

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Malnar, M., 2013. Izdelava trirazsežnega modela mesta Kostanjevica na Krki in prikaz poplavljanja reke Krke. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Petrovič, D., somentor Domajnko, M.): 50 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Malnar, M., 2013. Izdelava trirazsežnega modela mesta Kostanjevica na Krki in prikaz poplavljanja reke Krke. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Petrovič, D., co-supervisor Domajnko, M.): 50 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
GEODEZIJE
SMER GEODEZIJA

Kandidatka:

MARJANA MALNAR

**IZDELAVA TRIRAZSEŽNEGA MODELA MESTA
KOSTANJEVICA NA KRKI IN PRIKAZ
POPLAVLJANJA REKE KRKE**

Diplomska naloga št.: 929/G

**CREATION OF THREE DIMENSIONAL MODEL OF
TOWN KOSTANJEVICA NA KRKI AND
PRESENTATION OF RIVER KRKA FLOODING**

Graduation thesis No.: 929/G

Mentor:

doc. dr. Dušan Petrovič

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:

asist. Matevž Domajnko, univ. dipl. inž. geod.

Član komisije:

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Ljubljana, 27. 06. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Marjana Malnar izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom »Izdelava trirazsežnega modela mesta Kostanjevica na Krki in prikaz poplavljanja reke Krke.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 12. 06. 2013

.....

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.7:627.51(497.4Kostanjevica na Krki)(043.2)
Avtor:	Marjana Malnar
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor:	asist. Matevž Domajnko, univ. dipl. inž. geod.
Naslov:	Izdelava trirazsežnega modela mesta Kostanjevica na Krki in prikaz poplavljanja reke Krke
Obseg in oprema:	50 str., 2 pregl., 26 sl., 4 graf., 1 en. 3 pril.
Ključne besede:	trirazsežni model, poplave, Kostanjevica na Krki, reka Krka.

Izvleček

Pri izdelavi diplomske naloge smo stremeli k cilju, da mestu Kostanjevica na Krki doprinesemo dodano vrednost s področja kartografije. Turistični karti Kostanjevice na Krki je tako sledila izdelava trirazsežnega modela mesta z okolico.

V diplomski nalogi je predstavljen potek izdelave trirazsežnega modela mesta Kostanjevica na Krki ter prikaz poplavljanja reke Krke. V začetnem delu diplomske naloge so predstavljene teoretične osnove ter izdelava kartografskega modela. Predstavljene so tudi teoretične osnove o poplavah ter hidrometriji, ki so pomembne za razumevanje praktičnega dela diplomske naloge. V drugem delu smo predstavili Kostanjevico na Krki ter poplavljanje reke Krke na njenem območju. V omenjenem delu smo prav tako opredelili potek pridobivanja in obdelave podatkov ter samo izdelavo trirazsežnega modela. Rezultat naloge so izdelane animacije s preletom mesta z okolico, statičnim pogledom ter preletom območja zajetega v poplavah reke Krke septembra 2010.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.7:627.51(497.4Kostanjevica na Krki)(043.2)
Author: Marjana Malnar
Supervisor: Assoc. Prof. Dušan Petrovič, Ph. D.
Cosupervisor: Assist. Matevž Domajnko, B. Sc.
Title: Creation of three dimensional model of town Kostanjevica na Krki and presentation of river Krka flooding
Scope and tools: 50 p., 2tab., 26 fig., 4 graph., 1 eq., 3 ann.
Keywords: three dimensional model, flooding, Kostanjevica na Krki, river Krka.

Abstract

In the creation of the thesis, we strived toward added value in the area of cartography for town Kostanjevica na Krki. Existing tourist map of Kostanjevica na Krki is followed by the creation of three dimensional model of town with surroundings.

This diploma thesis presents a production process of three dimensional model of town Kostanjevica na Krki and presentation of river Krka flooding. In the initial part of the thesis theoretical basis and creation of three dimensional model are presented. theoretical basis of river flooding and hydrometry, which are important for understanding the practical part of this work, are also described. In the second part we presented Kostanjevica na Krki and flooding of river Krka in its area. In the mentioned part we also defined the course of the acquisition and processing of data and making of three dimensional model. The results of this work are animations with overflight over town with surroundings, statical view and overflight over an area included in flooding of river Krka in September 2010.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Dušanu Petroviču in somentorju asist. Matevžu Domajnku. Prav tako se za vso pomoč in spodbudo zahvaljujem svoji družini ter prijateljem, ki so mi tekom študija stali ob strani. Zahvaljujem se tudi Geodetskemu inštitutu Slovenije ter Stanetu Tršanu za nudeno pomoč ter opremo.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 3D KARTOGRAFSKI MODEL	2
2.1 Predstavitev modela.....	2
2.2 Psihologija 3D zaznavanja pri ljudeh	3
3 IZDELAVA 3D KARTOGRAFSKEGA MODELA	5
3.1 Izbira vsebine kartografskega modela	5
3.2 Viri kartografskega modela	7
3.3 Določitev območja in 3D ploskve	8
3.4 Nanos ploskev oziroma tematskih plasti na model.....	8
3.5 Izdelava in določitev lokacije trirazsežnih objektov	9
3.6 Določitev atmosfere, neba, osvetlitve in senčenja.....	11
3.7 Izdelava animacije	12
4 UPORABA TRIRAZSEŽNIH MODELOV	14
5 POPLAVE	15
5.1 Značilnosti poplav	15
5.2 Prikaz in ocena vplivov poplav	15
5.3 Izhodišča za določanje ogroženosti pri poplavah	16
5.4 Lastnosti poplav v Sloveniji	17
5.5 Ogroženost in ukrepi varstva pred poplavami	17
6 HIDROMETRIJA	20
6.1 Meritve gladin vode.....	20
6.2 Meritve pretoka	20
7 KOSTANJEVICA NA KRKI	22
7.1 Predstavitev Kostanjevice na Krki	22
7.2 Poplave na območju Kostanjevice na Krki.....	24
7.2.1 Poplavna območja ob reki Krki	25
7.2.2 Pogostost poplav.....	25
7.2.3 Poplave septembra 2010.....	27
8 IZDELAVA TRIRAZSEŽNEGA MODELA KOSTANJEVICE NA KRKI	33
8.1 Opredelitev namena in oblike.....	33
8.2 Določitev območja in geografske vsebine.....	33
8.3 Pridobitev podatkov za izdelavo modela.....	34
8.3.1 DMV5.....	34
8.3.2 DTK5.....	35

8.3.3 DOF 025.....	35
8.3.4 Aerofotografije.....	36
8.3.5 Raba.....	36
8.3.6 Terenske fotografije	36
8.4 Izbira programske opreme.....	36
8.5 Obdelava podatkov.....	37
8.5.1 DMV	37
8.5.2 DTK5.....	37
8.5.4 Aerofotografije.....	38
8.5.5 Raba.....	39
8.5.6 Izdelava cest in vodotokov	39
8.5.7 Izdelava objektov	40
8.5.8 Izdelava mostov	42
8.6 Organizacija, obdelava in vizualizacija v programu VNS	43
8.7 Izdelava animiranega prikaza v programu VNS	45
9 ZAKLJUČEK	46
VIRI.....	47
INTERNETNI VIRI.....	49

KAZALO SLIK

Slika 1: Računalniško modulirane ploskve	8
Slika 2: Skeletni ali žični prikaz telesa.....	9
Slika 3: Akumulativno modeliranje (predstavitev z robnimi ploskvami).....	10
Slika 4: Proizvodno modeliranje	10
Slika 5: Trije nivoji razpoznavnosti objektov.....	11
Slika 6: Kostanjevica na Krki.....	22
Slika 7: Lokacija merilnega mesta Podbočje.....	26
Slika 8: Vodomerna postaja Podbočje.....	27
Slika 9: Vsota 4-dnevni padavin od 8. ure 16. septembra do 8. ure 20. septembra 2010.....	27
Slika 10: Promet na »Malem placu« ob poplavi pred letom 1948	30
Slika 11: Ob poplavih so mostove zavarovali tako, da so dvignili podnice. Poplava pred letom 1948.	30
Slika 12: Poplava pred letom 1939.....	31
Slika 13: Poplave septembra 2010 pri farni cerkvi.....	31
Slika 14: Poplave septembra 2010 na Oražnovi ulici.....	32
Slika 15: Pogled na poplave septembra 2010.....	32
Slika 16: Poplave septembra 2010.....	32
Slika 17: Prikaz območja izdelave, kjer je z rdečo črto prikazano območje modela Kostanjevice na Krki.....	34
Slika 18: Izdelan TIN pred in po popravi podatkov	37
Slika 19: Prikaz razporejenosti aerofotografij, kjer je z vijolično barvo označeno območje izdelave..	38
Slika 20: Kmetijske rabe ter urbane površine na izdelanem območju.....	39
Slika 21: Prikaz hidrografije ter cestnega omrežja z urbanimi površinami	40
Slika 22: Primeri detajlno izdelanih objektov s fotografijami pročelij v programu Trimble SketchUp Pro	42
Slika 23: Severni most čez reko Krko	43
Slika 24: Most čez obvoznico.....	43
Slika 25: Prikaz delovnega okna v programskem paketu VNS3	44
Slika 26: Prikaz izseka iz animacije	45

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Poplave nad 20-letno povratno dobo na vodomerni postaji Podbočje.....	29
Preglednica 2: Prikaz organizacije atributne tabele zajema stavb na podlagi DTK5	38

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Razporeditev števila poplav med leti 1926 – 2012	26
Grafikon 2: Pretok reke Krke na merilni postaji Podbočje med 17.9 – 29.9.2010.....	28
Grafikon 3: Vodostaj reke Krke na merilni postaji Podbočje med 17.9 – 29.9.2010.....	28
Grafikon 4: Največje letne konice pretokov (Qvk) in povratne dobe na vodomerni postaji Podbočje..	29

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

2D	dvorazsežen
3D	trirazsežen
KM	kartografski model
LOD	nivo podrobnosti
TIN	mreža nepravilnih trikotnikov (Triangular Irregular Network)
CAD	računalniško podprto načrtovanje (Computer Aided Design)
GIS	geografski informacijski sistem
TTN	temeljni topografski načrt
DMV	digitalni model višin
DMR	digitalni model reliefa
DOF	državni ortofoto načrt
TM	transverzalna Mercatorjeva projekcija

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Človek za svoje potrebe orientacije in navigacije že od nekdaj izdeluje karte. Od jamskih poslikav, kart na glinenih ploščah, do poslikav na papirusu ali upodobitvi reliefa na mamutovih kosteh, je človek kot osnovo za prikaz zemeljskega površja uporabil različne podlage. Danes, v času sodobne tehnologije ter tisočletja od samega začetka kartografije, poteka izdelava modelov v navideznem okolju računalniške tehnologije.

Kartografi so že od nekdaj imeli težave s prikazom objektov in pojavov trirazsežnega prostora na dvorazsežni podlagi. Za višinsko predstavitev so uporabljali različne metode kot so perspektivne metode (v uporabi do 17. stoletja), plastične metode (črtke, sence, barvni sloji) ter geometrične metode (kote, plastnice).

Z nadgradnjo dvorazsežnih prikazov v prvotne trirazsežne modele so ljudje izdelovali enostavne modele upodobitve prostora, ki so bili izdelani iz naravnih materialov kot so pesek, les, ilovica itd. Z razvojem računalniške tehnologije pa so se tako razvili tehnološko napredni in zahtevni modeli kot so reliefne in taktilne karte ter prikazi v obliki hologramov.

Trirazsežne karte in modeli nam kot uporabniku ustvarijo boljšo predstavo ter omogočajo drugačno zaznavanje informacij kot na dvodimenzionalnih upodobitvah.

Zapleten proces prostorskega zaznavanja ter prepoznavanja objektov in pojavov v prostoru pri ljudeh, temelji na fizioloških in psiholoških parametrih. Človek s čutili kot so vid, sluh in otip zaznava podatke, ki v možganih tvorijo model okolja z vsemi odnosi med objekti in pojavi. Pri zaznavanju okolja imajo informacije vizualnega čuta največji pomen za človeka (Petrovič, 2001).

Karte so lahko animirane, dodajajo se jim zvočni in drugi učinki, do njih lahko dostopamo preko interneta itd. Tako trirazsežnostni kartografski prikazi lahko vključujejo tudi druge večpredstavnostne elemente, predvsem interaktivnost in dinamičnost.

Diplomska naloga opisuje izdelovanje ter upodobitev trirazsežnega modela Kostanjevice na Krki. Poseben poudarek pri prikazu modela so poplave, ki so septembra 2010 prizadele mesto in okolico. Predstavili smo potek in samo izdelavo trirazsežnega modela, potrebne podatke in tudi različne postopke pri obdelavi teh, ki so potrebni pri izdelavi modela. Zaradi izgleda mestnega jedra, ki je kulturno spomeniško zaščiteno, smo se odločili podrobneje izdelati mestno jedro na otoku. To smo dosegli tako, da smo izdelali objekte čim bolj realno ter opremili pročelja s fotografijami. V sklopu podrobneje izdelanih objektov smo predstavili tudi mostove na reki Krki, ki že od nekdaj predstavljajo povezavo mesta z okolico. Fotorealističen prikaz ter podrobna izdelava modela mestnega jedra bo lahko služila tudi v turistične in izobraževalne namene. Kostanjevica na Krki, kot mesto kulture in umetnosti, tako pritegne veliko število turistov. Sama trirazsežnostna predstavitev mesta in okolice ter doživetje poplav septembra 2010 bo nadgradila, oziroma popestrila samo ponudbo turistom.

Zaradi prikaza poplav reke Krke smo v diplomski nalogi predstavili še poplave, vodne ujme ter hidrometrijo. Predstavljene so tudi značilnosti poplav na reki Krki ter zgodovina le teh.

Za izdelavo trirazsežnega modela Kostanjevice na Krki ter prikaz poplav smo se odločili, ker je napredek tehnologije za izdelavo ter prikaz trirazsežnih modelov in objektov vse bolj prisoten v vsakdanjem svetu. Poleg prikaza okolja v celotni razsežnosti so izdelane animacije privlačne ter bolj zanimive za končnega uporabnika.

2 3D KARTOGRAFSKI MODEL

2.1 Predstavitev modela

Model je splošen pojem za predstavitev pojavov ali objektov na razumljiv način. Upodobitev modela, ki bi zajemal vse vidike stvarnosti, zaradi kompleksne sestave realnega sveta, ni uresničljiva. Različne stroke poudarjajo in povzemajo različne vidike stvarnosti, ki so za njih pomembne in v modelu prikazujejo zgolj te. Model, ki prikazuje in opisuje določen pojav, je v takšnem primeru lahko povsem neprimeren za opisovanje drugega pojava (Gnilšek, 2004).

3D kartografski model lahko definiramo kot trirazsežen abstrakten opis (generaliziran prikaz) enega ali več vidikov stvarnega sveta ali njihovega dela (Terribilini, 1999).

3D kartografski model (KM) je objektno orientiran in praviloma povezan s podatkovno bazo v ozadju. Model mora ustrezati natančni matematični določitvi vsakega elementa v realnih koordinatah. Z upoštevanjem zahtevanih parametrov kartografske projekcije in popolne matematične konstrukcije modela je modelirana vsebina metrična.

3D KM je 3D abstrakten in generaliziran opis (prikaz) enega ali več pogledov na del sveta ali na celoto (Petrovič, 2001).

Glavne zahteve, ki jih mora KM izpolnjevati so:

- Reducirana vsebina – količina podatkov, ki je potrebna za opis 3D modela, lahko zaradi svojega obsega predstavlja težavo za obstoječo tehnologijo. Smiselno je potrebno določiti obseg potrebne vsebine za upodobitev. Odvečno vsebino reduciramo ter s tem zagotovimo hitrejšo delovanje procesa izdelave modela.
- Vektorska struktura – manjša količina podatkov potrebnih za opis modela ter lažje numerične analize zbirke podatkov. Omenjeno predstavlja prednost pred uporabo rastrske strukture pri izdelavi KM.
- Model z več stopnjami podrobnosti – vsebina 3D karte mora biti prikazana ustrezno človekovemu sistemu zaznavanja; zaradi prikaza v perspektivni projekciji karta ne bo imela konstantnega merila, kar lahko vodi do nezaželenih učinkov, ki negativno vplivajo na kakovost izdelane 3D karte (minimalne dimenzije, »zlita« vsebina karte); problem rešimo z uporabo »level-of-detail« tehnike (LOD); to pomeni, da mora biti vsak element karte predstavljen z ustreznimi grafičnimi spremenljivkami, v odvisnosti od lokalnega merila; bližje kot je element položaju opazovalca, podrobneje mora biti predstavljen; da lahko uporabimo LOD tehniko, moramo kartografski model najprej razdeliti na kvadrante, katerim lahko določimo vsebino za več stopenj podrobnosti; posebno pozornost moramo nameniti kontinuiranemu prehodu vsebine KM na robovih kvadrantov; več stopenj podrobnosti ko uporabimo, bolj je prehod gladek, po drugi strani pa s številom stopenj podrobnosti hitro narašča tudi količina podatkov, tako da je tu potreben kompromis (Terribilini, 1999).

Zgradbo 3D kartografskega modela lahko na splošno predstavimo v treh stopnjah:

- 3D teren (DMR): predelava GRID v TIN z Delaunayevo triangulacijo, ki omogoča spremenljivo resolucijo ter prehode med njimi; DMR se razdeli na majhna območja, kjer se glede na izbrani prikaz vsako območje ponazori s svojim LOD, pri čemer se meje filtrirajo. Dodatno lahko vnaprej shranimo podatke ter predračunane prikaze za posamezne LOD.

- Ploskve v prostoru, ki prekrijejo določene površine zemeljskega površja (rastja).
- 3D objekti: telesa ali 3D znaki, postavljeni v prostoru skladno z načeli kartografske generalizacije (Petrovič, 2001).

Uporabnost digitalnega kartografskega modela se je zelo razširila v primerjavi s klasičnimi modeli – kartami na papirju. Digitalni kartografski modeli omogočajo:

- upodobitev kot pogled (statični) ali kot prelet (dinamični) na osnovi zahteve uporabnika,
- geografske analize (prostorske, topološke in analize terena),
- povezave s podatkovnimi bazami, ki so lahko fizično poljubno oddaljene ter
- kartometrične naloge kot rezultat neposrednih izračunov iz osnovnih podatkov – brez potrebnih dodatnih pripomočkov, metod in napak operaterja ali metode.

Digitalni modeli nam pri napredku tehnologije še vedno določajo omejitve ter slabosti pri izdelavi le teh. Ovine, ki so prisotne pri izdelavi modelov, so sledeče:

- ustrezno zmogljiv računalnik s programsko opremo in vhodno-izhodnimi enotami za izdelavo ter uporabo digitalnega modela,
- pomanjkljivost strojne računalniške opreme, kot je zmogljivost diskov ter hitrost prenosa izvajanja operacij. Problem predstavlja velika količina podatkov, kar je možno zaznati pri medmrežnih aplikacijah.
- znanje ter uporaba računalnikov in ustrezne programske opreme izdelovalcev in uporabnikov digitalnih modelov,
- transformacija med različnimi formati datotek lahko privede do izgube podatkov.

Karte kot kartografske modele v klasični kartografski tehnologiji običajno delimo glede na merilo, prikazano območje, vsebino in namen. Takšna delitev digitalnih modelov glede merila ter površinske razsežnosti ni možna oziroma smiselna. Glede na namen ter uporabo modela, si uporabnik skladno z željami izbere vsebino in obliko prikaza. Zaradi omenjene možnosti izbora je uporaba ter vsebina modela lahko zelo raznovrstna (Petrovič, 2001).

2.2 Psihologija 3D zaznavanja pri ljudeh

Zapleten proces prostorskega zaznavanja ter prepoznavanja objektov in pojavov v prostoru pri ljudeh, temelji na fizioloških in psiholoških parametrih. Človek s čutili kot so vid, sluh in otip zaznava podatke, ki v možganih tvorijo model okolja z vsemi odnosi med objekti in pojavi. Pri zaznavanju okolja imajo informacije vizualnega čuta največji pomen za človeka (Petrovič, 2001).

Prostor – okolje, v katerem živimo, ima tri razsežnosti, mrežnica pa le dve. Torej po optičnih zakonih ne bi mogli prostora dojemati z enim očesom v treh razsežnostih. Globinsko dožemanje prostora je mogoče z dvema očesoma (Rojc, 1986).

Prostorski učinek dosežemo s t.i. globinskim učinkom vida kot posledico fizioloških in psiholoških dejavnikov.

Med fiziološke dejavnike štejemo:

- neenakost obeh očesnih mrežnic, ki povzroči nekoliko različno perspektivo slik na obeh mrežnicah,

- kot med vidnima žarkoma iz obeh oči pri fokusiranju na določen objekt,
- prilagodljivost obeh očesnih leč pri fokusiranju in
- paralakso kot posledico premikanja opazovalca, ki opazuje statično sceno in povzroči, da se bližnji predmeti premikajo mnogo hitreje kot bolj oddaljeni.

Fiziološki dejavniki so posledica zgradbe oči pri posameznem človeku, vendar na njih vpliva tudi sam odnos med opazovalcem in opazovanim predmetom. Psihološki dejavniki so odvisni od kognitivne zmogljivosti možganov, ki jo dobimo na podlagi izkušenj in znanj pri gledanju ter prepoznavanju okolice. Z uporabo sodobnih upodobitvenih tehnik lahko povečamo možnost zaznave prostorskih odnosov.

Med psihološke dejavnike štejemo:

- velikost slike na mrežnici, ki je v obratnem sorazmerju z oddaljenostjo predmeta,
- linearno perspektivo, kjer se z oddaljenostjo zmanjšuje navidezna razdalja med predmeti,
- ploskovno perspektivo, ki je posledica zamegljenosti bolj oddaljenih objektov,
- superimpozicijo, kjer se na sliki sestavijo različni objekti, pri čemer imajo bližji bolj pravilne (ostre) obrise,
- spreminjanje razločnosti strukture z razdaljo,
- prostorsko prepoznavo (uporabnikovo zaznavanje in razumevanje karte),
- 3D upodobitve, ki izboljšujejo nivo zaznavanja višin,
- dodajanje zvoka,
- dinamične dogodke (gibanje oblakov, dež, veter, gibanje vozil), ki privlačijo pozornost uporabnika,
- uporabo svetovnega spleta (WWW) in ustrezne oblike zapisa podatkov (VRML), ki olajšujejo možnosti široke uporabe ter
- inteligentne upodobitve z možnostjo uporabnikovega vpliva nanje, karte po želji in zahtevi bodočega načrtovanega stanja (Petrovič, 2001).

3 IZDELAVA 3D KARTOGRAFSKEGA MODELA

Trirazsežnostne upodobitve imenujemo prikaze, ki uporabniku – opazovalcu omogočajo čim boljše dejansko 3D predstavo. 3D predstava prikaza je v veliki meri odvisna od samega opazovalca, predvsem od njegovih psiholoških in fizioloških sposobnosti globinske zaznave. Z uporabo sodobnih upodobitvenih tehnik (multimedijske predstavitve), lahko izboljšamo zaznavo ter sposobnost pravilnega odločanja posameznega opazovalca (Petrovič, 2001).

Prostorska slika je definirana kot navidezni pojav. Pojav opazujemo s pomočjo vidne zaznave brez prisotnosti realnega pogleda modela ali prostora. Sama uporabnost prostorske slike je odvisna od spreminjanja grafičnih spremenljivk in stopnje globine slike, kar določamo z ločljivostjo in barvno globino. Stopnja zaznavanja prostorske slike pa je sinteza vseh dejavnikov, ki opisno določa nivo uporabnosti in učinkovitosti 3D predstave pri posamezni tehniki. Upodobitve delimo glede na način prostorskega zaznavanja na 2D, psevdo 3D in 3D upodobitve:

- Pri 2D upodobitvah tehnologija omogoča le enooki globinski učinek. Globino zaznamo izključno na psihološki osnovi, zaradi česar je stopnja 3D zaznavanja nizka (perspektivni senčeni pogledi, filmi oz. animacije preletov ter navadne fotografije).
- Psevdo 3D ali paralaktične upodobitve (kromostereoskopske slike, stereoskopske slike, anaglifne slike in multistereoskopske slike) spodbujajo globinski učinek na osnovi fizioloških in psiholoških dejavnikov. Slednje upodobitve predstavljajo srednjo stopnjo 3D zaznave, vendar pri večini teh upodobitev potrebujemo dodatne pripomočke kot so očala, stereoskop in podobno. Uporaba pripomočkov za doseganje globine zmanjšuje samo praktičnost upodobitve.
- Pri popolnih 3D upodobitvah globinski učinek dosežemo izključno na osnovi fizioloških učinkov. Stopnja 3D zaznave je visoka, saj prostor zaznamo enako kot pri opazovanju realnega prostora. Opazovanje brez pripomočkov je prednost, vendar so takšne upodobitve mogoče le v laboratorijskih pogojih (hologrami, prostorski prikazovalniki) (Petrovič, 2001).

Izdelavo 3D kartografskega modela in njegovo upodobitev lahko opišemo v nekaj korakih:

- izbira vsebine kartografskega modela,
- vir kartografskega modela,
- določitev območja ter 3D ploskve,
- nanos ploskev oz. tematskih plasti na model,
- izdelava in določitev lokacije posameznih trirazsežnih objektov,
- določitev atmosfere, neba, osvetlitve in senčenja,
- izdelava animacije.

3.1 Izbira vsebine kartografskega modela

3D kartografski model vsebuje podatke, ki prikazujejo splošno geografsko vsebino ter posebno tematsko vsebino. V model so lahko vključene še dodatne informacije kot so na primer informacije o posameznih objektih, o okolju ter tudi o časovnih spremembah v modelu.

Splošno geografsko vsebino tvorita dve skupini elementov, in sicer naravni in zgrajeni (antropogeni). Med naravne elemente štejemo objekte in pojave na zemljišču, ki niso nastali pod neposrednim vplivom človeka. Slednji elementi so relief z vsemi vzpetinami, kotlinami in ravninami, pokritost tal

(vegetacija, poplavljen in močvirnata območja ...) ter hidrografija, ki je skupni izraz za vse objekte in pojave, ki vsebujejo vodo. Med njih štejemo tekočo in stoječo vodo ter objekte, ki so namenjeni shranjevanju ali prenosu vode za potrebe vodooskrbe. V današnjem času človek vpliva že tudi na naravne objekte in pojave. Antropogeni elementi pa so objekti, ki so po nastanku vezani na človeka. Omenjeni objekti so izključno rezultat njegovega dela v prostoru (naselja, promet, zgradbe, komunikacije, meje in ločnice) (Petrovič, 2001).

Upodobitve, ki prikazujejo tematsko vsebino, so običajno namenjene le določeni skupini ljudi ali pa prikazujejo le konkreten pojav, stanje, objekte ali temo. Tematska vsebina je torej lahko podrobneje opisan del splošne geografske vsebine ali pa govorimo o drugačni vsebini, ki v splošno topografsko vsebino ni obvezno vključena. Med drugim lahko tematsko vsebino predstavlja:

- Fizično-geografska tematika: splošna fizično-geografska tematika (višinski pasovi, nagibi itd.), atmosferski pojavi (meteorološki, klimatski), geofizične lastnosti (seizmološke, vulkanske, gravimetrične, podatki zemeljskega magnetizma), geološke lastnosti (splošne geološke, litološke, tektonske), geomorfološke, hidrološke, bonitetne (pedološke), biogeografske (flora, favna).
- Socialno-ekonomska tematika: splošna socialno-ekonomska, naseljenost, narodno bogastvo (rude, gozdovi), kulturna izgradnja, politično-administrativni podatki, zgodovinska, prometna tematika (železniška, avtomobilska), turistična, planinska, športna tematika.
- Tehnični podatki posegov v prostor: načrti raznih raziskav, inženirski načrti (gradnja komunikacij, načrti podzemeljskih napeljav v naseljih), katastrski podatki, podatki geodetskih izmer, navigacijski podatki za zračno in pomorsko plovbo itd. (Petrovič, 2001).

Vsebinska kartografskega modela je organizirana kot topografska baza. Slednja je lahko organizirana kot enotna, ki vključuje vse topografske podatke oziroma kot ločene baze, ki vključujejo posamezne topografske elemente. Pregled elementov, ki jih vsebuje topografska baza, lahko prikažemo v objektnem katalogu. Kot pravi Šumrada (2005), objektne katalog omogoča poenoteno razvrščanje prostorskih objektov v objektne tipe (razrede) za kateri koli podatkovni model na določenem območju obravnave. Objektne tipe razlikujemo glede na pomen, njihove attribute, operacije in relacije (odnose) med njimi.

Struktura objektnega kataloga je hierarhična in vsebuje naslednje nivoje:

- Objekt (topografski objekt) je objektnemu tipu pripadajoč, geometrično omejen in z atributi opisan predmet realnega sveta. Topografski objekti so lahko glede na upoštevanje različnih nivojev struktur različnih oblik (točkovni, linijski ali območni).
- Objektne tip je kategorija istovrstnih topografskih objektov za kataloški namen, ki je modelni pojem (primer: stanovanjska stavba, avtocesta, močnejši izvir).
- Objektne skupina je naziv ali organizacija enakih pojmovnih elementov zaradi poenotenja pojmov (primer: cestni promet, vodni objekti) in je sestavljena iz objektne tipov.
- Objektne področje je v organizaciji pojmov najvišja stopnja in sestoji iz objektne skupin (primer: promet, hidrografija) (Šumrada, 2005).

