

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



26202655

Kandidat:

Jože Bučar

**Izdelava časovno spremenljivega
trirazsežnostnega kartografskega prikaza KO
Šentjernej**

Diplomska naloga št.: 852

Mentor:
doc. dr. Dušan Petrovič

Ljubljana, 2010

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj

bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **JOŽE BUČAR** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**Izdelava časovno spremenljivega trirazsežnostnega kartografskega prikaza KO Šentjernej**«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim avtorskim pravicam iz dela za potrebe elektronskega arhiva FGG.

Podpis: _____

Ljubljana, 16.01.2011

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

| | |
|-------------------------|---|
| UDK: | 528.9(043.2) |
| Avtor: | Jože Bučar |
| Mentor: | doc. dr. Dušan Petrovič |
| Naslov: | Izdelava časovno spremenljivega trirazsežnostnega kartografskega prikaza KO Šentjernej |
| Obseg in oprema: | 60 strani, 30 slik, 2 prilogi |
| Ključne besede: | 3D karta, animiran kartografski prikaz, digitalni model reliefa (DMR), kartografska generalizacija |

Izvleček:

Karte nudijo uporabnikom prostorske podatke o stvarnem svetu. Sodobni kartografski modeli vsebujejo digitalne podatke, ki opisujejo objekte in pojave realnega sveta v vseh treh razsežnostih. Napredna programska oprema omogoča hitre ter kakovostne upodobitve trirazsežnostnih kartografskih prikazov, ki jih lahko prikažemo na računalniškem zaslonu ali izrišemo na papirju. Kartografskim prikazom pa je dodatno vrednost prinesla vključitev zvoka ali slik (večpredstavnost), možnost uporabnikovega poseganja v vsebino ali prikaz karte (interaktivnost), možnost prikaza spreminjanja stanja skozi čas (dinamične karte) ali potovanja skozi prostor (animacije).

V okviru svoje diplomske naloge sem izdelal časovno spremenljiv kartografski prikaz katastrske občine Šentjernej v zadnjih 230 letih. Oblikoval sem še znakovni in fotorealistični trirazsežnostni kartografski prikaz, kjer sem skušal prikazati različne elemente vsebine 3D kart z namenom, da bi lahko preizkusil načela oblikovanja 3D kartografskih prikazov.

BIBLIOGRAFIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDK: 528.9(043.2)
Author: Jože Bučar
Supervisor: Assist. Prof. Dušan Petrovič
Title: Designing time changable three-dimensional cartographic representation of KO Šentjernej
Notes: 60 pages, 30 figures, 2 attachments
Key words: 3D map, animated cartographic representation, digital terrain model (DTM), cartographic generalization

Abstract:

Maps provide users with spatial information about the physical world. Modern cartographic models include digital data describing the real world objects and phenomena in all three dimensions. With advanced software equipment it is easier and faster to create a high quality 3D cartographic representation that can be displayed on a computer screen or printed on a paper. The cartographic presentations got an added value by the inclusion of sound or images (multimedia); the interaction between the user and the content of map or its display (interactivity); the ability to represent changes over time (dynamic maps) or travel through space (animation).

In the course of my thesis I designed a time changeable three-dimensional cartographic representation of the cadastral municipality of Šentjernej in the recent 230 years. Moreover, I have designed a symbolic and photorealistic three-dimensional map where I tried to show different content items of 3D maps in order to test the principles for designing 3D cartographic presentations.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Dušanu Petroviču. Prav tako se za vso pomoč in spodbudo zahvaljujem svoji družini ter prijateljem, ki so mi tekom študija stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | UVOD | 1 |
| 2 | OBČINA ŠENTJERNEJ | 3 |
| 3 | RAZVOJ IN POMEN KARTOGRAFIJE | 6 |
| 3.1 | Pregled razvoja kartografskih prikazov | 6 |
| 3.2 | Pomen in smernice razvoja kartografije | 11 |
| 4 | PSIHOLOGIJA ZAZNAVANJA PROSTORSKIH PODATKOV | 13 |
| 4.1 | Zaznavanje in prepoznavanje | 13 |
| 4.2 | Zaznavanje trirazsežnostnih prikazov | 14 |
| 5 | TRIRAZSEŽNOSTNE KARTE IN KARTOGRAFSKI MODELI | 16 |
| 5.1 | Karta in kartografski model..... | 16 |
| 5.2 | Trirazsežnostna karta (3D karta) | 18 |
| 5.3 | Vrste trirazsežnostnih kart | 21 |
| 5.4 | Izdelava in oblikovanje 3D karte | 22 |
| 5.4.1 | Modeliranje osnovnih prostorskih podatkov | 23 |
| 5.4.2 | Kartografsko oblikovanje..... | 26 |
| 5.4.3 | Generalizacija 3D kartografskih modelov..... | 31 |
| 5.4.3.1 | Generalizacija modela reliefa | 34 |
| 5.4.3.2 | Generalizacija zgradb | 34 |
| 5.5 | Upodobitev trirazsežnostnih kartografskih modelov..... | 36 |
| 5.5.1 | Dvorazsežnostne upodobitve kartografskih modelov | 36 |
| 5.5.2 | Dinamične upodobitve | 38 |
| 5.6 | Uporaba trirazsežnostnih kartografskih prikazov..... | 40 |

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| 6 | IZDELAVA ČASOVNO SPREMENLJIVEGA 3D KARTOGRAFSKEGA PRIKAZA KO ŠENTJERNEJ | 42 |
| 6.1 | Določitev namena, oblike in vrste karte..... | 42 |
| 6.2 | Določitev matematičnih elementov karte | 42 |
| 6.3 | Geografska analiza območja prikaza in odločitev o geografski vsebini karte ... | 43 |
| 6.4 | Pridobitev podatkov za izdelavo 3R karte..... | 43 |
| 6.5 | Izbira programske opreme | 45 |
| 6.6 | Obdelava podatkov za uvoz in nadaljnjo uporabo v programu VNS..... | 45 |
| 6.7 | Kartografsko oblikovanje trirazsežnostnega kartografskega modela..... | 47 |
| 6.8 | Organizacija, obdelava in vizualizacija v programu VNS | 50 |
| 6.9 | Izdelava animiranega prikaza v programu VNS..... | 51 |
| 7 | ZAKLJUČEK | 52 |
| VIRI | | 54 |
| | Literatura | 54 |
| | Spletni viri | 57 |
| PRILOGE | | |
| | Priloga A: Primeri upodobitev 3D kart | |
| | Priloga B: Seznam izdelanih 3D objektov | |

KAZALO SLIK

| | |
|---|----|
| Slika 1: Center Šentjerneja..... | 3 |
| Slika 2: Trg Šentjerneja podnevi in ponoči | 4 |
| Slika 3: Kartuzijanski samostan Pleterje | 4 |
| Slika 4: Grb občine Šentjernej | 5 |
| Slika 5: Babilonska karta sveta | 6 |
| Slika 6: Ptolemajeva karta sveta | 7 |
| Slika 7: Ptolemajev pogled na univerzum | 7 |
| Slika 8: Tabula Rogeriana | 8 |
| Slika 9: Karta sveta, ki jo je upodobil španski kartograf Juan de la Cosa | 8 |
| Slika 10: Merkatorjeva karta sveta | 9 |
| Slika 11: Theatrum Orbis Terrarum | 9 |
| Slika 12: Karta sveta, avtor Peter Coppo | 10 |
| Slika 13: Zemljevid Kranjske, Janez Vajkard Valvasor | 10 |
| Slika 14: Strukturni model pridobivanja prostorskih informacij | 17 |
| Slika 15: Psevdo 3R prikaz | 19 |
| Slika 16: Pravi 3R prikaz | 19 |
| Slika 17: Visoko realističen 3D prikaz | 20 |
| Slika 18: Prikaz reliefa z GRID (desno) in TIN (levo) | 24 |
| Slika 19: Prikaz položaja točke v 3R desnosučnem koordinatnem sistemu | 25 |
| Slika 20: Billboard tehnika označevanja | 30 |
| Slika 21: Infobox tehnika označevanja | 30 |
| Slika 22: Geometrijsko poenostavljanje linij | 32 |
| Slika 23: Generalizacija modela reliefa | 34 |
| Slika 24: Generalizacija zgradb | 35 |
| Slika 25: Prikaz reliefa z uporabo senčenja, hipsometrije ter skupaj | 37 |
| Slika 26: DMR prekrit z rastrsko sliko karte | 37 |
| Slika 27: Simulacija orkana Katrina | 39 |
| Slika 28: Urbanistično načrtovanje mesta | 41 |
| Slika 29: Georeferenciranje jožefinske karte v programu ArcMap | 46 |
| Slika 30: Teksture pri fotorealističnih 3D kartografskih prikazih | 49 |

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

| | |
|------|---|
| 2D | dvorazsežnostni |
| 3D | trirazsežnostni |
| DMR | digitalni model reliefa |
| DMV | digitalni model višin |
| DOF | državni ortofoto načrt |
| DTK | državna topografska karta |
| GERK | grafične enote rabe zemljišč kmetijskih gospodarstev |
| GIS | geografski informacijski sistem |
| GURS | Geodetska uprava Republike Slovenije |
| ICA | Mednarodna kartografska zveza (International Cartographic Association) |
| RPE | Register prostorskih enot |
| SURS | Statistični urad Republike Slovenije |
| TIN | nepravilna mreža trikotnikov (triangulated irregular network) |
| TTN | temeljni topografski načrt |
| TZS | Turistična zveza Slovenije |
| VNS | Visual Nature Studio (programsko orodje za kartografsko modeliranje in vizualizacijo) |
| VVZ | Vzgojno varstveni zavod |

1 UVOD

Kartografija je bila v preteklih desetletjih deležna številnih novosti. Izboljšave so si ena za drugo sledile tako na področju tehnologije izdelave kart, uporabe bolj kakovostnih materialov za upodobitev, načinu prikaza kot tudi predstavitve kart. Za izjemen napredek te znanosti so v grobem zaslužni revolucija digitalne tehnologije, povečana ozaveščenost ljudi pri skrbi za okolje in sočloveka ter tudi večja dostopnost do vseh vrst prostorskih podatkov in s tem omilitev omejitev dostopa do uradnih (vojaških) zbirk podatkov. Pri reševanju ekoloških, gospodarskih, družbenih, zdravstvenih, socialnih idr. problemov potrebujemo kakovostne prostorske podatke, katere želimo z ustrezno strojno in programsko opremo obdelati ter analizirati v čim krajšem možnem času. Žal pa živimo v času, ko ima hitrost podajanja informacij dejansko mnogo večjo vlogo, pogosto tudi na račun kakovosti in verodostojnosti.

Karte nudijo uporabnikom informacije o stvarnem svetu. Kljub izjemnemu tehnološkemu napredku pa so imeli kartografi že od nekdanje težave s prikazom objektov in pojavov (realnega) trirazsežnostnega prostora na dvorazsežnostni podlagi. Za višinsko predstavitev so uporabljali različne metode upodobitve:

- perspektivne metode (do 17. stol.),
- plastične metode: črtke (šrafe), sence, barvne sloje,
- geometrične metode: kote, plastnice (izohipse).

Ljudje so kmalu spoznali številne prednosti trirazsežnostne upodobitve prostora, najprej v obliki enostavnejših modelov, ki so bili fizično oblikovani iz naravnih materialov (peska, ilovice, lesa idr.), kasneje pa tudi v tehnološko bolj napredni in zahtevni obliki (hologrami, reliefne ter taktilne karte). Sprva je celoten postopek izdelave le-teh terjal precej časa in spretnosti. Šele obsežnejša uporaba računalniških tehnologij je prispevala k bolj številčni izdelavi in uporabi 3D prikazov, predvsem zavoljo enostavnejše, hitrejše in bolj ekonomične izdelave.

V okviru svoje diplomske naloge skušam podrobneje predstaviti področje 3D kartografije. Obravnaval sem postopke pridobivanja in obdelave podatkov, oblikovanje digitalnega modela

reliefa, vsebinske elemente kartografskih modelov, izdelavo 3D kartografskih znakov, kartografsko generalizacijo, izdelavo in oblikovanje različnih trirazsežnostnih kartografskih prikazov.

Odločil sem se za izdelavo časovno spremenljivega trirazsežnostnega kartografskega prikaza domačega okolja (KO Šentjernej) v sodobnem programskem orodju za kartografsko modeliranje in vizualizacijo – Visual Nature Studio. Na podlagi virov iz različnih časovnih obdobj sem želel vizualno predstaviti poseljenost v KO Šentjernej skozi čas vse od časa izdelave jožefinskega katastra pa do danes. Poleg tega sem izdelal še animiran kartografski prikaz ažurnega stanja ter visokoresolucijske karte, do katerih lahko uporabnik dostopa s pomočjo interaktivnega pregledovalnika na spletu.

2 OBČINA ŠENTJERNEJ

Občina Šentjernej, ki je bila ustanovljena 1. januarja 1995, pripada statistični regiji Jugovzhodna Slovenija. Meri 96 km² in se med slovenskimi občinami po velikosti uvršča na 73. mesto. Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije iz konca leta 2008 je imela občina približno 6.700 prebivalcev, kar jo po številu prebivalcev uvršča na 75. mesto. Na kvadratnem kilometru površine občine živi 70 prebivalcev, kar je manj kot v celotni državi (100 prebivalcev na km²). Naravni prirast bil v letu 2008 pozitiven, znašal je 5,6 (v Sloveniji 1,7), medtem ko je bil selitveni prirast negativen, znašal je -2,1 ‰ (SURS, 2011).

Naselje Šentjernej (nadmorska višina 185 m, 1.391 prebivalcev po podatkih SURS iz leta 2010) je veliko gručasto naselje pod Gorjanci na jugozahodnem delu Krške kotline in je gospodarsko, kulturno in upravno središče občine. Šentjernej leži sredi Šentjernejskega polja na križišču cest proti Novemu mestu na zahodu, Brežicam na vzhodu, Šmarju na jugu in Dobruški vasi na severu (priključek na avtocesto). Naselje je dobilo ime po župnijski cerkvi sv. Jerneja, ki je bila prvič omenjena leta 1249. Skozi naselje, ki se ob glavni cesti razširi v prostoren trg, teče potok Kobila.



Slika 1: Center Šentjerneja (Občina Šentjernej, 2010)

V letih 1546 do 1547 je bil v Šentjerneju župnik Primož Trubar, ki je močno razširil svoj vpliv po bližnjih gradovih (Gracarjev turn, Prežek, Vrhovo, Volavče). V Gracarjevem turnu je v letih od 1867- 1885 užival gostoljubje gradu Janez Trdina, ko je zbiral gradivo za svoje Bajke in povesti o Gorjancih (Gracarjev turn, 2010).



Slika 2: Trg Šentjerneja podnevi in ponoči (Občina Šentjernej, 2010)

Že od nekdaj so bile na območju današnje občine prevladujoče kmetijske dejavnosti, poljedelstvo, vinogradništvo, sadjarstvo, prašičereja, konjereja in živinoreja. Po denacionalizaciji, ko so bila zemljišča vrnjena prvotnim lastnikom, je kmetijska zadruga začela meliorirati okoliške mokrotne obdelovalne površine in uvajati gojenje hmelja na novih zadružnih površinah. Danes se občani s pridelavo ne ukvarjajo več, nekdanja hmeljišča pa so nadomestili sadovnjaki in kmetijsko-obdelovalne površine. Šentjernej je tudi središče lončarske obrti na Dolenjskem, čeprav se z njo sedaj ukvarja vse manj ljudi. Znano je tudi po številnih arheoloških izkopaninah, najdiščih in fosilih (zaradi lege na robu Panonske nižine), kartuzijanskem samostanu Pleterje, sejmski dejavnosti, kulturnih, športnih in zabavnih prireditvah. Prav tako je znano po vinu cviček in bogati kulinarčni ponudbi, ki jo lahko obiskovalci poizkusijo v številnih gostiščih, vinskih kletih in turističnih kmetijah. Znamenite konjske dirke izvirajo iz časov izumitelja ladijskega vijaka Jozefa Resslerja leta 1817 do 1821, ko je tu »treniral« na dirkalni cesti. Dirkališče je bilo ob sedanji regionalni cesti proti Kostanjevici na Krki.



Slika 3: Kartuzijanski samostan Pleterje (Občina Šentjernej, 2010)

V začetku šestdesetih let 20. stoletja je bil Šentjernej še pretežno kmečko naselje, danes pa dobiva vse bolj mestno podobo. Naselje se je začelo intenzivneje razvijati predvsem po letu 1950, ko sta začeli obratovati tovarna Iskra in Mizarsko podjetje Podgorje. Zaradi povečanih potreb po gospodarskih in storitvenih dejavnostih se je v bližini večjih gospodarskih obratov ustanovila poslovna in obrtna cona, ki pa se iz leta v leto vztrajno širi. Danes se naselje hitro širi: predvsem ob glavni cesti Novo mesto - Kostanjevica na Krki in ob krajevni cesti proti Šmarju na jugu. Kljub temu preudarni prostorski načrti občine skrbijo za sonaravni razvoj in uravnoteženo rabo površin. Tako je bilo v občini v zadnjih desetih letih zgrajenih in obnovljenih precej kulturnih in športno-rekreativnih površin (npr. izgradnja Kulturnega centra Primoža Trubarja in atletskega štadiona), kar ustvarja ugodno klimo za življenje ljudi. Na koncu leta 2008 je bila s 5,4% stopnja brezposelnosti v občini manjša od takratnega (6,7 %) povprečja v državi. Danes je zaradi posledic gospodarske krize in neugodnih razmer na trgu stopnja brezposelnosti tako v občini kot v državi precej višja, saj je v državi konec meseca novembra 2010 znašala že 11,1 % (SURS, 2011).

Zaščitni znak Šentjerneja je petelin, ki je upodobljen tudi v grbu občine Šentjernej. Šentjernej je bil v letu 2003 s strani Turistične zveze Slovenije (TZS) proglašen za najlepše urejen izletniški kraj v Sloveniji. Prav tako je občina od TZS pod projektom »Moja dežela – lepa in gostoljubna« prejela pečat gostoljubnosti (v kategoriji izletniških krajev):

- za leto 2009 1. mesto,
- za leto 2008 3. mesto,
- za leto 2005 3. mesto.



Slika 4: Grb občine Šentjernej (Občina Šentjernej, 2010)

3 RAZVOJ IN POMEN KARTOGRAFIJE

3.1 Pregled razvoja kartografskih prikazov

Vse od časov jamskih poslikav¹, starih kart Mezopotamije, Grčije in Azije, obdobja velikih raziskovanj in odkritij pa vse do danes, so ljudje ustvarjali karte z namenom, da bi si pomagali pri orientaciji in navigaciji v vsakdanjem življenju. Zapisi prostorskih informacij na obstojnih medijih predstavljajo pomembne korake v človeški zgodovini. Evidentiranje in nadaljnje raziskovanje novih virov nam nudi boljši vpogled v življenje in napredek človeške civilizacije, katerih znanje in veščine so se prenašale preko pisnega kot tudi ustnega izročila.

Za trenutno najstarejšo najdbo velja karta z Moravske, kjer so na mamutovi kosti upodobljene vzpetine, reke in doline v okolici današnjega mesta Pavlov. Ocenjena starost omenjene najdbe je 27.000 let. Med najstarejše karte uvrščamo v Ga-Sur leta 1930 najdeno karto Mezopotamije, ki izvira iz okolice 4. tisočletja pr. n. št. Izdelali so jo na 7,6 x 6,8 cm veliki glineni plošči, ki prikazuje 14 hektarjev veliko rečno dolino med dvema hriboma (Guisepi, 2010). V obdobje Mezopotamskega imperija uvrščamo tudi Babilonsko karto sveta, najdeno v južnem Iraku približno 100 km od Babilona na vzhodnem bregu reke Evfrat, ki je bila prvič objavljena leta 1899 (Kerrigan, 2009).



Slika 5: Babilonska karta sveta (Ancient Wisdom, 2011)

¹ Najstarejši znani prikazi izvirajo iz obdobja prazgodovine. Med paleolitskimi poslikavami v francoski jami Lascaux so odkrili karto neba, ki vsebuje tri svetle zvezde Lire (Vega), Laboda (Deneb) in Orla (Altair), ki tvorijo t.i. poletni trikotnik – navidezni trikotnik na severni nebesni polobli. Omenjeno odkritje je datirano na okrog 17 tisoč let pr. n. št. Poleg virov iz jam v Franciji obstaja še mnogo odkritij iz jam v Španiji, Turčiji, na Češkem in drugod po svetu (History of cartography, 2010).

Najdbe starih kart iz obdobja antičnega Egipta so prilično redke. Izdelane so bile na papirusu, razkrivajo pa precej dobro poznavanje geometrije in merskih tehnik, kar je bila verjetno posledica prizadevanj k obnovitvi zemljiških meja po vsakoletnih poplavih reke Nil. Ena izmed takih je približno 4.500 let stara karta *Turin Papyrus*, na kateri so upodobljene gore in nahajališča rudnih bogastev vzhodno od Nila skupaj s cestnim omrežjem (Harley et al., 1987).

V obdobju antične Grčije je prišlo do izjemnega napredka v znanosti. Karte so prišle iz rok raziskovalcev, ki so se lotili opazovanj in kartiranja z bolj matematičnega vidika (uporaba sferne geometrije in projekcij). Najbolj znana je Ptolemajeva karta sveta, ki je nastala v 2. stol. n. št.



