodnjem toku. Zaradi delnih regulacij struge na posameznih odsekih in protipoplavnih nasipov je poplavna varnost povečana ter s tem zmanjšana hitrost spreminjanja rečne struge. Vendarle pa se skladno s trajnostnim razvojem spreminja tudi pristop pri urejanju vodotokov, ki poudarja in marsikje zapoveduje (na primer na zavarovanih območjih) trajnostno urejanje vodotokov, kar pomeni preobrazbo porečij v »predregulacijsko obdobje« oziroma čim bolj naravno stanje, kar zopet pušča možnost rekam, da predstavljajo struge.

Slika 14: Spreminjanje struge reke Dragonje od prve polovice 19. stoletja do danes na odseku pod Krkavčami.



SKLEP

»Za razumevanje današnje pokrajine je pomembno poznavanje pokrajine v preteklosti, saj današnja pokrajina v veliki meri odseva zgodovinsko podobo. /.../ S pomočjo kartografskih zgodovinskih virov tako ugotavljamo, ali so določene strukture, ki se na prvi pogled zdijo stare, rezultat nedavnega razvoja ali dolgotrajnega procesa.«⁶⁶⁶

Zato se zgodovinski kartografski viri vse bolj uveljavljajo tudi kot vir za zgodovinske raziskave⁶⁶⁷ in ne le kot vir zgodovini sorodnim vedam.⁶⁶⁸ Njihovo uporabo je močno olajšal razvoj GIS-ov,⁶⁶⁹ ki ob ustrezni pripravi podatkov omogočajo razmeroma lahko primerjavo kartografskih virov iz različnih obdobj. Na primeru gozda so ugotovili, da se je ob pomoči kartografskih virov natančnost zgodovinske rekonstrukcije gozdnih in negozdnih zemljišč povečala.⁶⁷⁰

Poznavanje spreminjanja pokrajine nam omogoča tudi pogled v prihodnost, saj lahko na podlagi trendov iz preteklosti sklepamo na procese oziroma pokrajinsko stvarnost v prihodnosti.

Zgodovinski kartografski viri so pomemben vir za ugotavljanje poteka meja,⁶⁷¹ saj so običajno edini vir, ki meje predstavljajo v prostoru. Za meje, »potegnjene« po rekah, nam med drugim v izbranih časovnih obdobjih omogočajo spremljanje odstopanj rečnih strug od poteka meje kot posledico njihovega naravnega ali antropogenega prestavljanja. Razumevanje prestavljanja rečnih strug, je na teh mejnih odsekih eden od »ključev« za razumevanje sodobnih mejnih vprašanj med Slovenijo in Hrvaško.

666 Zorn, Jožefinski vojaški zemljevid, str. 135.

667 Na primer Jenny et al., *Alte Karten als historische Quelle*; Gašperič, *Razvoj metod prikaza*.

668 Zorn, *Uporaba zgodovinskih virov*.

669 Gregory, Healey, *Historical GIS*.

670 Fuchs et al., *The potential of old maps*, str. 54.

671 Gašperič, *Razvoj metod prikaza*, str. 94.