V topografski bazi je vsak objekt opisan s pripadajočim objektne tipom, geometrijo, opisi in identifikatorji. Baza kot taka nima merila, saj so v njej podatki shranjeni v realnih enotah, vendar govorimo o merilu glede na geometrijsko natančnost, podrobnost in stopnjo generalizacije same vsebine modela.

Pri izdelavi in oblikovanju vsebine 3D modela je potrebno upoštevati predvidene načine uporabe in sama pričakovanja uporabnikov. Glede na to celotno vsebino modela ločimo na glavno, sekundarno in dodatno vsebino. Pri tem predstavljajo glavno vsebino tisti objekti in pojavi, ki so bistveni za samega uporabnika. Navadno je to relief oz. ploskev v prostoru ter pomembni objekti in komunikacije. Kot sekundarno vsebino štejemo objekte in pojave, ki dajejo vtis celovitosti prikaza, pri čemer niso bistveni za uporabnika. V to skupino uvrščamo pokritost tal, vodno omrežje, manj pomembne stavbe in objekte, administrativne meje in meje drugih območij. Dodatno vsebino sestavljajo objekti in pojavi, ki imajo dodatno pojasnilo ter so dodani na zahtevo uporabnika.

Dejavniki kot so namen uporabe 3D modela, ciljna skupina uporabnikov, sposobnost računalniške opreme, razpoložljivi podatki in drugi, vplivajo na izbiro vsebine kartografskega modela. Z vidika strukture podatkov je bolj smotrna uporaba vektorskih podatkov. Ti v primerjavi z rastrskimi podatki zasedejo manj pomnilniškega prostora. Smiselna pa je tudi uporaba sistema nivojev podrobnosti (LOD).

3.2 Viri kartografskega modela

Kartografski viri so podatki v grafični, numerični, digitalni ali pisni obliki, ki jih uporabljamo pri izdelavi kart oziroma modelov. Pri tem je izbira kartografskih virov pomembna, saj vpliva na kakovost ter stroške izdelave karte oziroma modela (Radoševič, 1974c, cit. po Petrovič, 2001). Podobna načela in zahteve kot pri analizi virov za karte veljajo tudi v primeru vzpostavitve 3D kartografskega modela.

Glede na vsebino in obliko podatkov kartografske vire delimo na:

- astronomsko – geodetske vire: sezname koordinat geodetskih točk,
- topografsko – kartografske vire: različne karte, aeroposnetki, fotografije in satelitski posnetki, podatki GIS-ov ter
- geografsko – statistične vire: geografski opisi, študije, statistični popisi, sezname zemljepisnih imen, slovarji, enciklopedije in podobno.

Glede na način in uporabo pa kartografske vire delimo na:

- osnovne vire, podatke katere uporabimo kot neposredno osnovo za generalizacijo pri izdelavi karte, iz njih privzamemo večino vsebine nove karte,
- dopolnilne vire, ti so namenjeni dopolnitvi vsebine – dopolnjujemo lahko elemente, ki jih na osnovnih virih ni, so neustrezni ali pa je vsebina osnovnega vira zastarela in jo dopolnjujemo,
- pomožne vire, kamor pa prištevamo vse tiste zbirke podatkov, ki jih ne uporabimo neposredno za dopolnitev vsebine, nam pa koristijo za to, da bolje spoznamo kartirano področje z geografskega, zgodovinskega, demografskega in podobnih vidikov (Petrovič, 2001).

Za ustrezno izbiro kartografskega vira je potrebna analiza razpoložljivih virov. Poznati moramo vsebino, položajno natančnost in pomensko pravilnost, celovitost vsebine ter starost vira. Le tako se lahko odločimo za najustreznejšega. Pri izgradnji 3D modela podatke praviloma zajemamo iz primarnih virov. Ker je tak zajem podatkov časovno zamuden in povezan z višjimi stroški izdelave, se odločimo za uporabo obstoječih baz, evidenc in zapisov, ki jih vzdržujejo različne ustanove.

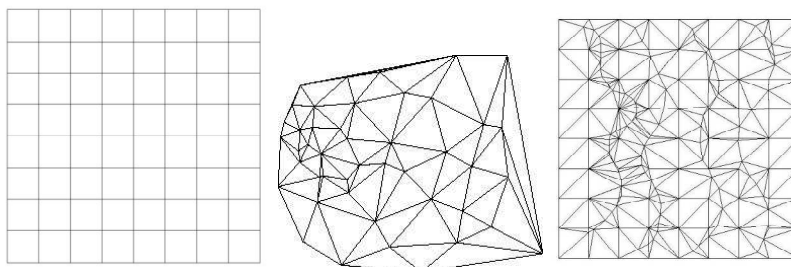
3.3 Določitev območja in 3D ploskve

S 3D karto je mogoče predstaviti vsako razsežnost geografskega prostora. Večje, kot je območje predstavitve, manjše je povprečno merilo in s tem potrebujemo bolj generalizirane in razredčene topografske informacije. Pri 3D kartah tako govorimo o kartah velikega in majhnega območja in ne merila (Domajnko, 2008).

Pri izdelavi digitalnega modela z uporabo podatkovnih baz, je konvencionalni način prikazovanja reliefa (plastnice, senčenje, črtkanje, hipsometrija) neprimeren. Takšni prikazi zahtevajo veliko pomnilniškega prostora ter otežujejo izvedbo poizvedb ter analiz. Zaradi omenjenih razlogov se je uveljavila predstavitev reliefa z digitalnim modelom terena (DMR). DMR je računalniško modelirana ploskev, ki povezuje posamezne točke z določeno absolutno višino, vključuje pa višinske točke, karakteristične linije in točke terena ter geomorfologijo (Petrovič, 2001).

Izrednotena ploskev se lahko predstavi rastrsko kot prostorska gridna mreža, kot trikotniška mreža (TIN) ali pa vektorsko s pomočjo izolinij (slika 1) (Šumrada, 2005).

Pri izdelavi ploskve smo omejeni z vhodnimi podatki, želenim prikazom ploskve ter računalniško opremo. Za splošen prikaz se običajno uporabi pravokotna mreža, ki zahteva najmanj pomnilniškega prostora. Posledično pride do izgube informacij o terenu, kar privede do slabše kakovosti ploskve. V primeru, kjer je pomemben prikaz določenih pojavov v naravi (vodovje, prometnice, lokalne značilnosti terena), je smiselno uporabiti mrežo trikotnikov ali hibridno strukturo. Za modele, kjer je prikazan teren želene stopnje podrobnosti, uporabimo temu primerno gostoto točk. Z večanjem gostote točk, se bližamo realnemu stanju v naravi. Pri gostoti točk modela je potrebno narediti kompromis med količino podatkov in podrobnostjo.



Slika 1: Računalniško modulirane ploskve

- (1) pravokotna mreža (lasten); (2) nepravilna trikotniška mreža (A place in History, 2013);
(3) hibridna struktura (lasten)

3.4 Nanos ploskev oziroma tematskih plasti na model

Kot osnovo za trirazsežnostni prikaz je potrebno izbrati ustrezno prostorsko ploskev, ki podaja podlago za celotno 3D upodobitev. Za nanos na ploskev potrebujemo tudi ustrezen niz rastrskih in vektorskih podatkovnih slojev, ki jih pojmujejo kot dodano vsebino. Prostorsko ploskev lahko prikazujemo bodisi v skeletnem (žičnem) načinu, ki je procesno manj zahteven, ali pa v polni sestavi in teksturni upodobitvi.

Če na osnovno ploskev, na primer prikazano v skeletnem izgledu, nanesimo izbran in ustrezno orientiran rastrski in podatkovni sloj (draperijo), ta privzame prostorske lastnosti (obliko, višino, ukrivljenost itd.) 3D ploskve.

Prav tako lahko kot nanos uporabimo vektorski 2D podatkovni sloj ali izbrano kombinacijo, kar povzroči prileganje in nanos vektorskih gradnikov neposredno na 3D ploskev spodaj.

Izbrane plavajoče podatkovne plasti privzamejo 3D obliko od nosilne prostorske ploskve, vendar pa se jim lahko doda primeren odmik, tako da nastopajo ločeno nad ali celo pod prostorsko ploskvijo (Šumrada, 2005).

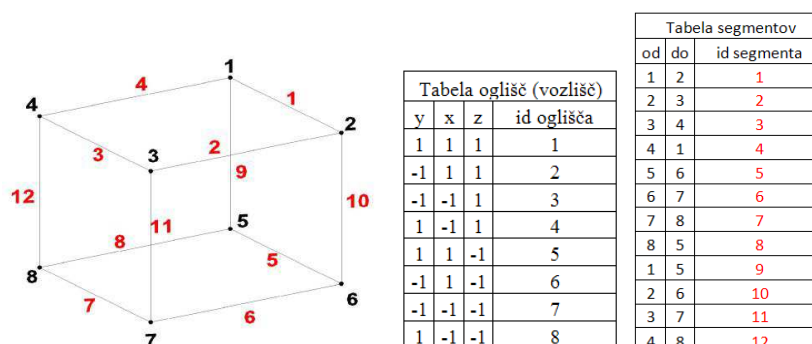
3.5 Izdelava in določitev lokacije trirazsežnih objektov

Stvarni objekti v prostoru so večinoma trirazsežna telesa. Med poznanimi pristopi za modeliranje trirazsežne geometrije teles, se na področju CAD in GIS za modeliranje objektov najpogosteje uporabljajo naslednji pristopi:

- skeletni ali žično-okvirni pristop,
- tako imenovano akumulativno modeliranje in
- proizvodno modeliranje.

Skeletni model (slika 2) izvedbeno tvorita dve osnovni tabeli, ki sta tabela oglišč oziroma vozlišč in tabela segmentov. Vsak pojav v tabeli oglišč podaja njegov identifikator in niz koordinat. Vsaka vrstica v tabeli segmentov poleg identifikatorja določenega roba zajema tudi njegovo topologijo, ki je podana kot usmerjena razvrstitev od oglišča do oglišča. Skeletna ponazoritev prostorskih objektov izrecno ne podaja značilnosti robnih ploskev, ki so lahko podane zgolj kot robni poligon razvrščenih segmentov (Šumrada, 2005).

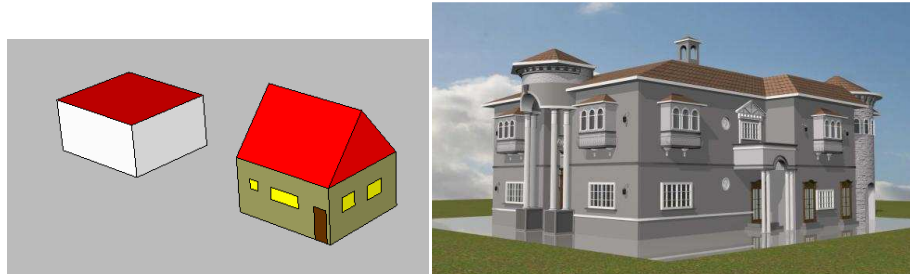
Skeletni pristop temelji na enostavni geometrični in topološki podatkovni sestavi. Kljub temu je lahko takšna žična ponazoritev prostorskih objektov dvoumna ter zato uporabna z omejitvami.



Slika 2: Skeletni ali žični prikaz telesa
(lasten)

Akumulativno modeliranje (slika 3) se lahko pojmuje kot neposredna nadgradnja skeletnega pristopa. Temelji na opredelitvi trdnega telesa s pomočjo stikajočih se robnih ploskev prostorskega objekta. S tem pristopom rešimo problem robnih površin na način, da ima objekt sklenjen zunanji izgled in zaprto notranjost (Šumrada, 2005).

- tretji nivo razpoznavnosti vsebuje poljubno podrobne modele stavb, ki vsebujejo tudi manjše detajle kot sestavne podobjekte (dimniki, zunanja stopnišča, balkoni, funkcionalna zemljišča itd.) (Šumrada, 2005).



Slika 5: Trije nivoji razpoznavnosti objektov
(1) prvi nivo (lasten); (2) drugi nivo (lasten); (3) tretji nivo (AutoCAD and 3D Design, of key buildings, and 3D models, kiosk, Exhibition Stalls, 2013)

3.6 Določitev atmosfere, neba, osvetlitve in senčenja

Nebo je pri 3D kartah posebno objektno področje, ki pri 2D kartah ni upodobljeno. Na tradicionalnih 2D kartah je ozadje praviloma bele barve zaradi podlage (papir), kar omogoča zelo dobre kontraste med ozadjem in kartografskimi znaki. Tako je nebo hkrati del prikaza in ozadje. V naravi se nebo oziroma svetloba, ki jo zaznavamo kot nebo, spreminja glede na uro dneva, letni čas, vreme ter zemeljsko površje. Pri izdelavi 3D kart je smiselno izbrati barvo neba, ki omogoča čim boljši kontrast glede na ostalo prikazano vsebino, to pa je največkrat modra barva, barva jasnega neba (Petrovič, 2001).

Pri izdelavi 3D modela lahko v primerjavi s 3D kartami prikažemo tudi večerno nebo, oblačno sivo ter nočno nebo z nebesnimi telesi, saj nam kontrasti ne spremenijo prioritete. Prikaz oblakov na nebu bistveno vpliva na kakovost 3D kart. Izbira in način prikaza je zelo pomembna, saj moramo glede na raznovrstnost oblik upoštevati realne možnosti nastanka in oblike oblakov. Uporaba oblakov je priporočljiva v primeru, ko karta vsebuje veliko površino neba, sicer prevelika površina modre barve preveč pritegne uporabnikovo pozornost.

Sence so bolj izrazite v jasnem vremenu in so lahko ključne pri ustvarjanju vtisa 3D v 2D prikazu. Najpomembnejši lastnosti senc sta barva in gostota.

Pri senčenju seveda ne smemo pretiravati, saj lahko izgubimo jasnost kartografske predstavitve, tako da je verjetno ustrežnejše bolj rahlo senčenje, še posebej na kartah bogatih z detajli, kot je to urbano okolje. Močnejše senčenje pa je primerno za poudarjanje razgibanega reliefa, kjer gostega detajla ni. V splošnem tako za osvetlitev kot senčenje velja, da je bolje doseči nazornost in razločnost predstavitve, kot pa večjo stopnjo realizma svetlobnih učinkov. Izjema so tematske predstavitve, kjer je realna ali celo poudarjena osvetlitev oziroma senčenje osnovni namen, na primer v vizualni analizi osvetlitve/osenčenosti (Gnilšek, 2004).

- Zmanjšanje zapletenosti osnovne ploskve in števila posnetkov; z opuščanjem posnetkov v poteku animacije se tudi pridobi na hitrosti animacije, vendar pa lahko takšne poenostavitve hkrati privedejo do zmanjšane kakovosti (gladkost poteka, ločljivost itd.) (Šumrada, 2005).

Pri načrtovanju animacij moramo upoštevati opisane značilnosti ter na začetku zato načrtovati kratke in enostavne aplikacije. Ko dosežemo zadovoljiv osnovni izgled in potek animacije, lahko preizkušamo dodatne učinke ter dodajamo ustrezne rastrske in vektorske podatkovne sloje (Šumrada, 2005).

4 UPORABA TRIRAZSEŽNIH MODELOV

Področje uporabe trirazsežnih modelov je danes zelo široko. Prisotni so v svetu filmske in glasbene industrije, kjer se pri izdelavi filmov uporabljajo posebni učinki. Primer je ustvarjanje okolja, ki ne obstaja. Pri vse bolj zahtevnih računalniških igrah uporabniki spodbujajo razvijalce k ustvarjanju čim bolj realističnega videza okolja. Oglaševalci se poslužujejo uporabe digitalnih medijev, saj tako njihov izdelek izstopa iz množice. 3D model omogoča oglaševalcem od izdelave enostavnega izdelka do popolne animacije. Tehnologija prijazna uporabniku omogoča enostavne spremembe geometrije, tekstur, materialov modela in še veliko več. Pri delu tudi ni omejitev, saj v realnem 3D modelu lahko uporabiš svojo domišljijo. V strojništvu se 3D modeli uporabljajo za načrtovanje, prikazovanje ter preizkušanje izdelkov v testnem okolju. Geologi in gradbeni konstruktorji uporabljajo 3D modele za simulacije potresov. Arheologi jih uporabljajo za izdelavo nahajališč ter arhiviranje kulturne dediščine. Arhitekti že dolgo časa ustvarjajo trirazsežne modele na dveh dimenzijah. Prikaz objekta v treh dimenzijah je primeren za prikaze novogradenj ter prikaz izdelka uporabniku. Omogočen pogled v notranjost objekta uporabniku poenostavi predstavo. Vladne službe uporabljajo 3D modele pri gradnji novih infrastruktur, kjer se umestijo trase v prostor ter so možne izdelave raznih analiz vplivov na prostor. Uporabljajo se tudi pri urjenju vojaških enot kot simulacije spopadov. 3D modeli nudijo v izobraževanju veliko prednost, saj v različnih strokah (medicina) nudijo doprinos starim metodam.

Pri nekaterih projektih v urbanističnem, prostorskem in krajinskem planiranju ter pri upravljanju z nepremičninami potrebujemo namesto klasičnih dvodimenzionalnih še tridimenzionalno zajete podatke. Zlasti to velja za mestno okolje, kjer so večino naravnega okolja, vključno z reliefom, močno preoblikovali in zapolnili antropogeni objekti, predvsem stavbe (Radovan in Janežič, 2001).

Razlog za uporabo teh podatkov je lahko izdelava mestnega informacijskega sistema ali pa upodabljanje urbanega okolja z različnimi cilji. Uporaba 3D modelov je tipična pri načrtovanju novih delov naselij, ko je potrebno ohraniti značilno veduto ali simulirati vstavitve novogradnje še pred začetkom gradbenih del. Pomembni so lahko tudi kot geoinformacijska podpora pri izdelavi različnih planskih aktov, obračunu površin in volumnov, vrednotenju etažne lastnine, načrtovanju revitalizacije, spomeniškem varstvu, inventarizaciji in vrednotenju. Pri uporabi 3D podatkov v vsakem od naštetih primerov posebno vlogo igra grafična predstavitev objektov v projekciji (Radovan in Janežič, 2001).

5 POPLAVE

5.1 Značilnosti poplav

Poplave so eden izmed naravnih pojavov, ki so z drugimi geološkimi procesi oblikovali in še preoblikujejo zemeljsko površje. Poplavna območja so sestavni del vodotokov, kot del vodnega prostora predstavljajo pomemben vodni ekosistem in pomembno vplivajo na vodni režim, predvsem pri zmanjševanju konic poplavnih valov in bogatenju podtalnice. Pri analizi oziroma izvajanju različnih ukrepov varstva pred poplavami je zato treba upoštevati celovitost vodnega režima in celotno povodje obravnavati kot enoto (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Poplave so dokaj pogost in izredno dinamičen pojav. Zbiranje in odtok povečanih količin padavin povzročata intenzivne procese erozije ne samo v strugi vodotoka, temveč tudi v celotnem povodju. Proces se prične s spiranjem površinske preperine, nadaljuje z zemeljskimi plazovi in konča v rečni strugi, kjer voda prestopi bregove in poplavi okolico. Kalnost vodotoka se izredno poveča zaradi intenzivnega premeščanja lebdečih snovi. Poleg rinjenih plavin, ki jih voda premešča po dnu struge, voda odplavlja in nosi različne plavajoče snovi in predmete, ki jih skupaj imenujemo plavje. Plavje (npr. debela večjih dreves) se na zoženih odsekih vodotoka (mostovi) zagozdi in zajezi vodo. Z nadaljnjim povečanjem pretoka se zajezitev poruši in povzroči dodatni porušitveni poplavni val v strugi vodotoka. Voda se zaradi povečanega pretoka razliva po okolici in ogroža različne dejavnosti v tem prostoru. Ko se pretok zmanjša in se voda umakne v strugo, zapušča na poplavljenih površinah drobnozrnate naplavine (mulj), plavajoče predmete, ribe, onesnaženje in drugo navlako (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Do poplavljanja lahko pride zaradi padavin in istočasnega tajanja snega na zmrznjeni podlagi, dviga gladine podtalnice ipd. Za naravne razmere, kakršne poznamo v Sloveniji, je poleg zmernih večdnevni padavin ali obilnih kratkotrajnih padavin, za nastanek poplav izredno pomembna tudi količina vlage v zemljini oziroma predhodna vlažnost. Večja kot je predhodna vlažnost zemljine, tem večja količina padle vode površinsko odteče ter s tem poviša nivo vodotoka.

5.2 Prikaz in ocena vplivov poplav

Pojav poplav in oceno vplivov različnih ukrepov varstva pred poplavami lahko opredelimo s pomočjo:

- nivograma ali hidrograma,
- verjetnostjo pojava,
- pretočno krivuljo in
- škode v odvisnosti od gladine vode.

Nivogram predstavlja diagram spremembe gladine vode s časom, medtem ko je v hidrogramu prikazana sprememba pretoka vode s časom.

Verjetnost pojava poplav je določena s soodvisnostjo med pretokom vode in povratno dobo oziroma verjetnostjo. Možnost pojava ali verjetnost pojava je pomembna lastnost poplave. Narava in gospodarska dejavnost sta vsakokratnim pojavom prilagojeni in ju praviloma ne prizadene večja škoda. Čim večji je dogodek (uresničitev pojava), tem manjša je njegova možnost oziroma verjetnost. Verjetnost dogodka določimo na podlagi statistične analize merjenih podatkov, kar je tudi zahtevno

strokovno opravilo, saj se lahko izračunane vrednosti v odvisnosti od izbranega vzorca podatkov in teoretične porazdelitve razlikujejo tudi za nekaj deset odstotkov.

Zaradi enostavnosti in lažjega razumevanja v praksi, možnosti dogodka, ki je določena s pomočjo verjetnostnega izračuna, ne prikazujemo v odstotkih verjetnosti, temveč z njeno recipročno vrednostjo. Če dogodek vežemo na leto, je pri verjetnosti $P(x) = 0,99$ povratna doba tega dogodka enaka:

$$T(x) = \frac{1}{1 - P(x)} = \frac{1}{1 - 0,99} = \frac{1}{0,01} = 100 \text{ let}$$

Tako ne govorimo o dogodku z enim odstotkom verjetnosti, temveč o dogodku s stoletno povratno dobo (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Povratna doba nam pove koliko dogodkov se bo v povprečju zgodilo v določenem časovnem obdobju. Tako pride do dogodka s petletno povratno dobo desetkrat v petdesetih letih. Pomembno pri podatku o povratni dobi je zavedanje dejstva, da je to le dogovorjena meja varnosti. Poplave si sledijo v naključnih obdobjih, kar pomeni, da lahko pride do pojava čez nekaj sto, deset let ali pa čez nekaj dni.

Zvezo med gladino vode v vodotoku in pretokom kaže pretočna krivulja, ki nam tudi omogoča preoblikovanje nivograma v hidrogram.

5.3 Izhodišča za določanje ogroženosti pri poplavih

Poplavna ogroženost izhaja iz:

- visoke gladine vode, ki povzročajo:
 - žrtve zaradi utopitve;
 - škodo zaradi preplavljanja dobrin;
 - škodo zaradi vdora vlage v konstrukcijo objekta in dobrine;
 - dodatno obremenitev konstrukcij s hidrostatičnim tlakom;
 - neprehodnost prizadetega območja pri višjih gladinah;
- toka vode, ki povzročajo:
 - odplavljanje žrtev in dobrin;
 - dodatno obremenitev konstrukcij s hidrodinamičnimi silami;
 - neprehodnost poplavljenega območja;
- onesnaženje, ki se širi iz:
 - preplavljenih virov onesnaženja;
 - kanalizacije;
- erozije dna in brežin struge, ki povzročajo:
 - spodkopavanje, porušitev objektov in celo odnašanje objektov;
 - odnašanje tal in spremembo morfologije struge;
 - odnašanje dobrin;
 - odnašanje obrežne vegetacije;
- naplavljanje plavin, ki povzročajo:
 - mulj, ki izdatno poveča škodo na poplavljenih dobrinah;
 - bolj grobe plavine, ki povečajo dinamične tlake in rušilno moč vode;
 - onesnažene plavine, ki onesnažujejo okolje;
 - z nerodovitnimi plavinami zmanjševanje rodovitnosti tal;
 - spreminjanje morfologije;

- trajanje pojava:
 - večdnevno poplavljanje uničuje posevke;
 - vdor vlage v konstrukcijo instalacije je večji;
 - stroški za zaščito in reševanje so odvisni od trajanja pojava (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Za določitev izhodišča poplavne ogroženosti je potrebno določiti verjetnost pretoka vodotoka. To nam predstavlja temeljno vrednost in izhodišče za določanje poplavne nevarnosti. Določitvi pretoka sledi hidravlična analiza, s katero izračunamo pretočno krivuljo in določimo obseg poplavnega območja, globino ter hitrost vode. Poleg omenjenih vrednosti moramo upoštevati dejstva, da se poplave od poplav razlikujejo. Razlika med vsakoletnim ali redkim ekstremnim pojavom poplav se kaže tudi v intenzivnosti erozijskih in spremljajočih pojavov. Dodaten vpliv na pojav imajo plazovi, zaježitve, pretok in odlaganje plavin, porušitve objektov za zaščito, ekološke nesreče ipd.

5.4 Lastnosti poplav v Sloveniji

Poplave v Sloveniji so večinoma povezane z močnimi padavinami, ki jih nad naše kraje prinašajo vlažne frontalne zračne gmote. V odvisnosti od vlažnosti zemljišča povzročijo padavine večji ali manjši odtok vode. Odvečna voda, ki se zbira v vodotok, privede do povečanega pretoka ter povzroči dvig gladine vode v strugi.

Občasno pa prihaja do izrednih razmer, predvsem zaradi:

- izredno velikih in dolgotrajnih padavin;
- velike predhodne vlažnosti tal;
- padavin, ki so padle na snežno odejo, povzročile njeno tajanje in katastrofalen površinski odtok.

V Sloveniji so večja poplavna območja redka zaradi mikrotopografskih lastnosti položaja v povirjih voda. Med večja poplavna območja spadajo kraška polja (Cerkniško in Planinsko polje, Bloška planota), kjer je odtok voda omejen z zmogljivostjo požiralnikov ali ravnice ob vodotokih, predvsem na obrobju Panonske ravnine (Ljubljansko polje, Savinjska dolina, Krško – Brežiško polje, Dravsko – Ptujsko polje, Mursko – Ljutomersko polje ...) (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

5.5 Ogroženost in ukrepi varstva pred poplavami

Pri zelo intenzivnih ujmah so posledice delovanja eksogenih sil poplavna ter erozijska ogroženost prostora. Poplave štejemo med postopne naravne pojave. Za razliko od potresov ali plazov, ki jih ne moremo predvideti, poplave načeloma lahko. V primeru poplav je praviloma še dovolj časa za rešitev življenja, večja neposredna ogroženost pa je ob izbruhu hudournikov, ki lahko nastopijo v obliki blatnih ali murastih tokov.

Ranljivost je odvisna od človekove prisotnosti in dejavnosti na nevarnem območju ter se s časom spreminja. Ko z analizo v prostoru združimo nevarnost in ranljivost, dobimo ogroženost. Pri tem se osredotočimo na zmanjševanje le te z različnimi ukrepi. Ranljivost v analizi ogroženosti vpliva na stopnjo zaščite, zato ukrepe za zaščito pred poplavami načrtujemo in izvajamo na različne načine. Izvajanje omenjenih načinov je v skladu z naravnimi razmerami, kulturno – socialnimi dejavniki in razvojem družbe.

Za uspešno varstvo pred poplavami je zadolženo predvsem vodarstvo, ki s hidrološkimi in hidravličnimi modeli opredeli nevarnost ter opravi tudi analizo ranljivosti ob pomoči podatkov o rabi prostora. Pri izvajanju posameznih ukrepov je poleg vodarstva zelo pomembno prostorsko načrtovanje, ki ga štejemo za glavni negradbeni ukrep obvladovanja poplavne ogroženosti in preventivnega delovanja na način omejevanja vnosa dodatnega škodnega potenciala v poplavni prostor. Vloga prostorskega načrtovanja je nepogrešljiva predvsem pri ukrepih za zmanjševanje ranljivosti in nevarnosti z ustreznim ravnanjem v prostoru (Brilly, 2012).

Posebno pozornost pri določanju ogroženosti je treba posvetiti iskanju človekovih vplivov na okolje, ki pospešujejo dinamiko naravnih procesov in s tem povečujejo naravne nevarnosti (Brilly, 2012).

Poplave kot naravni pojav ne moremo preprečiti, lahko pa blažimo njihove posledice. Iz tega naslova imajo pri gospodarjenju na ogroženih območjih lastniki zemljišč ali uporabniki voda naslednje dolžnosti. Na poplavnih območjih je potrebno:

- gospodariti tako, da se ne poslabšajo odtočne razmere;
- potrebno je vzdrževati vse objekte, ki varujejo pred visoko vodo;
- strugo, ki poplavlja, je potrebno čistiti zrasti in nanosov, da se dodatno ne zmanjšuje pretočnost.