Slika 6 (levo): Ptolemajeva karta sveta (NewBerry Library, 2010)

Slika 7 (desno): Ptolemajev pogled na univerzum (Harmonia Macrocosmica, 2010)

Leta 1986 so arheologi na Kitajskem v poplavljeni grobnici našli sedem kart, ki segajo v 4. stol. pr. n. št., ko je vladala dinastija Qin. Karte upodobljene s črnilom na lesenih deščicah so se na srečo ohranile prav zaradi ugodnih razmer in kakovosti lesa. Do tedaj so za najstarejše na Kitajskem veljale tri karte izdelane na svili, ki naj bi izvirale iz 2. stol. pr. n. št. (Hsu, 1993).

Zlatemu času Grkov in Rimljanov je sledilo obdobje zatona – temačni srednji vek. Oblikovalci kart so pozabili na dotedanje dosežke njihovih predhodnikov. Tako so se v veliki meri izdelovale le karte z versko vsebino, ki tudi niso služile nobenemu drugemu namenu.

Je pa zato toliko napredovalo znanje o Zemlji in Vesolju v arabskem svetu. Za enega izmed najpomembnejših arabskih kartografov velja Muhammad al-Idrisi. Sredi 12. stol. n. št. je na podlagi znanja zbranega od arabskih trgovcev izdelal atlas z naslovom *Tabula Rogeriana*.



Slika 8: Tabula Rogeriana (Mapsorama, 2010)

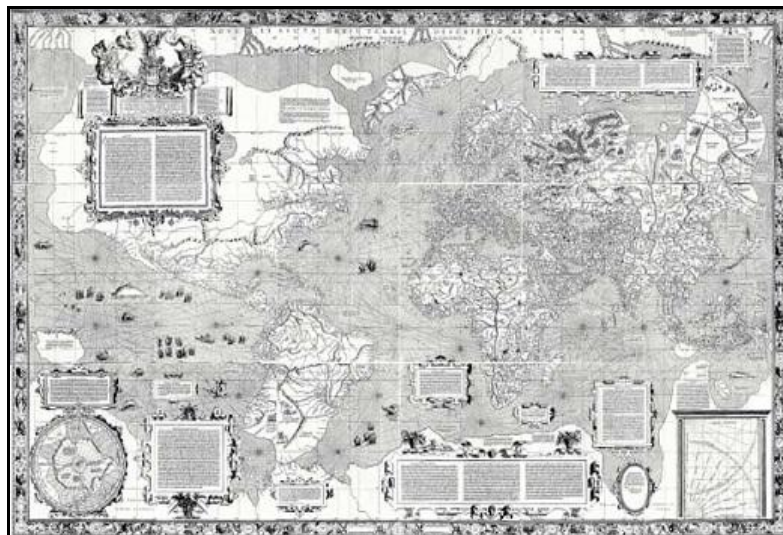
Evropa se je po srednjeveškem spancu zopet prebudila in zacvetela v obdobju renesanse. Karte niso več vsebovale izključno verske vsebine, temveč so bile precej bolj vsebinsko bogate ter so bolje prikazovale območja realnega sveta. Za ločnico med srednjim in novim vekom v splošnem velja Kolumbovo odkritje Amerike leta 1492. Z njim je potoval tudi španski pomorščak in kartograf Juan de la Cosa, ki je izdelal edinstven kartografski prikaz, na katerem so bile prvič skupaj upodobljene obe Ameriki kot tudi območja Evropa, Afrika in Azija (History of cartography, 2010).



Slika 9: Karta sveta, ki jo je upodobil španski kartograf Juan de la Cosa (Atlas Obscura, 2010)

S pojavom tiska, ki ga je v sredini 15. stoletja iznašel Johannes Gutenberg, so se proizvodnja, dostopnost in uporaba kart močno povečala. Tako sta razmahu evropskih osvajanj in kolonizacije novih območij sledila tudi povpraševanje in ponudba po prikazih še neodkritih področij Zemlje.

V drugi polovici 16. stoletja sta delovala dva izjemna flamska kartografa, ki sta postavila nove mejnike v sferi kartografije. Gerhard Mercator si je umislil svojo (povsem matematično zasnovano) projekcijo², ki mu je leta 1569 omogočila izdelavo najnatančnejše navigacijske karte sveta. Abraham Ortelius pa je leto kasneje izdal prvi moderni atlas z naslovom *Theatrum Orbis Terrarum*.



Slika 10: Merkatorjeva karta sveta (Stanford University, 2010)

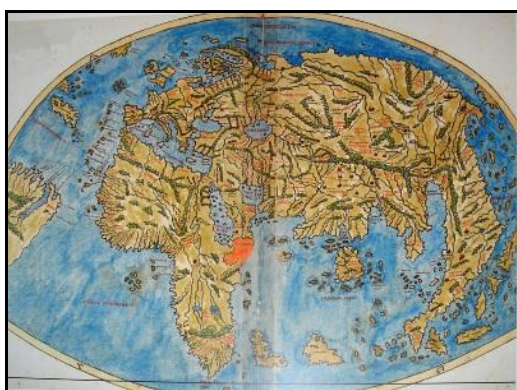


Slika 11: *Theatrum Orbis Terrarum* (Cartographica Neerlandica, 2010)

² Merkatorjeva projekcija je prečna konformna cilindrična projekcija. To pomeni, da se projekcijska površina plašča valja, pri projiciranju pa se ohranjajo koti. Vzporedniki (paralele) in poldnevnik (meridiani) se preslikajo na projekcijsko površino kot mreža pravokotnih ravnih črt.

S časom je prišlo do številnih tehničnih izumov, merilnih naprav, novih metod in postopkov tako pri izdelavi kot tudi upodobitvi kart. V sedemdesetih letih 17. stoletja je Giovanni Domenico Cassini začel projekt izdelave topografske karte Francije. Njegov projekt sta nato nadaljevala njegov sin in vnuk. Karte so bile tako objavljene kot *Carte de Cassini* proti koncu 18. stoletja in predstavljajo prve državne topografske karte v zgodovini (Encyclopædia Britannica, 2010). V 18. in 19. stoletju so se vrstile topografske in katastrske izmere v velikih ter vojaško naprednih državah (Francija, Avstrija, Nemčija, Italija). Izdelane karte so imele za vladarje pomembno vlogo pri strateškem načrtovanju vojnih pohodov kot tudi pri pobiranju davkov (Rajšp, V., Ficko, M. 1995).

Med prve kartografe na naših tleh štejemo Petra Coppo in Žigo Herbersteina. Peter Coppo se je med bivanjem v Izoli posvetil izdelavi zemljevidov in tam leta 1520 ustvaril svoje prvo veliko knjigo zemljevidov, imenovano *De toto orbe*. Leta 1528 je napisal in z zemljevidi opremil še *Portolano*, ki predstavlja enega prvih navigacijskih vodnikov na svetu (Pietro Coppo, 2010). Žiga Herberstein je leta 1549 izdal knjigo *Rerum moscoviticarum commentarii*, eno prvih evropskih del o ruskih razmerah in zgodovini (Žiga Herberstein, 2010). Njima so sledili Janez Vajakord Valvasor (1691 Slava vojvodine Kranjske), Janez Dizma Florjančič de Grünfeld (1744 *Ducatus Carnioliae Tabula chorographica*), Balthasar Hacquet in drugi.



Slika 12 (levo): Karta sveta, avtor Peter Coppo (Pietro Coppo, 2010)

Slika 13 (desno): Zemljevid Kranjske, Janez Vajakord Valvasor (Zemljevid Kranjske, 2010)

Kot je bilo že omenjeno, se je v 18. in 19. stoletju izvedlo precej izmer tudi na našem ozemlju. V okviru Avstrije in kasneje Avstro Ogrske so bile izvedene Jožefinska izmera (1784-1787), Franciscejska izmera (1806-1869), tretja izmera (1869-1889) ter četrta izmera

okoli leta 1900 (Rajšp, 1995). Razen nekaterih posameznikov, kot na primer Peter Kozler, Slavoj Dimnik, Ivan Selan idr., je večina kart v tistem času prišla izpod rok kartografov zaposlenih v državnih uradih (Petrovič, 2005a). Peter Kozler je leta 1853 objavil karto z naslovom »Zemljovid slovenske dežele in pokrajin« v merilu 1 : 576 000, na kateri je upodobil slovensko etično mejo.

V času kraljevine SHS je za sistematično produkcijo kart skrbel leta 1920 v Beogradu ustanovljeni Vojno-geografski inštitut. Za razvoj kartografije na slovenskih tleh so po letu 1960 v glavnem skrbeli Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FGG ter Geodetski zavod. Po osamosvojitvi leta 1991, je Slovenija po hitrem postopku pričela s sistematičnim zbiranjem in vodenjem prostorskih podatkov (Petrovič, 2005a). Analogne podatke so kmalu nadomestili digitalni. Leta 1995 je naša mlada država postala članica Mednarodne kartografske zveze (ICA). Glede na majhnost in mladost države, lahko rečemo, da je kartografija v Sloveniji dobro razvita. Večino kartografskih produktov se izdelava v podjetjih, ki so bodisi v državni bodisi zasebni lasti. Danes je za pridobivanje, shranjevanje, vodenje in predstavitev podatkov o prostoru in nepremičninah na državni ravni pooblaščen Geodetska uprava Republike Slovenije. Poleg tega zagotavlja izvajanje geodetskih meritev, skladnost koordinatnega sistema z evropskim ter razvoj osnovnega geodetskega sistema z namenom razvoja sodobnih metod geodetske izmere, zajemanja podatkov in uvajanja novih storitev, ki temeljijo na pridobivanju prostorskih podatkov s pomočjo satelitske tehnologije (GURS, 2011).

3.2 Pomen in smernice razvoja kartografije

Razumevanje zgodovine, kronologije nastanka in pojava kart nam poleg zgodovinske vrednosti pomaga razumeti tudi današnje stanje kartografije. Kartografija je znanost o zgodovini, načinih prikaza, izdelavi, oblikovanju, uporabi in vzdrževanju kart in ostalih kartam sorodnih prikazov površja Zemlje, ostalih nebesnih teles ali njihovih delov, pa tudi prikaz stanj ali pojavov, povezanih s temi površinami (Petrovič, 2005b).

Po definiciji, ki je bila sprejeta na 10. generalni skupščini ICA v Barceloni, 3. septembra 1995, je kartografija veda, ki se ukvarja s pojmovanjem, izdelavo, uporabo in raziskovanjem kart (ICA, 2010).

Prehod iz analogne v računalniško podprto kartografijo predstavlja pomemben mejnik v zgodovini kartografije. Tradicionalnim kartam na papirju so se pridružile karte, ki praktično niso bile več omejene z medijem, namesto pretežno tlorisnih 2D prikazov je prišlo do izdelave prikazov v poljubnih pogledih (3D prikazi). Izjemno vlogo pri razvoju kartografije lahko pripišemo naglemu razvoju na področju računalništva in elektronike v zadnjih desetletjih. Popularizacija računalniške tehnologije in pojav interneta sta kartografijo še bolj približala uporabnikom. Moderna kartografija je tesno povezana z geografsko informacijskimi znanostmi in predstavlja številne teoretične in praktične osnove geografskih informacijskih sistemov. Osnovni namen sistemov GIS je predvsem podatkovna in tehnološka podpora za zagotavljanje kakovostnih prostorskih informacij, ki so potrebne pri odločanju o uporabi in posegih v prostor ter varovanju okolja (Šumrada, 2005).

Kartografskim prikazom pa je dodatno vrednost prinesla vključitev zvoka, slik (večpredstavnost), možnost uporabnikovega poseganja v vsebino ali prikaz karte (interaktivnost), možnost prikaza spreminjanja stanja skozi čas (dinamične karte) ali možnost potovanja skozi prostor (animacije). Večpredstavnostna kartografija za predstavitev geografskih informacij uporablja različno interaktivno spletno, CD-ROM in animirano računalniško programsko opremo (Cartwright et al., 2007). Tekom zgodovine lahko opazimo, da so imele določene velesile vedno prednost, če so imele na voljo bolj kakovostne informacije o prostoru od svojih tekmecev. Tudi v prihodnosti bo nadzor nad prostorskimi podatki imel pomembno vlogo tako v političnem, družbenem, okoljevarstvenem kot tudi vojaškem svetu. Navkljub dejstvu, da kartografija načeloma ni omejena z medijem prikaza in načinom zaznave, pa je vizualna upodobitev prostorskih podatkov še vedno njena glavna domena. Interaktivnost in večpredstavnost bodo ob nadaljnjih tehnoloških novostih kartografijo še bolj približale uporabnikom, ki pa bodo povpraševali po bolj in bolj kakovostnih prostorskih podatkih. Že danes si lahko uporabniki z nekaj znanja ustvarijo zadovoljive prikaze, ki ustrezajo njihovim namenom. Vendar pa bo ob ustreznem strokovnem znanju tudi v prihodnosti omogočala izdelavo resnično kakovostnih kartografskih prikazov predvsem draga profesionalna programska in strojna oprema. Uporaba klasičnih kart na papirju in na drugih fizično oprijemljivih medijih bo s časom še bolj izgubljala na pomenu, seveda pa bodo ostale na policah strastnih zbiralcev.

4 PSIHOLOGIJA ZAZNAVANJA PROSTORSKIH PODATKOV

Karte so običajno boljše abstrakcije realnosti kot drugi mediji in omogočajo lažje zaznavanje v njih vključenih prostorskih informacij. Razlog za to je usmerjena abstrakcija, kjer za boljšo uporabnikovo predstavo ustrezno poudarimo prikazovanje in odločanje bistvenih značilnosti izbranih objektov in pojavov. Zato tudi ni naključje, da so primerne za uporabo v posebne družbene namene, med drugim tudi za uporabo v prometu in za evakuacijske načrte v izrednih razmerah.

4.1 Zaznavanje in prepoznavanje

Glede na to, da zaznavanje opredeljujemo kot psihološki proces, je zelo pomembno, da se pri oblikovanju kartografskih prikazov zavedamo, da različni uporabniki tekom procesa branja kartografskih prikazov zaznavajo iste prikaze različno. Vsak posameznik si prostorske informacije razlaga na svoj način, kar je odvisno od že pridobljenih izkušenj, prostorske predstavljivosti in sposobnosti zaznavanja posameznika. Posameznik si v možganih ustvari miselno sliko na podlagi informacij, ki mu jih posredujejo čutila.

Glavni vir pridobivanja in zaznavanja prostorskih podatkov je vid, vendar kljub temu ne smemo zanemariti vpliva ostalih čutil (sluha, tipa, v razvoj pa se vključujeta že voh in okus), ki prav tako pomembno prispevajo k zaznavanju geolociranih podatkov. Človeško oko je fotoreceptor in zazna svetlobo, ki se nahaja znotraj vidnega spektra³. V zraku se tipično človeško oko odziva na valovne dolžine približno 380 – 750 nm (Visible spectrum, 2010). S pomočjo paličic zaznavamo svetlo/temno, medtem ko s pomočjo čepnic zaznavamo barve. Človek torej pridobi vtis o nekem pojavu iz realnega prostora tako, da zaznano svetlobo določene valovne dolžine obdela v možganih, kjer se tudi izvede interpretacija na osnovi izkušenj.

³ Prvi dve razlagi vidnega spektra sta napisala Sir Isaac Newton, v knjigi Optika, in Johann Wolfgang von Goethe, v Teoriji barv.

Ali ste se že kdaj vprašali, zakaj je ljudem ljubša bodisi ta ali ona barva? Opravljenih je bilo že precej študij iz tega področja in rezultati študij so prav tako fascinantni kot prej omenjeno retorično vprašanje. Dejstvo je, da so rezultati odvisni od okolja v katerem smo odrasli, kulture, starosti, spola itd. Otroci imajo najraje toplejše barve, še posebej rdečo, sledita pa modra in zelena. V zahodnem svetu je pri odraslih najbolj priljubljena modra, sledita ji zelena in rdeča, medtem ko sta najmanj zaželeni oranžna in rumena (Robinson et al., 1995). Razumevanje zaznave in prepoznavanja prostorskih informacij pri različnih ciljnih skupinah družbe nam pomaga ustvarjati kartografske prikaze, kateri bodo uporabnikom ljubši in po katerih bodo tudi pogostejše posegali. Potrebno pa je upoštevati tudi dejstvo, da imajo nekateri ljudje prirojeno barvno slepoto, kar jim otežuje zaznavanje in branje kartografskih prikazov. Največja pogostost tega pojava je v ZDA in Evropi, kjer ima približno 4 % prebivalstva določeno okvaro vida, najnižja (2 %) pa je na Arktiki ter ekvatorialnih predelih deževnih gozdov v Afriki in Južni Ameriki (Birren, 1983). Pojav je pogostejši pri moških kot pri ženskah (8 % moških v primerjavi z 1 % žensk v ZDA) in se lahko razlikuje po stopnji okvare vida.

4.2 Zaznavanje trirazsežnostnih prikazov

Če želi kartograf izboljšati prenos prostorskih informacij, potem je neizogibno njegovo komuniciranje z uporabniki. Povratne informacije uporabnika so tiste, ki kartografu realno prikažejo kartografsko stopnjo uporabnikovega dojetja in razumevanja kartografskega prikaza in mu tako da posredno informacijo o pravilnosti in popolnosti prikaza ter o težavah pri njegovem zaznavanju (Rojc, 1986).

Ustrezno dojetje in interpretacija prostorskih podatkov je poleg kakovosti kartografskega prikaza upodobljenega na ustreznem mediju odvisna tudi od psiholoških in fizičnih sposobnosti uporabnikove zaznave (Häberling, 2003).

Kljub temu, da imamo geolocirane podatke shranjene v trirazsežnostnih podatkovnih modelih, pa se te prostorske informacije vseeno v veliki meri upodablja na dvorazsežnem mediju. Vendar uporabnik s tem prikazom ne izgubi občutka tretje dimenzije, temveč ga na podlagi

izkušenj in prejetih informacij vidnega senzorja v možganih interpretira kot trirazsežnostni prikaz.

Če primerjamo kartografske prikaze trirazsežnostne in klasične kartografije, lahko opazimo, da je zaznavanje reliefa in ostalih vsebin za uporabnika precej lažje pri trirazsežnostni kartografiji. Kot primer naj omenim zaznavo in prepoznavanje kompleksnega modela reliefa. Pri trirazsežnostni kartografiji uporabnik navkljub morda malo slabši prostorski predstavi nima večjih težav, saj s čutili neposredno dojema kompleksnost reliefa. Je pa zato zaznava tovrstnega modela za uporabnika bolj komplicirana, če je upodobljena na klasični karti. Uporabnik mora znati brati karto, da si lahko v možganih ustvari celovito miselno podobo, kar pa je precej težje pri razgibanem terenu.

Kakovost in pravilnost uporabnikovega prepoznavanja prostorskih podatkov pa je odvisna tudi od izbire medija. V zgodovini so se kot nosilci prostorskih informacij uporabljali različni mediji, od lesa, bakrenih plošč, kamna, steklenih plošč, plastičnih folij do papirja. Papir je še danes poleg zaslona najpomembnejši nosilec prostorskih podatkov, ki so namenjeni široki uporabi. Vendar pa ima računalniški drugačne lastnosti kot papir, kar je potrebno upoštevati tudi pri izdelavi in pripravi grafičnih prikazov (Petrovič, 2001). Pri oblikovanju kart na računalniških zaslonih včasih pride do pojava, ko predvidena in dejanska barvna globina nista usklajeni. Barvna globina označuje število bitov, s pomočjo katerih je predstavljena vsaka točka v bitni sliki. Pri najpreprostejši (enobarvni) grafiki opišemo točko le z enim bitom – črni barvi pripada vrednost 1, beli pa 0. Torej če je barvna globina enaka 8, to pomeni, da imamo za prestavitev ene točke na voljo $2^8 = 256$ barv.

Rojc (1986) opredeljuje prostorsko globinsko zaznavanje kot rezultat faktorjev, ki jih psihologija imenuje globinski znaki. Deli jih na psihološke in fiziološke globinske znake. Psihološki so odvisni od kognitivnih sposobnosti možganov, ki jih pridobimo s pomočjo izkušenj in pridobljenih znanj. Med psihološke globinske znake tako uvrščamo na primer opažanja, da se z oddaljenostjo predmeta velikost slike manjša, da predmeti v ozadju niso v celoti vidni zaradi predmetov v ospredju, da bližje predmete vidimo bolj jasno kot bolj oddaljene predmete itd. Fiziološki globinski znaki pa so odvisni od sposobnosti očesnih mišic (mednje štejemo na primer akomodacijo očesne leče, konvergenco oči itn.).

5 TRIRAZSEŽNOSTNE KARTE IN KARTOGRAFSKI MODELI

5.1 Karta in kartografski model

V vsakdanjem življenju pogosto naletimo na situacijo, ko želimo sogovornika s pomočjo opisa prostorskih informacij in relacij pripeljati do zelenega cilja. Pri podajanju informacij si seveda želimo, da si oseba v mislih ustvari odgovarjajočo sliko. Grafični reprezentaciji geografskega okolja pravimo karta (Robinson et al., 1995). Tako lahko rečemo, da je karta komunikacijsko sredstvo in tudi abstrakcija človeške zaznave prostora.

Moellering (1980) je na podlagi dveh meril, otipljive realnosti zapisa in neposredne vidne slike, ločil karte na realne oziroma navidezne tipe kart.

Preglednica 1: Delitev kart na realno in navidezne tipe (Moellering, 1980)

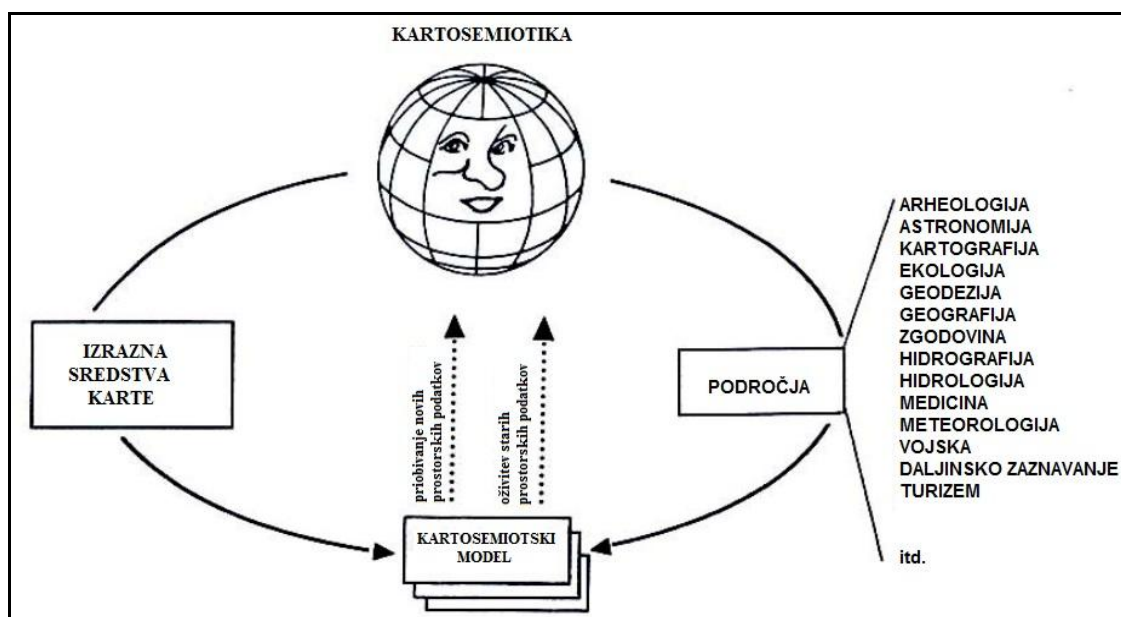
| | | neposredno vidna slika (karta) | |
|--------------------|----|---|--|
| | | DA | NE |
| otipljiva realnost | DA | REALNA KARTA karta na papirju, drugem trdnem mediju ali mikrofilmu, globus, ortofoto karta, blok-diagram, reliefna karta | NAVIDEZNA KARTA tipa II prostorski podatki v klasični obliki, anaglif, film, shranjen hologram, shranjena Fourierova transformacija |
| | NE | NAVIDEZNA KARTA tipa I slika na zaslonu, projekcija na steno, miselna karta kot slika | NAVIDEZNA KARTA tipa III podatki v digitalni obliki, video animacija, digitalni model terena, miselna karta relacij |

Danes veljavna definicija karte je bila objavljena na 10. generalni skupščini Mednarodne kartografske zveze (ICA) v Barceloni septembra 1995. V izvorniku se glasi:

“A map is a symbolised image of geographical reality, representing selected features or characteristics, resulting from the creative effort of its author's execution of choices, and is designed for use when spatial relationships are of primary relevance.” (ICA, 2010)

Definicijo karte je v slovenski jezik prevedel Petrovič (2001): »Karta je simbolizirana slika geografske resničnosti, ki prikazuje izbrane objekte ali lastnosti in je rezultat ustvarjalnega dela avtorja, namenjena uporabi, kjer so bistveni prostorski odnosi.«

Glede na to, da sta se v odvisnosti od tehnološkega napredka v tolikšni meri spremenila tako posredovanje prostorskih podatkov kot proizvodnja kartografskih prikazov, bi bilo nemara potrebno definicijo prirediti aktualnim razmeram. Wolodtschenko (2003) opredeljuje kartografijo v sodobni družbi kot sistem raznolikih oblik kartografskih prikazov, kjer prevladujeta izdelava ter uporaba tradicionalnih in virtualnih (digitalnih) »kartosemiotskih«⁴ modelov realnega kot tudi virtualnega sveta.



Slika 14: Strukturni model pridobivanja prostorskih informacij (Wolodtschenko, 2003)

Prvotno pojmovanje sistemov GIS se je uveljavilo kot skladišče kartografskih materialov (Šumrada, 2005). V sodobnih sistemih GIS prevladuje tako imenovani kartografski podatkovni model. To je model, ki vsebuje zapis podatkov o prostoru v digitalni obliki.

V obdobju klasične kartografije je bilo zbiranje in shranjevanje podatkov za izdelavo karte neposredno podrejeno končnemu videzu karte. Tradicionalni modeli so temeljili na vsebinsko povezanih tematskih plasteh, ki so bili med seboj do te mere usklajeni, da je njihova

⁴ Wolodtschenko z ozirom na današnje okvirje kartografije opredeljuje termin »kartosemiotika« (angl. cartosemiotics) kot področje, ki preučuje oblike in pojave kartosemiotskih modelov (oziroma izrazna sredstva karte s stališča modeliranja, komuniciranja in zaznavanja) s ciljem pridobivanja novih ali oživitvijo pozabljenih prostorskih informacij.

upodobitev delovala kot usklajena grafična enota. Posamezne vsebine so bile zajete na svojem pomenskem nivoju (ločeni podatkovni sloji za relief, hidrologijo, izgrajene objekte in vegetacijo). Digitalni prostorski podatki se lahko za razliko od analognih prikažejo v kateremkoli merilu, je pa pomembno, da so v modelu matematično pravilno zapisani podatki. V primerjavi s klasično karto lahko digitalni modeli vsebujejo mnogo več podatkov, posameznim objektom so lahko dodane številne lastnosti oziroma atributi. Podatkovni sloj tu predstavlja niz prostorskih atributnih in grafičnih podatkov, ki opisujejo prostorsko variacijo neke značilnosti na obravnavanem območju. Sprva so bili podatkovni modeli dvodimenzionalni (2D), kjer je bila vsaka točka zapisana z dvema koordinatama, ki sta podajali horizontalni položaj točke na Zemlji. Se je pa zaradi potreb v prostorskih analizah kmalu pojavila potreba po vključitvi nadmorske višine kot tretje dimenzije (Petrovič, 2001). Pri trirazsežnostnih podatkovnih modelih, kjer je položaj točke definiran s tremi koordinatami, nismo več omejeni zgolj na tlorisni pogled, temveč nam ti omogočajo izbiro različnih pogledov in izdelavo raznovrstnih kartografskih prikazov.

5.2 Trirazsežnostna karta (3D karta)

Danes nam sodobna računalniška tehnologija in tehnike navidezne resničnosti omogočajo nove možnosti pri upodabljanju prostorskih podatkov. S pomočjo kakovostnega digitalnega modela reliefa (DMR) in sodobne programske opreme za oblikovanje kartografskih prikazov lahko ustvarjamo perspektivne poglede pokrajine v impresivnem fotorealističnem načinu. Tovrstni prikazi so zelo priljubljeni pri navideznih prikazih površja Zemlje novih topografskih kart. Pogosto so vključeni v večpredstavnostnih atlasih in drugih informacijskih sistemih, prikazani kot natisnjene karte v revijah, knjigah ali pa se uporabljajo za nazorno predstavitev strokovnih analiz. Vendar pa se pogosto zanemarja pomen oblikovanja in predstavitve prikazov s pogojnimi znaki, oblikovanja legende in kartografske generalizacije. V ozir moramo vzeti, da se načela pri oblikovanju trirazsežnostnih kartografskih prikazov razlikujejo od načel, razvitih za tradicionalne dvorazsežnostne prikaze.

Uporabniki želijo uporabljati kartografske prikaze, ki jim nudijo čim boljše in bolj realne informacije stvarnega sveta. Splošno sprejete in uveljavljene definicije trirazsežnostne karte ni. Osnova za izdelavo trirazsežnostne karte je kartografski 3D model. Schenkel (2000) je

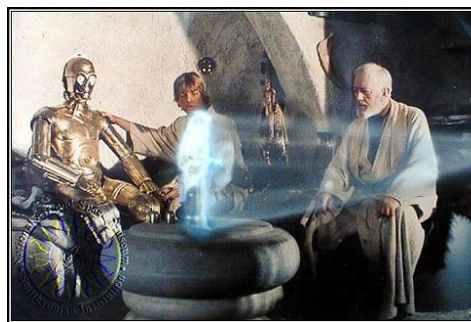
tako trirazsežnostno karto definiral kot karto, kjer lahko uporabnik neposredno zazna tretjo dimenzijo. Häberling (2003) jo je označil kot v perspektivnem pogledu prikazan prikaz s kartografsko vsebino. Bandrova (2001) pa, da je računalniško izdelan, matematično definiran, 3D visoko realističen prikaz zemeljskega površja z naravnimi in izgrajenimi objekti ter pojavi. Razlika med klasičnimi kartami in trirazsežnostnimi kartami je torej v tem, da je tretja dimenzija na klasični karti prikazana s pogojnimi znaki (npr. višinski pasovi prikazani z različnimi barvami, plastnice itn.), ki jih moramo interpretirati, da pridobimo predstavo o značilni obliki terena, medtem ko slednje pri 3D karti zaznamo neposredno. Trirazsežnostno kartografijo pa vse bolj povezujemo tudi z digitalnimi tehnikami izdelave in oblikovanja prostorskih prikazov ter s prostorskimi analizami. Pogosto jim dodajamo interaktivne in večpredstavnostne vsebine, ki pomembno prispevajo k pridobivanju znanja o prostoru.

Häberling (2003) definira trirazsežnostno kartografijo kot del kartografije, ki zajema klasične trirazsežnostne fizične kartam sorodne prikaze, psevdo 3D in prave trirazsežnostne kartografske predstavitve. Določil je kriterije, ki opredeljujejo vrste trirazsežnostnih kartografskih prikazov:

- območje predstavitve (karte velikega in majhnega območja),
- osnovni podatki (model reliefa je lahko sestavljen iz: pravilne mreže kvadratov-GRID, nepravilne mreže trikotnikov – TIN in sivo-stopenjskih podob; na podlagi strukture podatkov ločimo: vektorske in rastrske 3D karte),
- funkcionalnost (statične ali pasivne, interaktivne, dinamične in navigacijske),
- vrsta tematske vsebine in medija prikaza (analogne in digitalne 3D karte),
- namen, raba in področje uporabe karte,
- oblikovanje in simbolizacija.



Slika 15 (levo): Psevdo 3D prikaz (Iphone, 2010)



Slika 16 (desno): Pravi 3D prikaz (Star Wars hologram, 2010)

Uporabniki imajo na voljo širok spekter dobre in zmogljive programske opreme, ki omogoča upodobitev poljubnih prostorskih modelov kot tudi izdelavo posameznih objektov. Zmogljiva programska oprema omogoča izdelavo visoko realističnih 3D slik, ki so na videz zelo privlačne ter se na pogled zelo približajo stvarnosti. Verjetno sta ravno slednja argumenta prepričala uporabnike, saj se je njihova uporaba in izdelava zelo povečala.

Znanje in sposobnost branja kart pri uporabnikih je v glavnem posledica intuicije in izkušenj. Človek živi v 3D dinamičnem svetu in ga kot takega tudi bolje zaznava. Zato tudi ni presenetljivo, da kartografi pogosteje stremijo k izdelavi visoko realističnih prikazov. Kljub vsemu, cilj kartografa ne sme biti le izdelava prikazov, ki bi se čim bolj približali realnosti. Karte naj bi v principu nudile uporabnikom prostorske informacije, s katerimi bi si uporabniki izboljšali svojo predstavo o svetu. Tako v trirazsežnostnih prikazih pogosto izgubimo del prostorskih informacij, ki pa jih želimo z vključevanjem zvokov, 3D prikazov, animacij idr. nadomestiti. **3D karta je torej vsaka upodobitev geografske realnosti, ki ni tlorisna in ki omogoča položajno ter pomensko pridobitev podatkov o prikazanih objektih in pojavih** (Petrovič, 2001).



Slika 17: Visoko realističen 3D prikaz (VNS, 2011)

5.3 Vrste trirazsežnostnih kart

Trirazsežnostne karte lahko ločimo glede na (Zavadlav, 2003):

- način prikaza: znakovni ali fotorealistični prikaz ter
- dinamičnost prikaza: statična slikovna slika ali animiran kartografski prikaz.

Pri znakovnem prikazu lahko vsebino 3D karte prikažemo s kartografskimi znaki, pri čemer upoštevamo postopke kartografske generalizacije⁵. Manjše in manj pomembne vsebine lahko izpustimo, prikažemo pa večje in pomembnejše vsebine. Prednost takih kart je, da so manj obremenjene ter zato omogočajo uporabniku hitrejše pridobivanje izbranih prostorskih informacij.

Pri fotorealističnih prikazih se želimo čim bolj približati stvarnosti. Ti prikazi so izjemno prijetni za oko, vendar pa uporabniku ne omogočajo branje prostorskih informacij v taki meri kot znakovne karte. Fotorealistični prikaz vsebuje ogromno količino podatkov, zato uporabnik pogosto potrebuje precej časa za pridobivanje informacij. Sprejemljivi so le pri pogledih iz velike bližine, saj so objekti in pojavi bolj razločno vidni. Za boljšo preglednost 3D kart je zato nujna kartografska generalizacija in prikaz s kartografskimi znaki.

Statično slikovno sliko pridobimo z vnaprej določenim perspektivnim pogledom na 3D kartografski model. V izbranem koordinatnem sistemu je potrebno določiti položaj, orientacijo, vidni kot ter naklon kamere. Težava pri tovrstnih prikazih je, da lahko z določenim pogledom upodobimo le določen del objektov in pojavov, veliko pa jih ostane skritih za vsebinami karte.

Animiran kartografski prikaz je posebna oblika dinamične vizualizacije, ki ga uporabljamo za upodobitev kompleksnejših pojavov in območij. Običajno se gledalcu v ustreznem zaporedju pokaže niz podob nekega dogodka v obliki statičnih slik. Animacija pa zapolnjuje prehode med njimi ter s tem pripomore, da si gledalec lažje interpretira razlago dogodka ali pojava.

⁵ Postopki kartografske generalizacije so podrobneje obravnavani v poglavju 5.4.3 Generalizacija 3D kartografskega modela.

5.4 Izdelava in oblikovanje 3D karte

Poleg ustreznega znanja in spretnosti je za izdelavo ter oblikovanje kakovostnih 3D kart potrebno imeti ustrezno strojno in programsko opremo. Kakovost izdelanih kart je poleg ustrezne opreme odvisna od natančnosti pridobljenih digitalnih podatkov in drugih zahtev. Spretnosti kartografa se še najbolj opazijo pri kartografski generalizaciji in grafičnem oblikovanju.

Vsebina trirazsežnostnega kartografskega modela je v splošnem enaka vsebini klasičnih 2D kart. Tako poznamo kartografske prikaze s posebno tematsko in geografsko vsebino. Med topografske podatke uvrščamo podatke o vseh objektih in pojavih, ki se nahajajo na zemljišču in so z njim povezani (Petrovič, 2001). Relief terena in terenski objekti in pojavi sestavljajo dve osnovni skupini topografskih elementov, ki jih delimo na naravne in zgrajene elemente. Med naravne uvrščamo vse tiste elemente, ki niso nastali pod neposrednim vplivom človeške roke (relief, vodovje, rastje). Med zgrajene elemente pa uvrščamo vse objekte, ki so nastali pod vplivom človeka (objekti in infrastruktura, komunikacije, meje in mejni objekti, nasadi, umetni izkopi itd.).

Proces izdelave karte je v osnovi sestavljen iz:

- modeliranja osnovnih prostorskih podatkov,
- kartografskega oblikovanja in
- upodobitve.

Ponavadi želimo modelirati določeno območje oziroma del območja realnega sveta. Za modeliranje potrebujemo podatke obravnavanega območja, ki si jih priskrbimo iz zanesljivih virov. Pridobljene podatke nato uredimo ter pretvorimo v obliko formatov, da jih v procesu izdelave trirazsežnostnih kartografskih prikazov uporabljena programska oprema podpira. Urejene podatke najprej modeliramo, da pridobimo 3D model ter ga nato z uporabo kartografskega oblikovanja nadgradimo v trirazsežnostni kartografski model. Končni rezultat (3D karta) pridobimo z upodobitvijo trirazsežnostnega kartografskega modela na izbranem mediju.

5.4.1 Modeliranje osnovnih prostorskih podatkov

3D model opisuje prostorski in geometrijski položaj vsebovanih objektov v treh razsežnostih. Temelji na osnovnih podatkih, ki se v procesu modeliranja pretvorijo v ustrezno obliko podatkov, da so primerni za nadaljnjo obdelavo. Kartografski 3D model vsebuje digitalni model reliefa, topografske-kartografske objekte in orientacijske kartografske objekte.

MODEL TERENA

V 3D kartografskem modelu je najprej potrebno določiti geometrijo in obliko modela reliefa, ki predstavlja podlago za vse topografske objekte. Häberling (2003) definira model reliefa z naslednjimi oblikovnimi spremenljivkami:

- **oblika izseka**

Določitev oblike izseka nam določa zunanje meje izseka iz celotnega DMR, ki ji je prav tako omejen. Najpogosteje uporabljamo pravokotno obliko, poznamo pa tudi okroglo ter nepravilno obliko. Okrogla oblika se ponavadi uporablja za panoramske predstavitve, medtem ko se nepravilne oblike uporablja predvsem za predstavitve posameznih prostorskih enot, držav ali otokov.

- **koordinatni sistem**

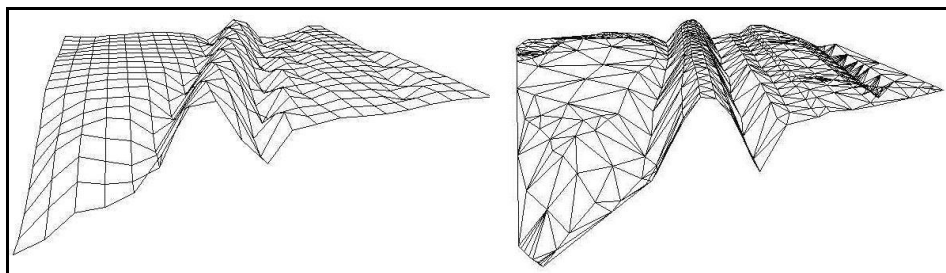
Položaj določenega izseka digitalnega modela reliefa je definiran preko posameznih točk modela. Za določitev potrebujemo koordinate dveh definiranih točk in ene primerjalne ploskve. Koordinate lahko nastopajo kot pravokotne prostorske koordinate (X,Y,Z) , geografske elipsoidne koordinate (φ,λ,h) ali ravninske koordinate izbrane kartografske projekcije (x,y,H) ali (r,α,H) .

- **geografsko območje**

Vsak izsek iz modela terena predstavlja določeno geografsko območje, ki pa je omejeno s koordinatami robov območja, koordinatami opazovališča in pripadajočim vidnim poljem (pri okroglem izseku) ali z mejo obreza želenega izseka (pri nepravilnem izseku).

- **podatkovna struktura**

Model terena lahko predstavimo kot pravilno mrežo kvadratov (GRID), nepravilno mrežo trikotnikov (TIN), sivo-stopenjsko podobo ali kot terenske linije (profili in višinske linije – vektorske izohipse).



Slika 18: Prikaz reliefa z GRID (desno) in TIN (levo) (ESRI - DEM, 2011)

- **gostota točk na modelu**

Modeli reliefa se med seboj razlikujejo tudi po gostoti točk. Gostejša kot je razporeditev točk, bolj se model reliefa prilega realnemu reliefu stvarnosti.

- **razmerje višin**

V praksi pogosto namerno zvišamo ali sploščimo izsek modela reliefa. Sprememba višinskih razmerij veliko prispeva zaznavanju karakteristik reliefa. Poleg tega je mogoče nesorazmerno horizontalno spreminjanje x in y koordinat, vendar slednje pri izdelavi 3D kartografskih prikazov v praksi ni zaželeno.

TOPOGRAFSKI OBJEKTI

Preko topografskih objektov na karti dobi uporabnik največ informacij o prostoru. V procesu modeliranja se med seboj razlikujejo po naslednjih značilnostih:

- **podatkovna struktura**

V podatkovnih bazah so shranjeni večinoma vektorski objekti, ki jih kot topografske objekte prikažemo na 3D kartah. Topografski objekti imajo lahko tudi rastrsko podatkovno strukturo. Rastrski objekt je podoba, katero določajo barvne vrednosti posameznih slikovnih elementov (pikslov) in se ga v 3D karto vključi s povezavo z

vektorskim objektom. Glede na podatkovno strukturo ločimo naslednje topografske objekte: točkovni (0D), linijski (1D), ploskovni (2D), 3D objekt in rastrski objekt.

- **geometrija objektov**

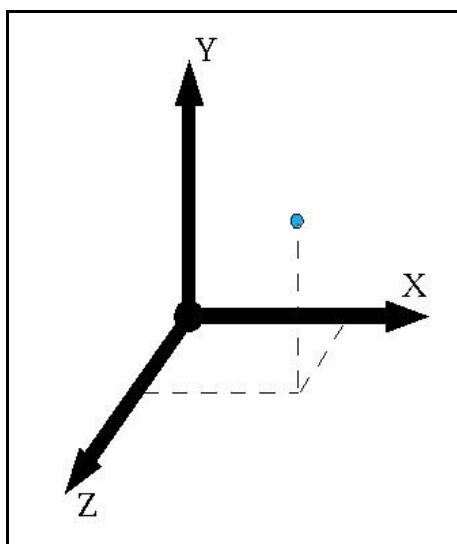
Položaj in število posameznih podatkovnih točk določa geometrijo modela posameznega topografskega objekta. Povezava med njimi je tista, ki konstruira obliko linijskega objekta, napete površine (pri ploskovnem objektu) ali zunanje lupine (pri trirazsežnostnem objektu). Geometrijo topografskega objekta spreminjamo s premikanjem, brisanjem in dodajanjem podatkovnih točk.