Na urbanih poplavnih območjih:

- glede na oceno ogroženosti in škode je potrebno zavarovati območje na ustrezno verjetnost poplavljanja;
- v primeru nevarnosti nastopa poplav je treba delovati v skladu z načrtom obrambe pred poplavami;
- zagotoviti je potrebno varnost ljudi in prometa.

Na poplavnih območjih, kjer so ogroženi infrastrukturni objekti:

- vsak nov infrastrukturni objekt mora biti načrtovan tako, da ne poslabša poplavnih razmer ali da jih ne ustvari;
- premostitveni objekti morajo zagotoviti normalen pretok vode in plavin, upoštevana mora biti tudi nevarnost zamašitve zaradi plavja.

Med preprečevanje vzrokov za nastanek poplav spadajo vodogradbeni ukrepi, ki zajemajo graditev hidrotehničnih objektov. Poleg nasipov obstaja še vrsta drugih vodogradbenih posegov za varstvo pred poplavami kot so oddušni kanali, zadrževalniki, kanaliziranje vodotokov, urejanje povirij ipd. Z izgradnjo naštetih objektov vplivamo na verjetnost pojava, pretočno krivuljo ali krivuljo gladina – škoda.

Alternativni ukrepi so ukrepi, ki ne zahtevajo graditve hidrotehničnih objektov: akumulacij, regulacij strug, nasipov, suhih zadrževalnikov ipd.

Ukrepi s katerimi poskušamo pri poplavah čim bolj omiliti škodo in zmanjšati posledice pojava (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999), so:

- upravno – administrativni predpisi, s katerimi poskušamo doseči urejanje območja, na katerem bo škoda pri poplavah minimalna;
- zavarovanje objektov pri zavarovalnicah;
- ekonomska solidarna pomoč širše družbene skupnosti;

- preseljevanje ali sprememba namembnosti ogroženih območij;
- zaščitni ukrepi pri projektiranju novih in rekonstrukciji starih objektov;
- obveščanje ogroženih prebivalcev in izgradnja opozorilnih sistemov;
- delovanje organizirane službe za redno in izredno zaščito pred poplavami.

6 HIDROMETRIJA

Da bi lahko opredelili hidrološke pojave in tudi določili napoved vplivov različnih posegov v režim voda, jih moramo spoznati, za kar so pa nujne meritve. Del hidrološke znanosti, ki se ukvarja z meritvami lastnosti vode, se imenuje hidrometrija. Naloge hidrometrije so:

- izvajanje meritev lastnosti režima voda;
- razvoj metod in izdelava pribora za izvajanje meritev posameznih elementov režima voda;
- analiza in obdelava podatkov ter določanje napak pri meritvah;
- optimalna razporeditev merskih postaj in meritev v prostoru in času itd (Brilly, Šraj, 2000).

6.1 Meritve gladin vode

Meritve gladine vode izvajamo v posameznih točkah v daljših časovnih presledkih.

Točke, v katerih opazujemo spremembe gladine vode, morajo biti značilne, tako da omogočajo analizo režima voda in morajo omogočiti določanje pretoka voda na vodotokih s pomočjo pretočne krivulje.

Za postavitev profila je treba izbrati preme odseke s pravilno oblikovano in prizmatično strugo. Profil naj bo čim bolj stabilen, brez opaznih sprememb v obliki prečnega prereza. Celoten odsek opazovanj mora biti stabilen, brez znakov naplavljanja ali poglobljanja struge. Hidravlični pogoji morajo omogočati čim bolj normalen tok, tako da na gladino struge ne vplivajo objekti (zapornice) ali zajezev na bližnjem sotočju ali zožitvi struge.

Pri postavitvi profila moramo upoštevati še posebne pogoje, kot so: dostopnost do profila tudi v neugodnih meteoroloških razmerah (poplave), bližina opazovalca in možnosti električnega ali telefonskega priključka.

Late se izdelujejo iz različnega trpežnega materiala v dolžini od enega do dveh metrov. Centimetrška (ali dvocentimetrška) razdelba mora biti označena, tako da gladino vode lahko odčitamo na en centimeter točno tudi iz večje razdalje.

Pritrdimo jih na čvrsto, dobro temeljno podlago. Po navadi so to stebri mostov (meritve so lahko problematične zaradi oblikovanja gladine vode pri odtekanju vode okoli stebrov), obrežna škarpa, močno utrjen steber ali železniška tračnica (obstaja nevarnost poškodbe vodomera s plavajočimi predmeti) ipd.

Opazovanja na lati se praviloma izvajajo vsak dan ob sedmih zjutraj, po potrebi (pri poplavah) pa tudi bolj pogosto. Sicer se lata tudi obvezno postavlja poleg registriranih aparatov – limnografov kot kontrolni instrument (Brilly, Šraj, 2000).

6.2 Meritve pretoka

Pretok je ena najpomembnejših hidroloških veličin, ki jo definiramo kot volumen vode, ki v enoti časa priteče skozi določen prečni prerez vodotoka.

V splošnem delimo meritve pretoka na dve skupini: neposredne in posredne meritve pretoka.

- neposredne meritve pretoka

Pretok določimo z meritvijo prostornine v določenem času (npr. zajemne ali merske posode, meritve koncentracije sledila). So lahko zelo natančne, vendar precej omejene na meritve manjših pretokov.

- posredne meritve pretoka

Pretok predstavlja skalarni produkt vektorjev površine prečnega prereza in (srednje oz. povprečne) hitrosti snovi. Metoda je torej sestavljena iz dveh (pod)meritev: meritve površine prereza in meritve hitrosti.

Zadnjih 15 let so doživeli hiter razvoj merilniki, s katerimi lahko sočasno izmerimo globino in hitrost - ultrazvočni merilniki. Uporabljajo princip Dopplerjevega pojava, torej merijo spremembo med oddano in sprejeto frekvenco (od 500 do 1500 kHz pri merilnikih pretoka rek). Za določitev hitrosti vode se meri frekvenca odbojev od raztopljenih delcev v vodi, za določitev globine pa od dna struge. Ker meri merilnik na ta način, da se giblje preko struge, mora v vsakem trenutku poznati svoj položaj. Le-tega določi glede na položaj na začetku gibanja, lastno hitrost (in smer) gibanja ter čas, ki je pretekel med posameznima vertikalnima meritvama. Zaradi več odbojev (vsaj dveh - od delcev in dna) pravimo taki vertikalni meritvi garnitura (angl. ensemble). Svojo hitrost enači s »hitrostjo« premikanja dna, izmerjenemu vektorju zamenja le smisel (orientacijo) (ARSO, 2013).

7 KOSTANJEVICA NA KRKI

7.1 Predstavitev Kostanjevice na Krki

Tam, kjer se nižinski Krakovski pragozd počasi vzpenja v hribovite, zelene Gorjance, leži Kostanjevica na Krki, edino in najmanjše mesto na otoku, imenovano tudi Dolenjske Benetke (Občina Kostanjevica na Krki, 2013). Ime Dolenjske Benetke je mesto dobilo zaradi pogostih poplav. Na Benetke spominja tudi vrsta kulturnih spomenikov in umetniških zbirk, ki so na voljo za ogled obiskovalcem in turistom. Kostanjevica na Krki, eno najmanjših in eno najstarejših mest na Slovenskem, se je razvilo na umetnem otoku v meandru reke Krke, v bližini nekdanje spanheimske obmejne trdnjave Landestroost ter ob vznožju Gorjancev (GremoVEN.com – Kostanjevica na Krki, 2013).



Slika 6: Kostanjevica na Krki
(SOCIAL PROGRAMME, 2013)

Jedro Kostanjevice se nahaja na umetnem otoku v okljuku Krke, kajti oba kraka rečne vijuge sta povezana s prekopom (slika 6). Otok je dostopen preko treh mostov. Mestna struktura z dvema ulicama se je ohranila vse do danes, ko je kraj kot celota razglašen za kulturni spomenik.

Kostanjevica na Krki se omenja kot mesto že davnega leta 1252, njen razcvet pa je omogočil vojvoda Bernard Spanheim, ki je leta 1234 ustanovil cistercijanski samostan, z namenom da bi utrdil svoje posesti na Dolenjskem (Občina Kostanjevica na Krki, 2013). Ob spodnji Krki, na stiku panonskega in dinarsko-kraškega sveta, se je na otoku razvijalo gospodarsko, trgovinsko in upravno središče. Obstoje tega mesta niso uničili ne turški vpadi, ne Uskoki z Gorjancev, ne poplave in požari, ne kuga in lakota ter ustanovitev Novega mesta, ki je sredi štirinajstega stoletja preusmerilo prometne poti, s čimer se je za mesto na otoku začelo obdobje stoletne stagnacije (Orožen Adamič, 2003).

V obdobju narodnega prebujanja v 19. stoletju se je tu začel razcvet obrti, trgovine, gostinstva. Mesto je pridobilo dve hranilnici in posojilnico, narodno čitalnico, šolo, kulturno-prosvetno društvo, meščansko godbo, gardo ... Začelo se je živahno društveno in družabno življenje. Zelena Krka je v te

kraje privabila tudi inženirja Josefa Resslera, ki je tu preizkušal delovanje prvih osnutkov znamenitega ladijskega vijaka (Orožen Adamič, 2003). Leta 1961 je štela vsega skupaj 548 prebivalcev, leta 1981 pa 745 prebivalcev (Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet, 2013). Danes šteje občina Kostanjevica na Krki 2450 prebivalcev (Občina Kostanjevica na Krki, 2013).

Hiše na otoku, ki predstavljajo najstarejše jedro naselja, so razporejene ob dveh vzporednih ulicah, ki se stikata na severozahodu in jugovzhodu. Eno od omenjenih ulic domačini imenujejo Veliki plac (Ulica talcev), drugo pa Mali plac (Oražnova ulica). Ostali deli naselja so zrasli ob cestah proti Krškemu, Novemu mestu, Oštrcu in Gradu oz. Kloštru. Centralno naselje danes vključuje osnovno šolo (od leta 1789), banko, splošno ambulanto, lekarno, trgovino in ostale ustanove (Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet, 2013).

Kostanjevica na Krki je bila z Odlokom občine Krško razglašena za kulturni in zgodovinski spomenik z namenom ohranitve zgodovinskih, kulturnih in naravnih vrednot ter zagotovitve trajnostnega razvoja.

Med arhitekturne in umetnostne spomenike tako sodijo:

- Župnijska cerkev sv. Jakoba, barokizirana romanska cerkev s stopničasto poglobljenima, poslikanima romanskima portaloma;
- Podružnična cerkev sv. Miklavža, poznogotska cerkev s freskami Jožeta Gorjupa v prezbiteriju;
- Poslopje župnišča in Lamutovega likovnega salona, Oražnov trg 5, kostanjeviški grad z vidnimi elementi kasnega srednjega veka in baroka;
- Stanovanjska hiša na Ulici talcev 9 z bogato oblikovano čelno fasado in arkadnim dvoriščem, zgrajena leta 1878;
- Stanovanjski objekt na Ulici talcev 2, kvalitetna v celoti ohranjena arhitektura iz druge polovice 19. stoletja;
- Stanovanjski objekt na Oražnovi 24, hiša furlanskega mojstra Vincenca Bertolija, oblikovana v slogu podeželske vile iz poznohistoričnega obdobja;
- Stanovanjska hiša Oražnova 2, rojstna hiša dr. Ivana Oražna, zgrajena leta 1831;
- Kapelica na Ulici talcev, pozidana konec 19. stoletja;
- Lesena mostova na severni in južni strani otoka.

Zaradi prazgodovinskih, antičnih, srednjeveških arhitekturnih in drobnih najdb, predstavlja arheološki spomenik celotno območje in dno reke Krke (Občina Kostanjevica na Krki, 2013).

Če torej za mesto kot celoto velja, da je prvovrstni kulturni spomenik, pa nekaj podobnega velja tudi za nekatere detajle oz. dele mesta. Na samem otoku je najpomembnejši umetnostni spomenik župna cerkev svetega Jakoba, verjetno pozidana že v drugi četrtini 13. stoletja kot del utrdbenih objektov ob severnem mostu. V osnovi je cerkev romanska, čeprav sta iz te gradbene faze ohranjena pravzaprav le glavni in stranski portal, ki spadata med najkvalitetnejše spomenike te vrste v Sloveniji. V timpanonu glavnega portala je slabo ohranjena slikarija iz okoli leta 1300, v timpanonu skromnejšega južnega portala pa freska Imago pretadis iz konca 15. stoletja. Na južni zunanji steni cerkve je freska sv. Krištofa z angeli in donatorjem iz okoli 1350. Cerkev je bila kasneje barokizirana in tudi trije oltarji so baročni in so prineseni iz samostanske cerkve. V osnovi gotski stolp je tudi kasneje dobil rokokojsko streho (Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet, 2013).

Pri južnem mostu je cerkev svetega Miklavža, ki predstavlja dragoceno arhitekturno in urbanistično dopolnilo naselja. Notranjščina prezbiterija je z biblijskimi motivi ustrezno strukturi gotskega prostora poslikal domačin Jože Gorjup. Med posvetnimi stavbami na otoku velja omeniti ministerialni dvorec iz konca 15. stoletja (v katerem je od leta 1958 Lamutov likovni salon), stara mitnica je iz 17. stoletja, Bertollijeva hiša pa je iz začetka 20. stoletja in je znana po svoji ornamentiki na fasadi (Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet, 2013).

Najpomembnejšo ohranjeno profano stavbo v mestu predstavlja nekdanji dvorec Spanheimov imenovani Lamutov salon. Začetki salona segajo v 16. stoletje, današnji videz pa je dobil v obnovi po požaru leta 1663. V njem je kapela sv. Ane, ki jo krasijo leta 1752 posvečen rokokojski oltar z Metzingerjevo oltarno sliko in kipoma sv. Katarine in sv. Barbare. Leta 1958 so v vzhodnem traktu uredili Lamutov likovni salon, imenovan po slikarju in grafiku Vladimirju Lamutu (1915–1962). Namenjen je občasnim razstavam, ki jih organizira Galerija Božidar Jakac.

Na otoku so zanimive še naslednje hiše: Hiša dr. Ivana Oražna (1869–1921), zdravnika, kirurga in porodničarja, enega od pobudnikov Medicinske fakultete v Ljubljani; pred hišo je Oražnov doprnski kip, delo kiparja Staneta Jarma in arhitekta Borisa Kobeta. Nekdanji mestni rotovž nasproti Miklavževe cerkve; stavbo zaznamuje arhitekturna členitev 19. stoletja. Bertollijeva hiša (na Oražnovi ulici št. 24), ki ima zanimivo secesijsko ornamentiko.

Izven otoka se poleg nove osnovne šole nahaja stara Ljudska šola iz leta 1906, v kateri deluje Gorjupova galerija poimenovana po lokalnem slikarju Jožetu Gorjupu (1907–1932). V omenjeni galeriji je stalna razstava domačih in tujih umetniških del (GremoVEN.com – Kostanjevica na Krki, 2013).

Najpomembnejši kulturni spomenik izven otoka je bivši cistercijanski samostan, ki mu domačini pravijo Grad ali Klošter. Najstarejši del samostana vključuje Marijino cerkev in ob njeno južno steno prislonjen križni hodnik. Cerkev je odličen primer prehodnega stilnega obdobja iz sredine 13. stoletja na slovenskem. Triladijska zasnova s prečno ladjo je v koru ravno zaključena. V kripti pod korom so grobovi žene in sina Bernarda Spanheima, verjetno pa tudi Viljema Svibenjskega. Steno nad glavnim vhodom je leta 1737 poslikal Franc Jelovšek. V gradu samem danes deluje cela vrsta ustanov, med katerimi je tudi Tehnični muzej Slovenije s stalno zbirko o vinarstvu in vinogradništvu na slovenskem (Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet, 2013). Od leta 1974 v gradu deluje Galerija Božidar Jakac, ki obsega bogate stalne slikarske zbirke. V prostorih nekdanje samostanske cerkve in lapidarija so občasne razstave, okolico nekdanjega samostana in tudi samo mesto pa bogatijo skulpture iz hrastovega lesa, ki že od leta 1961 nastajajo na mednarodnih simpozijih Forma viva. V okviru Galerije sodita tudi dislocirani enoti Lamutov likovni salon in Gorjupova galerija (GremoVEN.com – Kostanjevica na Krki, 2013).

7.2 Poplave na območju Kostanjevice na Krki

Mestno jedro Kostanjevice na Krki je bilo zaradi strateške lege ustvarjeno na rečnem okljuku. Kasneje je bil s prekopom ustvarjen otok. Zaradi lege, ki je nekoč varovala mesto pred sovražniki, je Kostanjevica na Krki ogrožena s poplavami.

7.2.1 Poplavna območja ob reki Krki

Krka je v svojem povirju reka, ki priteka iz Dinarskega sveta, kot so geografi opredelili v naravnogeografski regionalizaciji Slovenije, točneje iz pokrajine Suha krajina z Dobropoljem v Novomeško pokrajino in od tod na Krško ravan, ki jo že prištevajo k uravnaneu obrobju Panonskega sveta. Pri Brežicah se Krka steka v Savo (Orožen Adamič, 2003).

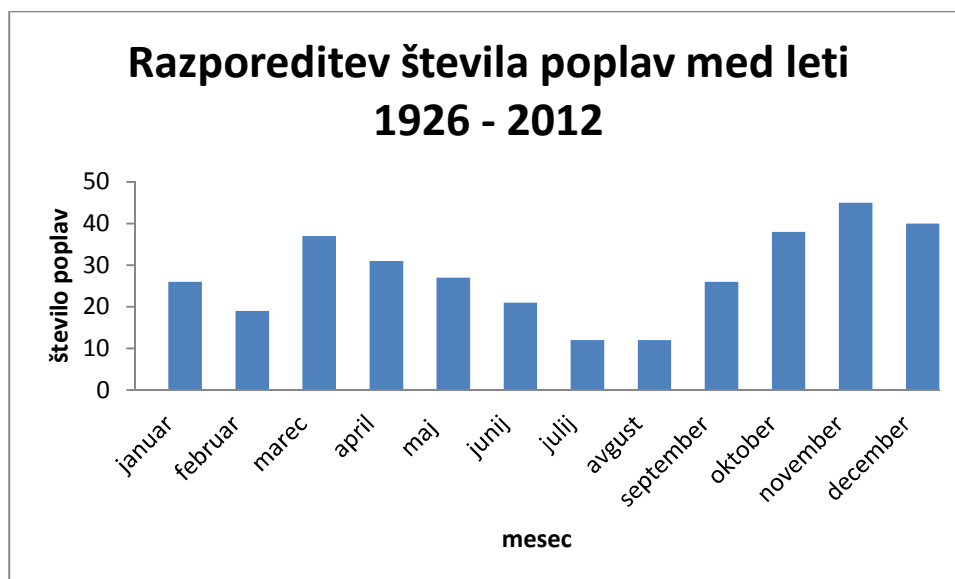
Krka prestopi svojo strugo že takoj ob vstopu v Kostanjeviško kotlino. Pod Malencami se ta poplavna voda, odtekajoča iz tega občasnega » jezera«, razdeli na dve strugi; deloma odteka po Krki, ki si je prav od tu navzdol zaradi vrezovanja Save svojo strugo močno poglobila, deloma pa teče severno od tod na vzhod proti Črnicu oziroma Ajdovcu in po njem mimo Ponikvarja v Krko.

Ker je dolina Krke od Malenc navzdol nekoliko globlja, je tudi širina poplavnega sveta manjša. Prva večja razširitev je pri Kostanjevici, kjer pripada poplavnemu svetu vsa pozidana mestna površina z glavno cesto, pa tudi obsežni travniški svet na zahodni ter vzhodni strani naselja. Neznatno se razširi poplavno območje ob izlivu Senuše v Krko, ker je Senuša močno poglobila svojo dolino (Orožen Adamič, 2003).

Ob največjih poplavah je v Kostanjeviški kotlini pod vodo 5793,2 ha. Ob običajnih najpogostejših poplavah je poplavljenega za 1012,2 ha manj sveta, kar je pa še vedno veliko, 4781 ha. Seveda so lahko od povodnji do povodnji velike razlike, ki so opazne na lokalni razširjenosti poplavne vode. Velik vpliv na to imajo visoke vode pritokov in stanje na Savi (Orožen Adamič, 2003).

7.2.2 Pogostost poplav

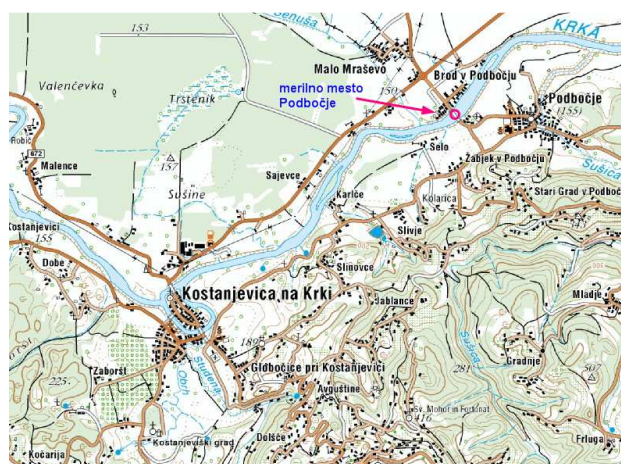
V Kostanjeviški kotlini prihaja do poplav izredno pogosto, saj nastopajo redno vsako leto. Možne so tudi večkratne poplave v obdobju enega leta. Poplave so v vseh letnih časih, vendar so v nekaterih mesecih veliko pogostejše kot v drugih. Razporeditev poplav po posameznih mesecih za merilno postajo Podbočje med leti 1926-2012 je prikazana na grafikonu 1. Z grafikona 1 je razvidno, da so poplave največkrat novembra (45) in decembra (40). Nato še sledita oktober (38) in marec (37). V ostalih mesecih redkeje, najbolj poredko julija (12) in avgusta (12). Taka razporeditev padavin se sklada s pluvio-nivalnim rečnim režimom reke Krke. Za pluvio-nivalni režim je značilna zelo visoka voda jeseni, kar je posledica velike količine padavin v oktobru in novembru ter sekundarni višek marca, ki nastopi zaradi pomladnega taljenja snega.



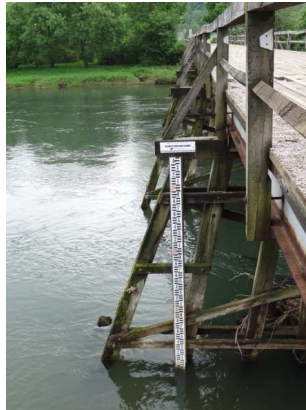
Grafikon 1: Razporeditev števila poplav med leti 1926 – 2012
(lasten)

Ob pogostosti poplav je razumljivo pomembno tudi njihovo trajanje. Ker imamo ob Krki večinoma opravka s tako imenovanimi nižinskimi poplavami, je njihovo trajanje daljše od v Sloveniji najpogostejših hudourniških poplav, ki trajajo navadno le nekaj ur. Hidrološki podatki postaje Podbočje kažejo, da so najbolj pogoste tiste poplave, ki trajajo po dva dni, nekaj manj je takih, ki so le en dan, še manj pa takih, ki trajajo tri, štiri ali pet dni. Za poplave ob Krki je pomembno tudi to, da so po dinamiki poplav vode razmeroma mirne (Orožen Adamič, 2003).

Reka Krka začne poplavljati, oziroma se razlije v manjšem obsegu na območjih pogostejših poplav, ko doseže opozorilno vrednost $200\text{m}^3/\text{s}$ na merilni postaji Podbočje. Merilna postaja Podbočje se nahaja 3,7 km nizvodno od severnega mosta v Kostanjevici na Krki (slika 7 in 8).



Slika 7: Lokacija merilnega mesta Podbočje
(lasten, povzeto po GURS)



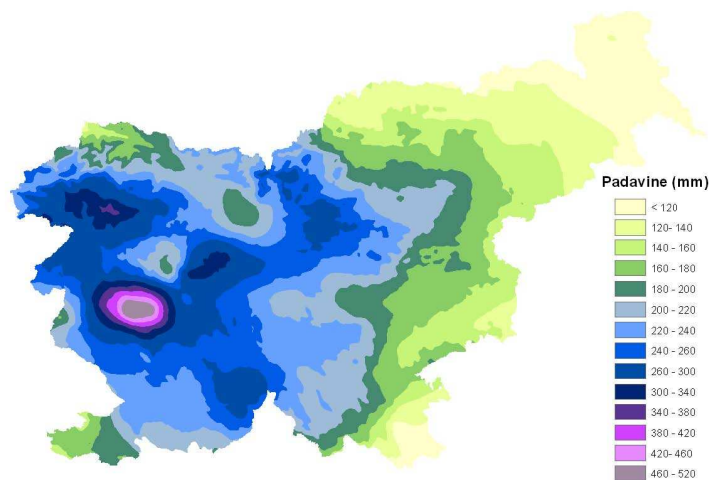
Slika 8: Vodomerna postaja Podbočje
(lasten)

V obdobju med leti 1926 – 2012 reka Krka ni preseгла opozorilne vrednosti $200 \text{ m}^3/\text{s}$ le v letu 1945, 2003 in 2011.

7.2.3 Poplave septembra 2010

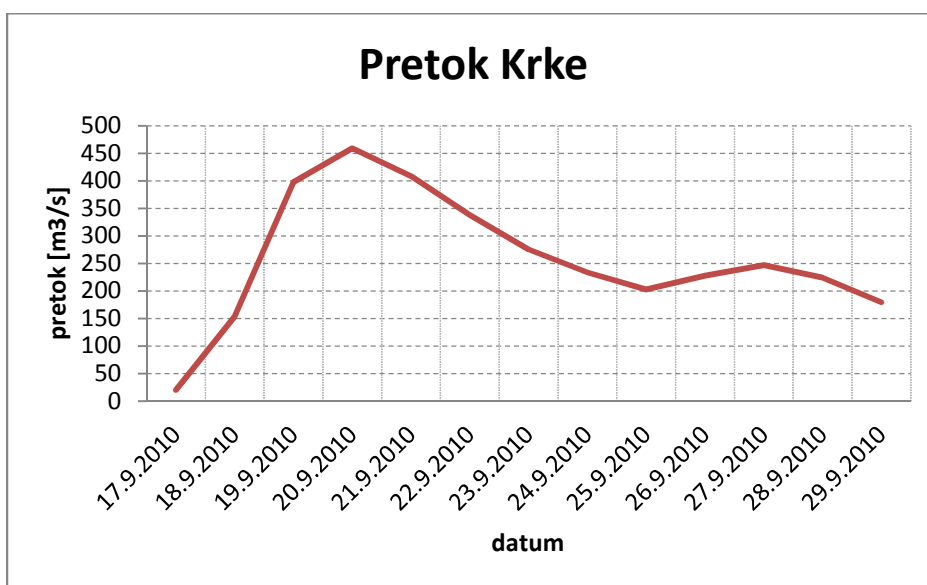
Med 17. in 26. septembrom 2010 so celotno Slovenijo zajele poplave in zemeljski plazovi. Povod za to naravno vremensko ujmo so bile izredno velike količine padavin v kratkem času (slika 9).

V noči na 17. september se je dež razširil nad vso Slovenijo. Tudi čez dan je bilo oblačno s padavinami, največ dežja je padlo v zahodni in osrednji Sloveniji. V noči na 18. september se je dež še okreplil, v zahodni polovici Slovenije so bile tudi krajevne nevihte. Čez dan je bilo oblačno in deževno, čeprav se je intenziteta padavin nekoliko zmanjšala. Predvsem v severovzhodni Sloveniji je dež za krajši čas ponehal. Popoldne in zvečer se je dež na zahodu spet okreplil, na Primorskem so bile zvečer nevihte. V noči na 19. september je povsod deževalo, padavine so bile najbolj obilne v jugozahodni Sloveniji. Od nedeljskega jutra dalje je dež slabel in od severozahoda ponehal, najpozneje sredi dneva v jugovzhodni Sloveniji (ARSO, 2010).