- **semantični atributi**

Semantični atributi topografskih objektov so integrirani v same topografske objekte in se jih grafično ne upodablja, odločilno pa vplivajo na kasnejšo grafično obliko.

- **koordinatni sistem**

Absolutna lega objekta je definirana preko položaja v prostorskem koordinatnem sistemu. Vsak georeferenciran topografski objekt je določen s trojico koordinat (najpogosteje so to X,Y,Z).



Slika 19: Prikaz položaja točke v 3D desnosučnem koordinatnem sistemu (Resumbræ, 2011)

ORIENTACIJSKI ELEMENTI KARTE

Poleg topografskih objektov so uporabniku na trirazsežnostnem kartografskem prikazu predstavljeni tudi objekti, ki mu omogočijo orientacijo. To so t.i. orientacijski kartografski objekti, ki jih oblikujemo in simboliziramo podobno kot topografske kartografske objekte. Delimo jih v naslednje skupine (Häberling, 2003):

- **objekti za pojasnila**

Objekti so lahko v 3D karti že neposredno pojasnjeni preko označitev. Pri tem je potreben vsaj en položajno določen vektor, na katerega lahko pripnemo besedilo, znak ali zvok.

- **navedba položaja**

Podobno kot pri objektih za pojasnila je možno v trirazsežnostni kartografski model neposredno integrirati navedbe za položaj. Tako lahko v model integriramo linijske objekte, ki se pri upodobitvi izoblikujejo v koordinatno mrežo ali pa besedilni zapis koordinat kot pri objektih za pojasnila.

- **navedba smeri**

Pri orientaciji znotraj 3D karte dajejo uporabniku pomembno podporo oznake za smeri neba ali grafična vetrovnica. Pomagajo mu tako pri določitvi smeri pogleda kot pri določitvi geografske usmeritve objekta.

- **navedba merila in razdalje**

Navedba merila (pogosteje grafičnega kot številčnega) in razdalje služi kot nadaljnji orientacijski objekt. Vendar pa se pri spremenljivem merilu preko površine pojavi težava pri navajanju obeh orientacijskih elementov karte, pri čemer uporabniku pomaga koordinatna mreža.

5.4.2 Kartografsko oblikovanje

Preko kartografskega oblikovanja dobijo kartografski objekti 3D karte svojo zunanjo obliko in lego znotraj modela. Pri tem je potrebno za vsak objektni tip izdelati svoj kartografski znak, ki se ga oblikuje v skladu s stopnjo generalizacije in vnaprej določenimi zahtevami, kot sta

ustaljen način oblikovanja in barvni koncept. S tem dobi vsak objektni tip svojo zunanjo grafično podobo – ne glede na to ali imamo model terena, topografski ali orientacijski kartografski objekt. Kot sredstvo oblikovanja so v prvi vrsti uporabljene Bertinove grafične spremenljivke (oblika, velikost, barva, vzorec, orientacija in tonska vrednost).

Pri dodajanju rastrskih slik na model reliefa kartografsko oblikovanje ne pride do izraza, saj običajno obstoječe rastrske podatke brez prilagajanja le vgradimo v 3D kartografski model. Zato je jasna prepoznavna in ločevanje kartografskih objektov oteženo. Pri vektorskih podatkih pa je predhodno oblikovanje nujno potrebno, ker podatki ne vsebujejo nobenih grafičnih atributov. Tako se kartografsko oblikovanje v glavnem nanaša na vektorske objekte (Häberling, 2003).

V primeru, če želimo v 3D karto vključiti ravni podrobnosti, moramo le to upoštevati že pri koraku kartografskega oblikovanja, uporabljen pa bo šele pri procesu upodobitve. Zunanji izgled kartografskega objekta je pri ravneh podrobnosti odvisen od opazovane razdalje, zato je glede na nivo podrobnosti potrebno za isti objekt pripraviti drugačen kartografski znak. Tako naj bi bili v ospredju kartografski objekt bolj kompleksni oziroma bolj podobni naravnim objektom, medtem ko za isto pomenske objekte v ozadju zadoščajo že zelo poenostavljeni abstraktni znaki.

ZUNANJI IZGLED

Večji del topografskih kartografskih objektov ima za zunanji izgled bodisi konture bodisi robne ploskve ali pa oboje skupaj. Ti dve stilistični sredstvi sta ustvarjeni s pomočjo oblike, velikosti, barve, svetlosti in teksture ploskve:

- **oblika**

Oblika določa zunanjo lupino objekta in je določena predvsem s stopnjo abstrakcije prikazanega objekta. Realna oblika predstavljenega topografskega objekta je lahko izražena preko abstraktne ali nazorne oblike. Smiselno je, da prvotne oblike geometrije modela ne spreminjamo, ampak jo nadomestimo z novo. Oblika kartografskih objektov pa je poleg stopnje abstrakcije odvisna še od izseka območja, povprečnega merila, stopnje generalizacije objektov in gostote objektov.

- **velikost**

Pri velikosti točkovnih in linijskih objektov na 3D kartah imamo v mislih metrične mere (dolžino, širino in višino) 2D in 3D oblik znakov, kakor tudi širino linijskih znakov. Velikost objekta določimo v legendi, vendar zaradi perspektivne upodobitve – in s tem povezanega pomanjšanja in popačenja – njihova velikost na karti ni konstanta. Zaradi velikosti slike (enega izmed načel globinske zaznave prostora) so objekti vendarle znani kot enako veliki.

- **barva**

Barva je ena izmed najpomembnejših značilnosti, po kateri se objekti med seboj razlikujejo. Pri uporabi barve v 3D kartah je potrebno upoštevati, da se v kasnejšem postopku upodobitve pojavijo osvetlitve in potemnitve na barvah objektov zaradi osvetlitve in senčenja določenih delov karte. Zato je potrebno vedno paziti na zadosten kontrast med posameznimi barvnimi toni.

- **svetlost**

Svetlost je tista količina, ki izraža razmerje med črnimi in belimi deli na neki površini. Svetlost barve je določena z deležem bele barve v posameznem barvnem tonu.

- **tekstura ploskve**

Teksturo ploskve določata sestava in grafični izgled površine objekta, ki se kaže s strukturo oziroma z vzorcem površine. Tekstura ploskve obsega kombinacijo različnih spremenljivk, kot so oblika, velikost, barva, svetlost in smer. Z njimi oblikujemo površino posameznega objekta. S kombinacijami različnih spremenljivk dobimo naslednje možnosti za oblikovanje teksture površine: fraktalna struktura, hrapavost, transparentnost, lastnosti materiala (odsevnost, odbojnost, lesk lomljenja svetlobe) in vzorec (oblika, ponavljanje in smer vzorca).

Če se želimo pri oblikovanju prostorskih podatkov čimbolj približati realni obliki, potem je to potrebno upoštevati pri oblikovanju kartografskih znakov. Opisane spremenljivke, kot so oblika, hrapavost površine, značilnost materiala in vzorec površine, nam omogočijo dober približek realističnemu izgledu. Sodobna programska oprema za izdelavo zahtevnejših

upodobitev pokrajine ponavadi že vsebuje teksturne in znakovne knjižnice. S pridom jih uporabljamo za vizualno oblikovanje in predstavitev različnih elementov pokrajine – reka, vegetacija, cesta in drugi. Da se čim bolj približamo realnosti nam omogočajo tudi osvetlitev in senčenje, kakor tudi možnost vključitve atmosferskih objektov in naravnih pojavov.

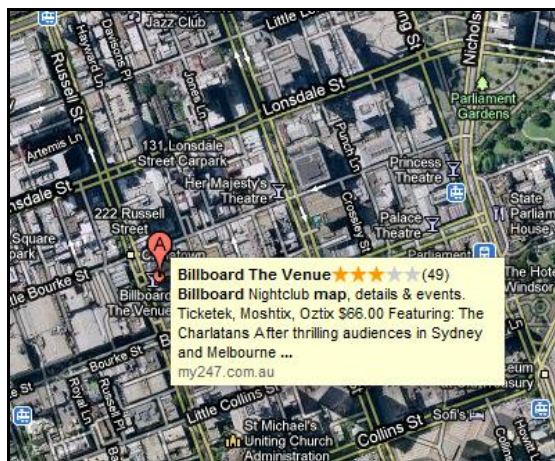
NAPISI NA KARTI

Napisi na karti uporabnikom služijo kot pojasnilo in dopolnilo kartografskim objektom. Uporabi se jih vselej, ko grafična izraznost sama po sebi ne prinaša dovolj velike informativne vrednosti in za navedbo semantičnih atributov kartografskih objektov (imena, numerične oznake, statistične vrednosti). Tako pri 2D kot 3D kartografskih prikazih ponavadi niso prikazani neposredno na upodobitvi, temveč se pogosto prikažejo šele ob izrecni zahtevi uporabnika npr. s klikom na izbrani objekt. Za oblikovanje napisov na karti uporabimo različne oblikovne spremenljivke:

- vrsta, velikost in barva pisave,
- debelina, lega in širina črk ter razmik me znaki,
- način zapisa (male in velike črke),
- posebni učinki (okrepljena, senčena, podčrtana idr. pisava),
- spreminjanje pisave (sprememba velikosti, barve in položaja, rotacija),
- tehnika označevanja (*billboard*, *mouse rollover* in *infobox*).

Billboard tehnika označevanja je bila uvedena na podlagi potreb podjetij, ki so se želela promovirati preko označevanja. Označbe se tako pri billboard kot infobox tehniki označevanja dodaja horizontalno, kar omogoča gledalcu enostavno branje označb. S klikom označbo, se nam odpre okno, ki nam ponavadi prikažejo več podatkov (lahko posreduje naslov, kontaktne podatke podjetja, telefonske številke, slike ter druge dodatne podatke o znaku. Spodaj prikazane slike prikazujejo način uporabe omenjenih tehnologij. »Mouse rollover« se nanaša na gumbe, ki jih razvijalec spletnih strani vključi v svojo spletno stran. Gumbi omogočajo interaktivnost med uporabnikom in spletno stranjo. Termin »rollover« izhaja iz vizualnega procesa, ko drsnik računalniške miške usmerimo na gumb, ki se nato odzove (ponavadi vizualno z zamenjavo slike). Besedni del »roll« se nanaša na starejše miške, kjer se je drsnik miške premikal na podlagi gibanja trde okrogle gume v dnu miškinega ohišja. Danes te miške skorajda niso več v uporabi, nadomestile so jih optične miške, zato bi bilo

mogoče bolje, če bi termin »rollover« nadomestili s terminom »mouseover« (Mouse rollover, 2011).



Slika 20: Billboard tehnika označevanja



Slika 21: Infobox tehnika označevanja (Imapbuilder, 2011)

ANIMACIJA OBJEKTOV

V 3D kartah so kartografski objekti lahko prikazani dinamično, ne le statično, kot je to značilno za tradicionalne karte. S pomočjo različnih programskih orodij lahko oblikujemo kartografske objekte tako, da ti med uporabo dinamične 3D karte interaktivno ali avtomatsko spreminjajo položaj oziroma svojo zunanjo podobo. V postopek animacije moramo integrirati vsaj dve stanji enega izmed atributov (npr.: prehod iz ene barve v drugo).

5.4.3 Generalizacija 3D kartografskih modelov

Kartografska generalizacija je ustvarjalni proces posploševanja, katerega uporabljamo pri načrtovanju in pripravi vsebine kart. Kartografom omogoča izboljšati uporabnost kart ter zaznavo geografskih podatkov in predstavitev prostorskih podatkov (Chen in Bai, 2001). Postopke generalizacije se uporablja tako pri izdelavi kart kakor tudi pri modeliranju. Žal kartografske generalizacije ni mogoče popolnoma avtomatizirati, kar predstavlja enega izmed večjih izzivov kartografije tudi po prehodu v računalniško kartografijo. Zaradi niza zapletenih postopkov, različnih pristopov, različnih primerov obravnave in uporabniških želja se še vedno izvaja delno ročno. Z zajemanjem in zbiranjem prostorskih podatkov v digitalni obliki, vzpostavitvijo prostorskih baz za prostorske informacijske sisteme, obdelavo, analizo in predstavitev prostorskih podatkov se kaže vse večja nuja po avtomatizirani kartografski generalizaciji.

Stopnja kartografske generalizacije je odvisna od merila, namena, načina uporabe karte, kartografskih virov, praga čitljivosti in grafične obremenitve karte ter se izvaja preko medsebojno odvisnih postopkov, ki se delijo v pet skupin: izbira in izpuščanje, geometrično poenostavljanje, združevanje, prehod na pogojni znak in premikanje (Petrovič, 2001). Omenjeni postopki generalizacije so se razvili za uporabo na 2D kartah, vendar se uspešno uporabljajo tudi na 3D kartah.

- **izbira in izpuščanje objektov**

Z izbiro in izpuščanjem objektov določimo osnovno vsebino karte, in sicer:

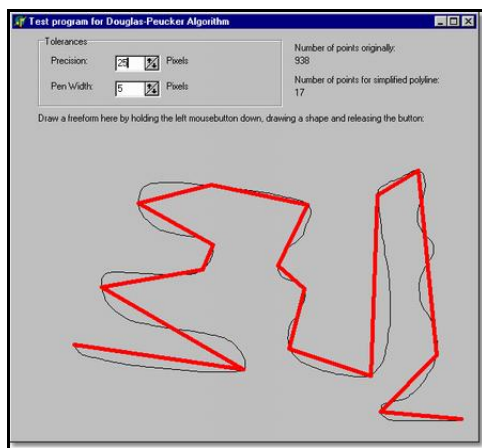
- obseg in strukturo elementov, ki jih želimo na karti;
- cenzuse in kriterije, ki določajo kateri objekti bodo prikazani;
- načela prioritete, če bi morali prikazati dva znaka na istem mestu in
- izjeme, ko lahko zaradi pomena vključimo tudi objekte, ki ne dosega cenzusov, torej, kjer prevlada kvalitativni kriterij nad kvantitativnim.

Prva faza izbire se izvede že pri določitvi geografske vsebine, ko izberemo objektne tipe, ki bodo vključeni v prikaz na karti. Drugo fazo pa se mora izvesti neposredno pri

vnašanju objektov v karto. Pri uporabi interaktivnih 3D kart se naloga izbire razdeli med izdelovalca karte in uporabnika, saj je lahko pri računalniški tehnologiji vsebin shranjenih informacij veliko in uporabnik sam izbira količino informacij, ki se prikažejo na trirazsežnostnem kartografskem prikazu.

- **geometrijsko poenostavljanje**

Geometrijsko poenostavljanje uporabljamo pri generalizaciji linijskih objektov. Z njim iz poteka linije izločimo detajle, katerih velikost bi bila pod pragom vidnosti. Tako dobljena poenostavljena linija izboljšuje preglednost, jasnost in čitljivost karte, toda ne smemo pozabiti, da ohranimo karakteristične lastnosti linijskega objekta. Pri poenostavljanju 3D objektov se upošteva merilo trirazsežnostne kartografske upodobitve, saj z zmanjševanjem merila ni mogoče prikazati objekta z vsemi podrobnostmi. V mestnih kartah običajno upoštevamo tudi pomembnost objekta. Manj pomembne objekte tako poenostavimo, na pomembnejših pa poudarimo določene značilnosti objekta.



Slika 22: Geometrijsko poenostavljanje linij (Simdesign, 2011)

- **združevanje**

Združevanje uporabljamo, kadar pri predstavitvi prikazov prehajamo iz večjega v manjša merila. Vendar pa združevanje kategorij in velikostnih razredov ni tako enostavno, saj je potrebno upoštevati kvantitativne in kvalitativne kriterije. Pri 3D prikazih se lahko srečujemo z različnimi nivoji združevanja na eni sami upodobitvi. Objekte na 3D prikazih združimo, kadar so objekti premajhni, da bi jih lahko prikazali v realni obliki in kadar jih ni treba prikazati ločeno.

- **prehod na pogojni znak**

Prehod na pogojni znak ustreza izbiri ravni podrobnosti kartografskega prikaza. Imamo več ravni podrobnosti. V najvišjem ravni mora biti prikaz objekta čim bolj podoben naravnemu izgledu objekta v naravi, v manjšem merilu se tak objekt nadomesti s poenostavljenim znakom, v najmanjšem merilu pa z geometrijskim pogojnih znakom.

- **premikanje**

Pri oblikovanju tako 2D kot 3D kartografskih prikazov se nam pogosto zgodi, da se zaradi spremembe merila posamezni objekti prekrivajo. Da se temu izognemo, objekte premikamo, vendar pa moramo pri tem paziti, da se po premikanju ohranijo pravilni odnosi med objekti.

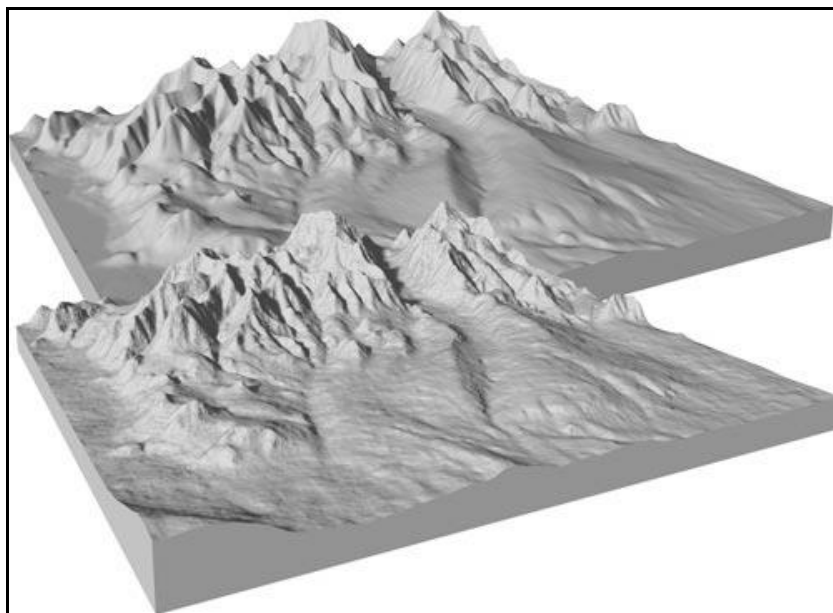
Kot sem že omenil, omenjena načela generalizacije veljajo tako pri tlorisnih 2D kartah kot tudi pri 3D kartah. Se pa pri 3D kartah pojavi tudi medsebojno zakrivanje objektov. Če želimo objekte, ki so v ozadju, prikazati na našem 3D prikazu, potem je potrebno objekte premikati. Pri tem moramo paziti na ohranitev medsebojnih odnosov v horizontalni in vertikalni smeri. Problem predstavlja tudi zakrivanje objektov zaradi reliefnih ovir. Da ohranimo informacijsko popolnost, premaknemo take objekte v horizontalni in vertikalni smeri, oziroma spremenimo model reliefa (znižanje ali premik reliefne oblike).

Generalizacija je pri trirazsežnostnih kartografskih prikazih zaželena tudi zaradi velike količine podatkov, ki jih mora obdelati programska oprema za upodobitev. Z generalizacijo se namreč zmanjša količina podatkov, ki jih v postopku upodobitve program renderira. Kljub vsemu je to danes čedalje manjši problem, saj imamo na razpolago vedno bolj zmogljive računalnike za renderiranje (Domajnko, 2008).

Pri izdelavi 3D kart moramo posebno pozornost posvetiti generalizaciji modela reliefa, saj lahko zemeljsko površje zaradi preveč podrobnega modela reliefa izgleda bolj kot groba grafična tekstura, namesto 3D pokrajina. Pri izdelavi 3D modelov mest pa moramo dodatno sprejeti še odločitev o načinu predstavitve in poenostavitve zgradb. Omenjeni generalizaciji sta bolj podrobno opredeljeni v sledečih podpoglavjih.

5.4.3.1 Generalizacija modela reliefa

Glavni namen generalizacije modela reliefa je ob pravilni zaznavi reliefa tudi poenostavitev reliefa ter poudarjen prikaz reliefnih značilnosti. Posebno pozornost moramo posvetiti poudarjanju in generalizaciji topografskih elementov, kot so nasipi, struge in ceste, ki jih poudarimo s širjenjem in povečevanjem, kar pa lahko vodi do problema ne gladkih prehodov med sosednjimi območji in objekti. Prehode zato zgladimo. Z generalizacijo modela reliefa lahko ustvarimo tudi boljšo globinsko zaznavo v 3D kartah. S povečevanjem stopnje generalizacije od ospredja proti ozadju ustvarimo optično iluzijo globine. Ta generalizacija zmanjša čas renderiranja, kar je zelo pomembno pri interaktivnosti. Postopna generalizacija se lahko uporabi tudi v vertikalni smeri kar povzroči bolj opazne detajle na višjih delih DMR-ja.



Slika 23: Generalizacija modela reliefa (USGS, 2011)

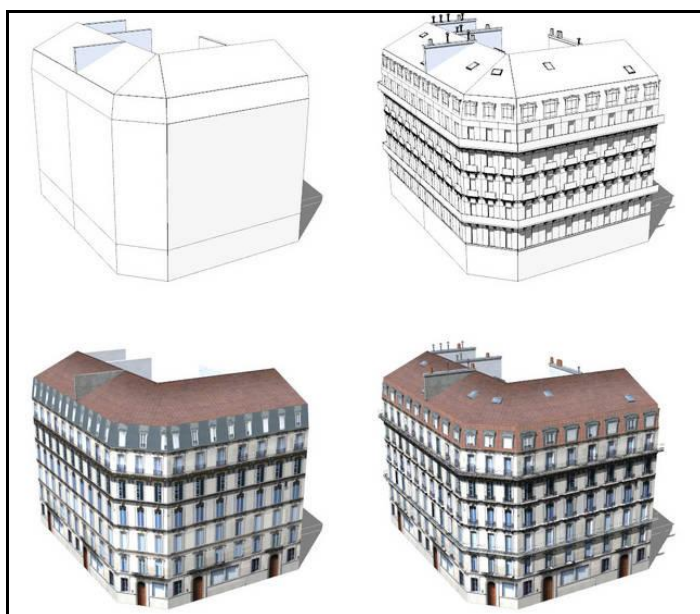
5.4.3.2 Generalizacija zgradb

V zadnjem času so 3D modeli mest vse bolj razširjeni, njihova uporaba pa se je usmerila od tradicionalnih analiz k predstavitev urbanega okolja. Najbolj priljubljeni so internetni sistemi upodobitev v realnem času, ki ponujajo zelo realistične prikaze. Zelo podrobni prikazi pa niso vedno najboljši za prenos prostorskih informacij (Kada, 2011).

Namen generalizacije zgradb je ta, da skušamo poudariti celotno obliko objekta in ne nepomembnih detajlov, pri čemer stremimo k ohranjanju lastnosti objekta. Posebej pomembne so značilnosti specifičnih objektov, ki oblikujejo pokrajino. Vendar pa objekte ne smemo preveč poenostaviti, saj lahko s tem izgubijo svojo prepoznavnost. Generalizacija posameznih zgradb je ena izmed glavnih nalog kartografske generalizacije pri 3D kartah in mora slediti naslednjim načelom (Kada 2011):

- odstranitev nepomembnih detajlov,
- vzdrževanje geometrijskih odnosov,
- ohranitev vidnih posebnosti objekta.

Prikazi v perspektivni projekciji 3D kart nimajo konstantnega merila. Človek v realnem svetu zazna pri bližjih objektih več detajlov, bolj kot so objekti oddaljeni od opazovalca, manjša je zmožnost zaznavanja detajlov. Pri sodobnih kartografskih orodjih imamo zato več ravni podrobnosti, ki zagotavljajo, da je vsak element 3D karte predstavljen z ustreznimi grafičnimi spremenljivkami v odvisnosti od lokalnega merila. Taka orodja omogočajo samodejno upodobitev 3D kart z različnimi podrobnostmi modela, ki pa so se razvili predvsem za izdelavo fotorealističnih upodobitev, medtem ko je za preprostejše (nerealistične) prikaze običajno dovolj le ena stopnja podrobnosti.



Slika 24: Generalizacija zgradb (CityEngine, 2011)

5.5 Upodobitev trirazsežnostnih kartografskih modelov

Sodobni kartografski modeli vsebujejo digitalne podatke, ki opisujejo objekte in pojave realnega sveta v vseh treh dimenzijah (podan je horizontalni položaj in višina). Napredna programska orodja omogočajo upodobitve vsebin kartografskega modela na računalniškem zaslonu ali pa izris karte na papirju.

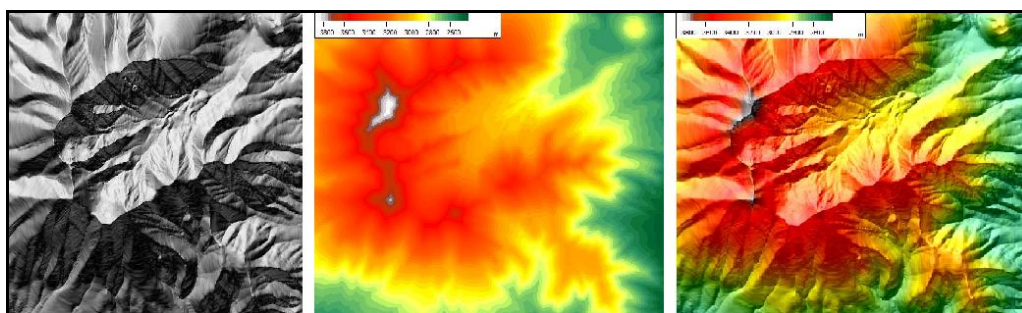
O trirazsežnostnih upodobitvah govorimo takrat, ko le-te uporabniku omogočajo čim boljše predstavo vseh treh dimenzij prostora. Tako nastalo prostorsko sliko definiramo kot navidezni pojav, ki ga opazujemo s sistemom vidne zaznave (očesni vid) brez prisotnosti realnega pogleda modela ali prostora (Petrovič, 2001). Na njeno uporabnost vpliva (ne)učinkovita raba grafičnih spremenljivk in stopnja globine slike, med katere štejemo tudi ločljivost in barvno globino.

5.5.1 Dvorazsežnostne upodobitve kartografskih modelov

Dvorazsežnostne upodobitve 3D kartografskih modelov so danes precej bolj razširjene od 3D upodobitev. Pri vizualizaciji dvorazsežnostnih 3D modelov so zelo pomembne nastavitve kamere (določitev položaja, vidnega kota ter horizontalnega in vertikalnega zasuka kamere). Posebna primera pri 2D upodobitvah 3D modelov sta tlorisni pogled in pogled, ki je vzporeden z ničelno nivojsko ploskvijo. Kot rezultat slednjega pridobimo profil oziroma prerez obravnavanega območja, rezultat uporabe tlorisnega pogleda pa je klasična 2D karta. Na podlagi oblike projekcijskih žarkov imamo lahko:

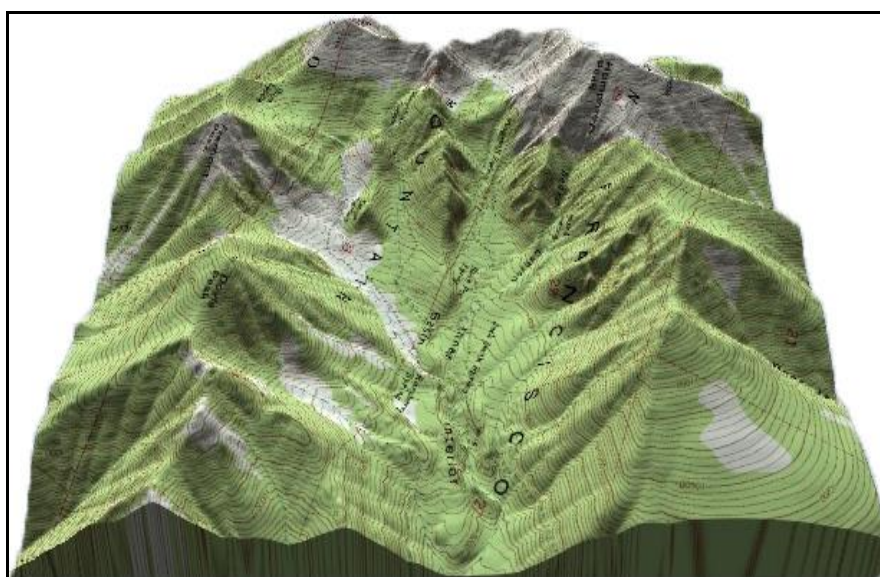
- ortogonalni pogled, kjer so projekcijski žarki med seboj vzporedni ter
- perspektivni pogled, kjer se žarki s stičiščem v projekcijskem centru razpršijo.

Najpogosteje izbran prikaz 3D modela je izbran pogled digitalnega modela reliefa, ki ga lahko predstavimo kot pravilno kvadratno mrežo (GRID) ali nepravilno mrežo trikotnikov (TIN). Modelu reliefa lahko nato dodamo vsebine za predstavitev višinske komponente, pri čemer se pogosto poslužujemo uporabe poltonskega senčenja in hipsometrične metode.



Slika 25: Prikaz reliefa z uporabo senčenja, hipsometrije ter skupaj (FGT DEM, 2011)

Še bolj grafično popolno upodobitev pa dobimo, če model reliefa prekrijemo z rastrsko sliko 2D karte, ortofoto posnetki (DOF) ali satelitskimi slikami. Tako lahko uporabniku na obravnavanem območju poleg upodobljenega reliefa ponudimo prikaz, ki je obogaten z objekti in pojavi. Če primerjam trirazsežno predstavitev modela reliefa prekrita z DOF-om oziroma satelitsko sliko ter prikaz s pogojnimi znaki in uporabo kartografske generalizacije, potem slednji omogoča uporabniku precej boljše prepoznavanje objektov in pojavov na 3D karti. Nadaljnji korak je prekritje modela reliefa z vektorsko podatkovno strukturo, kjer lahko posamezne objekte in pojave prikažemo z različno stopnjo podrobnosti v odvisnosti od lokalnega merila. Nato lahko dodajamo še dodatne učinke atmosfere. Z ustrezno oblikovanimi vsebinami karta ne pridobi samo na svojem estetskem izgledu, temveč pridobi na svoji preglednosti in berljivosti.



Slika 26: DMR prekrit z rastrsko sliko karte (FGT, 2011)

5.5.2 Dinamične upodobitve

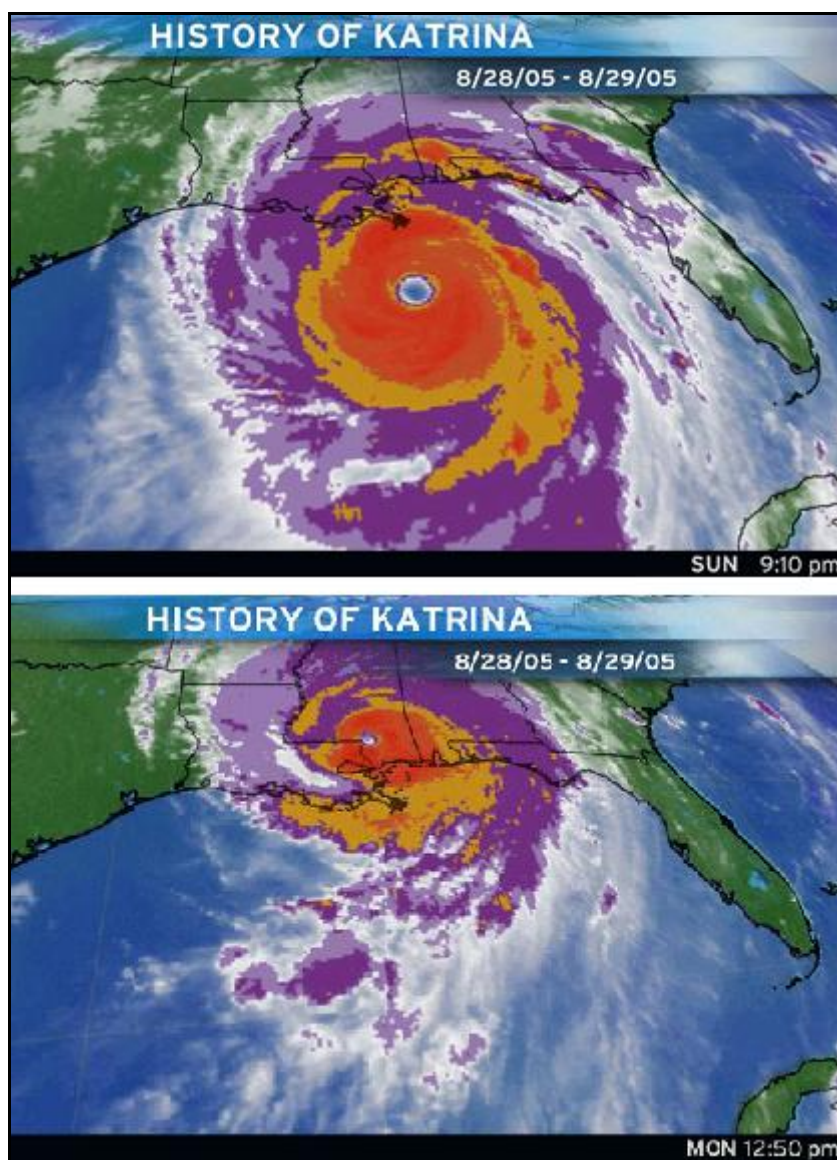
Razvoj kartografije, interdisciplinarnost stroke ter potrebe uporabnikov so spodbujale k še večji integraciji GIS orodij in računalniške kartografije na področju zahtevnejše vizualizacije. Nova integrirana okolja in orodja so bila ustvarjena z namenom izdelave interaktivnih kart, da uporabnikom omogočajo vizualne analize in dinamično zaznavanje v realnem času (Robinson, A. C., 2005). Dinamični kartografski modeli so modeli, kjer s spreminjanjem položajnih, kronoloških in drugih atributov ustvarjamo animacije.

Glavni namen animacij je zapolnjevanje praznin med statičnimi slikami, da si uporabnik lažje interpretira razlago dogodka ali pojava. To dosežemo z nizanjem velikega števila zaporednih statičnih slik, kjer se spreminjata položaj in orientacija opazovališča. Izdelava tovrstnih prikazov je v realnosti precej problematična, saj je sprotno nizanje slik v veliki meri odvisno od količine podatkov in ločljivosti podob. Animirani kartografski prikazi se v sodobnih programskih kartografskih okoljih, kot je na primer tudi Visual Nature Studio (VNS), definirajo z določitvijo ključnih točk preleta (lokacija, orientacija, nagib, itd.) in časa poteka preleta med ključnimi točkami. Poleg ustrezne ločljivosti (resolucije) posnetka, uporabnik nastavi še podatek o številu slik na sekundo ter izbere izhodni format animiranega prikaza. V svetu animiranih filmov številka prikazanih sličic na sekundo znaša 20-30 sličic. Taka frekvenca nizanja sličic ljubiteljem animiranih filmov poleg ustrezno visoke ločljivosti slik omogoča popoln užitek ob njihovem gledanju. Višja frekvenca prikazov niti ni smiselna zaradi omejenosti človeške zaznave, pri nižjih frekvencah od 20 Hz pa gledalec zazna netekoče prehode med prikazovanjem zaporednih slik.

Pri časovnih dinamičnih upodobitvah imamo opravka s časovnim spreminjanjem modela, medtem ko je točka opazovališča lahko statična ali pa se njen položaj in smer pogleda spreminjata. Petrovič (2001) je pri zaznavanju uporabnikov navedel naslednje prednosti upodobitve časovnih dinamičnih modelov:

- opazovanje spreminjanja naravnih pojavov (gibanje oblakov, dež, veter itn.),
- povzročanje pozornosti z vrtenjem, svetlobnim odsevom ipd. pri pomembnih objektih,
- prikaz časovnih sprememb, upoštevanje spremembe stanja skozi čas, kar nekateri poimenujejo kar 4D karta.

Uporabnikom je verjetno najbolj domača vremenska slika s simulacijo gibanja oblakov in intenzivnostjo padavin. Se pa časovno dinamične upodobitve uporablja za številne druge namene. Pogoste so v prometu (simulacije poti v cestnem, letalskem, vodnem prometu), pri prostorskem načrtovanju, zgodovinskih analizah poselitve ter spremembe stanj v različnih (letnih) časih, v zdravstvu (simulacija širjenja virusa), športu (npr. simulacija poteka etape Tour de France), v turistične in izobraževalne namene ter tudi drugje.



Slika 27: Simulacija orkana Katrina (Orkan Katrina, 2011)

5.6 Uporaba trirazsežnostnih kartografskih prikazov

Razvoj tehnologije in računalništva je povsem spremenil klasično pojmovanje kartografije. Spremembe so se sprva odrazile pri izboljšanih dvorazsežnostnih kartah. S časom pa so boljše strojna in programska oprema, strokovno znanje ter izkušnje uporabnikov privedle do natančnejših, bolj kakovostnih ter hitreje izdelanih trirazsežnostnih kart. Pri izdelavi trirazsežnostnih prikazov smo torej zelo odvisni od zmogljivosti našega računalnika.

Trirazsežnostne karte imajo v primerjavi z dvorazsežnostnimi to bistveno prednost, da je prikaz tretje dimenzije (višin) uporabnikom precej bolj razumljiv. Vendar pa to ni edina prednost 3D kart, saj omogočajo še veliko možnosti uporabe, kar je bilo na 2D kartah praktično neizvedljivo oziroma mnogo težje izvesti (npr. animirani kartografski prikazi ter razne simulacije dinamičnih pojavov, gibanja v realnem času, pri posegih v prostor itd.). Trirazsežnostne karte niso omejene z medijem, jih pa običajno prikazujemo kar na računalniškem zaslonu, kjer si lahko svoj model iz različnih pogledov ogledamo v ustreznem programskem okolju. Kljub vsemu, pa si lahko željen pogled natisnemo na papir in ga uporabljamo kot klasično panoramsko karto. Povpraševanje po 3D kartah narašča, tehnologija izdelave je na razpolago, uporabniški programi za opazovanje 3D kart so prav tako dostopni skoraj vsakomur. Danes se večpredstavnostna orodja na široko uporabljajo za boljši prenos prostorsko povezanih informacij. Razvoj na področju prostorskih upodobitev ob podpori večpredstavnostnih orodij vodi v razvoj naprednejših interaktivnih 3D kart. Uporabnik lahko preprosto modelu dinamično spreminja položaj, smer pogleda in način osvetlitve, pri tem pa premika objekte in izvaja meritve ter poizvedovanja.

Uporabnost karte je pogojena z njeno berljivostjo, namenom uporabe karte ter z zahtevami in zadovoljevanjem potreb uporabnika po prostorskih podatkih. Kljub temu, da karte v praksi omogočajo uporabnikom pridobivanje kartometričnih podatkov za potrebe orientacije in navigacije v prostoru, pa jih vseeno zanima interpretacija prikazanih objektov. Zato mora kartograf pri izdelavi trirazsežnostnega kartografskega prikaza dobro premisliti o namenu uporabe prikaza, (ne)ustreznosti velikosti območja, izbiri koordinatnega sistema in kartografske projekcije, stopnji podrobnosti, načinu prikaza ter navsezadnje tudi o tem, kakšne podatke ima na voljo (ažurnost karte).

Zaradi številnih prednosti so 3D karte ne le dobro sprejete med uporabniki, temveč se njihov krog uporabe vztrajno širi. Številni uporabniki so že spoznali številne možnosti uporabe 3D kart, drugi jih še bodo. Njihova uporaba se ceni predvsem na področju prostorskega planiranja in v arhitekturi, kjer prostorski planerji in arhitekti uporabljajo kartografske modele (sub)urbanih in ruralnih območij pri načrtovanju novih posegov v prostor. Pomembni so pri umestitvi in simulaciji novogradenj v prostor že pred pričetkom gradnje, pri izdelavi planskih aktov, obračunu površin in volumnov, vrednotenju etažne lastnine, načrtovanju revitalizacij, spomeniškemu varstvu, inventarizaciji in vrednotenju (Radovan in Janežič, 2001).

Uporabljajo se pri 3D GIS-ih in evidencah, prostorskih analizah in simulacijah, interaktivnih spletnih orodjih, na področju navidezne resničnosti, v razvedrilne kot vojaške namene, pri razvoju računalniških igrice, v filmski industriji, za namene ciljnih skupin ljudi s posebnimi željami in potrebami... Tako na primer taktilne karte omogočajo slepim in slabovidnim pri orientaciji in navigaciji v prostoru. Za lažjo predstavitev stvarnega sveta in učinkovitejšo nepremičninsko administracijo bi bilo na področju zemljiškega katastra ter zemljiške knjige smotno slediti smernicam za razvoj 3D-katastra (Rijavec, 2009). Poleg tega pa se 3D karte uporabljajo v izobraževalne, turistične, okoljevarstvene, telekomunikacijske, oglaševalske ter športno-rekreacijske namene pa tudi za potrebe varnosti, vremenskih napovedi, transporta, javnih služb za nujne primere, civilne zaščitne, sprostivne in drugo.



Slika 28: Urbanistično načrtovanje mesta (ESRI – Urban Planning, 2011)

6 IZDELAVA ČASOVNO SPREMENLJIVEGA 3D KARTOGRAFSKEGA PRIKAZA KO ŠENTJERNEJ

6.1 Določitev namena, oblike in vrste karte

Izdelal sem animiran časovno spremenljiv prikaz katastrske občine Šentjernej ter dva različna 3D kartografska prikaza (znakovni in fotorealistični) za isto območje, ki vsebuje tako urbano kot tudi naravno okolje z različnimi reliefnimi oblikami in vegetacijo. Animiran časovno spremenljiv kartografski prikaz je bil izdelan z namenom zgodovinske predstavitve poselitve obravnavanega območja, lahko pa se uporablja tudi v izobraževalne in turistično-informativne namene. Končna oblika kart je prilagojena uporabi preko spleta.

6.2 Določitev matematičnih elementov karte

- **kartografska projekcija:** Gauss – Krügerjeva projekcija

Lastnosti projekcije za Slovenijo:

- projekcijski valj se dotika Zemlje meridianu 15° (referenčni elipsoid: lokalni Besselov elipsoid, določen leta 1841; srednji meridian: 15° vzhodno od Greenwicha),
- projekcija je konformna, kar pomeni, da ni deformacij kotov, so pa deformacije dolžin, ki se večajo z oddaljenostjo od projekcije srednjega meridiana,
- Slovenija leži v 5. meridianski coni, širina meridianske cone je za $15'$ razširjena⁶ in znaša $3^\circ 15'$,
- izhodišče sistema je v presečišču ekvatorja in srednjega meridiana cone,
- faktor modulacije 0,9999,
- x – razdalja od ekvatorja proti severu, zmanjšana za 5000 km,
- y – razdalja od srednjega meridiana cone proti vzhodu, povečana za 500 km.

⁶ Območje Slovenije skoraj v celoti (z izjemo skrajno levega in zahodnega dela države) pade v 5. meridiansko cono. Razširjena cona je omogočila kartiranje celotnega državnega ozemlja v enem samem ravninskem koordinatnem sistemu. Pred razširitvijo cone na $3^\circ 15'$ (Peterca, 1993) je bil skrajni severovzhodni del Slovenije v 6. coni, poleg tega pa je bil v rabi še tako imenovani Baumgartnerjev zapis koordinat (pred y-koordinatami se je pisala še številka cone, kar pomeni da so bile vse koordinate točk sedemmestne).