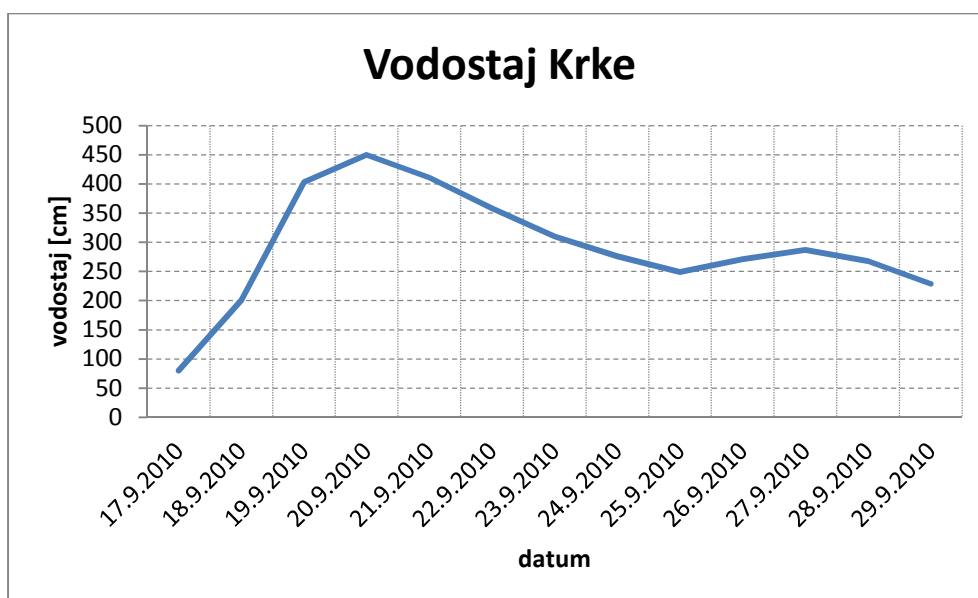


Slika 9: Vsota 4-dnevnih padavin od 8. ure 16. septembra do 8. ure 20. septembra 2010
(ARSO, 2010)

Potek naraščanja reke Krke na merilni postaji Podbočje je prikazan na grafikonu 2 in grafikonu 3. Reka je začela naraščati 18. septembra v jutranjih urah. Opozorilno vrednost $200 \text{ m}^3/\text{s}$ je dosegla v popoldanskih urah. Nato se je pretok reke zviševal do 20. septembra, ko je bil ob 2:30 uri zabeležen rekorden pretok $468 \text{ m}^3/\text{s}$. V tem času je znašal vodostaj 457 cm (grafikon 3). Nato je v naslednjih dneh do 25. septembra pretok počasi padel na $202 \text{ m}^3/\text{s}$ ter se nato 26. septembra zopet povečal in 27. septembra dosegel drugi vrh pri $247 \text{ m}^3/\text{s}$. Reka Krka je nehala poplavlјati šele 29. septembra, ko je bil po 11 dnevih zabeležen pretok manjši od $200 \text{ m}^3/\text{s}$ (grafikon 2).



Grafikon 2: Pretok reke Krke na merilni postaji Podbočje med 17.9 – 29.9.2010
(lasten)



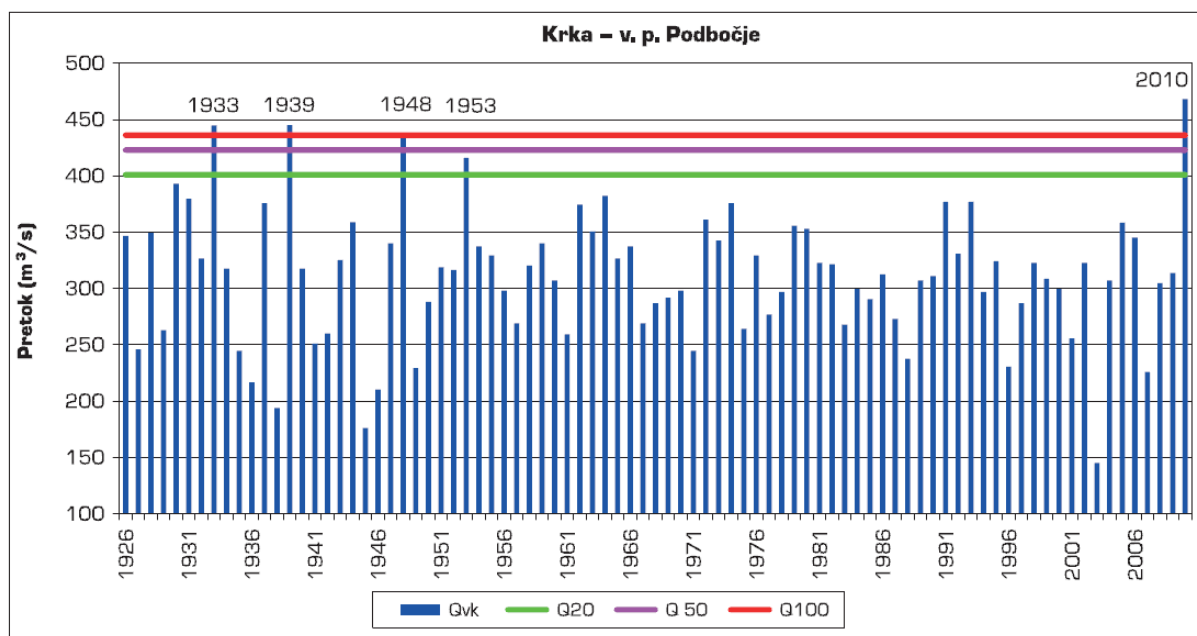
Grafikon 3: Vodostaj reke Krke na merilni postaji Podbočje med 17.9 – 29.9.2010
(lasten)

Reka Krka je tako v obdobju 11 dni, ko je dosegla maksimalni zabeležen vodostaj (grafikon 2), poplavlila celoten otok ter velik del okolice. Zalatih je bilo kar 115 objektov. Na določenem delu otoka je bila voda visoka 1,5 m. Zalilo je tudi okoliške kraje kot so Malence, Koprivnik, Sajevece. Voda pa je terjala tudi smrtno žrtev.

V preglednici 1 je prikaz največjih pretokov reke Krke na merilni postaji Podbočje. Krka je imela septembra 2010 največji pretok glede na razpoložljivi niz opazovanj od leta 1926 in je močno preseгла do takrat največji pretok 445 m³/s iz leta 1933. Pretok 468 m³/s je bil izmerjen z Dopplerjevim merilnikom pretoka, in sicer v jutranjih urah 20. septembra 2010. Po verjetnostni statistični porazdelitvi je to pretok blizu tisočletni povratni dobi. Poplavi iz let 1933 in 1939 sta blizu 200-letni povratni dobi, poplava iz 1948 pa ima stoletno povratno dobo. Visoke vode in poplave v spodnjem toku Krke so bile pogoste v prvi polovici 20. stoletja, ko so se visoke vode v istem letu celo večkrat ponovile (Kobold, 2011). Prikaz največjih letnih konic pretokov ter povratne dobe na vodomerni postaji Podbočje so predstavljene na grafikonu 4.

Datum poplavnega vala	Pretok konice poplavnega vala [m ³ /s]
20. 9. 2010	468
24. 9. 1933	445
23. 5. 1939	445
9. 11. 1948	438
16. 6. 1939	420
2. 1. 1953	416

Preglednica 1: Poplave nad 20-letno povratno dobo na vodomerni postaji Podbočje
(Kobold, 2011)



Grafikon 4: Največje letne konice pretokov (Qvk) in povratne dobe na vodomerni postaji Podbočje
(Kobold, 2011)

V nadaljevanju so prikazane poplave reke Krke v Kostanjevici na Krki pred letom 1948, pri katerih je bila zabeležena povratna doba nad 20 let (slika 10 do 12).



Slika 10: Promet na »Malem placu« ob poplavi pred letom 1948
(Orožen Adamič, 2003)



Slika 11: Ob poplavah so mostove zavarovali tako, da so dvignili podnice. Poplava pred letom 1948.
(Orožen Adamič, 2003)



Slika 12: Poplava pred letom 1939
(Orožen Adamič, 2003)

Pretok blizu tisočletni povratni dobi reke Krke v mestnem jedru ter okolici mesta Kostanjevica na Krki je prikazan na slikah v nadaljevanju (slika 13 do 16).



Slika 13: Poplave septembra 2010 pri farni cerkvi
(Občina Kostanjevica na Krki, 2010)



Slika 14: Poplave septembra 2010 na Oražnovi ulici
(Občina Kostanjevica na Krki, 2010)



Slika 15: Pogled na poplave septembra 2010
(Občina Kostanjevica na Krki, 2010)



Slika 16: Poplave septembra 2010
(Government communication office, 2013)

8 IZDELAVA TRIRAZSEŽNEGA MODELA KOSTANJEVICE NA KRKI

8.1 Opredelitev namena in oblike

Opredelitev namena in ciljev 3D kartografskega modela vpliva na izbiro vsebine ter potek izdelave in realizacije modela. Model mora biti za uporabnike zanimiv, zato je potrebno definirati ciljno skupino uporabnikov.

V diplomski nalogi smo izdelali model Kostanjevica na Krki, ki je kot tak namenjen predstavitvi v izobraževalne ter predvsem turistično-informativne namene.

8.2 Določitev območja in geografske vsebine

Kostanjevica na Krki, eno najmanjših in hkrati eno najstarejših mest na Slovenskem, se je razvilo na umetnem otoku v meandru reke Krke ob vznožju Gorjancev. Severno od mesta se razprostira Krakovski gozd, ki je največji kompleks nižinskega poplavnega hrastovega gozda v Sloveniji. Na jugu se dvigajo Gorjanci, na katerih se nahajajo manjša naselja, ki tvorijo občino.

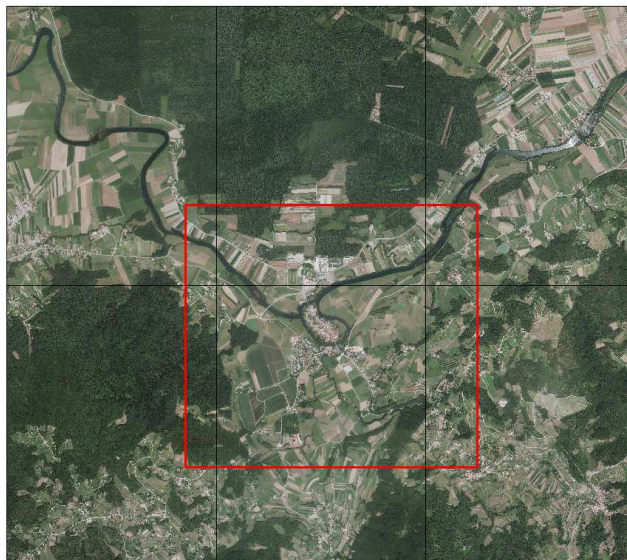
Območje, ki je zajeto v diplomski nalogi, je namenjeno prikazu večjega dela občine v turistične namene (slika 17). Sama razsežnost območja je pogojena z raznovrstnostjo reliefa, ki se od ravnine dvigne v gričevnat svet proti jugu. Zaradi prikaza poplav je območje zajeto od Dobrave na zahodu ter do kraja Sajevice na vzhodu. Na severu smo se omejili z manjšim delom Krakovskega gozda zaradi istovrstne vegetacije. Na jugu pa smo predstavili raznolikost pokritosti tal z vegetacijo (vinogradi, sadovnjaki, njive).

Velikost območja, ki ga zajema kartografski model, je omejeno z naslednjimi koordinatami v Državnem koordinatnem sistemu D48:

- Po y-osi: 531164 m – 534300 m
- Po x-osi: 76532 m – 79346 m

Območje je veliko 3136 m x 2814 m in se nahaja na 6 listih TTN5 (Temeljnega topografskega načrta merila 1 : 5000).

Na modelu so prikazani relief, hidrografija, komunikacije, pokritost tal ter grajeni objekti.



Slika 17: Prikaz območja izdelave, kjer je z rdečo črto prikazano območje modela Kostanjevica na Krki
(lasten)

8.3 Pridobitev podatkov za izdelavo modela

Na podlagi naročila digitalnih podatkov smo pridobili slednje podatke na Geodetski upravi Republike Slovenije:

- DMV5,
- DTK5,
- DOF025,
- Aerofotografije.

Podatke o kmetijski rabi smo pridobili s strani Ministrstva za kmetijstvo in okolje:

- raba (http://rkg.gov.si/GERK/Za_OB/ (Pridobljeno 16. 10. 2012.)).

Za izdelavo fotorealističnih podob modela smo posneli terenske fotografije.

8.3.1 DMV5

Izdelan je bil v letu 2011 vzporedno s cikličnim aerosnemanjem in izdelavo ortofota. Značilnosti Digitalnega modela višin 5 x 5 m so:

- Natančnost modela je 1 m na odprtih območjih in 3 m na zaraščenem terenu.
- Model pokriva celotno območje Slovenije in je bil izdelan v enem letu.
- Izdaja se v gridu z ločljivostjo 5 m.

Podatki digitalnih modelov višin se izdajajo v formatu YXZ. Osnovna enota izdajanja je list TTN 5. Velikost lista TTN 5 je 3.000 m × 2.250 m. Podatki so primerni za izvajanje prostorskih analiz, za

uporabo pri vizualizaciji oziroma upodabljanju prostora, uporabni so za izdelavo topografskih in tematskih kart ter v druge namene (GURS, 2013).

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili naslednje podatke DMV5 (format .txt):
VTH2214, VTH2215, VTH2216, VTH2224, VTH2225, VTH2226.

8.3.2 DTK5

Zajem topografskih podatkov DTK 5 (zbirka topografskih podatkov homogene natančnosti, ki ustreza ravni merila 1 : 5.000) se izvaja iz stereoparov posnetkov cikličnega aerosnemanja. Vsi objekti, ki se zajamejo na novo, so zajeti trirazsežno. Lahko se uporabijo tudi drugi viri, ki so opredeljeni v kataložnih obrazcih. Tematski atributi so interpretirani iz stereoparov CAS, privzeti iz drugih zbirk in evidenc oz. se interpretirajo iz drugih virov.

Vsebinsko je vektorska zbirka podatkov DTK5 razdeljena v štiri objektna področja:

- zgradbe,
- promet,
- pokritost tal,
- hidrografija (GURS, 2013).

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili naslednje liste DTK5 (format .shp):
H2214, H2224, H2225.

8.3.3 DOF 025

Ortofoto je aerofotografija, ki je z upoštevanjem podatkov o reliefu in absolutne orientacije aerofotografij pretvorjena v ortogonalno projekcijo. Izdelek je v metričnem smislu enak linijskemu načrtu ali karti.

Ortofoti:

- so aerofotografije transformirane iz centralne v ortogonalno projekcijo,
- so mersko primerljivi z linijskimi kartami (temelnjimi topografskimi načrti v merilu 1 : 5.000),
- razdelitev na liste je enaka novemu razrezu DOF (razdelitev na liste v D96).

Državni ortofoto načrti s slikovnim elementom 0,25 m (DOF025) so izdelani na osnovi barvnih aerosnetkov z dolžino talnega intervala (DTI = velikost slikovnega elementa na tleh) 0,25 m. Rektifikacija ortofotov z DTI 0,25 m je izvedena na osnovi digitalnega modela reliefa z gostoto 5x5 m (GURS, 2013).

DOF025 pridobljen s strani Geodetske uprave Republike Slovenije je izdelan v prečni Mercatorjevi projekciji, državnem koordinatnem sistemu D96/TM.

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili ortofote za naslednje liste (format .tiff):
H0414, H0415, H0416, H0424, H0425, H0426.

8.3.4 Aerofotografije

Aerofotografije so produkt fotografiranja, ki se izvaja iz zraka (letalo, helikopter...), poleg aerofotografij so rezultati aerofotografiranja tudi elementi zunanje orientacije za vsako posamezno aerofotografijo. Namen aerofotografiranja je zajem topografskih podatkov, evidentiranje stanja v prostoru, uporablja pa se tudi kot vhodni podatek za izdelavo digitalnega modela reliefa in ortofotov.

Za aerofotografiranje se uporabljajo profesionalne aerofotogrametrične kamere, kjer se posnetki zajemajo na fotografski film, ali digitalni aerofotoaparati in linijski senzorji, kjer se podatki zajemajo direktno na digitalni medij.

Uporabnost aerofotografije:

- kot prostorski (3D) zajem podatkov,
- kot izdelavo ortofotov in
- kot reambulacija kart (GURS, 2013).

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili naslednje aerofotografije (.img):

AF12_04_0771, AF12_04_0772, AF12_04_0773, AF12_04_0774, AF12_04_0775, AF12_04_0845, AF12_04_0846, AF12_04_0847, AF12_04_0848, AF12_04_0849.

8.3.5 Raba

Pri izdelavi pokritosti tal smo za osnovo uporabili sloj rabe, ki smo ga pridobili s strani Ministrstva za kmetijstvo in okolje (http://rkg.gov.si/GERK/Za_OB/ (Pridobljeno 16. 10. 2012.)).

Podatki, ki smo jih uporabili (.shp):

OB_197_20101225

8.3.6 Terenske fotografije

Za izdelavo fotorealističnih objektov na območju otoka smo posneli fotografije pročelij objektov na Oražnovi ulici, ulici Talcev, Kambičevem trgu ter delu Ljubljanske ceste. Te fotografije smo nato ustrezno obdelali v programu Adobe Photoshop 6CS.

8.4 Izbira programske opreme

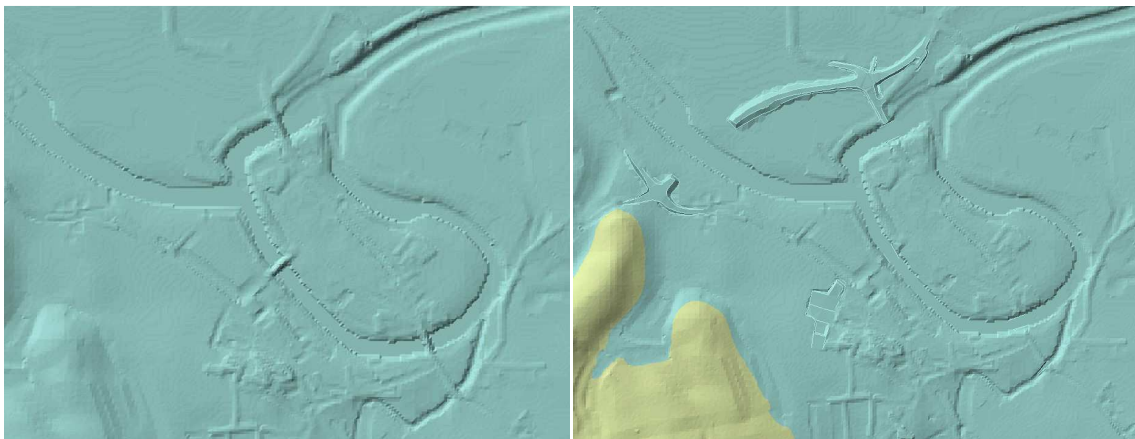
Pri izdelavi samega modela smo uporabili različne programe. Za samo izdelavo trirazsežnega modela smo se odločili za programsko okolje Visual Nature Studio. Omenjeno okolje poleg sodobnih orodij za upravljanje in vizualizacijo s prostorskimi podatki omogoča kompatibilnost formatov datotek.

Poleg glavnega programskega okolja za oblikovanje in izdelavo trirazsežnega modela Visual Nature Studio 3.02 (3D Nature, LLC), smo uporabili še programsko opremo za pripravo in obdelavo podatkov, kot so: ArcMap Version 9.3 (ESRI), ArcMap Version 10.0 (ESRI), Adobe Photoshop CS6, Trimble SketchUp Pro v8.0, Adobe After Effects CS4.

8.5 Obdelava podatkov

8.5.1 DMV

Pridobljeni podatki DMV5 so zapisani kot pravilna mreža kvadratov v digitalni obliki ter opisujejo relief zemeljskega površja v ASCII zapisu x, y, z. Pri tem so sosednje položajne koordinate (x in y) med seboj oddaljene 5 m. Za izdelavo modela reliefa smo za izbrano območje potrebovali 6 listov. Izbrane liste so na Geodetskem inštitutu Slovenije združili v 3Dshape ter transformirali v novi koordinatni sistem D96/TM. Transformacija podatkov je bila potrebna zaradi popravkov samega modela višin s pomočjo 3D zajema podatkov. Omenjeni je bil izveden na podlagi aerofotografij iz leta 2012. Za popravo modela reliefa smo se odločili na podlagi večjih posegov na izbranem območju, kot so izgradnja obvoznice ter izgradnja novih objektov. Poprava modela je bila potrebna tudi zaradi obstoječih napak na modelu. V 3D zajemu smo tako izbrisali napačne točke kot so bile točke na površini mostov čez reko Krko. Na območju nove obvoznice smo zajeli teren s pomočjo lomnih linij. Tako smo prečiščene podatke v formatu 3Dshape in lomne linije (.shp) združili v TIN (Triangulated irregular network) (slika 18). TIN pa v raster, ki je primeren format za uvoz modela reliefa v program Visual Nature Studio 3. Izdelan model reliefa tako predstavlja osnovo izdelave kartografskega modela. S spremembo formatov modela terena iz TIN v raster se je natančnost izdelave tega poslabšala.



Slika 18: Izdelan TIN pred in po popravi podatkov
(lasten)

8.5.2 DTK5

Vektorski podatki se v DTK5 nahajajo v več podatkovnih slojih. Pri nalogi smo uporabili samo sloj stavb (BP – stavbe poligonski sloj), iz katerega smo črpali osnovne podatke za izdelavo objektov (preglednica 2). Pri tem smo uporabili obris objektov kot osnovo. Atribute kot so višina temelja, kapi in slemena pa smo nato uporabili pri izdelavi samih objektov. Karakteristične točke višin, tip strehe, del, kjer se nahaja objekt ter višinske razlike med kapjo in tlemi ter slemenom in tlemi smo si uredili v podatkovnem modelu. Takšna ureditev podatkov nam je omogočala pregledno delo med samim 3D zajemom ter tudi pri naknadni obdelavi podatkov pri modeliranju objektov.

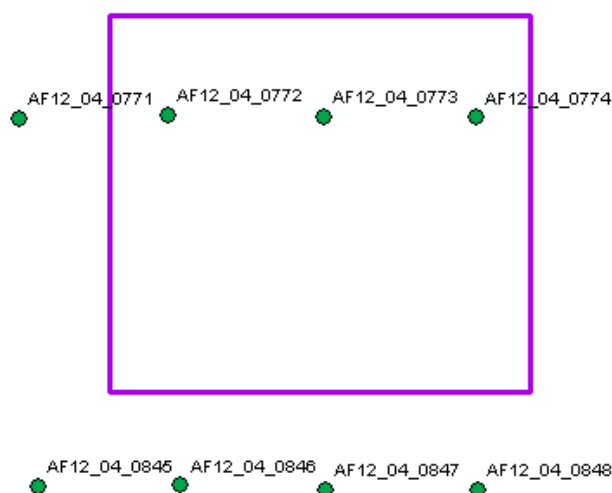
FID	Shape	SID	CEHY	CEIX	Z KAP	Z SLEM	Z TEM	STANJE	OPIS	DVIR	MET ZAJ	kap	naselje	visina kap	vis sleme
106	Polygon ZM	22372726	533107,15	77916,65	154,73	160,9	151	1	0	20040223	2	2	1	3,73	6,17
108	Polygon ZM	22372731	533147,45	77931,19	158,47	163,9	151	1	0	20040223	2	2	1	7,47	5,43
122	Polygon ZM	22372378	533705,64	76751,15	180,71	184,7	177,79	1	0	20040223	2	2	0	2,92	3,99
228	Polygon ZM	22372791	533131,21	77980,89	158,62	163,44	151,22	1	0	20040223	2	2	1	7,4	4,82
229	Polygon ZM	22372792	533082,87	78012,06	153,53	157,4	150,7	1	0	20040223	2	2	1	2,83	3,87
230	Polygon ZM	22372793	533121,33	77992,4	154,6	159,34	151	1	0	20040223	2	2	1	3,6	4,74

Preglednica 2: Prikaz organizacije atributne tabele zajema stavb na podlagi DTK5
(lasten)

Na izbranem območju so izdelani listi DTK5 samo za liste H2214, H2224 in H2225. Na preostalem delu, kjer ni bilo obstoječih podatkov za objekte, smo le te na novo zajeli s 3D zajemom. Tega smo izvajali na aerofotografijah iz leta 2012. To rastrsko podlago smo uporabili za zajem rabe. Zaradi uporabe rastra z ostalimi sloji je bilo potrebno transformirati ortofote iz koordinatnega sistema D96/TM v koordinatni sistem D48, v katerem je izdelan model.

8.5.4 Aerofotografije

S pomočjo aerofotografij smo v prostorih Geodetskega inštituta Slovenije opravili 3D zajem terena ter objektov na izbranem območju (slika 19). Pri zajemu objektov smo delo razdelili na tri faze. Najprej smo zajeli objekte na delu, kjer ni bilo obstoječih podatkov iz sloja DTK5. Takšnih objektov je bilo okoli 200. Pri izvedbi samega zajema smo obrise objektov postavili na višine kapi. Nato smo še določili karakteristični točki temelja in slemena, ki sta se zapisali v posamezne attribute. V drugi fazi smo na območju otoka oziroma mestnega jedra Kostanjevice na Krki, detajlno zajeli vse objekte, tako da smo tudi na teh objektih določili nove obrise glede na višine kapi ter zajeli še višini temelja in slemena. V tretji fazi smo v okviru celotnega območja pregledali skladnost stanja v naravi in v bazi podatkov. Tako smo novo nastale objekte zajeli ter objekte, ki so bili v tem času porušeni, izbrisali. Zaradi možnih napak v obstoječi bazi podatkov, smo za objekte preverili tudi višinsko pravilnost ter v primerih napak le te odpravili. Pri dodajanju atributov posameznih objektov smo dodelili vsakemu objektu tudi število kapi oziroma tip strehe (enokapnica, dvokapnica, ravna streha itd.)

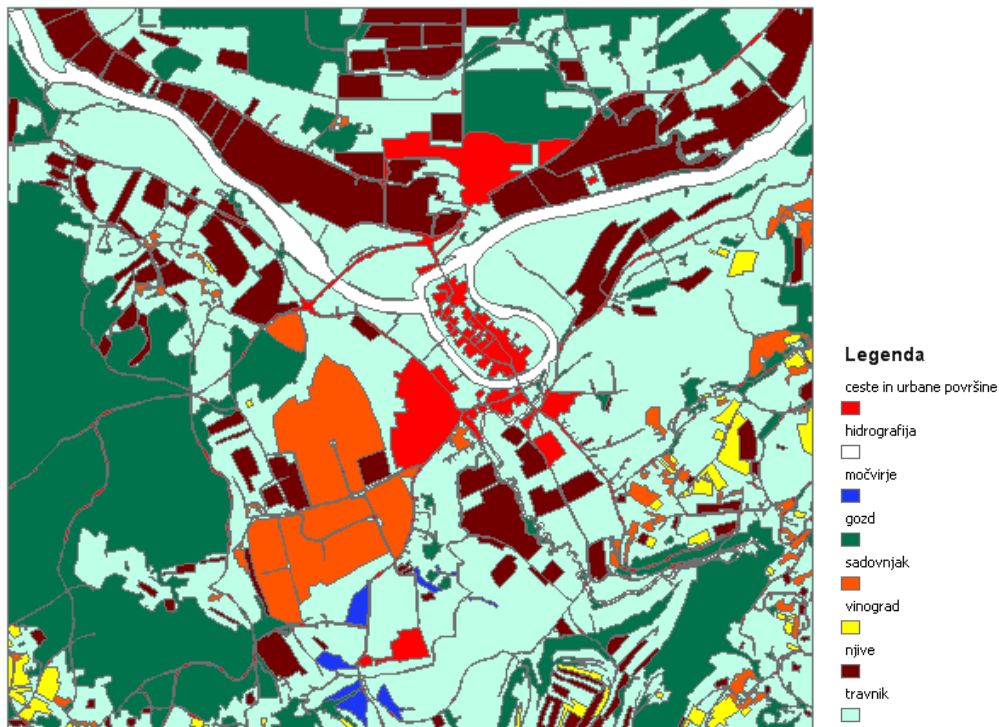


Slika 19: Prikaz razporejenosti aerofotografij, kjer je z vijolično barvo označeno območje izdelave
(lasten)

8.5.5 Raba

V okviru izdelave sloja pokritosti tal smo s strani Ministrstva za kmetijstvo in okolje pridobili sloj rabe, ki je bil izdelan na podlagi ortofotov iz leta 2009. Ker je od leta 2009 prišlo do sprememb v naravi, smo se odločili za izdelavo sloja rabe na podlagi ažurnih podatkov. Tako smo sloj rabe posodobili na podlagi pridobljeni ortofotov iz leta 2012. V programu ArcGis 10 smo zajeli in popravili obstoječo kmetijsko rabo (slika 20). Pri izdelavi smo uporabili tudi združevanje kmetijskih rab na izbranem območju. Tako smo izdelali naslednje sloje pokritosti tal:

- gozdovi,
- drevesa in grmičevje,
- njive,
- travniki,
- sadovnjaki,
- vinogradi,
- močvirja,
- ceste ter urbane površine.