- **merilo:** merilo se dinamično spreminja (odvisno je od višine in kota pogleda)
- **stopnja podrobnosti prikaza:** ustreza merilu 1 : 5000
- **orientacija karte:** orientacija se spreminja tako pri animiranem prikazu kot pri 3D kartah (orientacija odvisna od izbire uporabnika)

6.3 Geografska analiza območja prikaza in odločitev o geografski vsebini karte

Območje obsega je katastrska občina Šentjernej (KO Šentjernej), ki je velikosti 5 km × 4 km. Na severu je območje omejeno z lesno predelovalnim podjetjem Podgorje, na jugu s kartuzijanskim samostanom Pleterje, na zahodu s krajem Dolenja Brezovica in na vzhodu s krajem Mali Ban (Gauss–Krügerjev koordinatni sistem → Y_{MIN} : 524 500 m, Y_{MAX} : 529 500 m, X_{MIN} : 74 600 m, X_{MAX} : 78 500 m).

Znakovni in fotorealistični trirazsežnostni kartografski prikaz vsebujeta relief, hidrografijo, komunikacije, pokritost, zemljepisna imena ter izgrajene objekte, ki so grafično prikazani v katastru stavb. Kataster stavb sem dopolnil z vektorsko zajetimi objekti (vir: DOF050 2009). Odločil sem se, da pri časovno spremenljivem animiranem kartografskem prikazu poleg reliefa in ustrezne rastrske podlage prikažem še odgovarjajoče cestno in vodno omrežje, zemljepisna imena ter izgrajene objekte.

6.4 Pridobitev podatkov za izdelavo 3D karte

Na podlagi naročila digitalnih podatkov sem pridobil podatke na Geodetski upravi Republike Slovenije. Za izdelavo digitalnega modela reliefa sem pridobil podatke v obliki tekstovnih datotek (vir: DMV 125; format: *.txt*, lastnik: *Ministrstvo za okolje in prostor – Geodetska uprava Republike Slovenije*; številke listov: VTG2106-VTG2110, VTG2116-VTG2120, VTG2126-VTG2130, VTG2136-VTG2140, VTG2146-VTG2150, VTG2206-VTG2210, VTH2101-VTH2107, VTH2111-VTH2117, VTH2121-VTH2127, VTH2131-VTH2137, VTH2141-VTH2147 in VTH2201-VTH2203).

Na Arhivu Republike Slovenije sem pridobil skenograme listov (rastrske podlage):

- jožefinskega,
- franciscejskega in
- reambulančnega katastra.

Ti skenogrami v formatu .JPEG so precej boljše kakovosti, kot pa jih je možno pridobiti na spletu (vir: jožefinski, franciscejski, reambulančni kataster; lastnik: *Ministrstvo za kulturo – Arhiv Republike Slovenije*; številke listov: *N014A, N014A01-N014A07, N014C, N014C01-N014C07 in 2 skenirana lista sekcije 221 jožefinske karte*).

Preostale rastrske in vektorske vsebine sem pridobil na GURS-u, ki je tudi lastnik vseh spodaj navedenih podatkov:

- rastrske podlage:
 - DTK25 (*ŠENTJERNEJ 159*, format: *.PNG*, številka lista: *031-2-3*),
 - TTN5 (format: *.TIF*, številke listov: *H2221-H2223, H2231-H2233*),
 - DOF5 iz leta 2006 (format: *.TIF*, številke listov: *G2106-G2110, G2116-G2120, G2126-G2130, G2136-G2140, G2146-G2150, G2206-G2210, H2101-H2107, H2111-H2117, H2121-H2127, H2131-H2137, H2141-H2147 in H2201-H2203*)
 - DOF050 iz leta 2009 (format: *.TIF*, številke listov: *G0406-G0410, G0416-G0420, G0426-G0430, G0436-G0440, G0446-G0450, G0506-G0510, H0401-H0407, H0411-H0417, H0421-H0427, H0431-H0437, H0441-H0447 in H0501-H0503*) in
- vektorski podatki:
 - kataster stavb (format: *.shp in .dbf*, številke listov: *H2221-H2223, H2231-H2233*).

Med samo izdelavo karte pa sem pridobil še podatke o vegetaciji oz. rabi površin s spletne strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (vir: *Grafične enote rabe kmetijskih gospodarstev (GERK)*; lastnik: *Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano*; datoteka: *OB_119_RABA.shp*).

6.5 Izbira programske opreme

Odločil sem se za izdelavo trirazsežnostnega kartografskega modela v programskem okolju Visual Nature Studio, saj poleg sodobnih orodij za upravljanje in vizualizacijo s prostorskimi podatki omogoča kompatibilnost formatov datotek, kar je precej olajšalo izdelavo 3D kartografskih prikazov.

Poleg glavnega programskega okolja za oblikovanje in izdelavo 3D kartografskih prikazov - Visual Nature Studio 3.02 (3D Nature, LLC), v katerem je potekal večinski del naloge, sem potreboval še programsko opremo za pripravo in obdelavo podatkov, kot so: OCAD Version 10.0.1 (OCAD AG), ArcMap Version 9.3 (ESRI), Google SketchUp Pro 8 (Google), Adobe Photoshop CS3, Windows Live Movie Maker (Microsoft).

6.6 Obdelava podatkov za uvoz in nadaljnjo uporabo v programu VNS

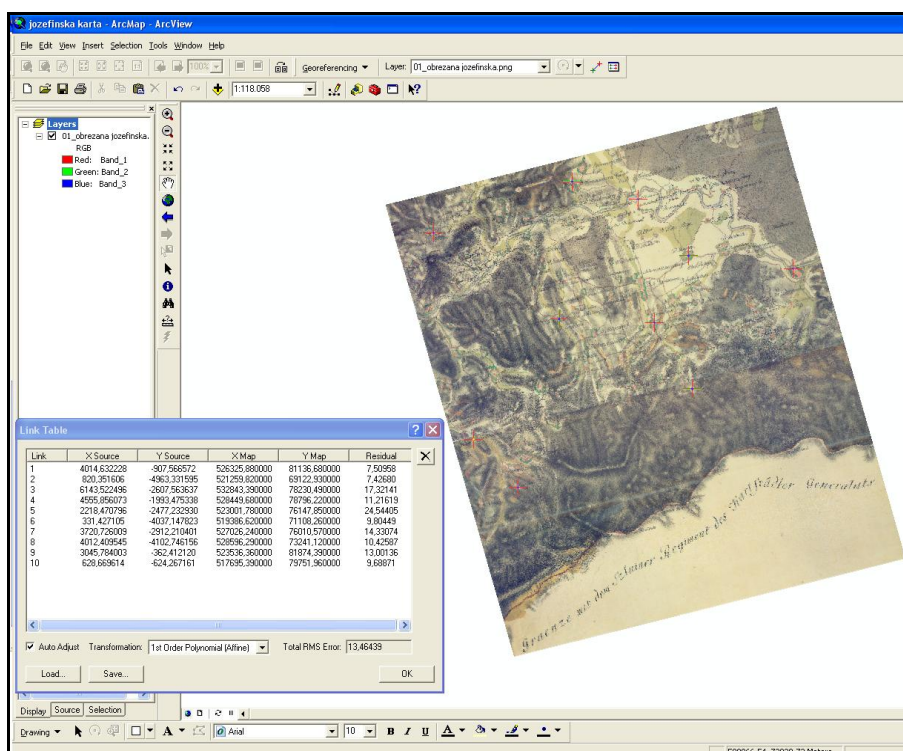
Podatke o terenu sem pridobil v 68 datotekah (format datotek .xyz) in je zaradi vizualnega izgleda večje od obravnavanega območja KO Šentjernej (območje velikosti: 17 km x 18 km, koordinate: LSK - levi spodnji kot (511250, 67000), DZK – desni zgornji kot (538250, 85000)).

Nato sem v programu Adobe Photoshop CS3 najprej obrezal posamezne liste jožefinskega, franciscejskega in reambulančnega katastra ter iz njih sestavil mozaik. Preostale rastrske podlage so že bile georeferencirane. Ker se obrezani robovi listov niso povsem skladali ter so med posameznimi listi nastali prazni prostori, sem v programu z uporabo različnih orodij lično zapolnil prazne prostore. S tem sem precej pridobil na vizualni obliki in izgledu kart.

Sestavljene mozaike (karte) sem nato v programu ArcMap georeferenciral⁷ na podlagi seznama koordinat signalov, ki sem ga pridobil na Območni geodetski upravi Novo mesto. Za referenčne točke pri georeferenciranju sem privzel koordinate cerkva. Pri jožefinski karti sem zaradi večjega formata karte imel na razpolago veliko število signalov, medtem ko sem imel

⁷ Pri georeferenciranju sem uporabil polinomsko (afino) transformacijo ter za preračun novih vrednosti rastrskih celic uporabil metodo najbližjega soseda (Nearest Neighbor).

pri preostalih dveh (franciscejska in reambulančna karta) na voljo le tri. Pri jožefinski karti sem tako izbral tisto kombinacijo referenčnih točk, ki mi je zagotovila pridobitev kar najvišje možne natančnosti georeferenciranja karte. Tako natančnost georeferenciranja jožefinske karte znaša 13,46 m in je definirana kot kvadratni koren vsote kvadratov odstopanj posameznih točk, ki sem jih izbral med procesom georeferenciranja (»RMS (Root mean square) error«).



Slika 29: Georeferenciranje jožefinske karte v programu ArcMap

Jožefinsko karto sem georeferenciral na podlagi (Gauss – Krügerjevih) koordinat desetih točk, in sicer: Drama (526325.88 , 81136.68), Pangrč grm – sv. Miklavž (521259.82 , 69122.93), Kostanjevica na Krki – sv. Jakob (532843.39 , 78230.49), Groblje (528449.68 , 78796.22), Pristava (523001.78 , 76147.85), Hrušica (519386.62 , 71108.26), Šmarje (527026.24 , 76010.57), Sv. Nicola (528596.29 , 73241.12), Tomažja vas (523536.36 , 81874.39) in Šmarješke Toplice (517695.39 , 79751.96).

Franciscejsko in reambulančno karto sem georeferenciral na podlagi treh točk, in sicer: Šentjernej (526567.78 , 77770.95), Šmarje (527026.24 , 76010.57) in D. Stara vas (528122.54 , 77112.84).

Georeferencirane karte sem nato uvozil v program OCAD 10, kjer sem ročno vektoriziral ceste, vode in objekte ter jih nato izvozil v format *.shp*, da sem jih lahko uvozil v program VNS. VNS podpira številne formate izmenjevalnih datotek (digitalnih modelov reliefa, rastrov, vektorskih slojev, 3D objektov, itd.).

Kot že omenjeno, sem s strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano pridobil shape datoteko o dejanski rabi površin.

6.7 Kartografsko oblikovanje trirazsežnostnega kartografskega modela

Kartografsko oblikovanje je najpomembnejši proces pri izdelavi kakovostnih 3D kartografskih prikazov, kjer vsebine modela pridobijo svoj položaj in grafično obliko. Pomen kartografskega oblikovanja je v tem, da pomembne elemente prikažemo bolj poudarjeno, jasno in razločno. Kartografske znake oblikujemo z Bertinovimi spremenljivkami (oblika, velikost, barva, orientacija, vzorec in tonska vrednost) v skladu z vnaprej določenimi zahtevami in stopnjo generalizacije. Težimo k takšni obliki 3D kartografskih znakov, da bi bila njihova oblika čim bolj podobna kartografskim kartam na 2D kartah.

Pri svojih trirazsežnostnih kartografskih modelih sem uporabil tako znake, ki sem jih sam izdelal v programu GOOGLE SKETCHUP PRO 8 kot tudi znake, ki so že bili vgrajeni v programu VNS.

Eden izmed pogostejših problemov, ki se pojavi pri izdelavi trirazsežnostnih kart, je prekrivanje objektov. Čeprav je nek objekt zakrit zaradi drugega, je potrebno ohranjati medsebojne odnose prikazanih objektov.

Relief: Relief je bil izdelan na podlagi kartografskega vira DMR125 in ga pri izdelavi 3D karte nisem generaliziral.

Vode: Vode so bile prikazane na podlagi vektoriziranih vsebin rastrskih podlag. Glede na to, da so bile posamezne 2D karte izdelane z različno stopnjo podrobnosti in v različnih merilih, so že avtorji uporabili številne postopke kartografske generalizacije (izbiro in izpuščanje, poenostavljenje linij, združevanje, itd.). Na obravnavanem območju KO Šentjernej ni večjega vodotoka, tako da sem potoke prikazal z vgrajenim kartografskim znakom za potoke. Predhodno definirano teksturo vod sem spremenil na svetlo modro barvo, da bi se vode bolj ločile od ostalih linijskih objektov). Izvire sem prikazal s poenostavljenim kartografskim znakom, ki sem ga izdelal sam.

Komunikacije: Komunikacije sem prav tako pridobil na podlagi vektorizacije posameznih listov kart. Pri prikazu sem izpustil vse energetske vode (z izjemo daljnovodov). Prav tako sem izpustil gozdne ceste in določene nekategorizirane ceste (neutrjene ceste, pristopi do objektov, itd.). Cestno omrežje sem po namenu razdelil v tri kategorije, ki sem jih prikazal z vgrajenimi kartografskimi znaki. V primeru križanja različnih objektnih tipov komunikacij (in vod) sem določil še stopnjo prioritete.

Pokritost tal: Pokritost tal je bila izdelana na podlagi vektorskih podatkov Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (GERK), ki vodi evidenco dejanske rabe kmetijskih in gozdnih površin. Izdelal sem ekosisteme, ki sem jih s pomočjo poizvedovanja po atributih povezal z ustreznimi vektorskimi podatki. Poslužil sem se združevanja travnikov, pašnikov, ohišnice in vseh travnatih površin. Prav tako sem se odločil za združevanje hmeljišč in sadovnjakov. Pri njivah in gozdnih površinah sem se poslužil izpuščanja. Izognil sem se prikazu majhnih obdelovalnih površin oz. majhnih otočkov. Pri znakovnem prikazu so bile vsebine prikazane na podlagi lastno izdelanih kartografskih objektov, medtem ko sem pri fotorealističnem prikazu prikazal pokritost tal na podlagi vgrajenih vsebin (z izjemo njiv, ki smo jih pridobili na spletni strani <http://www.3dnworld.com/components.php>). Z izbiro ustreznih drevesnih vrst, gostoto, lokacijo in orientacijo sem formiral obliko sadovnjakov in gozdov.

Stavbe: Stavbe sem pridobil na podlagi vektorizacije listov kart ter podatkov katastra stavb za celo Slovenijo (lastnik: *GURS*), ki sem ga obrezal, da ustreza mojemu področju obravnave. Pri vektoriziranih podatkih izgrajenih objektov je večino postopkov generalizacije avtor že

uporabil pri izdelavi karti. V več primerih se je izkazalo, da je stavba ležala na cesti oz. vodi, zato sem se v nekaterih primerih poslužil postopka premikanja objektov. Kataster stavb vsebuje tako grafične kot tudi opisne podatke o višinah objektov. V programu MS Excel sem za vse obravnavane objekte izračunal višinske razlike (izračunane na podlagi razlike višine slemena in višine temelja) ter shranil datoteko v *.dbf* format. Tako sem vsakemu identifikatorju objekta priredil odgovarjajočo višinsko razliko. V programu VNS sem nato grafično prikazanim izgrajenim objektom ustvaril zidove («Wall») s strehami ter jih preko identifikatorja povezal z datoteko, v kateri so bile izračunane višinske razlike. Tako je program ustrezno dvignil objekte glede na povezavo preko identifikatorja in njemu odgovarjajoče izračunane višinske razlike. V programu Google SketchUp Pro 8 sem izdelal še približno 50 lastno ustvarjenih 3D objektov, ki sem jih zaradi njihove pomembnosti želel poudarjeno predstaviti na svojih kartografskih prikazih⁸. V fotorealistični trirazsežnostni kartografski model sem vključil še teksture. Posnete slike sem uvozil v program Adobe Photoshop CS3. Najprej sem jih obrezal z orodjem «Crop», nato pa še preoblikoval z uporabo orodja «Free Transform». Tako sem na podlagi slik v perspektivnem pogledu pridobil teksture, ki sem jih nato v programu Google SketchUp Pro 8 pripel na stranice izdelanih objektov. Tako sem za vsak posebej izdelan objekt izdelal dve verziji za dva različna trirazsežnostna kartografska modela (znakovni in fotorealistični). Nekateri lastno izdelani objekti so vključeni med prilogami.



Slika 30: Teksture pri fotorealističnih 3D kartografskih prikazih

⁸ Modele objektov sem izdelal in shranil v programu Google SketchUp Pro 8 v obliki zunanjih lupin. Takšni objekti zasedejo manj prostora, kar omogoča tudi hitrejše delo. Vse izdelane objekte sem nato izvozil v format *.obj*, ki je povezljiv s programom VNS.

Zemljepisna imena: Sloj zemljepisnih imen sem pridobil na podlagi vektorizacije listov kart. Uporabil sem le imena naselij in krajev, medtem ko sem imena vodotokov in gričev izpustil. Imena naselij, krajev in gričev sem zaradi boljše preglednosti prikazal z belo barvo ter črno obrobo in jih ustrezno dvignil nad terenom.

6.8 Organizacija, obdelava in vizualizacija v programu VNS

VNS je organiziran po zavihkih, ki so imenovani glede na vsebino (relief, vode, pokritost, kamera, nebo, 3D objekti, osvetlitev, itd.). Posameznemu sloju lahko poljubno dodajamo njihove elemente kot pod-nivoje.

Poleg tega pa je posebnost VNS poleg možnosti izdelave dobrih vizualnih upodobitev tudi v tem, da vsebuje možnosti za izdelavo in manipuliranje s topologijo zunaj upodobitvenega okolja. Kar pomeni, da lahko upodobitev vidimo in natančno oblikujemo na nivoju točk, linij in poligonov brez vračanja v GIS okolje. Tematski sloji so lahko ustvarjeni in dostopni preko baze, ki se nahaja znotraj upodobitvenega okolja.

VNS je prilagojen za upodabljanje fotorealističnih pogledov. Program vsebuje številne oblike ekosistemov, cest, vod, neba, itd. na uporabniku pa je, da si prilagodi in po možnosti še doda lastne vsebine v taki meri, da ustrezajo njegovemu namenu. Tako lahko poljubno dodajamo elemente znotraj zavihkov, jim definiramo vse ključne parametre. Kot primer lahko navedem gozdni ekosistem, kjer lahko definiramo tipe dreves, vrsto podrasti ter njihovo gostoto. Vodne površine in prometnice upodabljam kot linijske objekte (reka, potok) ali kot zaključene poligone (jezera, mlake). Se pa pojavi težava, ko vektorske sloje napenjamo na digitalni model reliefa, saj pride do nerealnih upodobitev le teh, še bolj pa se to opazi pri presečiščih. S pomočjo uporabe »Terrafactors« in nastavljanjem parametrov rešimo nastale težave. Tako pridobimo lično ustvarjene oseke, nasipe na digitalnem modelu reliefa, zato je prikaz linijskih elementov bolj realen.

Kartografski (3D) modeli vsebujejo veliko količino podatkov, zato je razumljivo, da njihova obdelava in renderiranje scen vzame veliko časa. Do končnih rezultatov pridemo precej hitreje, če imamo na voljo zmogljivo strojno in programsko opremo.

6.9 Izdelava animiranega prikaza v programu VNS

Po koncu izdelave karte je sledila izdelava animiranega kartografskega prikaza – preleta preko območja. To sem dosegel s pomočjo nastavitev kamere v VNS. Ustvaril sem novo kamero, ki mi je služila za realizacijo preleta. Določil sem ključne točke preleta (lokacijo, orientacijo, nagib, itd.) in čas poteka preleta med ključnimi točkami. Nato sem v programu izbral ustrezno ločljivost (resolucijo) posnetka, nastavljal sem še podatek o številu slik na sekundo ter glajenju robov. Pri izbiri izhodnega formata animiranega prikaza sem se odločil za format *.png*, saj lahko uporabnik včasih naletí na težave pri renderiranju in shranjevanju celotne animacije v *.avi* format⁹. Nato je sledil avtomatičen postopek renderiranja animiranega kartografskega prikaza. Posamezne renderirane podobe so se shranile na trdi disk, ki sem jih nato uvozil v program Windows Live Movie Maker, kjer sem izdelal animiran kartografski prikaz.

Končni rezultat je animiran časovno spremenljiv kartografski prikaz shranjen *.avi* formatu. V kratki animaciji je s preletom preko obravnavanega območja predstavljen zgodovinski potek poselitve v katastrski občini Šentjernej. Animacija pa ni namenjena izključno zgodovinski predstavitvi poselitve KO Šentjernej, temveč se lahko uporablja tudi v izobraževalne in turistično-informativne namene.

⁹ Ni priporočljivo shranjevanje renderiranih podob v *.avi* format, saj se v primeru prekinitve programa rezultati ne shranijo. Do nepričakovanih motenj lahko pride zaradi omejenosti programa (neodzivnost, zrušitev programa) ali drugih nepričakovanih dogodkov, kot je na primer zrušitev operacijskega sistema, izpad električnega toka... Če izberemo renderiranje zaporednih scen v *.png* formatu, se slike teh scen sproti shranjujejo na trdi disk. V primeru prekinitve ni potrebno ponovno začeti z renderiranjem od prve scene dalje, temveč enostavno nadaljujemo z renderiranjem scene, pri kateri je prišlo do prekinitve v delovanju programa.

7 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem se ukvarjal s področjem trirazsežnostne kartografije. Spoznal sem razvoj kartografije in kartografskih prikazov, opredelil osnove trirazsežnostne kartografije, spoznal procese zaznavanja prostorskih podatkov iz kart ter načine prikaza objektov in pojavov. Tako sem omenil, da na končno obliko trirazsežnostnega kartografskega prikaza vplivajo trije koraki pri procesu izdelave 3D karte, in sicer: modeliranje, kartografsko oblikovanje in upodobitev. Spoznal sem, da karte niso le komunikacijsko sredstvo temveč tudi abstrakcije človeške zaznave prostora. S kakovostno upodobitvijo 3D kartografskih modelov uporabnikom omogočimo lažje ter predvsem bolj pravilno zaznavanje značilnosti reliefa kot pri klasičnih kartah, kjer je tretja dimenzija prostora prikazana z eno od metod za višinsko predstavitev terena.

Z uporabo sodobne programske opreme sem izdelal in upodobil časovno spremenljiv kartografski prikaz katastrske občine Šentjernej. Na podlagi izdelanih animacij in upodobitev 3D kartografskih modelov, ki so dostopni na spletu, lahko uporabniki zaznajo spremembe v poseljenosti območja KO Šentjernej v zadnjih 230-ih letih. Oblikoval sem še znakovni in fotorealistični trirazsežnostni kartografski prikaz, kjer sem skušal prikazati različne elemente vsebine 3D kart (enakega področja obravnave) z namenom, da bi lahko preizkusil načela oblikovanja. Spoznal sem, da sta kakovost in hitrost izdelave zelo odvisni od pravilne izbire programske opreme ter avtorjeve spretnosti pri rokovanju s programsko opremo.

Stopnja razvoja in dosežki kartografije so odraz stanja družbe. V preteklosti kartografi niso prikazovali le abstrakcij realnosti na podlagi trenutnega znanja kartografije, temveč so njihova dela odražala tudi duh takratnega časa. V delih je tako poleg njihovih spretnosti pri upodobitvi prostora moč zaznati tako poglede družbe kot tudi poglede kartografov. Če to apliciram na današnji čas, potem ni razloga, zakaj bi o nas prihajajoče generacije razmišljale kaj drugače. Ne glede na to ali se bo kartografija bolj razvijala v tej ali oni smeri, ali se bodo na eni strani pojavile nove tehnologije in metode pridobivanja prostorskih informacij, ki bodo povzročile zaton ali celo izumrtje starejših metod, vedno bodo obstajali strokovnjaki, ki se bodo ukvarjali s prostorskimi podatki. Morda za njih ne bo več ustrezen termin kartografi, kdo ve. Konec

koncev je termin »kartograf« v uporabi približno stoletje, medtem ko se upodobljene prostorske informacije za namene načrtovanja in odločanja uporabljajo vsaj štiri tisočletja.

Kartografija je ena izmed znanosti, ki je v preteklih desetletjih zaradi naglega razvoja računalniško-informativne tehnologije doživela številne novosti, kar lahko povsem realno pričakujemo tudi v bližnji prihodnosti. Večja dostopnost do (uradnih) prostorskih podatkov ter zmogljive programske in strojne opreme že danes uporabnikom omogoča izdelavo zadovoljivih prikazov, ki ustrezajo njihovim namenom. Interaktivnost in večpredstavnost bodo ob nadaljnjih tehnoloških novostih kartografijo še bolj približale uporabnikom. Na spletu bodo lahko uporabniki še v večji meri dostopali do poučnih, zabavnih in atraktivnih upodobitev 3D kartografskih prikazov. Upodobitve trirazsežnostnih kartografskih modelov se bodo še vnaprej uporabljale na številnih področjih ter za različne namene (kot sem podrobneje opisal v poglavju 5.6 Uporaba trirazsežnostnih kartografskih prikazov), kar pomeni, da se bodo v prihodnosti kartografi še bolj povezovali s strokovnjaki iz drugih področij. Fraza »v slogi je moč« je morda že nekoliko obrabljena, toda njeno sporočilo zagotovo ne.

Vedno bo obstajala potreba po kakovostnih prostorskih podatkih in vizualnih prikazih tako Zemljinega kot drugih teles. Zatorej se za stroko in njen nadaljnji razvoj ni potrebno bati.

VIRI

Literatura

Bandrova, T. 2001. Designing of Symbol System for 3D City Maps. In: Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, Beijing: 1002-1010.

Birren, J. E. 1983. Aging in America: Roles for psychology. *American Psychologist*: 38, 298-299.

Cartwright, W. E., Peterson, M. P. in Gartner, G. 2007. *Multimedia Cartography Second Edition*. Heidelberg: Springer-Verlag: str. 3-32.

Chen, X. & Bai, F. (2001): Generalization of Three-Dimensional City Maps. Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, Beijing: 2083-2090.

Domajnko, M. 2008. Oblikovanje znakovnega in fotorealističnega trirazsežnostnega kartografskega prikaza. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: str. 36-53.

Häberling, C. 2003. Topografische 3D-Karten. Doktorska disertacija. Zürich, , Institut für Kartographie: str. 163-170.

Harley, J. B., Woodward, D. 1987. Cartography in Prehistoric, Ancient, and Medieval Europe and the Mediterranean. Volume 1 of *The History of Cartography*. Chicago and London: University of Chicago Press: str. 107-116.

Hsu, Mei-ling. 1993. The Qin Maps: A Clue to Later Chinese Cartographic Development. *Imago Mundi* (Volume 45): str. 90-100.

Kerrigan, M. 2009. *The Ancients in Their Own Words*. Sterling Publishing: str. 36-37.

Moellering, H. 1980. Strategies of real-time cartography. *Cartographic Journal* 17: 12-15.

Peterca, M. 1993. Državni sistem ravninskih pravokotnih koordinat. *Geodetski vestnik*, 2, 1993: 89 – 94.

Petrovič, D. 2001. Načela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih. Doktorska dizertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 37-110.

Petrovič, D. 2005a. Cartography and Geoinformation in Slovenia. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 16-19.

Petrovič, D. 2005b. Zapiski s predavanj, Kartografija I. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Radovan, D., Janežič, M. 2001. Avtomatska kontrola logične konsistence 3D baze mestnega jedra. *Geodetski vestnik*, 45, 2001 – 1 & 2: 54 - 61.

Rajšp, V., Ficko, M. 1995. Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763-1787 – Opisi, 1. zvezek. Kranj, Gorenjski tisk: XIII-XXXI: str. 1-13.

Rijavec, U. 2009. 3D-kataster stavb - pogoj za vstop v tretje tisočletje. *Geodetski vestnik*, 53, 4: 731 - 737.

Rojc, B. 1986. Prispevek k raziskovanju percepcije vsebine karte. Doktorska disertacija, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: str. 198.

Robinson, A. C. 2005. Geovisualization and epidemiology: A general design framework. *Proceedings of the 22th ICA International Cartographic Conference*, La Coruna, Spain.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., Guptill, S. C. 1995. *Elements of cartography*. 6th Edition. Wiley: str. 4-38.

Šumrada, R. 2005. Tehnologija GIS. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 12 – 78.

Zavadlav, N. 2003. Trirazsežnostni prikaz in percepcija slovenske planinske transverzale. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: str. 95.

Internetni viri

Atlas Obscura, Juan de la Cosa – karta sveta (slika)

<http://atlasobscura.com/place/juan-de-la-cosa-map> (22.12.2010)

Ancient Wisdom (slika)

<http://www.ancient-wisdom.co.uk/cartography.htm> (30.01.2011)

Billboard (slika)

http://www.scenic.org/billboards/digital_billboard_locations (2.1.2011)

Cartographica Neerlandica (slika)

<http://www.orteliusmaps.com/> (22.12.2010)

CityEngine (slika)

<http://www.procedural.com/cityengine/examples/paris.html> (18.01.2011)

Encyclopædia Britannica

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/98206/Cesar-Francois-Cassini-de-Thury>

(17.12.2010)

ESRI – DEM (slika)

<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/PAP306/p306.htm>

(12.01.2011)

ESRI – Urban Planning (slika)

<http://www.esri.com/news/arcnews/spring10articles/rosario-giusti-de-perez.html> (12.01.2011)

Free Geography Tools – FGT (slika)

<http://freegeographytools.com/wp-content/uploads/2007/04/3dscene.jpg> (05.01.2011)

<http://freegeographytools.com/2007/elevation-and-contour-line-display-in-microdem-make-your-own-simple-topo-maps> (12.01.2011)

Geodetska Uprava Republike Slovenije (GURS)

<http://www.gu.gov.si/> (15.01.2011)

Gracarjev turn

<http://www.gremoven.com/Gradovi/Gracarjev-turn/menu-id-13> (17.12.2010)

Guissepi, R. A., Willis, F. R. 2010. Ancient Sumeria. International World History Project.
Retrieved 5 November 2010.

<http://history-world.org/sumeria.htm> (18.12.2010)

Harmonia Macrocosmica (slika)

<http://www.akropola.org/galerije/slika.aspx?alb=42&Page=2> (22.12.2010)

History of cartography, Wikipedia, The free encyclopedia.

http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_cartography#Earliest_known_maps (21.12.2010)

Imapbuilder (slika)

<http://www.imapbuilder.com/screenshot.php> (2.2.2011)

Iphone (slika)

<http://macnews.desinformado.com/2010/06/aaa-launches-new-iphone-app-with-navteqs-maps-locationpoint-ads/> (28.12.2010)

Kada, M. 2011. 3D Building Generalization and Visualisation.

<http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo03/kada.pdf> (18.01.2011)

Mapsorama (slika)

<http://www.mapsorama.com/tabula-rogeriana-12th-century-map/> (22.12.2010)

Mednarodna kartografska zveza (ICA)

http://www.cartography.org.nz/index.php?option=com_content&view=section&id=7&Itemid=76 (26.11.2010)

Mednarodna kartografska zveza (ICA)

<http://www.icaci.org> (29.11.2010)

Mouse rollover

http://www.webdevelopersnotes.com/tips/html/javascript_image_mouse_rollover.php3
(1.2.2011)

NewBerry Library (slika)

http://www.newberry.org/media/images/Ptolemy_1.jpg (22.12.2010)

Občina Šentjernej (slike)

<http://www.sentjernejsi/> (30.11.2010)

Orkan Katrina (slika)

http://www.weather.com/outlook/weather-news/news/articles/hurricane-katrina-satellite-animation_2010-08-25 (16.01.2011)

Pietro Coppo (slika)

http://sl.wikipedia.org/wiki/Pietro_Coppo (24.12.2010)

Resumbrae (slika)

http://resumbrae.com/ub/dms424_s03/03/p01.html (18.1.2011)

Simdesign (slika)

<http://www.simdesign.nl/Images/Douglas.png> (18.01.2011)

Stanford University, Merkatorjeva karta sveta (slika)

<http://west.stanford.edu/exploringthewest/images/Mercator-world-map.jpg> (23.12.2010)

Star Wars hologram (slika)

<http://www.allanjosephbatac.com/blog/2008/05/star-wars-hologram-communication-now-a-reality.html> (28.12.2010)

U.S. Geological Survey - USGS (slika)

<http://pubs.usgs.gov/of/2004/1451/garrity/index.html> (19.01.2011)

Visible spectrum

http://en.wikipedia.org/wiki/Visible_spectrum (27.12.2010)

Visual Nature Studio (VNS) (slika)

<http://www.3dnworld.com/users/120/images/DHarrison-OceanShorelineExample.jpg>

(4.1.2011)

Wolodtschenko, A. 2003. Cartography and cartosemiotics: Interaction and competition. In: Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC), Durban, South Africa. 1976-1980

http://icaci.org/documents/ICC_proceedings/ICC2003/Papers/252.pdf (14.01.2010)

Zemljevid Kranjske (slika)

http://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:Zemljevid_Kranjske-Valvasor.jpg (24.12.2010)

Žiga Herberstein

http://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDiga_Herberstein (24.12.2010)

PRILOGE

Priloga A: Primeri upodobitev 3D kart

Priloga B: Seznam izdelanih 3D objektov

Priloga A: Primeri upodobitev 3D kart

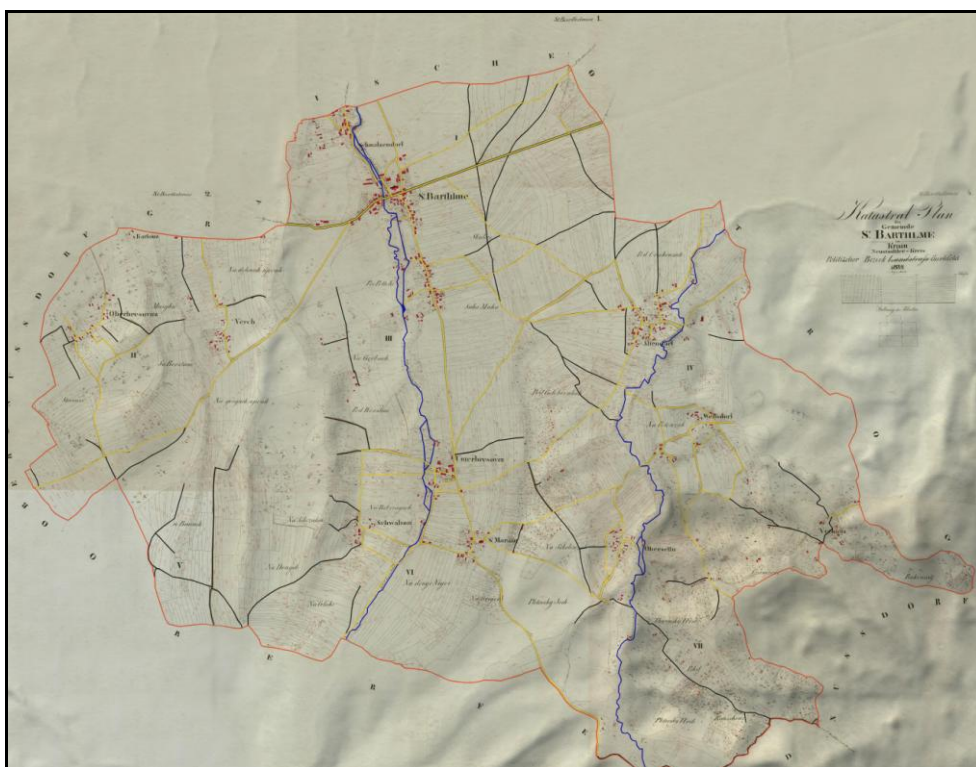
TLORISNA KARTA IZSEKA 5 × 4 km



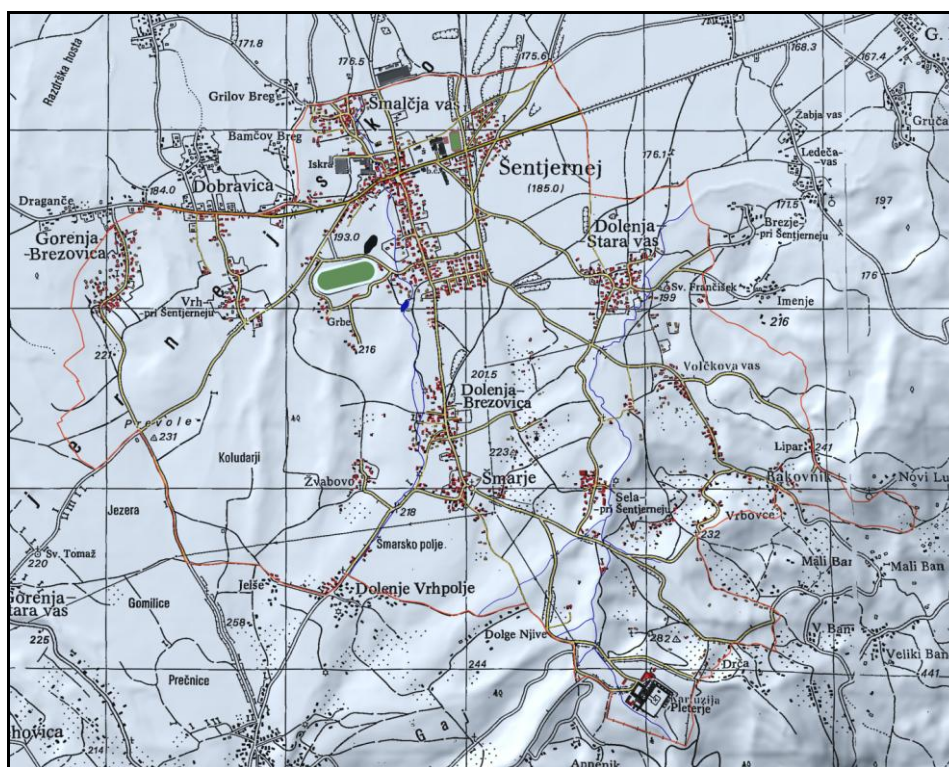
Tlorisna karta, rastrsko podlago predstavlja izsek lista jožefinske karte.



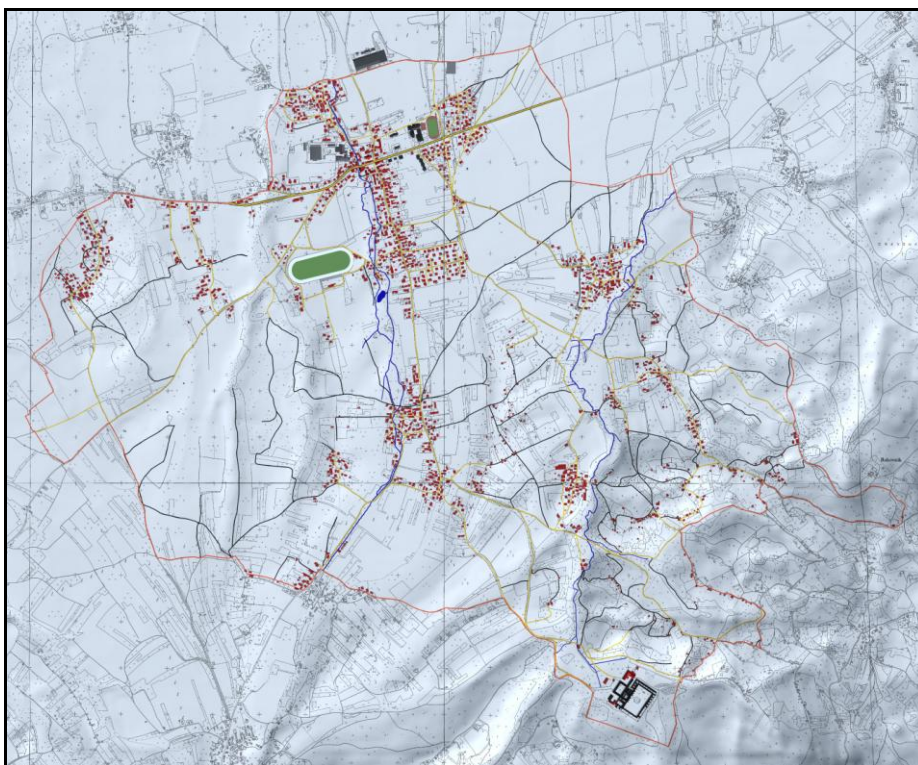
Tlorisna karta, rastrsko podlago predstavlja mozaik listov franciscejskih kart KO Šentjernej.



Florisna karta, rastrsko podlago predstavlja mozaik listov reambulančnih kart KO Šentjernej.



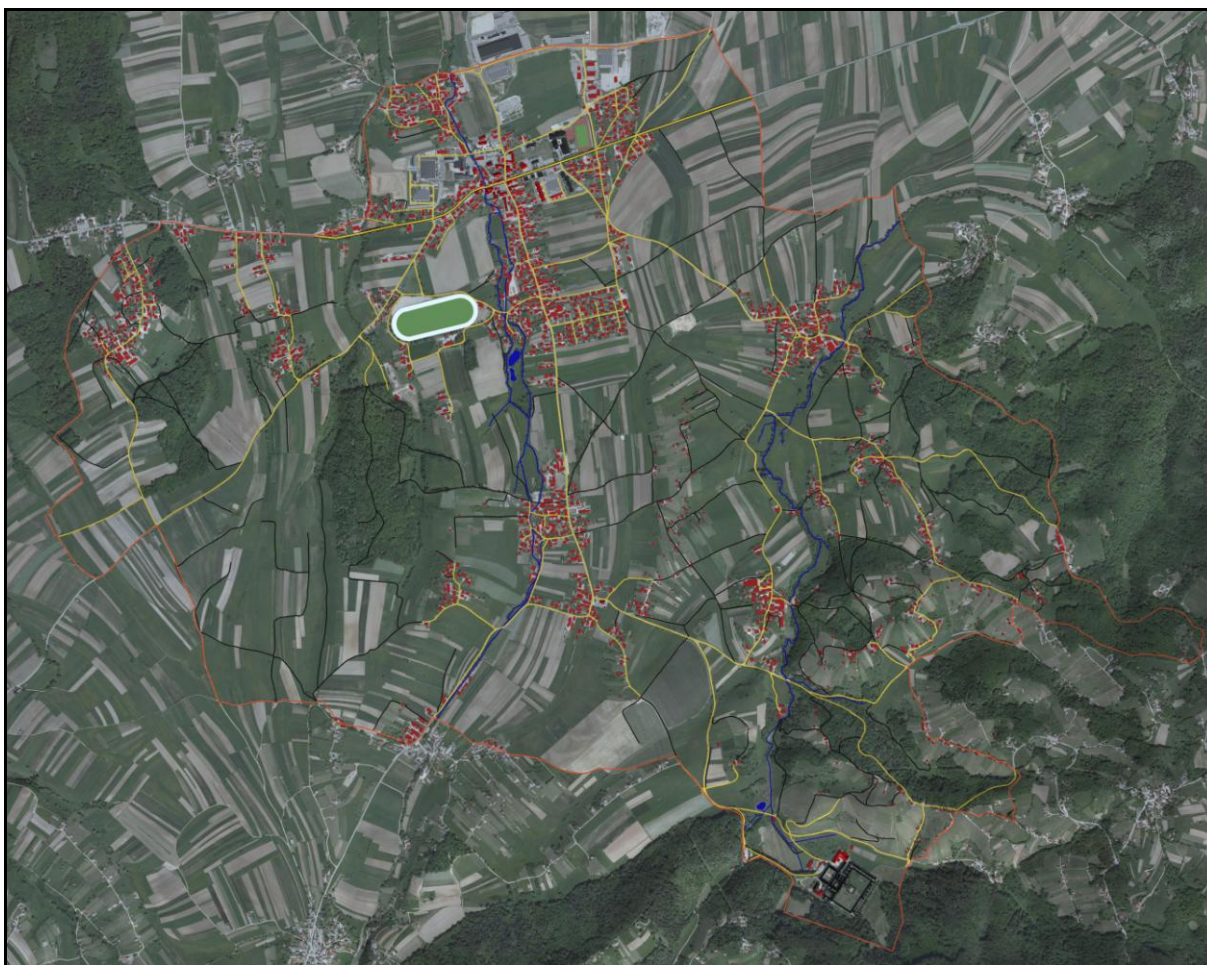
Florisna karta, rastrsko podlago predstavlja izsek iz združenih listov DTK25.