Slika 20: Kmetijske rabe ter urbane površine na izdelanem območju (lasten)

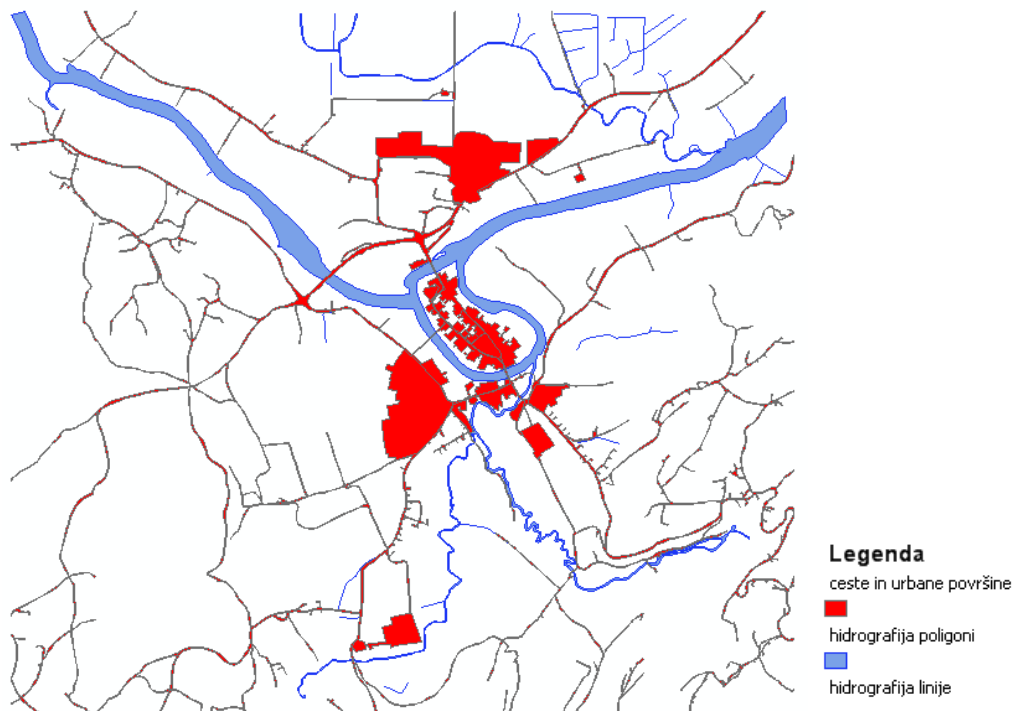
8.5.6 Izdelava cest in vodotokov

Pri sloju rabe smo na podlagi ortofotov zajeli ceste, ki smo jih kategorizirali kot:

- glavna cesta,
- stranska cesta,

- makadam,
- dovoz.

Kot dovoze smo upoštevali tudi razna parkirišča ter površine okoli objektov, ki niso zelene. Te površine so v samem modelu predstavljene z drugačno barvo in teksturo kot ostali elementi cest. Za zajem vodnih površin, ki so pri izdelavi modela zelo pomembni, smo na podlagi ortofotov zajeli vse vodne površine na območju modela. Tako smo poleg samega toka reke Krke kot ploskev zajeli potoke Studeno, Obrh in potok Sajovec (slika 21). Kot vodne linije smo zajeli melioracijske kanale, v katerih se nahaja stalna ali občasna voda. Ker se je pri izdelavi modela v programu VNS izkazalo, da je potreba generalizacija pri vodotokih, smo kanale zajete kot linije izpustili pri prikazu. Posledično smo morali tudi zaradi višjih nadmorskih višin terena, kjer potekajo potoki, le te zajeti kot linijsko. V programu VNS smo za reko Krko naredili vodotok kot jezero. Pri tem smo na obstoječi ploskvi s pomočjo t.i. površinskih terafektorjev (Area Terrafactors) izvedli poglobitev, kamor se napolni voda v obliki jezera. Pri izdelavi potokov smo uporabili t.i. terafektorje (Terrafactors), kjer smo izdelali strugo potoka glede na zajeto os.



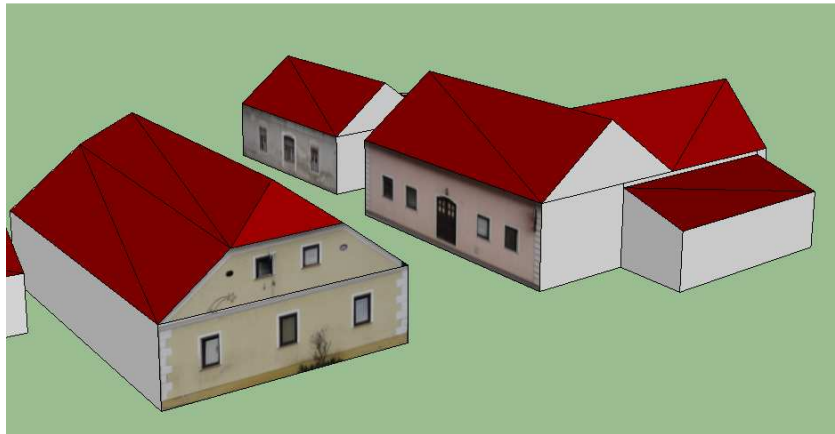
Slika 21: Prikaz hidrografije ter cestnega omrežja z urbanimi površinami
(lasten)

8.5.7 Izdelava objektov

Za izdelavo objektov smo kot osnovo uporabili obrise stavb, ki smo jih izdelali ter popravili v 3D zajemu stavb. Tako smo najprej morali datoteko .shp izvoziti iz ArcGisa kot .dxf format, ki ga podpira program Trimble SketchUp Pro. Z uvozom .dxf formata je bilo potrebno obstoječim obrisom določiti ploskve. Objekti, ki niso bili zajeti kot ravne ploskve, so predstavljali težavo, saj je bilo potrebno eno ploskev predstaviti z več trikotniki. To predstavlja težavo pri uporabi orodja Push/Pull, ki nam

omogoča dvig oz. spust objekta na višino temelja. Tako je objekt dobil stene. Potrebno je bilo še izrisati sleme ter povezati stranice strehe na stene objekta. Pri izdelavi objektov na otoku smo poizkušali stremeti k čim bolj realnemu izgledu objektov in streh. Tako smo oblikovali tudi frčade na objektih. Za vse objekte smo določili enotno barvo fasad ter streh.

Na območju otoka pa smo izbranim objektom določili teksture s pomočjo fotografij. Terenske fotografije posameznih pročelij objektov smo posneli z namenom prikaza starega mestnega jedra čim bolj realno. Pri zajemu fotografij na terenu smo le te posneli čim bolj pravokotno na fasado. Pri objektih, ki so bili večji ter jih je bilo potrebno zajeti v več fotografijah, smo le te združili v programu Adobe Photoshop CS6. Vse fotografije smo uredili z orodjem za obrezovanje (crop) in transformacijo (free transform), kjer smo fotografije popravili zaradi perspektive ter distorzije. Fotografije pročelij smo tudi zmanjšali na primerno resolucijo (100 pikselov/m dolžine v naravi), saj nepotrebna velikost upočasnuje delo v programih, kjer so bile nameščene fotografije (slika 22). Primerno obdelane fotografije so bile pripravljene za uvoz v programu Trimble SketchUp Pro. Zaradi izvoza modela objektov v program VNS je bilo potrebno nanesti barve in teksture na obe strani ploskev objektov.





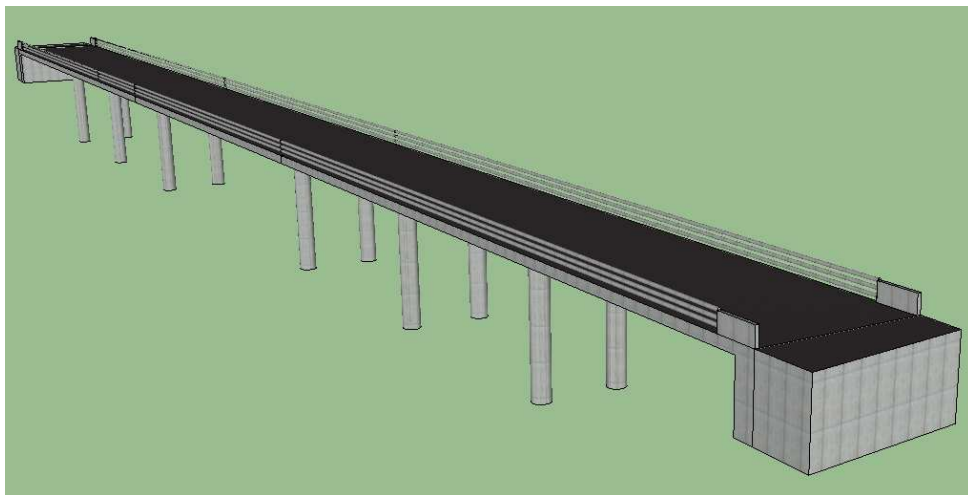
Slika 22: Primeri detajlno izdelanih objektov s fotografijami pročelij v programu Trimble SketchUp Pro
(lasten)

8.5.8 Izdelava mostov

Kostanjevica na Krki kot mesto, ki živi z reko Krko, se lahko pohvali s številnimi mostovi. Za namen izdelave modela, kjer je poudarek na realnem izgledu, smo izdelali 5 mostov. Kot kulturna spomenika sta prepoznavna stara lesena mostova, ki povezujeta otok s celino na severnem in južnem delu (slika 23). Podobne lastnosti ima tudi Tercialski most, ki predstavlja peš pot na otok. Kot moderni premostitveni objekt je prikazan 180 metrov dolg most na novo zgrajeni obvoznici (slika 24). Izdelali pa smo še most čez potok Studeno, ki povezuje mesto z zalednimi kraji ter osnovno šolo. Mostove smo izdelali v programskem okolju Trimble SketchUp Pro, kjer smo jih izrisali v približnih merah kot v naravi ter poizkušali predstaviti z barvami in teksturami kot so v naravi.



Slika 23: Severni most čez reko Krko
 (lasten)



Slika 24: Most čez obvoznico
 (lasten)

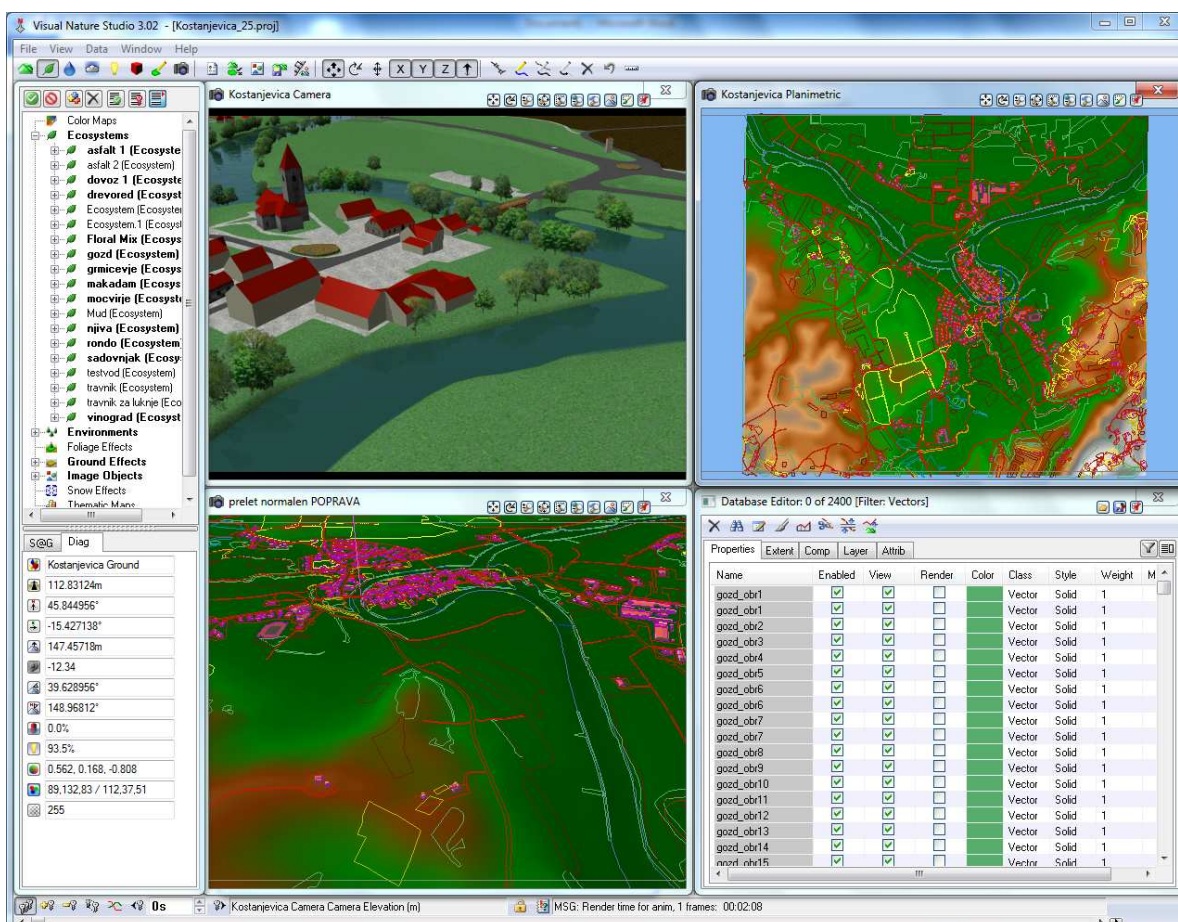
8.6 Organizacija, obdelava in vizualizacija v programu VNS

VNS je organiziran po zavihkih, ki so imenovani glede na vsebino (relief, vode, pokritost, kamera, nebo, 3D objekti, osvetlitev, itd.) (slika 25). Posameznemu sloju lahko poljubno dodajamo njihove elemente kot pod-nivoje.

Prednost VNS je poleg izdelave dobrih vizualnih upodobitev tudi možnost izdelave izven upodobitvenega območja. Pri tem lahko upodobitev vidimo in natančno oblikujemo na nivoju točk, linij in poligonov brez nepotrebnega vračanja v GIS okolje. Sami tematski sloji so ustvarjeni in dostopni preko baze podatkov, ki se nahaja znotraj upodobitvenega okolja.

VNS je primeren za vizualizacijo velikih območij in uporablja vektorske podatke, opremljene z dodatnimi atributi, in rastrske podatke (rastrske tematske karte, ortofoto in satelitske posnetke idr.). Kot tak je prilagojen za upodobitev fotorealističnih pogledov. Uporabniku nudi številne možnosti glede izdelave ekosistemov, voda, neba, cest itd. Program vsebuje tudi že narejene predloge, ki jih uporabnik lahko poljubno spreminja. Pri ekosistemih lahko uporabimo strukturo večih slojev kot so podrast, nadržast ter tekstura samih tal. Program omogoča večslojni prikaz vegetacije. Definiramo lahko tipe dreves, število dreves, vrsto podrasti ter njeno gostoto. Vode lahko upodobimo (izdelamo) kot površinske (jezera, mlake) ali linijske objekte (potok, kanal). Pri posameznem vodotoku določimo barvo in priredimo širino ter globino struge. K realističnemu izgledu dodatno pripomorejo odsevi na vodi ter valovanje. Program tudi omogoča uvoz izdelanih objektov v drugih okoljih. Tako lahko izdelan objekt s teksturo uvozimo v samo okolje. Položaj trirazsežnih modelov stavb po uvozu ni georeferenciran, zato moramo stavbe premikati toliko časa, da se položaj stavbe ujema z njenim položajem na podlagi, ki je največkrat digitalni ortofoto.

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.



Slika 25: Prikaz delovnega okna v programskem paketu VNS3
(lasten)

8.7 Izdelava animiranega prikaza v programu VNS

Pri izdelavi animacije izdelanega modela smo se odločili izdelati več animacij. Tako smo najprej ustvarili animacijo preleta čez modelirano območje, kjer je bil poudarek na starem mestnem jedru. Pri tej animaciji je bila višina reke Krke postavljena na nadmorsko višino 148,5 m, kar predstavlja nekakšen povprečen vodostaj. Za potrebe prikaza poplav smo za višino vodostaja reke Krke v Kostanjevici na Krki upoštevali kot izhodišče podatke vodomerne postaje Podbočje. Kota »0« – nadmorska višina kote »nulte« točke vodomera (v metrih nad gladino Jadranskega morja) je za vodomerno postajo Podbočje 146,323 m (ARSO, 2009). Omenjeni podatek smo pridobili v hidrološkem letopisu Slovenije 2009. Za vodomerno postajo Kostanjevica na Krki, kjer so se izvajale meritve med leti 1945 – 1975, je znašala kota »0« 147 m. Pri določitvi višine vodostaja pri poplavih septembra 2010, kjer je na merilni postaji Podbočje znašala višina vodostaja 457 cm, smo to višino vodostaja prenesli na nadmorsko višino nekdanje vodomerne postaje Kostanjevica. Tako je prikazana višina vodostaja vode med poplavami na nadmorski višini 151,57 m. Za animacijo poplav smo nastavili statičen pogled, kjer je animiran dvig vode na izbranem mestu. Zadnja animacija predstavlja prelet čez območje, kjer je nastavljena višina vodostaja poplav septembra 2010 (slika 26).



Slika 26: Prikaz izseka iz animacije
(lasten)

9 ZAKLJUČEK

Ljudje imamo različne sposobnosti glede globinske zaznave prostora. Večina ljudi si kljub različnim načinom prikaza globine na 2D kartah to le s težavo predstavlja. Že od nekdaj se nam je zdela zanimiva ideja dvorazsežni prikaz nadgraditi ter isto območje prikazati v trirazsežnem modelu. Tu je globinska zaznava najboljša skozi oči človeka.

Za prikaz trirazsežnosti smo si zadali cilj izdelati trirazsežni model mesta Kostanjevica na Krki. V začetnih poglavjih smo opredelili kartografski model ter potek njegove izdelave. Našteli smo tudi različna področja uporabe trirazsežnih modelov, ki vse bolj prodirajo v različne panoge ter zelo uspešno opravljajo svoje naloge.

V naslednjih poglavjih smo se osredotočili na značilnosti poplav v Sloveniji. Slovenija, dežela številnih rek in potokov, je tako zelo pogosto na udaru poplav. Zaradi neugodnih vremenskih razmer ter predhodne količine vlage v zemljini ali taljenja snega nastanejo poplave in vodne ujme. Takšen razplet dogodkov je bil tudi septembra 2010. Takrat so večji del Slovenije prizadele katastrofalne poplave. Na območju Kostanjevice na Krki je reka dosegla skoraj tisočletno povratno dobo vode. Tisočletna povratna doba vode predstavlja verjetnost, da se tak dogodek zgodi enkrat v obdobju tisoč let. Ljudje v Kostanjevici na Krki so že od nekdaj navajeni živeti z reko ter njenimi poplavami. Skozi čas se je človek bolj ali manj prilagodil tem razmeram, oziroma naučil živeti v sožitju z reko. Primer mesta Kostanjevica na Krki je kompleksen glede trajne rešitve problema poplav. Lega mesta, oziroma mestnega jedra, ki leži na otoku, je bila v preteklosti zasnovana kot strateški položaj pred obrambo. Danes, ko vloga lege ni več pomembna, reka Krka še vedno teče svoj tek. Škoda, ki se pojavi pri vsakokratnih poplavah, ne more biti v celoti preprečena. Edina rešitev, ki ostane prebivalcem na ogroženih poplavnih območjih, so adaptacije obstoječih objektov na višjo koto tal. Kot zanimivost lahko omenimo, da je arhitekt Jože Plečnik leta 1945 pripravil načrt za regulacijo Kostanjevice na Krki. Širjenje samega mesta je načrtoval vzhodno in zahodno od otoka, kjer pride do največjih razlivanj vode. V svojem načrtu je omenil tudi prihodnost v razvoju mesta na področju turizma.

Tako kot je že leta 1945 Jože Plečnik razmišljal o razvoju turizma v Kostanjevici na Krki, se je ta razvila v turistično mesto, kjer zaradi raznolike ponudbe vsak posameznik najde nekaj zase. Kot občanom Kostanjevice na Krki, nam je bil cilj in izziv izdelati trirazsežni model Kostanjevice na Krki ter predstavitev poplav na reki Krki. Model bo velik doprinos k informiranju tako samega prebivalstva občine kot slehernemu gostu na obisku. Bodoči uporabniki modela bodo lahko podoživali, vsaj malo prikaza, kako visoko se je reka dvignila septembra 2010.

Pri diplomski nalogi smo želeli uporabiti znanje, ki smo ga pridobili tekom študija ter kasneje preko različnih del. S tem znanjem smo tako od 3D zajema terena in stavb, zajemom kmetijske rabe, hidrografije ter urbanih površin, zajeli osnovne podatke za izdelavo modela. Kot osnovo bi lahko izbrali tudi bolj enostavno pot ter uporabili druge vire podatkov. Spoznali pa smo tudi delo v programih SketchUp Pro in Visual Nature Basic, ki so nam razširili znanje izdelave 3D modelov.

Za zaključek bi želeli povedati, da nam je izdelava modela nadgradila obstoječe znanje ter doprinesla k osebni rasti. Uporaba trirazsežnih modelov je ob razvoju in dostopnosti sodobne tehnologije postala zelo razširjena. Omogočila nam je prikaz poplav reke Krke ter mesta Kostanjevica na Krki in nam hkrati potrdila pravilnost odločitve pri izbiri teme za diplomsko nalogo.

VIRI

ARSO. 2009. Hidrološki letopis Slovenije 2009.

http://www.arso.si/vode/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/HL09%20III.A.Povr%c5%a1inske%20vode_Surface%20Waters.pdf (Pridobljeno 6. 5. 2013.)

ARSO. 2010. Hidrološko poročilo o povodnji v dneh od 17. do 21. septembra 2010. Ljubljana.

<http://www.arso.si/vode/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/Poplave%2017.%20-%2021.%20september%202010.pdf> (Pridobljeno 5. 5. 2013.)

Brilly, M. 2012. Ogroženost zaradi poplav v Republiki Sloveniji. V: Brilly M (ur.). Zbornik prispevkov / I. kongres o vodah Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 22. marec 2012. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 144.

Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M. 1999. Vodne ujme – varstvo pred poplavami, erozijo in plazovi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 9, 12, 18, 92.

Brilly, M., Šraj, M. 2000. Osnove hidrologije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 193, 196, 204.

Domajnko, M. 2008. Oblikovanje znakovnega in foto-realističnega trirazsežnega kartografskega prikaza. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo (samozaložba M. Domajnko): str. 20.

Gnilšek, J. 2004. 3D kartografski model urbanega okolja. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo (samozaložba J. Gnilšek): str. 14, 58.

Kobold, M. 2011. Primerljivost poplave septembra 2010 z zabeleženimi zgodovinskimi poplavnimi dogodki. UJMA, št. 25: 48-56.

http://www.sos112.si/slo/page.php?src=/ujma/article_2011.html (Pridobljeno 10. 5. 2013.)

Občina Kostanjevica na Krki. 2010. Kostanjeviške novice, Oktober 2010. Kostanjevica na Krki, št. 46-47.

http://www.kostanjevica.si/kostanjeviske_novice/KostanjeviskeNovice-oktober2010.pdf (Pridobljeno 5. 5. 2013.)

Orožen Adamič, M. 2003. Poplavna območja ob Krki. V: Smrekar A (ur.). Vekov tek: Kostanjevica na Krki 1252-2002 : zbornik ob 750. obletnici prve listinske omembe mesta. Krajevna skupnost Kostanjevica na Krki, Organizacijski odbor za praznovanje 750. obletnice prve listinske omembe mesta: str. 13, 272-276.

Petrovič, D. 2001. Načela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih. Doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Petrovič): str. 4-92.

Podobnikar, T. 2008. Nadgradnja modela reliefa Slovenije z visoko kakovostnimi podatki. High quality data for enhancement of the terrain model of Slovenia, Geodetski vestnik 52: 834–853.

http://www.geodetski-vestnik.com/52/4/gv52-4_834-853.pdf (Pridobljeno 18. 5. 2013.)

Radovan, D. Janežič, M. 2001. Avtomatska kontrola logične konsistence 3D baze mestnega jedra, Geodetski vestnik 45, 12: 54-61.

<http://www.geodetski-vestnik.com/45/gv45-12.pdf> (Pridobljeno 10. 5. 2013.)

Rojc, B. 1986. Prispevek k raziskovanju percepcije vsebine karte. Doktorska disertacija, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo (samozaložba B. Rojc): str. 86.

Šumrada, R. 2005. Strukture podatkov in prostorske analize, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 63-252.

Terribilini, A. 1999. Maps in transition: development of interactive vector -based topographic 3D-maps. Institut für Kartographie der ETH Zurich.

http://www.mountaincartography.org/publications/papers/ica_cmc_sessions/1_Ottawa_Session_Relief/03_Ottawa_Terribilini.pdf (Pridobljeno 18. 5. 2013.)

INTERNETNI VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2013.

http://www.arso.gov.si/vode/vpra%C5%A1anja%20in%20odgovori/vpr_hidrologija.html

(Pridobljeno 11. 5. 2013.)

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php?p_vodotok=Krka&p_postaja=7160

(Pridobljeno 11. 5. 2013.)

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php?p_vodotok=Krka&p_postaja=7150

(Pridobljeno 11. 5. 2013.)

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). 2013.

[http://www.e-](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/topografski_podatki_in_karte/topografski_podatki_merila_1_5000_dtk_5/)

[prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/topografski_podatki_in_karte/topografski_podatki_merila_1_5000_dtk_5/](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/topografski_podatki_in_karte/topografski_podatki_merila_1_5000_dtk_5/) (Pridobljeno 17. 5. 2013.)

[http://www.e-](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/ortofoto/)

[prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/ortofoto/](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/ortofoto/)

(Pridobljeno 17. 5. 2013.)

[http://www.e-](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/aerofotografije/)

[prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/aerofotografije/](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/aerofotografije/)

(Pridobljeno 17. 5. 2013.)

GremoVEN.com – Kostanjevica na Krki. 2013.

<http://www.gremoven.com/Kraji/Kostanjevica-na-Krki/menu-id-13> (Pridobljeno 17. 5. 2013.)

Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet. 2013.

http://www.kam.si/mesta/kostanjevica_na_krki.html (Pridobljeno 17. 5. 2013.)

Ministrstvo za kmetijstvo in okolje (MKO). 2012.

http://rkg.gov.si/GERK/Za_OB/ (Pridobljeno 16. 10. 2012.)

Občina Kostanjevica na Krki. 2013.

http://www.kostanjevica.si/content.php?p=predstavitev_obcine (Pridobljeno 17. 5. 2013.)

<http://www.kostanjevica.si/content.php?p=znamenitosti> (Pridobljeno 17. 5. 2013.)

SLIKE

A place in History. 2013.

<http://hds.essex.ac.uk/g2gp/gis/sect25.asp> (Pridobljeno 18. 5. 2013.)

AutoCAD and 3D Design, of key buildings, and 3D models, kiosk, Exhibition Stalls. 2013

<http://dubai.saintclassifieduae.com/autocad-and-3d-design-of-key-buildings-and-3d-models-kiosk-exhibition-stalls-ad-41565> (Pridobljeno 21. 5. 2013.)

Government communication office. 2013.

[http://www.ukom.gov.si/en/media_room/newsletter_slovenia_news/news/article/391/2403/01e5eed03ac90afd97eb2ea4479da4cb/?tx_ttnews\[newsletter\]=96](http://www.ukom.gov.si/en/media_room/newsletter_slovenia_news/news/article/391/2403/01e5eed03ac90afd97eb2ea4479da4cb/?tx_ttnews[newsletter]=96) (Pridobljeno 21. 5. 2013.)

SOCIAL PROGRAMME. 2013.

<http://www.irg-wp.bf.uni-lj.si/Social%20Programme.htm> (Pridobljeno 21. 5. 2013.)

SEZNAM PRILOG

- Priloga A: PRIKAZ IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE PRELETA OBMOČJA PRI NORMALNEM VODOSTAJU
- Priloga B: STATIČEN POGLED IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE OBMOČJA PRI NARAŠČANJU VODOSTAJA
- Priloga C: PRIKAZ IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE PRELETA OBMOČJA PRI POVIŠANEM VODOSTAJU
- Priloga D: ZGOŠČENKA Z ANIMACIJAMI

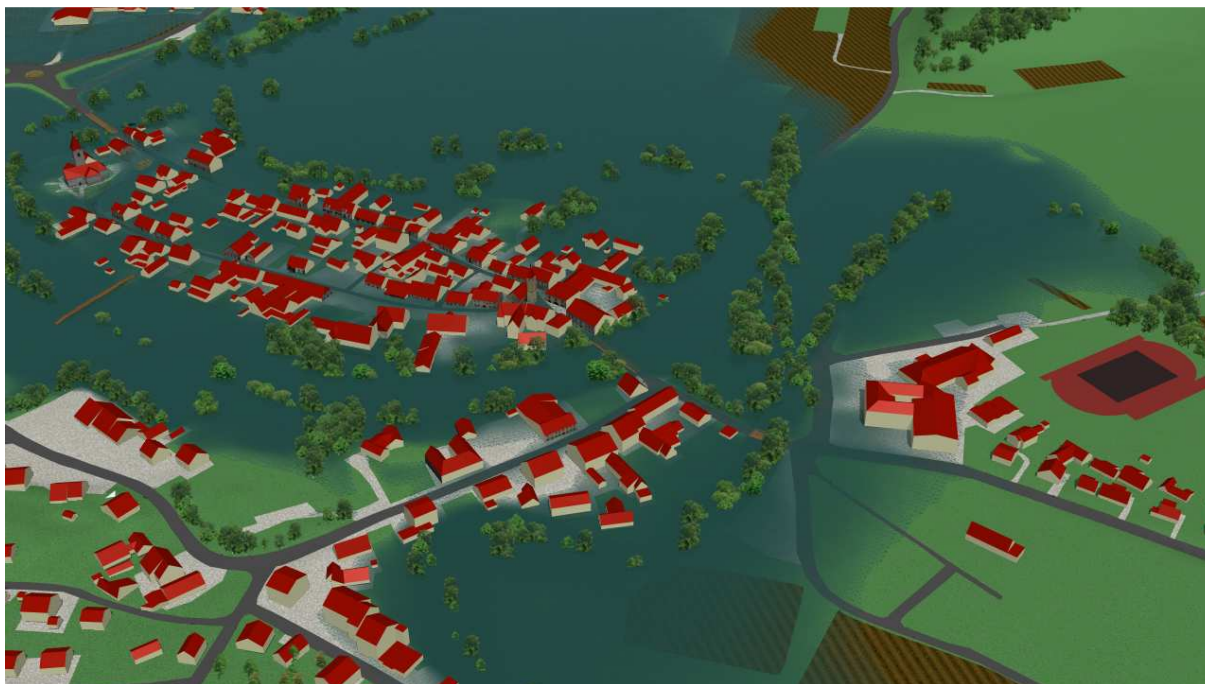
Priloga A: PRIKAZ IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE PRELETA OBMOČJA PRI NORMALNEM VODOSTAJU



Priloga B: STATIČEN POGLED IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE OBMOČJA PRI NARAŠČANJU VODOSTAJA



Priloga C: PRIKAZ IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE PRELETA OBMOČJA PRI
POVIŠANEM VODOSTAJU



Priloga D: ZGOŠČENKA Z ANIMACIJAMI

STRAN ZA POPRAVKE**Stran z napako****Vrstica z napako****Namesto****Naj bo**

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Marjana Malnar izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom »Izdelava trirazsežnega modela mesta Kostanjevica na Krki in prikaz poplavljanja reke Krke.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 12. 06. 2013

.....