Tlorisna karta, rastrsko podlago predstavlja izsek iz združenih listov TTN5.



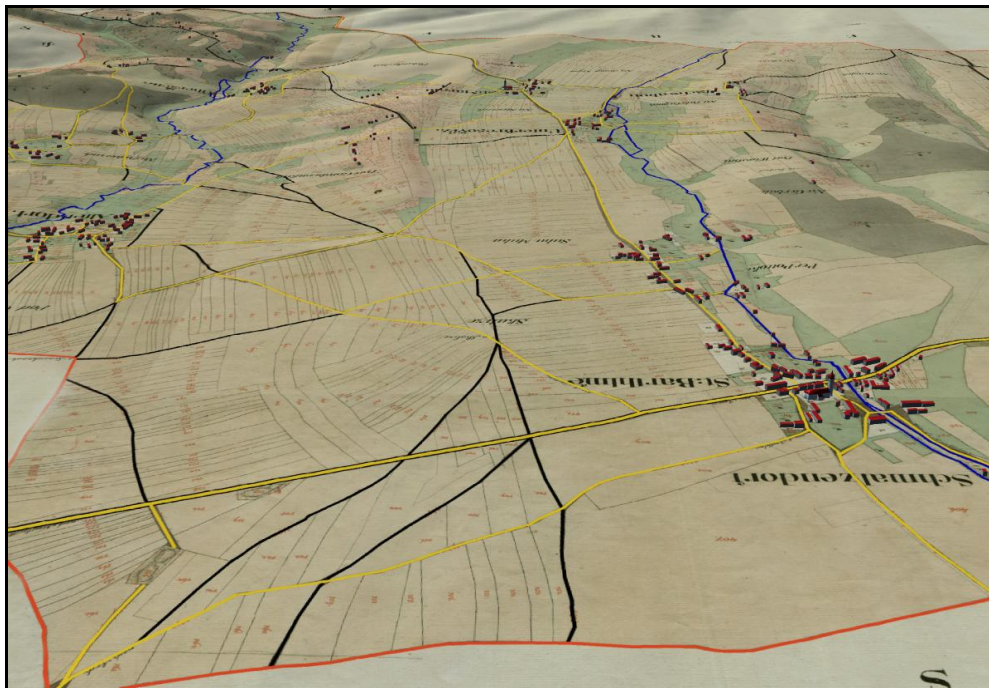
Tlorisna karta, rastrsko podlago predstavlja izsek iz združenih listov DOF5.



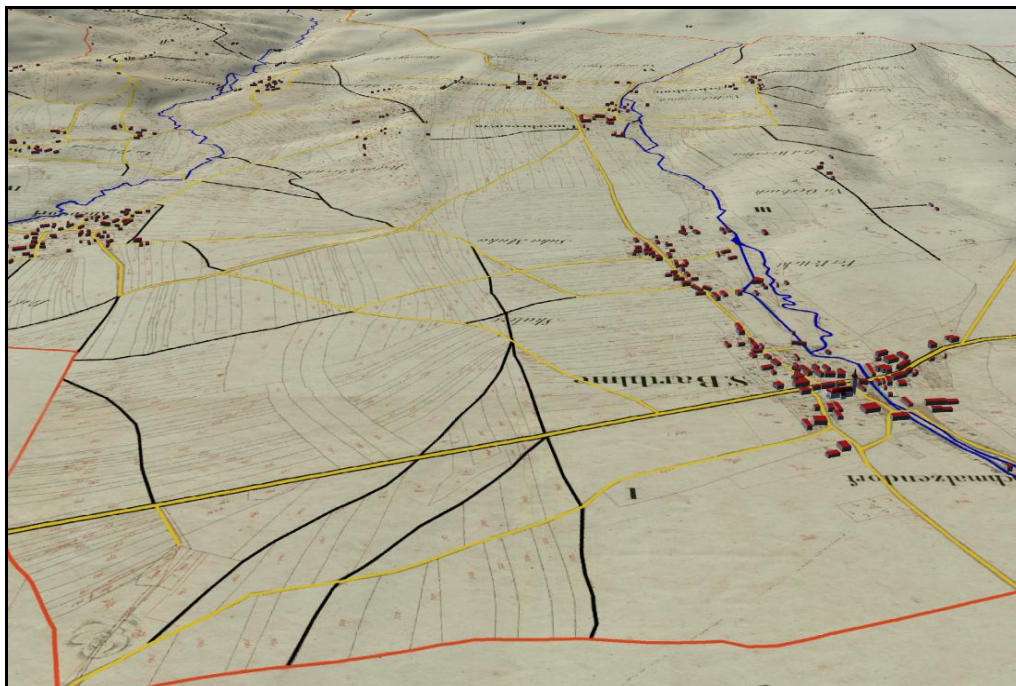
Tlorisna karta, rastrsko podlago predstavlja izsek iz združenih listov DOF050.

POŠEVNI PERSPEKTIVNI POGLED – PERSPEKTIVNA KARTA

Primerjava poselitve, na DMR nalepljena s 3D objekti – perspektivni pogled iz severa.



Perspektivna karta, podlaga je franciscejska karta KO Šentjernej – pogled iz severa.



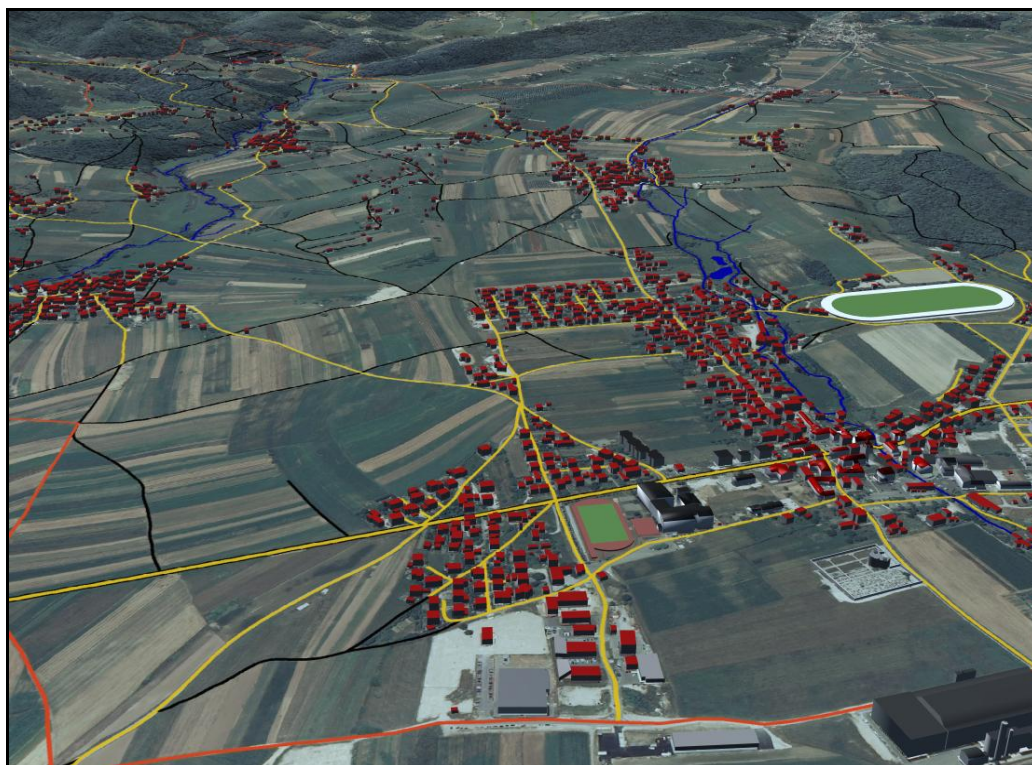
Perspektivna karta, podlaga je reambulančni kataster KO Šentjernej – pogled iz severa.



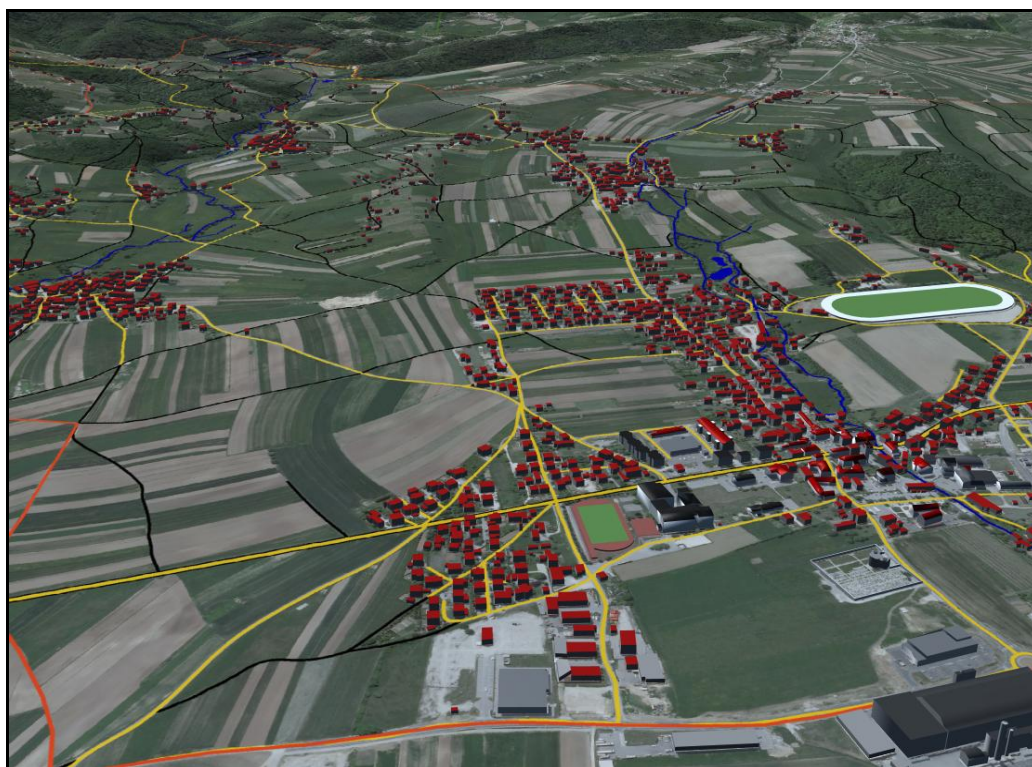
Perspektivna karta, podlaga je izsek iz združenih listov DTK25 – pogled iz severa.



Perspektivna karta, podlaga je izsek iz združenih listov TTN5 – pogled iz severa.



Perspektivna karta, podlaga je izsek iz združenih listov DOF5 – pogled iz severa.



Perspektivna karta, podlaga je izsek iz združenih listov DOF050 – pogled iz severa.

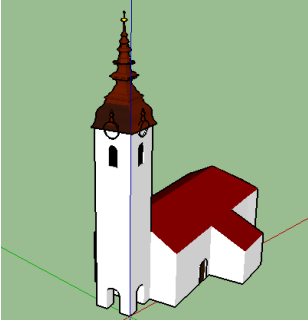
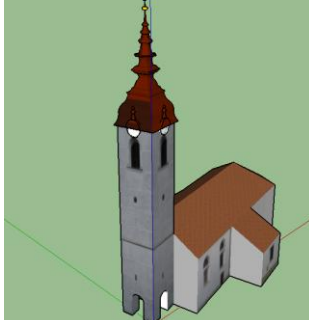
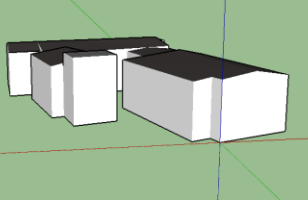

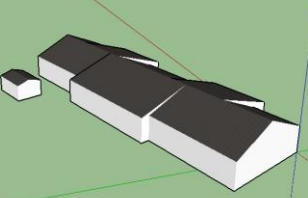
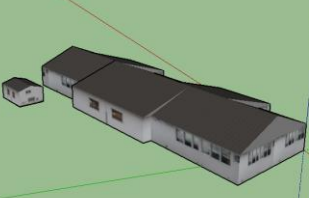
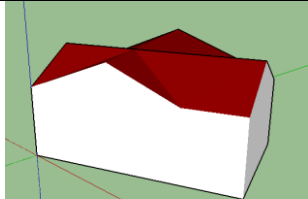

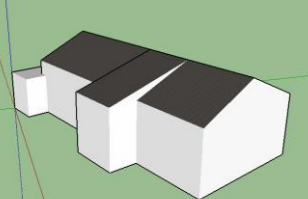
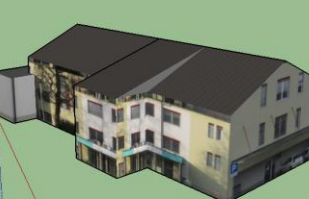
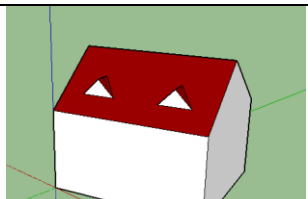



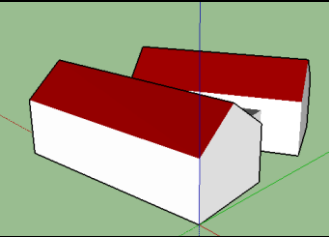
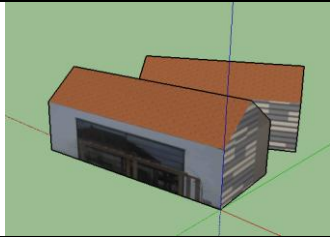
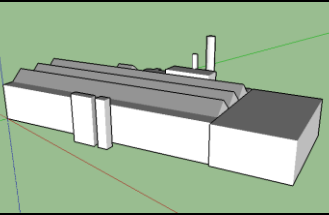

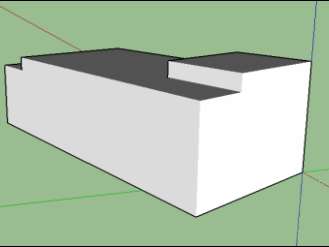
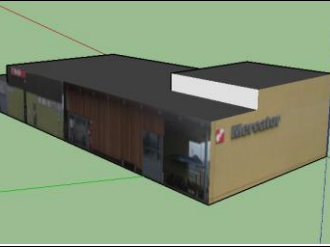
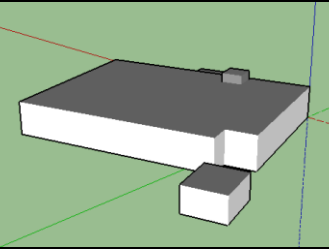
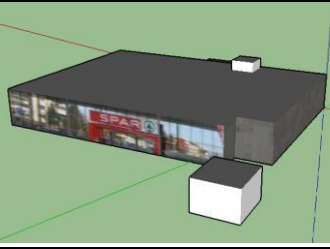
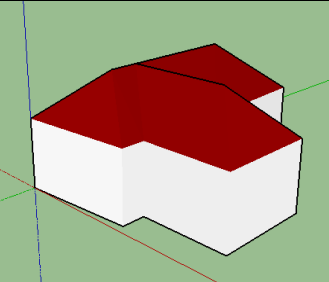

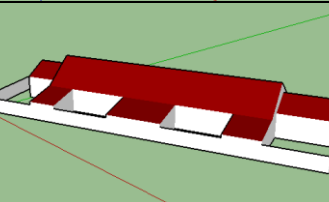
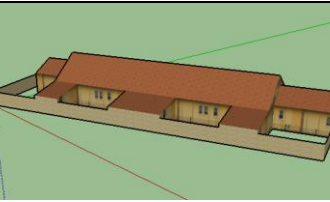
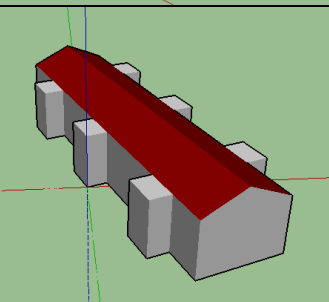
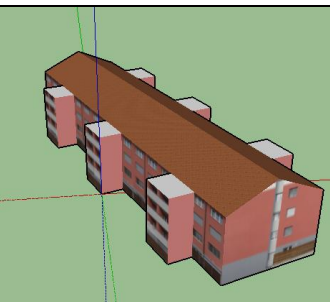
Na zgornjih dveh slikah je prikazana poseljenost kraja Šentjernej pred 200 leti in danes.

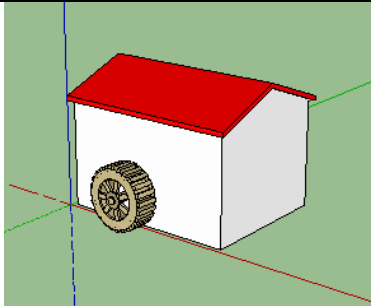

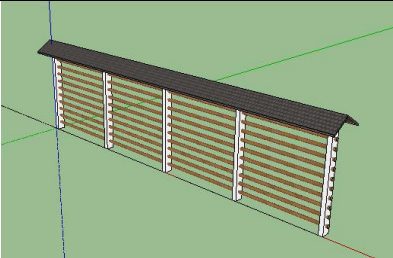
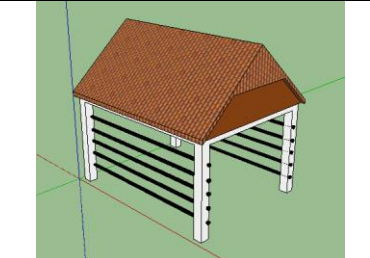
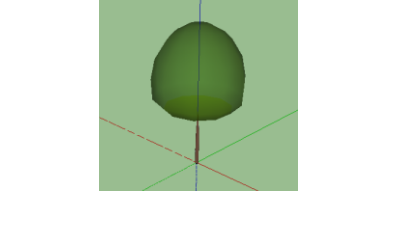
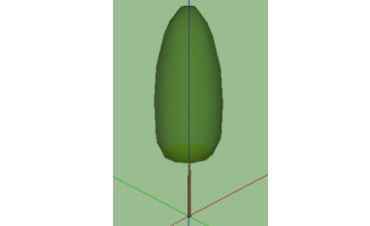
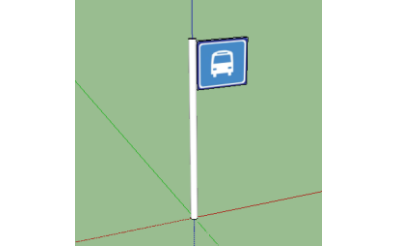
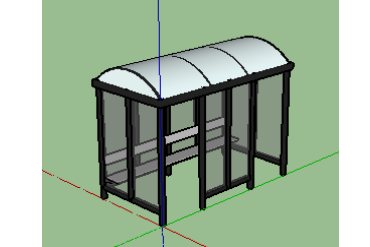
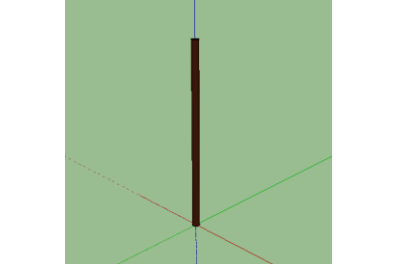
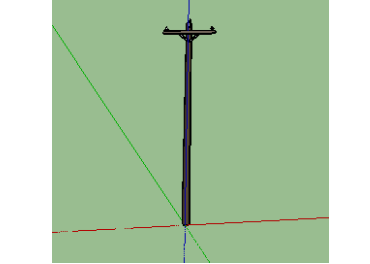


Sliki zgoraj prikazujeta 3D fotorealistična kartografska prikaza KO Šentjernej in okolice.

Priloga B: Seznam izdelanih 3D objektov

| ime | 3D znak | 3D znak s teksturo |
|--|---|---|
| cerkev Šentjernej |  |  |
| OŠ Šentjernej |  |  |
| VVZ Čebelica |  |  |
| pošta, lekarna, sedež občine, policijska postaja |  |  |
| zdravstveni dom |  |  |
| banka |  |  |

| | | |
|---|---|--|
| Kulturni center Primož Trubarja |  |  |
| Lesno- predelovalno podjetje Podgorje |  |  |
| Trgovski center Mercator |  |  |
| Trgovski center Spar |  |  |
| gostilna Jernejev hram |  |  |
| stanovanjski kompleks Kotarjeva c. 6 |  |  |
| stanovanjski kompleks Kotarjeva c. 8 |  |  |

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| mlin |  |  |
| kozolec (enojni in dvojni – toplar) |  |  |
| drevo (listnato in iglasto) |  |  |
| avtobusna postaja |  |  |
| drog električnega daljnovid |  |  |