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.7:627.51(497.4Kostanjevica na Krki)(043.2)
Avtor:	Marjana Malnar
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor:	asist. Matevž Domajnko, univ. dipl. inž. geod.
Naslov:	Izdelava trirazsežnega modela mesta Kostanjevica na Krki in prikaz poplavljanja reke Krke
Obseg in oprema:	50 str., 2 pregl., 26 sl., 4 graf., 1 en. 3 pril.
Ključne besede:	trirazsežni model, poplave, Kostanjevica na Krki, reka Krka.

Izvleček

Pri izdelavi diplomske naloge smo stremeli k cilju, da mestu Kostanjevica na Krki doprinesemo dodano vrednost s področja kartografije. Turistični karti Kostanjevice na Krki je tako sledila izdelava trirazsežnega modela mesta z okolico.

V diplomski nalogi je predstavljen potek izdelave trirazsežnega modela mesta Kostanjevica na Krki ter prikaz poplavljanja reke Krke. V začetnem delu diplomske naloge so predstavljene teoretične osnove ter izdelava kartografskega modela. Predstavljene so tudi teoretične osnove o poplavah ter hidrometriji, ki so pomembne za razumevanje praktičnega dela diplomske naloge. V drugem delu smo predstavili Kostanjevico na Krki ter poplavljanje reke Krke na njenem območju. V omenjenem delu smo prav tako opredelili potek pridobivanja in obdelave podatkov ter samo izdelavo trirazsežnega modela. Rezultat naloge so izdelane animacije s preletom mesta z okolico, statičnim pogledom ter preletom območja zajetega v poplavah reke Krke septembra 2010.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.7:627.51(497.4Kostanjevica na Krki)(043.2)
Author: Marjana Malnar
Supervisor: Assoc. Prof. Dušan Petrovič, Ph. D.
Cosupervisor: Assist. Matevž Domajnko, B. Sc.
Title: Creation of three dimensional model of town Kostanjevica na Krki and presentation of river Krka flooding
Scope and tools: 50 p., 2tab., 26 fig., 4 graph., 1 eq., 3 ann.
Keywords: three dimensional model, flooding, Kostanjevica na Krki, river Krka.

Abstract

In the creation of the thesis, we strived toward added value in the area of cartography for town Kostanjevica na Krki. Existing tourist map of Kostanjevica na Krki is followed by the creation of three dimensional model of town with surroundings.

This diploma thesis presents a production process of three dimensional model of town Kostanjevica na Krki and presentation of river Krka flooding. In the initial part of the thesis theoretical basis and creation of three dimensional model are presented. theoretical basis of river flooding and hydrometry, which are important for understanding the practical part of this work, are also described. In the second part we presented Kostanjevica na Krki and flooding of river Krka in its area. In the mentioned part we also defined the course of the acquisition and processing of data and making of three dimensional model. The results of this work are animations with overflight over town with surroundings, statical view and overflight over an area included in flooding of river Krka in September 2010.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Dušanu Petroviču in somentorju asist. Matevžu Domajnku. Prav tako se za vso pomoč in spodbudo zahvaljujem svoji družini ter prijateljem, ki so mi tekom študija stali ob strani. Zahvaljujem se tudi Geodetskemu inštitutu Slovenije ter Stanetu Tršanu za nudeno pomoč ter opremo.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 3D KARTOGRAFSKI MODEL	2
2.1 Predstavitev modela	2
2.2 Psihologija 3D zaznavanja pri ljudeh	3
3 IZDELAVA 3D KARTOGRAFSKEGA MODELA	5
3.1 Izbira vsebine kartografskega modela	5
3.2 Viri kartografskega modela	7
3.3 Določitev območja in 3D ploskve	8
3.4 Nanos ploskev oziroma tematskih plasti na model	8
3.5 Izdelava in določitev lokacije trirazsežnih objektov	9
3.6 Določitev atmosfere, neba, osvetlitve in senčenja	11
3.7 Izdelava animacije	12
4 UPORABA TRIRAZSEŽNIH MODELOV	14
5 POPLAVE	15
5.1 Značilnosti poplav	15
5.2 Prikaz in ocena vplivov poplav	15
5.3 Izhodišča za določanje ogroženosti pri poplavah	16
5.4 Lastnosti poplav v Sloveniji	17
5.5 Ogroženost in ukrepi varstva pred poplavami	17
6 HIDROMETRIJA	20
6.1 Meritve gladin vode	20
6.2 Meritve pretoka	20
7 KOSTANJEVICA NA KRKI	22
7.1 Predstavitev Kostanjevice na Krki	22
7.2 Poplave na območju Kostanjevice na Krki	24
7.2.1 Poplavna območja ob reki Krki	25
7.2.2 Pogostost poplav	25
7.2.3 Poplave septembra 2010	27
8 IZDELAVA TRIRAZSEŽNEGA MODELA KOSTANJEVICE NA KRKI	33
8.1 Opredelitev namena in oblike	33
8.2 Določitev območja in geografske vsebine	33
8.3 Pridobitev podatkov za izdelavo modela	34
8.3.1 DMV5	34
8.3.2 DTK5	35

8.3.3 DOF 025	35
8.3.4 Aerofotografije	36
8.3.5 Raba.....	36
8.3.6 Terenske fotografije.....	36
8.4 Izbira programske opreme	36
8.5 Obdelava podatkov	37
8.5.1 DMV	37
8.5.2 DTK5	37
8.5.4 Aerofotografije	38
8.5.5 Raba.....	39
8.5.6 Izdelava cest in vodotokov	39
8.5.7 Izdelava objektov.....	40
8.5.8 Izdelava mostov	42
8.6 Organizacija, obdelava in vizualizacija v programu VNS.....	43
8.7 Izdelava animiranega prikaza v programu VNS.....	45
9 ZAKLJUČEK	46
VIRI	47
INTERNETNI VIRI.....	49

KAZALO SLIK

Slika 1: Računalniško modulirane ploskve	8
Slika 2: Skeletni ali žični prikaz telesa.....	9
Slika 3: Akumulativno modeliranje (predstavitev z robnimi ploskvami)	10
Slika 4: Proizvodno modeliranje	10
Slika 5: Trije nivoji razpoznavnosti objektov	11
Slika 6: Kostanjevica na Krki.....	22
Slika 7: Lokacija merilnega mesta Podbočje	26
Slika 8: Vodomerna postaja Podbočje	27
Slika 9: Vsota 4-dnevni padavin od 8. ure 16. septembra do 8. ure 20. septembra 2010.....	27
Slika 10: Promet na »Malem placu« ob poplavi pred letom 1948	30
Slika 11: Ob poplavih so mostove zavarovali tako, da so dvignili podnice. Poplava pred letom 1948.	30
Slika 12: Poplava pred letom 1939	31
Slika 13: Poplave septembra 2010 pri farni cerkvi	31
Slika 14: Poplave septembra 2010 na Oražnovi ulici.....	32
Slika 15: Pogled na poplave septembra 2010.....	32
Slika 16: Poplave septembra 2010	32
Slika 17: Prikaz območja izdelave, kjer je z rdečo črto prikazano območje modela Kostanjevice na Krki	34
Slika 18: Izdelan TIN pred in po popravi podatkov	37
Slika 19: Prikaz razporejenosti aerofotografij, kjer je z vijolično barvo označeno območje izdelave..	38
Slika 20: Kmetijske rabe ter urbane površine na izdelanem območju	39
Slika 21: Prikaz hidrografije ter cestnega omrežja z urbanimi površinami.....	40
Slika 22: Primeri detajlno izdelanih objektov s fotografijami pročelij v programu Trimble SketchUp Pro	42
Slika 23: Severni most čez reko Krko	43
Slika 24: Most čez obvoznico	43
Slika 25: Prikaz delovnega okna v programskem paketu VNS3.....	44
Slika 26: Prikaz izseka iz animacije	45

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Poplave nad 20-letno povratno dobo na vodomerni postaji Podbočje	29
Preglednica 2: Prikaz organizacije atributne tabele zajema stavb na podlagi DTK5.....	38

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Razporeditev števila poplav med leti 1926 – 2012.....	26
Grafikon 2: Pretok reke Krke na merilni postaji Podbočje med 17.9 – 29.9.2010.....	28
Grafikon 3: Vodostaj reke Krke na merilni postaji Podbočje med 17.9 – 29.9.2010.....	28
Grafikon 4: Največje letne konice pretokov (Q _{vk}) in povratne dobe na vodomerni postaji Podbočje.	29

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

2D	dvorazsežen
3D	trirazsežen
KM	kartografski model
LOD	nivo podrobnosti
TIN	mreža nepravilnih trikotnikov (Triangular Irregular Network)
CAD	računalniško podprto načrtovanje (Computer Aided Design)
GIS	geografski informacijski sistem
TTN	temeljni topografski načrt
DMV	digitalni model višin
DMR	digitalni model reliefa
DOF	državni ortofoto načrt
TM	transverzalna Mercatorjeva projekcija

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Človek za svoje potrebe orientacije in navigacije že od nekdaj izdeluje karte. Od jamskih poslikav, kart na glinenih ploščah, do poslikav na papirusu ali upodobitvi reliefa na mamutovih kosteh, je človek kot osnovo za prikaz zemeljskega površja uporabil različne podlage. Danes, v času sodobne tehnologije ter tisočletja od samega začetka kartografije, poteka izdelava modelov v navideznem okolju računalniške tehnologije.

Kartografi so že od nekdaj imeli težave s prikazom objektov in pojavov trirazsežnega prostora na dvorazsežni podlagi. Za višinsko predstavitev so uporabljali različne metode kot so perspektivne metode (v uporabi do 17. stoletja), plastične metode (črtke, sence, barvni sloji) ter geometrične metode (kote, plastnice).

Z nadgradnjo dvorazsežnih prikazov v prvotne trirazsežne modele so ljudje izdelovali enostavne modele upodobitve prostora, ki so bili izdelani iz naravnih materialov kot so pesek, les, ilovica itd. Z razvojem računalniške tehnologije pa so se tako razvili tehnološko napredni in zahtevni modeli kot so reliefne in taktilne karte ter prikazi v obliki hologramov.

Trirazsežne karte in modeli nam kot uporabniku ustvarijo boljšo predstavo ter omogočajo drugačno zaznavanje informacij kot na dvodimenzionalnih upodobitvah.

Zapleten proces prostorskega zaznavanja ter prepoznavanja objektov in pojavov v prostoru pri ljudeh, temelji na fizioloških in psiholoških parametrih. Človek s čutili kot so vid, sluh in otip zaznava podatke, ki v možganih tvorijo model okolja z vsemi odnosi med objekti in pojavi. Pri zaznavanju okolja imajo informacije vizualnega čuta največji pomen za človeka (Petrovič, 2001).

Karte so lahko animirane, dodajajo se jim zvočni in drugi učinki, do njih lahko dostopamo preko interneta itd. Tako trirazsežnostni kartografski prikazi lahko vključujejo tudi druge večpredstavnostne elemente, predvsem interaktivnost in dinamičnost.

Diplomska naloga opisuje izdelovanje ter upodobitev trirazsežnega modela Kostanjevice na Krki. Poseben poudarek pri prikazu modela so poplave, ki so septembra 2010 prizadele mesto in okolico. Predstavili smo potek in samo izdelavo trirazsežnega modela, potrebne podatke in tudi različne postopke pri obdelavi teh, ki so potrebni pri izdelavi modela. Zaradi izgleda mestnega jedra, ki je kulturno spomeniško zaščiten, smo se odločili podrobneje izdelati mestno jedro na otoku. To smo dosegli tako, da smo izdelali objekte čim bolj realno ter opremili pročelja s fotografijami. V sklopu podrobneje izdelanih objektov smo predstavili tudi mostove na reki Krki, ki že od nekdaj predstavljajo povezavo mesta z okolico. Fotorealističen prikaz ter podrobna izdelava modela mestnega jedra bo lahko služila tudi v turistične in izobraževalne namene. Kostanjevica na Krki, kot mesto kulture in umetnosti, tako pritegne veliko število turistov. Sama trirazsežnostna predstavitev mesta in okolice ter doživetje poplav septembra 2010 bo nadgradila, oziroma popestrila samo ponudbo turistom.

Zaradi prikaza poplav reke Krke smo v diplomski nalogi predstavili še poplave, vodne ujme ter hidrometrijo. Predstavljene so tudi značilnosti poplav na reki Krki ter zgodovina le teh.

Za izdelavo trirazsežnega modela Kostanjevice na Krki ter prikaz poplav smo se odločili, ker je napredek tehnologije za izdelavo ter prikaz trirazsežnih modelov in objektov vse bolj prisoten v vsakdanjem svetu. Poleg prikaza okolja v celotni razsežnosti so izdelane animacije privlačne ter bolj zanimive za končnega uporabnika.

2 3D KARTOGRAFSKI MODEL

2.1 Predstavitev modela

Model je splošen pojem za predstavitev pojavov ali objektov na razumljiv način. Upodobitev modela, ki bi zajemal vse vidike stvarnosti, zaradi kompleksne sestave realnega sveta, ni uresničljiva. Različne stroke poudarjajo in povzemajo različne vidike stvarnosti, ki so za njih pomembne in v modelu prikazujejo zgolj te. Model, ki prikazuje in opisuje določen pojav, je v takšnem primeru lahko povsem neprimeren za opisovanje drugega pojava (Gnilšek, 2004).

3D kartografski model lahko definiramo kot trirazsežen abstrakten opis (generaliziran prikaz) enega ali več vidikov stvarnega sveta ali njihovega dela (Terribilini, 1999).

3D kartografski model (KM) je objektno orientiran in praviloma povezan s podatkovno bazo v ozadju. Model mora ustrezati natančni matematični določitvi vsakega elementa v realnih koordinatah. Z upoštevanjem zahtevanih parametrov kartografske projekcije in popolne matematične konstrukcije modela je modelirana vsebina metrična.

3D KM je 3D abstrakten in generaliziran opis (prikaz) enega ali več pogledov na del sveta ali na celoto (Petrovič, 2001).

Glavne zahteve, ki jih mora KM izpolnjevati so:

- Reducirana vsebina – količina podatkov, ki je potrebna za opis 3D modela, lahko zaradi svojega obsega predstavlja težavo za obstoječo tehnologijo. Smiselno je potrebno določiti obseg potrebne vsebine za upodobitev. Odvečno vsebino reduciramo ter s tem zagotovimo hitrejšo delovanje procesa izdelave modela.
- Vektorska struktura – manjša količina podatkov potrebnih za opis modela ter lažje numerične analize zbirke podatkov. Omenjeno predstavlja prednost pred uporabo rastrske strukture pri izdelavi KM.
- Model z več stopnjami podrobnosti – vsebina 3D karte mora biti prikazana ustrezno človekovemu sistemu zaznavanja; zaradi prikaza v perspektivni projekciji karta ne bo imela konstantnega merila, kar lahko vodi do nezaželenih učinkov, ki negativno vplivajo na kakovost izdelane 3D karte (minimalne dimenzije, »zlita« vsebina karte); problem rešimo z uporabo »level-of-detail« tehnike (LOD); to pomeni, da mora biti vsak element karte predstavljen z ustreznimi grafičnimi spremenljivkami, v odvisnosti od lokalnega merila; bližje kot je element položaju opazovalca, podrobneje mora biti predstavljen; da lahko uporabimo LOD tehniko, moramo kartografski model najprej razdeliti na kvadrante, katerim lahko določimo vsebino za več stopenj podrobnosti; posebno pozornost moramo nameniti kontinuiranemu prehodu vsebine KM na robovih kvadrantov; več stopenj podrobnosti ko uporabimo, bolj je prehod gladek, po drugi strani pa s številom stopenj podrobnosti hitro narašča tudi količina podatkov, tako da je tu potreben kompromis (Terribilini, 1999).

Zgradbo 3D kartografskega modela lahko na splošno predstavimo v treh stopnjah:

- 3D teren (DMR): predelava GRID v TIN z Delaunayevo triangulacijo, ki omogoča spremenljivo resolucijo ter prehode med njimi; DMR se razdeli na majhna območja, kjer se glede na izbrani prikaz vsako območje ponazori s svojim LOD, pri čemer se meje filtrirajo. Dodatno lahko vnaprej shranimo podatke ter predračunane prikaze za posamezne LOD.

- Ploskve v prostoru, ki prekrijejo določene površine zemeljskega površja (rastja).
- 3D objekti: telesa ali 3D znaki, postavljeni v prostoru skladno z načeli kartografske generalizacije (Petrovič, 2001).

Uporabnost digitalnega kartografskega modela se je zelo razširila v primerjavi s klasičnimi modeli – kartami na papirju. Digitalni kartografski modeli omogočajo:

- upodobitev kot pogled (statični) ali kot prelet (dinamični) na osnovi zahteve uporabnika,
- geografske analize (prostorske, topološke in analize terena),
- povezave s podatkovnimi bazami, ki so lahko fizično poljubno oddaljene ter
- kartometrične naloge kot rezultat neposrednih izračunov iz osnovnih podatkov – brez potrebnih dodatnih pripomočkov, metod in napak operaterja ali metode.

Digitalni modeli nam pri napredku tehnologije še vedno določajo omejitve ter slabosti pri izdelavi le teh. Ovine, ki so prisotne pri izdelavi modelov, so sledeče:

- ustrezno zmogljiv računalnik s programsko opremo in vhodno-izhodnimi enotami za izdelavo ter uporabo digitalnega modela,
- pomanjkljivost strojne računalniške opreme, kot je zmogljivost diskov ter hitrost prenosa izvajanja operacij. Problem predstavlja velika količina podatkov, kar je možno zaznati pri medmrežnih aplikacijah.
- znanje ter uporaba računalnikov in ustrezne programske opreme izdelovalcev in uporabnikov digitalnih modelov,
- transformacija med različnimi formati datotek lahko privede do izgube podatkov.

Karte kot kartografske modele v klasični kartografski tehnologiji običajno delimo glede na merilo, prikazano območje, vsebino in namen. Takšna delitev digitalnih modelov glede merila ter površinske razsežnosti ni možna oziroma smiselna. Glede na namen ter uporabo modela, si uporabnik skladno z željami izbere vsebino in obliko prikaza. Zaradi omenjene možnosti izbora je uporaba ter vsebina modela lahko zelo raznovrstna (Petrovič, 2001).

2.2 Psihologija 3D zaznavanja pri ljudeh

Zapleten proces prostorskega zaznavanja ter prepoznavanja objektov in pojavov v prostoru pri ljudeh, temelji na fizioloških in psiholoških parametrih. Človek s čutili kot so vid, sluh in otip zaznava podatke, ki v možganih tvorijo model okolja z vsemi odnosi med objekti in pojavi. Pri zaznavanju okolja imajo informacije vizualnega čuta največji pomen za človeka (Petrovič, 2001).

Prostor – okolje, v katerem živimo, ima tri razsežnosti, mrežnica pa le dve. Torej po optičnih zakonih ne bi mogli prostora dojemati z enim očesom v treh razsežnostih. Globinsko dožemanje prostora je mogoče z dvema očesoma (Rojc, 1986).

Prostorski učinek dosežemo s t.i. globinskim učinkom vida kot posledico fizioloških in psiholoških dejavnikov.

Med fiziološke dejavnike štejemo:

- neenakost obeh očesnih mrežnic, ki povzroči nekoliko različno perspektivo slik na obeh mrežnicah,

- kot med vidnima žarkoma iz obeh oči pri fokusiranju na določen objekt,
- prilagodljivost obeh očesnih leč pri fokusiranju in
- paralakso kot posledico premikanja opazovalca, ki opazuje statično sceno in povzroči, da se bližnji predmeti premikajo mnogo hitreje kot bolj oddaljeni.

Fiziološki dejavniki so posledica zgradbe oči pri posameznem človeku, vendar na njih vpliva tudi sam odnos med opazovalcem in opazovanim predmetom. Psihološki dejavniki so odvisni od kognitivne zmogljivosti možganov, ki jo dobimo na podlagi izkušenj in znanj pri gledanju ter prepoznavanju okolice. Z uporabo sodobnih upodobitvenih tehnik lahko povečamo možnost zaznave prostorskih odnosov.

Med psihološke dejavnike štejemo:

- velikost slike na mrežnici, ki je v obratnem sorazmerju z oddaljenostjo predmeta,
- linearno perspektivo, kjer se z oddaljenostjo zmanjšuje navidezna razdalja med predmeti,
- ploskovno perspektivo, ki je posledica zamegljenosti bolj oddaljenih objektov,
- superimpozicijo, kjer se na sliki sestavijo različni objekti, pri čemer imajo bližji bolj pravilne (ostre) obrise,
- spreminjanje razločnosti strukture z razdaljo,
- prostorsko prepoznavo (uporabnikovo zaznavanje in razumevanje karte),
- 3D upodobitve, ki izboljšujejo nivo zaznavanja višin,
- dodajanje zvoka,
- dinamične dogodke (gibanje oblakov, dež, veter, gibanje vozil), ki privlačijo pozornost uporabnika,
- uporabo svetovnega spleta (WWW) in ustrezne oblike zapisa podatkov (VRML), ki olajšujejo možnosti široke uporabe ter
- inteligentne upodobitve z možnostjo uporabnikovega vpliva nanje, karte po želji in zahtevi bodočega načrtovanega stanja (Petrovič, 2001).

3 IZDELAVA 3D KARTOGRAFSKEGA MODELA

Trirazsežnostne upodobitve imenujemo prikaze, ki uporabniku – opazovalcu omogočajo čim boljše dejansko 3D predstavo. 3D predstava prikaza je v veliki meri odvisna od samega opazovalca, predvsem od njegovih psiholoških in fizioloških sposobnosti globinske zaznave. Z uporabo sodobnih upodobitvenih tehnik (multimedijske predstavitve), lahko izboljšamo zaznavo ter sposobnost pravilnega odločanja posameznega opazovalca (Petrovič, 2001).

Prostorska slika je definirana kot navidezni pojav. Pojav opazujemo s pomočjo vidne zaznave brez prisotnosti realnega pogleda modela ali prostora. Sama uporabnost prostorske slike je odvisna od spreminjanja grafičnih spremenljivk in stopnje globine slike, kar določamo z ločljivostjo in barvno globino. Stopnja zaznavanja prostorske slike pa je sinteza vseh dejavnikov, ki opisno določa nivo uporabnosti in učinkovitosti 3D predstave pri posamezni tehniki. Upodobitve delimo glede na način prostorskega zaznavanja na 2D, psevdo 3D in 3D upodobitve:

- Pri 2D upodobitvah tehnologija omogoča le enooki globinski učinek. Globino zaznamo izključno na psihološki osnovi, zaradi česar je stopnja 3D zaznavanja nizka (perspektivni senčeni pogledi, filmi oz. animacije preletov ter navadne fotografije).
- Psevdo 3D ali paralaktične upodobitve (kromostereoskopske slike, stereoskopske slike, anaglifne slike in multistereoskopske slike) spodbujajo globinski učinek na osnovi fizioloških in psiholoških dejavnikov. Slednje upodobitve predstavljajo srednjo stopnjo 3D zaznave, vendar pri večini teh upodobitev potrebujemo dodatne pripomočke kot so očala, stereoskop in podobno. Uporaba pripomočkov za doseganje globine zmanjšuje samo praktičnost upodobitve.
- Pri popolnih 3D upodobitvah globinski učinek dosežemo izključno na osnovi fizioloških učinkov. Stopnja 3D zaznave je visoka, saj prostor zaznamo enako kot pri opazovanju realnega prostora. Opazovanje brez pripomočkov je prednost, vendar so takšne upodobitve mogoče le v laboratorijskih pogojih (hologrami, prostorski prikazovalniki) (Petrovič, 2001).

Izdelavo 3D kartografskega modela in njegovo upodobitev lahko opišemo v nekaj korakih:

- izbira vsebine kartografskega modela,
- vir kartografskega modela,
- določitev območja ter 3D ploskve,
- nanos ploskev oz. tematskih plasti na model,
- izdelava in določitev lokacije posameznih trirazsežnih objektov,
- določitev atmosfere, neba, osvetlitve in senčenja,
- izdelava animacije.

3.1 Izbira vsebine kartografskega modela

3D kartografski model vsebuje podatke, ki prikazujejo splošno geografsko vsebino ter posebno tematsko vsebino. V model so lahko vključene še dodatne informacije kot so na primer informacije o posameznih objektih, o okolju ter tudi o časovnih spremembah v modelu.

Splošno geografsko vsebino tvorita dve skupini elementov, in sicer naravni in zgrajeni (antropogeni). Med naravne elemente štejemo objekte in pojave na zemljišču, ki niso nastali pod neposrednim vplivom človeka. Slednji elementi so relief z vsemi vzpetinami, kotlinami in ravninami, pokritost tal

(vegetacija, poplavljen in močvirnata območja ...) ter hidrografija, ki je skupni izraz za vse objekte in pojave, ki vsebujejo vodo. Med njih štejemo tekočo in stoječo vodo ter objekte, ki so namenjeni shranjevanju ali prenosu vode za potrebe vodooskrbe. V današnjem času človek vpliva že tudi na naravne objekte in pojave. Antropogeni elementi pa so objekti, ki so po nastanku vezani na človeka. Omenjeni objekti so izključno rezultat njegovega dela v prostoru (naselja, promet, zgradbe, komunikacije, meje in ločnice) (Petrovič, 2001).

Upodobitve, ki prikazujejo tematsko vsebino, so običajno namenjene le določeni skupini ljudi ali pa prikazujejo le konkreten pojav, stanje, objekte ali temo. Tematska vsebina je torej lahko podrobneje opisan del splošne geografske vsebine ali pa govorimo o drugačni vsebini, ki v splošno topografsko vsebino ni obvezno vključena. Med drugim lahko tematsko vsebino predstavlja:

- Fizično-geografska tematika: splošna fizično-geografska tematika (višinski pasovi, nagibi itd.), atmosferski pojavi (meteorološki, klimatski), geofizične lastnosti (seizmološke, vulkanske, gravimetrične, podatki zemeljskega magnetizma), geološke lastnosti (splošne geološke, litološke, tektonske), geomorfološke, hidrološke, bonitetne (pedološke), biogeografske (flora, favna).
- Socialno-ekonomska tematika: splošna socialno-ekonomska, naseljenost, narodno bogastvo (rude, gozdovi), kulturna izgradnja, politično-administrativni podatki, zgodovinska, prometna tematika (železniška, avtomobilska), turistična, planinska, športna tematika.
- Tehnični podatki posegov v prostor: načrti raznih raziskav, inženirski načrti (gradnja komunikacij, načrti podzemeljskih napeljav v naseljih), katastrski podatki, podatki geodetskih izmer, navigacijski podatki za zračno in pomorsko plovbo itd. (Petrovič, 2001).

Vsebinska kartografskega modela je organizirana kot topografska baza. Slednja je lahko organizirana kot enotna, ki vključuje vse topografske podatke oziroma kot ločene baze, ki vključujejo posamezne topografske elemente. Pregled elementov, ki jih vsebuje topografska baza, lahko prikažemo v objektnem katalogu. Kot pravi Šumrada (2005), objektne katalog omogoča poenoteno razvrščanje prostorskih objektov v objektne tipe (razrede) za kateri koli podatkovni model na določenem območju obravnave. Objektne tipe razlikujemo glede na pomen, njihove attribute, operacije in relacije (odnose) med njimi.

Struktura objektnega kataloga je hierarhična in vsebuje naslednje nivoje:

- Objekt (topografski objekt) je objektnemu tipu pripadajoč, geometrično omejen in z atributi opisan predmet realnega sveta. Topografski objekti so lahko glede na upoštevanje različnih nivojev struktur različnih oblik (točkovni, linijski ali območni).
- Objektne tip je kategorija istovrstnih topografskih objektov za kataloški namen, ki je modelni pojem (primer: stanovanjska stavba, avtocesta, močnejši izvir).
- Objektne skupina je naziv ali organizacija enakih pojmovnih elementov zaradi poenotenja pojmov (primer: cestni promet, vodni objekti) in je sestavljena iz objektnih tipov.
- Objektne področje je v organizaciji pojmov najvišja stopnja in sestoji iz objektnih skupin (primer: promet, hidrografija) (Šumrada, 2005).

V topografski bazi je vsak objekt opisan s pripadajočim objektnim tipom, geometrijo, opisi in identifikatorji. Baza kot taka nima merila, saj so v njej podatki shranjeni v realnih enotah, vendar govorimo o merilu glede na geometrijsko natančnost, podrobnost in stopnjo generalizacije same vsebine modela.

Pri izdelavi in oblikovanju vsebine 3D modela je potrebno upoštevati predvidene načine uporabe in sama pričakovanja uporabnikov. Glede na to celotno vsebino modela ločimo na glavno, sekundarno in dodatno vsebino. Pri tem predstavljajo glavno vsebino tisti objekti in pojavi, ki so bistveni za samega uporabnika. Navadno je to relief oz. ploskev v prostoru ter pomembni objekti in komunikacije. Kot sekundarno vsebino štejemo objekte in pojave, ki dajejo vtis celovitosti prikaza, pri čemer niso bistveni za uporabnika. V to skupino uvrščamo pokritost tal, vodno omrežje, manj pomembne stavbe in objekte, administrativne meje in meje drugih območij. Dodatno vsebino sestavljajo objekti in pojavi, ki imajo dodatno pojasnilo ter so dodani na zahtevo uporabnika.

Dejavniki kot so namen uporabe 3D modela, ciljna skupina uporabnikov, sposobnost računalniške opreme, razpoložljivi podatki in drugi, vplivajo na izbiro vsebine kartografskega modela. Z vidika strukture podatkov je bolj smotrna uporaba vektorskih podatkov. Ti v primerjavi z rastrskimi podatki zasedejo manj pomnilniškega prostora. Smiselna pa je tudi uporaba sistema nivojev podrobnosti (LOD).

3.2 Viri kartografskega modela

Kartografski viri so podatki v grafični, numerični, digitalni ali pisni obliki, ki jih uporabljamo pri izdelavi kart oziroma modelov. Pri tem je izbira kartografskih virov pomembna, saj vpliva na kakovost ter stroške izdelave karte oziroma modela (Radoševič, 1974c, cit. po Petrovič, 2001). Podobna načela in zahteve kot pri analizi virov za karte veljajo tudi v primeru vzpostavitve 3D kartografskega modela.

Glede na vsebino in obliko podatkov kartografske vire delimo na:

- astronomsko – geodetske vire: sezname koordinat geodetskih točk,
- topografsko – kartografske vire: različne karte, aeroposnetki, fotografije in satelitski posnetki, podatki GIS-ov ter
- geografsko – statistične vire: geografski opisi, študije, statistični popisi, sezname zemljepisnih imen, slovarji, enciklopedije in podobno.

Glede na način in uporabo pa kartografske vire delimo na:

- osnovne vire, podatke katere uporabimo kot neposredno osnovo za generalizacijo pri izdelavi karte, iz njih privzamemo večino vsebine nove karte,
- dopolnilne vire, ti so namenjeni dopolnitvi vsebine – dopolnjujemo lahko elemente, ki jih na osnovnih virih ni, so neustrezni ali pa je vsebina osnovnega vira zastarela in jo dopolnjujemo,
- pomožne vire, kamor pa prištevamo vse tiste zbirke podatkov, ki jih ne uporabimo neposredno za dopolnitev vsebine, nam pa koristijo za to, da bolje spoznamo kartirano področje z geografskega, zgodovinskega, demografskega in podobnih vidikov (Petrovič, 2001).

Za ustrezno izbiro kartografskega vira je potrebna analiza razpoložljivih virov. Poznati moramo vsebino, položajno natančnost in pomensko pravilnost, celovitost vsebine ter starost vira. Le tako se lahko odločimo za najustreznejšega. Pri izgradnji 3D modela podatke praviloma zajemamo iz primarnih virov. Ker je tak zajem podatkov časovno zamuden in povezan z višjimi stroški izdelave, se odločimo za uporabo obstoječih baz, evidenc in zapisov, ki jih vzdržujejo različne ustanove.

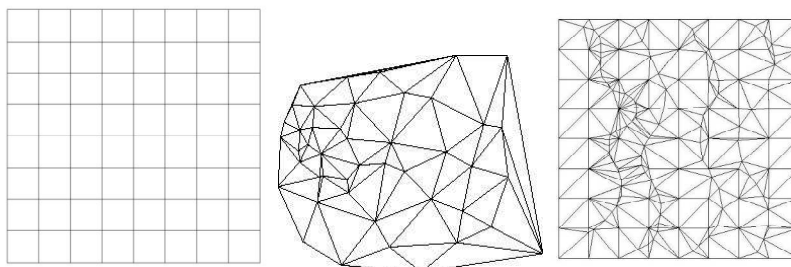
3.3 Določitev območja in 3D ploskve

S 3D karto je mogoče predstaviti vsako razsežnost geografskega prostora. Večje, kot je območje predstavitve, manjše je povprečno merilo in s tem potrebujemo bolj generalizirane in razredčene topografske informacije. Pri 3D kartah tako govorimo o kartah velikega in majhnega območja in ne merila (Domajnko, 2008).

Pri izdelavi digitalnega modela z uporabo podatkovnih baz, je konvencionalni način prikazovanja reliefa (plastnice, senčenje, črtkanje, hipsometrija) neprimeren. Takšni prikazi zahtevajo veliko pomnilniškega prostora ter otežujejo izvedbo poizvedb ter analiz. Zaradi omenjenih razlogov se je uveljavila predstavitev reliefa z digitalnim modelom terena (DMR). DMR je računalniško modelirana ploskev, ki povezuje posamezne točke z določeno absolutno višino, vključuje pa višinske točke, karakteristične linije in točke terena ter geomorfologijo (Petrovič, 2001).

Izrednotena ploskev se lahko predstavi rastrsko kot prostorska gridna mreža, kot trikotniška mreža (TIN) ali pa vektorsko s pomočjo izolinij (slika 1) (Šumrada, 2005).

Pri izdelavi ploskve smo omejeni z vhodnimi podatki, želenim prikazom ploskve ter računalniško opremo. Za splošen prikaz se običajno uporabi pravokotna mreža, ki zahteva najmanj pomnilniškega prostora. Posledično pride do izgube informacij o terenu, kar privede do slabše kakovosti ploskve. V primeru, kjer je pomemben prikaz določenih pojavov v naravi (vodovje, prometnice, lokalne značilnosti terena), je smiselno uporabiti mrežo trikotnikov ali hibridno strukturo. Za modele, kjer je prikazan teren želene stopnje podrobnosti, uporabimo temu primerno gostoto točk. Z večanjem gostote točk, se bližamo realnemu stanju v naravi. Pri gostoti točk modela je potrebno narediti kompromis med količino podatkov in podrobnostjo.



Slika 1: Računalniško modulirane ploskve

- (1) pravokotna mreža (lasten); (2) nepravilna trikotniška mreža (A place in History, 2013);
(3) hibridna struktura (lasten)

3.4 Nanos ploskev oziroma tematskih plasti na model

Kot osnovo za trirazsežnostni prikaz je potrebno izbrati ustrezno prostorsko ploskev, ki podaja podlago za celotno 3D upodobitev. Za nanos na ploskev potrebujemo tudi ustrezen niz rastrskih in vektorskih podatkovnih slojev, ki jih pojmujejo kot dodano vsebino. Prostorsko ploskev lahko prikazujemo bodisi v skeletnem (žičnem) načinu, ki je procesno manj zahteven, ali pa v polni sestavi in teksturni upodobitvi.

Če na osnovno ploskev, na primer prikazano v skeletnem izgledu, nanesimo izbran in ustrezno orientiran rastrski in podatkovni sloj (draperijo), ta privzame prostorske lastnosti (obliko, višino, ukrivljenost itd.) 3D ploskve.

Prav tako lahko kot nanos uporabimo vektorski 2D podatkovni sloj ali izbrano kombinacijo, kar povzroči prileganje in nanos vektorskih gradnikov neposredno na 3D ploskev spodaj.

Izbrane plavajoče podatkovne plasti privzamejo 3D obliko od nosilne prostorske ploskve, vendar pa se jim lahko doda primeren odmik, tako da nastopajo ločeno nad ali celo pod prostorsko ploskvijo (Šumrada, 2005).

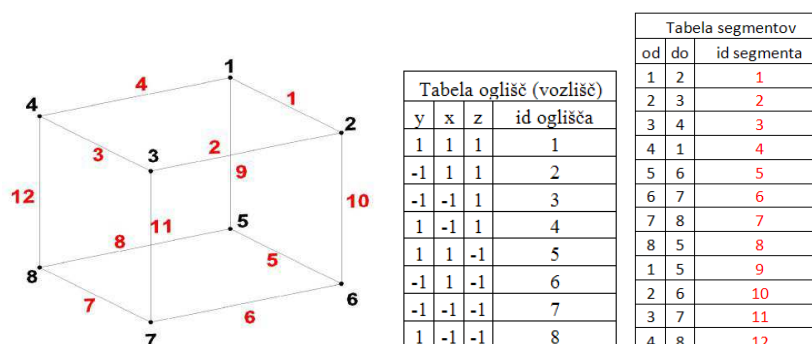
3.5 Izdelava in določitev lokacije trirazsežnih objektov

Stvarni objekti v prostoru so večinoma trirazsežna telesa. Med poznanimi pristopi za modeliranje trirazsežne geometrije teles, se na področju CAD in GIS za modeliranje objektov najpogosteje uporabljajo naslednji pristopi:

- skeletni ali žično-okvirni pristop,
- tako imenovano akumulativno modeliranje in
- proizvodno modeliranje.

Skeletni model (slika 2) izvedbeno tvorita dve osnovni tabeli, ki sta tabela oglišč oziroma vozlišč in tabela segmentov. Vsak pojav v tabeli oglišč podaja njegov identifikator in niz koordinat. Vsaka vrstica v tabeli segmentov poleg identifikatorja določenega roba zajema tudi njegovo topologijo, ki je podana kot usmerjena razvrstitev od oglišča do oglišča. Skeletna ponazoritev prostorskih objektov izrecno ne podaja značilnosti robnih ploskev, ki so lahko podane zgolj kot robni poligon razvrščenih segmentov (Šumrada, 2005).

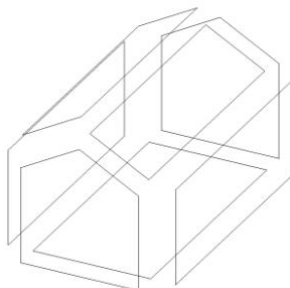
Skeletni pristop temelji na enostavni geometrični in topološki podatkovni sestavi. Kljub temu je lahko takšna žična ponazoritev prostorskih objektov dvoumna ter zato uporabna z omejitvami.



Slika 2: Skeletni ali žični prikaz telesa
(lasten)

Akumulativno modeliranje (slika 3) se lahko pojmuje kot neposredna nadgradnja skeletnega pristopa. Temelji na opredelitvi trdnega telesa s pomočjo stikajočih se robnih ploskev prostorskega objekta. S tem pristopom rešimo problem robnih površin na način, da ima objekt sklenjen zunanji izgled in zaprto notranjost (Šumrada, 2005).

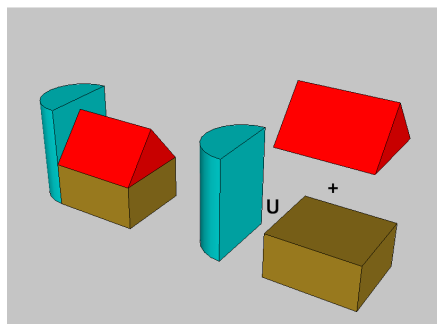
Pri akumulativnem modeliranju so pomembni geometrični in ključni topološki podatki. Omenjeni pristop je primeren za prikaz 3D objektov, katerih značilne točke so merjene.



Slika 3: Akumulativno modeliranje (predstavitev z robnimi ploskvami)
(lasten)

Pri proizvodnem modeliranju (slika 4) je geometrija prostorskega objekta sestavljena iz parametrično opredeljenih 3D gradnikov, ki se volumsko kombinirajo s pomočjo raznih operatorjev iz teorije množic, kot so unija, presek in diferenca.

Takšen pristop je predvsem primeren za modeliranje trirazsežnih objektov s CAD orodji, katerih večina poleg omenjenih pristopov podpira tudi razne kombinirane ali hibridne postopke. Večina orodij GIS podpira le akumulativno modeliranje 3D objektov, kar pa posledično zmanjšuje možnost za izmenjavo med orodji CAD in GIS (Šumrada, 2005).

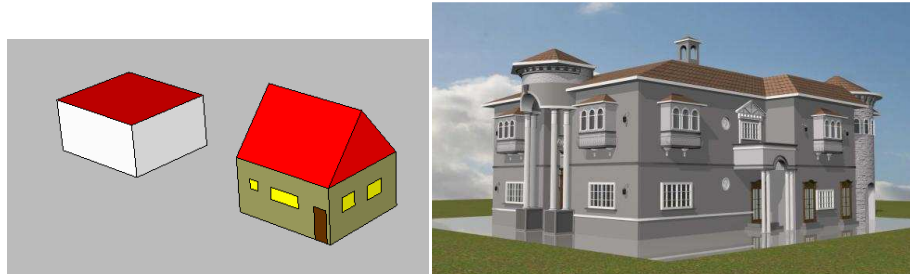


Slika 4: Proizvodno modeliranje
(lasten)

Ločimo več vrst 3D objektov, in sicer točkovni, linijski, ploskovni in volumski. Objekti so lahko preprosti, sestavljeni iz več geometrijskih teles ali pa je njihova sestava kompleksna. Glede na predstavitev trirazsežnih modelov objektov se lahko takšni prikazi objektov razdelijo glede na stopnjo posploševanja detajlov oziroma glede na ločljivost objektov. V splošnem lahko, denimo na upodobitvah stavb razlikujemo tri izrazite nivoje razpoznavnosti objektov (slika 5):

- prvi nivo razpoznavnosti predstavljajo preproste stavbe, podane s tlorisom in višino ter z ravnimi strehami in brez detajlov,
- drugi nivo razpoznavnosti tvorijo modeli stavb s strešnimi kritinami in razpoznavnimi fasadami,

- tretji nivo razpoznavnosti vsebuje poljubno podrobne modele stavb, ki vsebujejo tudi manjše detajle kot sestavne podobjekte (dimniki, zunanja stopnišča, balkoni, funkcionalna zemljišča itd.) (Šumrada, 2005).



Slika 5: Trije nivoji razpoznavnosti objektov
(1) prvi nivo (lasten); (2) drugi nivo (lasten); (3) tretji nivo (AutoCAD and 3D Design, of key buildings, and 3D models, kiosk, Exhibition Stalls, 2013)

3.6 Določitev atmosfere, neba, osvetlitve in senčenja

Nebo je pri 3D kartah posebno objektno področje, ki pri 2D kartah ni upodobljeno. Na tradicionalnih 2D kartah je ozadje praviloma bele barve zaradi podlage (papir), kar omogoča zelo dobre kontraste med ozadjem in kartografskimi znaki. Tako je nebo hkrati del prikaza in ozadje. V naravi se nebo oziroma svetloba, ki jo zaznavamo kot nebo, spreminja glede na uro dneva, letni čas, vreme ter zemeljsko površje. Pri izdelavi 3D kart je smiselno izbrati barvo neba, ki omogoča čim boljši kontrast glede na ostalo prikazano vsebino, to pa je največkrat modra barva, barva jasnega neba (Petrovič, 2001).

Pri izdelavi 3D modela lahko v primerjavi s 3D kartami prikažemo tudi večerno nebo, oblačno sivo ter nočno nebo z nebesnimi telesi, saj nam kontrasti ne spremenijo prioritete. Prikaz oblakov na nebu bistveno vpliva na kakovost 3D kart. Izbira in način prikaza je zelo pomembna, saj moramo glede na raznovrstnost oblik upoštevati realne možnosti nastanka in oblike oblakov. Uporaba oblakov je priporočljiva v primeru, ko karta vsebuje veliko površino neba, sicer prevelika površina modre barve preveč pritegne uporabnikovo pozornost.

Sence so bolj izrazite v jasnem vremenu in so lahko ključne pri ustvarjanju vtisa 3D v 2D prikazu. Najpomembnejši lastnosti senc sta barva in gostota.

Pri senčenju seveda ne smemo pretiravati, saj lahko izgubimo jasnost kartografske predstavitve, tako da je verjetno ustrežnejše bolj rahlo senčenje, še posebej na kartah bogatih z detajli, kot je to urbano okolje. Močnejše senčenje pa je primerno za poudarjanje razgibanega reliefa, kjer gostega detajla ni. V splošnem tako za osvetlitev kot senčenje velja, da je bolje doseči nazornost in razločnost predstavitve, kot pa večjo stopnjo realizma svetlobnih učinkov. Izjema so tematske predstavitve, kjer je realna ali celo poudarjena osvetlitev oziroma senčenje osnovni namen, na primer v vizualni analizi osvetlitve/osenčenosti (Gnilšek, 2004).

3.7 Izdelava animacije

Programi za 3D modeliranje običajno omogočajo tudi izdelavo animacije. Animacija je množica statičnih slik, pri katerih se pri vsaki sliki spremeni položaj in pogled kamere. Človeški možgani množico slik, združeno v animacijo oziroma film, zaznajo kot premikanje. Pri tem mora biti zaporedje slik dovolj gosto, da uporabnik prehod med slikami zazna kot zvezni (nad 25 slik na sekundo). Trirazsežna animacija je zelo privlačna in prepričljiva upodobitev, ki omogoča izdelavo izbranih preletov preko katere koli 3D ploskve. Takšen navidezni stvarni prikaz preleta lahko poteka po modelu terena ali po kateri koli drugi opredeljeni ploskvi. Izvedba same simulacije je možna na več načinov (po izbrani premi liniji ali krivulji, kroženje okoli izbrane točke, dvig na izbrano višino nad model ter panoramski pogled). Navadno obsega potek izdelave animacije naslednje osnovne faze:

- izbira oziroma določitev ustrezne 3D ploskve,
- opredelitev gledišča in žarišča,
- opredelitev poti leta (prema linija ali krivulja),
- dodajanje draperij in nanosov,
- snemanje zaporedja posnetkov in izbira hitrosti prikaza,
- dodelava in dodatne izboljšave prikaza (Šumrada, 2005).

Pri sestavi animacije je najprej potrebno izbrati osnovno prostorsko ploskev. Glede na model prostorske ploskve določimo pogled, opredelimo gledišče in žarišče. Opazovališče je točka gledanja, žarišče pa osrednja točka, okoli katere se spreminja pogled na ploskev. Žarišče tako predstavlja glavno točko, ki jo opazovalec spremlja. Odnos med glediščem in žariščem nam določa prostorsko perspektivo. Prostorsko lego obeh ključnih točk simulacije je potrebno predhodno opredeliti. Prikaz in animacija prostorske ploskve se navadno izvaja preko žičnega (mrežnega) prikaza ploskve, saj je tak pristop hitrejši in manj obremenilen za strojno opremo. Zagon in izvedba celotne animacije v dejanskem času predstavlja zahtevno opravilo za sodobne računalnike.

Animacijo popolnega modela v dejanskem času lahko zadovoljivo prikažejo samo zmogljivejši računalniki, zato najprej sestavimo potek animacije v skeletnem modelu ter naknadno sprožimo zapis animacije v denimo format .mpeg ali .avi. Omenjeni format nam kasneje omogoča njeno lokalno predvajanje (Šumrada, 2005).

Za določitev minimalne hitrosti prikaza ter tekoči potek animacije, ki je pogojen z zmogljivostjo računalniške opreme, je potrebno prikaz poenostaviti. Rešitev za sprostitev procesne moči računalnika je možno doseči na sledeče načine:

- Zmanjšanje ločljivosti oziroma vidnega okna animacije; čim manjši sta ločljivost in velikost prikaza, tem manjša procesna moč je potrebna za izvedbo in prikazovanje.
- Izključitev učinkov glajenja ploskve v ospredju; glajenje prostorske ploskve in ostali postopki (vidnosti, senčenje itd.) med prikazom zahtevajo dodatno obdelavo prikaza v dejanskem času. Če lahko izključimo tovrstne dodelave predvsem v ospredju prikaza, ki se najbolj dinamično spreminja, se lahko občutno izboljša potek animacije.
- Uporaba stalne oziroma konstante višine pogleda; uporaba enotne višine pogleda na prikazano animacijo modela namesto spreminjanja višine lahko pospeši potek in izboljša izgled animacije.
- Zmanjšanje števila podatkovnih slojev; izbira in zlasti vrstni red draperij oziroma nanosov na osnovno ploskev je zelo pomembna zaradi njihove vidnosti ter hkrati neposrednega vpliva na potek in izvedbo aplikacije.

- Zmanjšanje zapletenosti osnovne ploskve in števila posnetkov; z opuščanjem posnetkov v poteku animacije se tudi pridobi na hitrosti animacije, vendar pa lahko takšne poenostavitve hkrati privedejo do zmanjšane kakovosti (gladkost poteka, ločljivost itd.) (Šumrada, 2005).

Pri načrtovanju animacij moramo upoštevati opisane značilnosti ter na začetku zato načrtovati kratke in enostavne aplikacije. Ko dosežemo zadovoljiv osnovni izgled in potek animacije, lahko preizkušamo dodatne učinke ter dodajamo ustrezne rastrske in vektorske podatkovne sloje (Šumrada, 2005).

4 UPORABA TRIRAZSEŽNIH MODELOV

Področje uporabe trirazsežnih modelov je danes zelo široko. Prisotni so v svetu filmske in glasbene industrije, kjer se pri izdelavi filmov uporabljajo posebni učinki. Primer je ustvarjanje okolja, ki ne obstaja. Pri vse bolj zahtevnih računalniških igrah uporabniki spodbujajo razvijalce k ustvarjanju čim bolj realističnega videza okolja. Oglaševalci se poslužujejo uporabe digitalnih medijev, saj tako njihov izdelek izstopa iz množice. 3D model omogoča oglaševalcem od izdelave enostavnega izdelka do popolne animacije. Tehnologija prijazna uporabniku omogoča enostavne spremembe geometrije, tekstur, materialov modela in še veliko več. Pri delu tudi ni omejitev, saj v realnem 3D modelu lahko uporabiš svojo domišljijo. V strojništvu se 3D modeli uporabljajo za načrtovanje, prikazovanje ter preizkušanje izdelkov v testnem okolju. Geologi in gradbeni konstruktorji uporabljajo 3D modele za simulacije potresov. Arheologi jih uporabljajo za izdelavo nahajališč ter arhiviranje kulturne dediščine. Arhitekti že dolgo časa ustvarjajo trirazsežne modele na dveh dimenzijah. Prikaz objekta v treh dimenzijah je primeren za prikaze novogradenj ter prikaz izdelka uporabniku. Omogočen pogled v notranjost objekta uporabniku poenostavi predstavo. Vladne službe uporabljajo 3D modele pri gradnji novih infrastruktur, kjer se umestijo trase v prostor ter so možne izdelave raznih analiz vplivov na prostor. Uporabljajo se tudi pri urjenju vojaških enot kot simulacije spopadov. 3D modeli nudijo v izobraževanju veliko prednost, saj v različnih strokah (medicina) nudijo doprinos starim metodam.

Pri nekaterih projektih v urbanističnem, prostorskem in krajinskem planiranju ter pri upravljanju z nepremičninami potrebujemo namesto klasičnih dvodimenzionalnih še tridimenzionalno zajete podatke. Zlasti to velja za mestno okolje, kjer so večino naravnega okolja, vključno z reliefom, močno preoblikovali in zapolnili antropogeni objekti, predvsem stavbe (Radovan in Janežič, 2001).

Razlog za uporabo teh podatkov je lahko izdelava mestnega informacijskega sistema ali pa upodabljanje urbanega okolja z različnimi cilji. Uporaba 3D modelov je tipična pri načrtovanju novih delov naselij, ko je potrebno ohraniti značilno veduto ali simulirati vstavitve novogradnje še pred začetkom gradbenih del. Pomembni so lahko tudi kot geoinformacijska podpora pri izdelavi različnih planskih aktov, obračunu površin in volumnov, vrednotenju etažne lastnine, načrtovanju revitalizacije, spomeniškem varstvu, inventarizaciji in vrednotenju. Pri uporabi 3D podatkov v vsakem od naštetih primerov posebno vlogo igra grafična predstavitev objektov v projekciji (Radovan in Janežič, 2001).

5 POPLAVE

5.1 Značilnosti poplav

Poplave so eden izmed naravnih pojavov, ki so z drugimi geološkimi procesi oblikovali in še preoblikujejo zemeljsko površje. Poplavna območja so sestavni del vodotokov, kot del vodnega prostora predstavljajo pomemben vodni ekosistem in pomembno vplivajo na vodni režim, predvsem pri zmanjševanju konic poplavnih valov in bogatenju podtalnice. Pri analizi oziroma izvajanju različnih ukrepov varstva pred poplavami je zato treba upoštevati celovitost vodnega režima in celotno povodje obravnavati kot enoto (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Poplave so dokaj pogost in izredno dinamičen pojav. Zbiranje in odtok povečanih količin padavin povzročata intenzivne procese erozije ne samo v strugi vodotoka, temveč tudi v celotnem povodju. Proces se prične s spiranjem površinske preperine, nadaljuje z zemeljskimi plazovi in konča v rečni strugi, kjer voda prestopi bregove in poplavi okolico. Kalnost vodotoka se izredno poveča zaradi intenzivnega premeščanja lebdečih snovi. Poleg rinjenih plavin, ki jih voda premešča po dnu struge, voda odplavlja in nosi različne plavajoče snovi in predmete, ki jih skupaj imenujemo plavje. Plavje (npr. debela večjih dreves) se na zoženih odsekih vodotoka (mostovi) zagozdi in zajezi vodo. Z nadaljnjim povečanjem pretoka se zajezitev poruši in povzroči dodatni porušitveni poplavni val v strugi vodotoka. Voda se zaradi povečanega pretoka razliva po okolici in ogroža različne dejavnosti v tem prostoru. Ko se pretok zmanjša in se voda umakne v strugo, zapušča na poplavljenih površinah drobnozrnate naplavine (mulj), plavajoče predmete, ribe, onesnaženje in drugo navlako (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Do poplavljanja lahko pride zaradi padavin in istočasnega tajanja snega na zmrznjeni podlagi, dviga gladine podtalnice ipd. Za naravne razmere, kakršne poznamo v Sloveniji, je poleg zmernih večdnevni padavin ali obilnih kratkotrajnih padavin, za nastanek poplav izredno pomembna tudi količina vlage v zemljini oziroma predhodna vlažnost. Večja kot je predhodna vlažnost zemljine, tem večja količina padle vode površinsko odteče ter s tem poviša nivo vodotoka.

5.2 Prikaz in ocena vplivov poplav

Pojav poplav in oceno vplivov različnih ukrepov varstva pred poplavami lahko opredelimo s pomočjo:

- nivograma ali hidrograma,
- verjetnostjo pojava,
- pretočno krivuljo in
- škode v odvisnosti od gladine vode.

Nivogram predstavlja diagram spremembe gladine vode s časom, medtem ko je v hidrogramu prikazana sprememba pretoka vode s časom.

Verjetnost pojava poplav je določena s soodvisnostjo med pretokom vode in povratno dobo oziroma verjetnostjo. Možnost pojava ali verjetnost pojava je pomembna lastnost poplave. Narava in gospodarska dejavnost sta vsakokratnim pojavom prilagojeni in ju praviloma ne prizadene večja škoda. Čim večji je dogodek (uresničitev pojava), tem manjša je njegova možnost oziroma verjetnost. Verjetnost dogodka določimo na podlagi statistične analize merjenih podatkov, kar je tudi zahtevno

strokovno opravilo, saj se lahko izračunane vrednosti v odvisnosti od izbranega vzorca podatkov in teoretične porazdelitve razlikujejo tudi za nekaj deset odstotkov.

Zaradi enostavnosti in lažjega razumevanja v praksi, možnosti dogodka, ki je določena s pomočjo verjetnostnega izračuna, ne prikazujemo v odstotkih verjetnosti, temveč z njeno recipročno vrednostjo. Če dogodek vežemo na leto, je pri verjetnosti $P(x) = 0,99$ povratna doba tega dogodka enaka:

$$T(x) = \frac{1}{1 - P(x)} = \frac{1}{1 - 0,99} = \frac{1}{0,01} = 100 \text{ let}$$

Tako ne govorimo o dogodku z enim odstotkom verjetnosti, temveč o dogodku s stoletno povratno dobo (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Povratna doba nam pove koliko dogodkov se bo v povprečju zgodilo v določenem časovnem obdobju. Tako pride do dogodka s petletno povratno dobo desetkrat v petdesetih letih. Pomembno pri podatku o povratni dobi je zavedanje dejstva, da je to le dogovorjena meja varnosti. Poplave si sledijo v naključnih obdobjih, kar pomeni, da lahko pride do pojava čez nekaj sto, deset let ali pa čez nekaj dni.

Zvezo med gladino vode v vodotoku in pretokom kaže pretočna krivulja, ki nam tudi omogoča preoblikovanje nivograma v hidrogram.

5.3 Izhodišča za določanje ogroženosti pri poplavah

Poplavna ogroženost izhaja iz:

- visoke gladine vode, ki povzročajo:
 - žrtve zaradi utopitve;
 - škodo zaradi preplavljanja dobrin;
 - škodo zaradi vdora vlage v konstrukcijo objekta in dobrine;
 - dodatno obremenitev konstrukcij s hidrostatičnim tlakom;
 - neprehodnost prizadetega območja pri višjih gladinah;
- toka vode, ki povzročajo:
 - odplavljanje žrtev in dobrin;
 - dodatno obremenitev konstrukcij s hidrodinamičnimi silami;
 - neprehodnost poplavljenega območja;
- onesnaženje, ki se širi iz:
 - preplavljenih virov onesnaženja;
 - kanalizacije;
- erozije dna in brežin struge, ki povzročajo:
 - spodkopavanje, porušitev objektov in celo odnašanje objektov;
 - odnašanje tal in spremembo morfologije struge;
 - odnašanje dobrin;
 - odnašanje obrežne vegetacije;
- naplavljanje plavin, ki povzročajo:
 - mulj, ki izdatno poveča škodo na poplavljenih dobrinah;
 - bolj grobe plavine, ki povečajo dinamične tlake in rušilno moč vode;
 - onesnažene plavine, ki onesnažujejo okolje;
 - z nerodovitnimi plavinami zmanjševanje rodovitnosti tal;
 - spreminjanje morfologije;

- trajanje pojava:
 - večdnevno poplavljanje uničuje posevke;
 - vdor vlage v konstrukcijo instalacije je večji;
 - stroški za zaščito in reševanje so odvisni od trajanja pojava (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Za določitev izhodišča poplavne ogroženosti je potrebno določiti verjetnost pretoka vodotoka. To nam predstavlja temeljno vrednost in izhodišče za določanje poplavne nevarnosti. Določitvi pretoka sledi hidravlična analiza, s katero izračunamo pretočno krivuljo in določimo obseg poplavnega območja, globino ter hitrost vode. Poleg omenjenih vrednosti moramo upoštevati dejstva, da se poplave od poplav razlikujejo. Razlika med vsakoletnim ali redkim ekstremnim pojavom poplav se kaže tudi v intenzivnosti erozijskih in spremljajočih pojavov. Dodaten vpliv na pojav imajo plazovi, zajezitve, pretok in odlaganje plavin, porušitve objektov za zaščito, ekološke nesreče ipd.

5.4 Lastnosti poplav v Sloveniji

Poplave v Sloveniji so večinoma povezane z močnimi padavinami, ki jih nad naše kraje prinašajo vlažne frontalne zračne gmote. V odvisnosti od vlažnosti zemljišča povzročijo padavine večji ali manjši odtok vode. Odvečna voda, ki se zbira v vodotok, privede do povečanega pretoka ter povzroči dvig gladine vode v strugi.

Občasno pa prihaja do izrednih razmer, predvsem zaradi:

- izredno velikih in dolgotrajnih padavin;
- velike predhodne vlažnosti tal;
- padavin, ki so padle na snežno odejo, povzročile njeno tajanje in katastrofalen površinski odtok.

V Sloveniji so večja poplavna območja redka zaradi mikrotopografskih lastnosti položaja v povirjih voda. Med večja poplavna območja spadajo kraška polja (Cerkniško in Planinsko polje, Bloška planota), kjer je odtok voda omejen z zmogljivostjo požiralnikov ali ravnice ob vodotokih, predvsem na obrobju Panonske ravnine (Ljubljansko polje, Savinjska dolina, Krško – Brežiško polje, Dravsko – Ptujsko polje, Mursko – Ljutomersko polje ...) (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

5.5 Ogroženost in ukrepi varstva pred poplavami

Pri zelo intenzivnih ujmah so posledice delovanja eksogenih sil poplavna ter erozijska ogroženost prostora. Poplave štejemo med postopne naravne pojave. Za razliko od potresov ali plazov, ki jih ne moremo predvideti, poplave načeloma lahko. V primeru poplav je praviloma še dovolj časa za rešitev življenja, večja neposredna ogroženost pa je ob izbruhu hudournikov, ki lahko nastopijo v obliki blatnih ali murastih tokov.

Ranljivost je odvisna od človekove prisotnosti in dejavnosti na nevarnem območju ter se s časom spreminja. Ko z analizo v prostoru združimo nevarnost in ranljivost, dobimo ogroženost. Pri tem se osredotočimo na zmanjševanje le te z različnimi ukrepi. Ranljivost v analizi ogroženosti vpliva na stopnjo zaščite, zato ukrepe za zaščito pred poplavami načrtujemo in izvajamo na različne načine. Izvajanje omenjenih načinov je v skladu z naravnimi razmerami, kulturno – socialnimi dejavniki in razvojem družbe.

Za uspešno varstvo pred poplavami je zadolženo predvsem vodarstvo, ki s hidrološkimi in hidravličnimi modeli opredeli nevarnost ter opravi tudi analizo ranljivosti ob pomoči podatkov o rabi prostora. Pri izvajanju posameznih ukrepov je poleg vodarstva zelo pomembno prostorsko načrtovanje, ki ga štejemo za glavni negradbeni ukrep obvladovanja poplavne ogroženosti in preventivnega delovanja na način omejevanja vnosa dodatnega škodnega potenciala v poplavni prostor. Vloga prostorskega načrtovanja je nepogrešljiva predvsem pri ukrepih za zmanjševanje ranljivosti in nevarnosti z ustreznim ravnanjem v prostoru (Brilly, 2012).

Posebno pozornost pri določanju ogroženosti je treba posvetiti iskanju človekovih vplivov na okolje, ki pospešujejo dinamiko naravnih procesov in s tem povečujejo naravne nevarnosti (Brilly, 2012).

Poplave kot naravni pojav ne moremo preprečiti, lahko pa blažimo njihove posledice. Iz tega naslova imajo pri gospodarjenju na ogroženih območjih lastniki zemljišč ali uporabniki voda naslednje dolžnosti. Na poplavnih območjih je potrebno:

- gospodariti tako, da se ne poslabšajo odtočne razmere;
- potrebno je vzdrževati vse objekte, ki varujejo pred visoko vodo;
- strugo, ki poplavlja, je potrebno čistiti zrasti in nanosov, da se dodatno ne zmanjšuje pretočnost.

Na urbanih poplavnih območjih:

- glede na oceno ogroženosti in škode je potrebno zavarovati območje na ustrezno verjetnost poplavljanja;
- v primeru nevarnosti nastopa poplav je treba delovati v skladu z načrtom obrambe pred poplavami;
- zagotoviti je potrebno varnost ljudi in prometa.

Na poplavnih območjih, kjer so ogroženi infrastrukturni objekti:

- vsak nov infrastrukturni objekt mora biti načrtovan tako, da ne poslabša poplavnih razmer ali da jih ne ustvari;
- premostitveni objekti morajo zagotoviti normalen pretok vode in plavin, upoštevana mora biti tudi nevarnost zamašitve zaradi plavja.

Med preprečevanje vzrokov za nastanek poplav spadajo vodogradbeni ukrepi, ki zajemajo graditev hidrotehničnih objektov. Poleg nasipov obstaja še vrsta drugih vodogradbenih posegov za varstvo pred poplavami kot so oddušni kanali, zadrževalniki, kanaliziranje vodotokov, urejanje povirij ipd. Z izgradnjo naštetih objektov vplivamo na verjetnost pojava, pretočno krivuljo ali krivuljo gladina – škoda.

Alternativni ukrepi so ukrepi, ki ne zahtevajo graditve hidrotehničnih objektov: akumulacij, regulacij strug, nasipov, suhih zadrževalnikov ipd.

Ukrepi s katerimi poskušamo pri poplavah čim bolj omiliti škodo in zmanjšati posledice pojava (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999), so:

- upravno – administrativni predpisi, s katerimi poskušamo doseči urejanje območja, na katerem bo škoda pri poplavah minimalna;
- zavarovanje objektov pri zavarovalnicah;
- ekonomska solidarna pomoč širše družbene skupnosti;

- preseljevanje ali sprememba namembnosti ogroženih območij;
- zaščitni ukrepi pri projektiranju novih in rekonstrukciji starih objektov;
- obveščanje ogroženih prebivalcev in izgradnja opozorilnih sistemov;
- delovanje organizirane službe za redno in izredno zaščito pred poplavami.

6 HIDROMETRIJA

Da bi lahko opredelili hidrološke pojave in tudi določili napoved vplivov različnih posegov v režim voda, jih moramo spoznati, za kar so pa nujne meritve. Del hidrološke znanosti, ki se ukvarja z meritvami lastnosti vode, se imenuje hidrometrija. Naloge hidrometrije so:

- izvajanje meritev lastnosti režima voda;
- razvoj metod in izdelava pribora za izvajanje meritev posameznih elementov režima voda;
- analiza in obdelava podatkov ter določanje napak pri meritvah;
- optimalna razporeditev merskih postaj in meritev v prostoru in času itd (Brilly, Šraj, 2000).

6.1 Meritve gladin vode

Meritve gladine vode izvajamo v posameznih točkah v daljših časovnih presledkih.

Točke, v katerih opazujemo spremembe gladine vode, morajo biti značilne, tako da omogočajo analizo režima voda in morajo omogočiti določanje pretoka voda na vodotokih s pomočjo pretočne krivulje.

Za postavitev profila je treba izbrati preme odseke s pravilno oblikovano in prizmatično strugo. Profil naj bo čim bolj stabilen, brez opaznih sprememb v obliki prečnega prereza. Celoten odsek opazovanj mora biti stabilen, brez znakov naplavljanja ali poglobljanja struge. Hidravlični pogoji morajo omogočati čim bolj normalen tok, tako da na gladino struge ne vplivajo objekti (zapornice) ali zajezev na bližnjem sotočju ali zožitvi struge.

Pri postavitvi profila moramo upoštevati še posebne pogoje, kot so: dostopnost do profila tudi v neugodnih meteoroloških razmerah (poplave), bližina opazovalca in možnosti električnega ali telefonskega priključka.

Late se izdelujejo iz različnega trpežnega materiala v dolžini od enega do dveh metrov. Centimetrška (ali dvocentimetrška) razdelba mora biti označena, tako da gladino vode lahko odčitamo na en centimeter točno tudi iz večje razdalje.

Pritrdimo jih na čvrsto, dobro temeljno podlago. Po navadi so to stebri mostov (meritve so lahko problematične zaradi oblikovanja gladine vode pri odtekanju vode okoli stebrov), obrežna škarpa, močno utrjen steber ali železniška tračnica (obstaja nevarnost poškodbe vodomera s plavajočimi predmeti) ipd.

Opazovanja na lati se praviloma izvajajo vsak dan ob sedmih zjutraj, po potrebi (pri poplavah) pa tudi bolj pogosto. Sicer se lata tudi obvezno postavlja poleg registrirnih aparatov – limnografov kot kontrolni instrument (Brilly, Šraj, 2000).

6.2 Meritve pretoka

Pretok je ena najpomembnejših hidroloških veličin, ki jo definiramo kot volumen vode, ki v enoti časa priteče skozi določen prečni prerez vodotoka.

V splošnem delimo meritve pretoka na dve skupini: neposredne in posredne meritve pretoka.

- neposredne meritve pretoka

Pretok določimo z meritvijo prostornine v določenem času (npr. zajemne ali merske posode, meritve koncentracije sledila). So lahko zelo natančne, vendar precej omejene na meritve manjših pretokov.

- posredne meritve pretoka

Pretok predstavlja skalarni produkt vektorjev površine prečnega prereza in (srednje oz. povprečne) hitrosti snovi. Metoda je torej sestavljena iz dveh (pod)meritev: meritve površine prereza in meritve hitrosti.

Zadnjih 15 let so doživeli hiter razvoj merilniki, s katerimi lahko sočasno izmerimo globino in hitrost - ultrazvočni merilniki. Uporabljajo princip Dopplerjevega pojava, torej merijo spremembo med oddano in sprejeto frekvenco (od 500 do 1500 kHz pri merilnikih pretoka rek). Za določitev hitrosti vode se meri frekvenca odbojev od raztopljenih delcev v vodi, za določitev globine pa od dna struge. Ker meri merilnik na ta način, da se giblje preko struge, mora v vsakem trenutku poznati svoj položaj. Le-tega določi glede na položaj na začetku gibanja, lastno hitrost (in smer) gibanja ter čas, ki je pretekel med posameznima vertikalnima meritvama. Zaradi več odbojev (vsaj dveh - od delcev in dna) pravimo taki vertikalni meritvi garnitura (angl. ensemble). Svojo hitrost enači s »hitrostjo« premikanja dna, izmerjenemu vektorju zamenja le smisel (orientacijo) (ARSO, 2013).

7 KOSTANJEVICA NA KRKI

7.1 Predstavitev Kostanjevice na Krki

Tam, kjer se nižinski Krakovski pragozd počasi vzpenja v hribovite, zelene Gorjance, leži Kostanjevica na Krki, edino in najmanjše mesto na otoku, imenovano tudi Dolenjske Benetke (Občina Kostanjevica na Krki, 2013). Ime Dolenjske Benetke je mesto dobilo zaradi pogostih poplav. Na Benetke spominja tudi vrsta kulturnih spomenikov in umetniških zbirk, ki so na voljo za ogled obiskovalcem in turistom. Kostanjevica na Krki, eno najmanjših in eno najstarejših mest na Slovenskem, se je razvilo na umetnem otoku v meandru reke Krke, v bližini nekdanje spanheimske obmejne trdnjave Landestroost ter ob vznožju Gorjancev (GremoVEN.com – Kostanjevica na Krki, 2013).



Slika 6: Kostanjevica na Krki
(SOCIAL PROGRAMME, 2013)

Jedro Kostanjevice se nahaja na umetnem otoku v okljuku Krke, kajti oba kraka rečne vijuge sta povezana s prekopom (slika 6). Otok je dostopen preko treh mostov. Mestna struktura z dvema ulicama se je ohranila vse do danes, ko je kraj kot celota razglašen za kulturni spomenik.

Kostanjevica na Krki se omenja kot mesto že davnega leta 1252, njen razcvet pa je omogočil vojvoda Bernard Spanheim, ki je leta 1234 ustanovil cistercijanski samostan, z namenom da bi utrdil svoje posesti na Dolenjskem (Občina Kostanjevica na Krki, 2013). Ob spodnji Krki, na stiku panonskega in dinarsko-kraškega sveta, se je na otoku razvijalo gospodarsko, trgovinsko in upravno središče. Obstoje tega mesta niso uničili ne turški vpadi, ne Uskoki z Gorjancev, ne poplave in požari, ne kuga in lakota ter ustanovitev Novega mesta, ki je sredi štirinajstega stoletja preusmerilo prometne poti, s čimer se je za mesto na otoku začelo obdobje stoletne stagnacije (Orožen Adamič, 2003).

V obdobju narodnega prebujanja v 19. stoletju se je tu začel razcvet obrti, trgovine, gostinstva. Mesto je pridobilo dve hranilnici in posojilnico, narodno čitalnico, šolo, kulturno-prosvetno društvo, meščansko godbo, gardo ... Začelo se je živahno društveno in družabno življenje. Zelena Krka je v te

kraje privabila tudi inženirja Josefa Resslera, ki je tu preizkušal delovanje prvih osnutkov znamenitega ladijskega vijaka (Orožen Adamič, 2003). Leta 1961 je štela vsega skupaj 548 prebivalcev, leta 1981 pa 745 prebivalcev (Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet, 2013). Danes šteje občina Kostanjevica na Krki 2450 prebivalcev (Občina Kostanjevica na Krki, 2013).

Hiše na otoku, ki predstavljajo najstarejše jedro naselja, so razporejene ob dveh vzporednih ulicah, ki se stikata na severozahodu in jugovzhodu. Eno od omenjenih ulic domačini imenujejo Veliki plac (Ulica talcev), drugo pa Mali plac (Oražnova ulica). Ostali deli naselja so zrasli ob cestah proti Krškemu, Novemu mestu, Oštrcu in Gradu oz. Kloštru. Centralno naselje danes vključuje osnovno šolo (od leta 1789), banko, splošno ambulanto, lekarno, trgovino in ostale ustanove (Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet, 2013).

Kostanjevica na Krki je bila z Odlokom občine Krško razglašena za kulturni in zgodovinski spomenik z namenom ohranitve zgodovinskih, kulturnih in naravnih vrednot ter zagotovitve trajnostnega razvoja.

Med arhitekturne in umetnostne spomenike tako sodijo:

- Župnijska cerkev sv. Jakoba, barokizirana romanska cerkev s stopničasto poglobljenima, poslikanima romanskima portaloma;
- Podružnična cerkev sv. Miklavža, poznogotska cerkev s freskami Jožeta Gorjupa v prezbiteriju;
- Poslopje župnišča in Lamutovega likovnega salona, Oražnov trg 5, kostanjeviški grad z vidnimi elementi kasnega srednjega veka in baroka;
- Stanovanjska hiša na Ulici talcev 9 z bogato oblikovano čelno fasado in arkadnim dvoriščem, zgrajena leta 1878;
- Stanovanjski objekt na Ulici talcev 2, kvalitetna v celoti ohranjena arhitektura iz druge polovice 19. stoletja;
- Stanovanjski objekt na Oražnovi 24, hiša furlanskega mojstra Vincenca Bertolija, oblikovana v slogu podeželske vile iz poznohistoričnega obdobja;
- Stanovanjska hiša Oražnova 2, rojstna hiša dr. Ivana Oražna, zgrajena leta 1831;
- Kapelica na Ulici talcev, pozidana konec 19. stoletja;
- Lesena mostova na severni in južni strani otoka.

Zaradi prazgodovinskih, antičnih, srednjeveških arhitekturnih in drobnih najdb, predstavlja arheološki spomenik celotno območje in dno reke Krke (Občina Kostanjevica na Krki, 2013).

Če torej za mesto kot celoto velja, da je prvovrstni kulturni spomenik, pa nekaj podobnega velja tudi za nekatere detajle oz. dele mesta. Na samem otoku je najpomembnejši umetnostni spomenik župna cerkev svetega Jakoba, verjetno pozidana že v drugi četrtini 13. stoletja kot del utrdbenih objektov ob severnem mostu. V osnovi je cerkev romanska, čeprav sta iz te gradbene faze ohranjena pravzaprav le glavni in stranski portal, ki spadata med najkvalitetnejše spomenike te vrste v Sloveniji. V timpanonu glavnega portala je slabo ohranjena slikarija iz okoli leta 1300, v timpanonu skromnejšega južnega portala pa freska Imago pretadis iz konca 15. stoletja. Na južni zunanji steni cerkve je freska sv. Krištofa z angeli in donatorjem iz okoli 1350. Cerkev je bila kasneje barokizirana in tudi trije oltarji so baročni in so prineseni iz samostanske cerkve. V osnovi gotski stolp je tudi kasneje dobil rokokojsko streho (Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet, 2013).

Pri južnem mostu je cerkev svetega Miklavža, ki predstavlja dragoceno arhitekturno in urbanistično dopolnilo naselja. Notranjščina prezbiterija je z biblijskimi motivi ustrezno strukturi gotskega prostora poslikal domačin Jože Gorjup. Med posvetnimi stavbami na otoku velja omeniti ministerialni dvorec iz konca 15. stoletja (v katerem je od leta 1958 Lamutov likovni salon), stara mitnica je iz 17. stoletja, Bertollijeva hiša pa je iz začetka 20. stoletja in je znana po svoji ornamentiki na fasadi (Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet, 2013).

Najpomembnejšo ohranjeno profano stavbo v mestu predstavlja nekdanji dvorec Spanheimov imenovani Lamutov salon. Začetki salona segajo v 16. stoletje, današnji videz pa je dobil v obnovi po požaru leta 1663. V njem je kapela sv. Ane, ki jo krasijo leta 1752 posvečen rokokojski oltar z Metzingerjevo oltarno sliko in kipoma sv. Katarine in sv. Barbare. Leta 1958 so v vzhodnem traktu uredili Lamutov likovni salon, imenovan po slikarju in grafiku Vladimirju Lamutu (1915–1962). Namenjen je občasnim razstavam, ki jih organizira Galerija Božidar Jakac.

Na otoku so zanimive še naslednje hiše: Hiša dr. Ivana Oražna (1869–1921), zdravnika, kirurga in porodničarja, enega od pobudnikov Medicinske fakultete v Ljubljani; pred hišo je Oražnov doprnski kip, delo kiparja Staneta Jarma in arhitekta Borisa Kobeta. Nekdanji mestni rotovž nasproti Miklavževe cerkve; stavbo zaznamuje arhitekturna členitev 19. stoletja. Bertollijeva hiša (na Oražnovi ulici št. 24), ki ima zanimivo secesijsko ornamentiko.

Izven otoka se poleg nove osnovne šole nahaja stara Ljudska šola iz leta 1906, v kateri deluje Gorjupova galerija poimenovana po lokalnem slikarju Jožetu Gorjupu (1907–1932). V omenjeni galeriji je stalna razstava domačih in tujih umetniških del (GremoVEN.com – Kostanjevica na Krki, 2013).

Najpomembnejši kulturni spomenik izven otoka je bivši cistercijanski samostan, ki mu domačini pravijo Grad ali Klošter. Najstarejši del samostana vključuje Marijino cerkev in ob njeno južno steno prislonjen križni hodnik. Cerkev je odličen primer prehodnega stilnega obdobja iz sredine 13. stoletja na slovenskem. Triladijska zasnova s prečno ladjo je v koru ravno zaključena. V kripti pod korom so grobovi žene in sina Bernarda Spanheima, verjetno pa tudi Viljema Svibenjskega. Steno nad glavnim vhodom je leta 1737 poslikal Franc Jelovšek. V gradu samem danes deluje cela vrsta ustanov, med katerimi je tudi Tehnični muzej Slovenije s stalno zbirko o vinarstvu in vinogradništvu na slovenskem (Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet, 2013). Od leta 1974 v gradu deluje Galerija Božidar Jakac, ki obsega bogate stalne slikarske zbirke. V prostorih nekdanje samostanske cerkve in lapidarija so občasne razstave, okolico nekdanjega samostana in tudi samo mesto pa bogatijo skulpture iz hrastovega lesa, ki že od leta 1961 nastajajo na mednarodnih simpozijih Forma viva. V okviru Galerije sodita tudi dislocirani enoti Lamutov likovni salon in Gorjupova galerija (GremoVEN.com – Kostanjevica na Krki, 2013).

7.2 Poplave na območju Kostanjevice na Krki

Mestno jedro Kostanjevice na Krki je bilo zaradi strateške lege ustvarjeno na rečnem okljuku. Kasneje je bil s prekopom ustvarjen otok. Zaradi lege, ki je nekoč varovala mesto pred sovražniki, je Kostanjevica na Krki ogrožena s poplavami.

7.2.1 Poplavna območja ob reki Krki

Krka je v svojem povirju reka, ki priteka iz Dinarskega sveta, kot so geografi opredelili v naravnogeografski regionalizaciji Slovenije, točneje iz pokrajine Suha krajina z Dobropoljem v Novomeško pokrajino in od tod na Krško ravan, ki jo že prištevajo k uravnaneu obrobju Panonskega sveta. Pri Brežicah se Krka steka v Savo (Orožen Adamič, 2003).

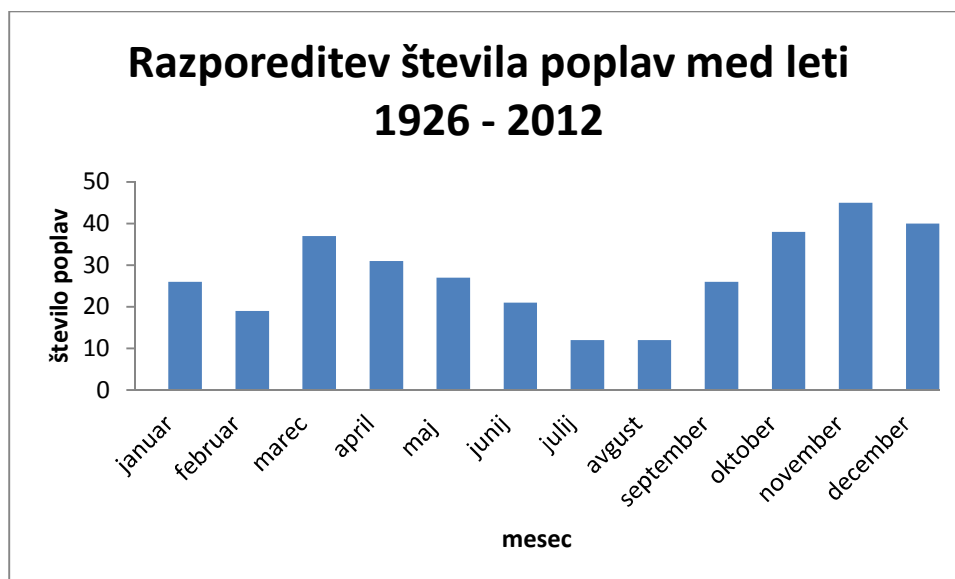
Krka prestopi svojo strugo že takoj ob vstopu v Kostanjeviško kotlino. Pod Malencami se ta poplavna voda, odtekajoča iz tega občasnega » jezera«, razdeli na dve strugi; deloma odteka po Krki, ki si je prav od tu navzdol zaradi vrezovanja Save svojo strugo močno poglobila, deloma pa teče severno od tod na vzhod proti Črnicu oziroma Ajdovcu in po njem mimo Ponikvarja v Krko.

Ker je dolina Krke od Malenc navzdol nekoliko globlja, je tudi širina poplavnega sveta manjša. Prva večja razširitev je pri Kostanjevici, kjer pripada poplavnemu svetu vsa pozidana mestna površina z glavno cesto, pa tudi obsežni travniški svet na zahodni ter vzhodni strani naselja. Neznatno se razširi poplavno območje ob izlivu Senuše v Krko, ker je Senuša močno poglobila svojo dolino (Orožen Adamič, 2003).

Ob največjih poplavah je v Kostanjeviški kotlini pod vodo 5793,2 ha. Ob običajnih najpogostejših poplavah je poplavljenega za 1012,2 ha manj sveta, kar je pa še vedno veliko, 4781 ha. Seveda so lahko od povodnji do povodnji velike razlike, ki so opazne na lokalni razširjenosti poplavne vode. Velik vpliv na to imajo visoke vode pritokov in stanje na Savi (Orožen Adamič, 2003).

7.2.2 Pogostost poplav

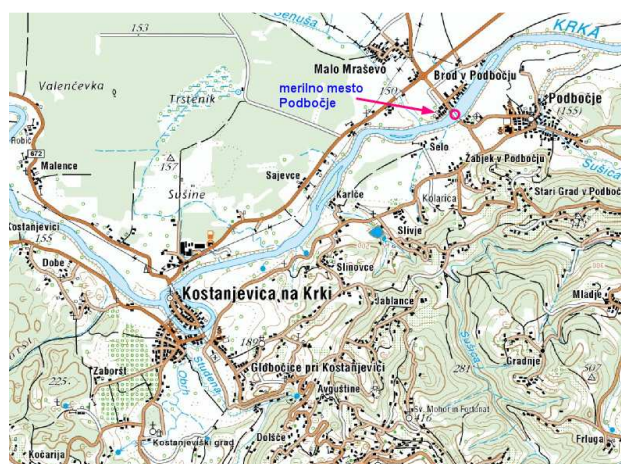
V Kostanjeviški kotlini prihaja do poplav izredno pogosto, saj nastopajo redno vsako leto. Možne so tudi večkratne poplave v obdobju enega leta. Poplave so v vseh letnih časih, vendar so v nekaterih mesecih veliko pogostejše kot v drugih. Razporeditev poplav po posameznih mesecih za merilno postajo Podbočje med leti 1926-2012 je prikazana na grafikonu 1. Z grafikona 1 je razvidno, da so poplave največkrat novembra (45) in decembra (40). Nato še sledita oktober (38) in marec (37). V ostalih mesecih redkeje, najbolj poredko julija (12) in avgusta (12). Taka razporeditev padavin se sklada s pluvio-nivalnim rečnim režimom reke Krke. Za pluvio-nivalni režim je značilna zelo visoka voda jeseni, kar je posledica velike količine padavin v oktobru in novembru ter sekundarni višek marca, ki nastopi zaradi pomladnega taljenja snega.



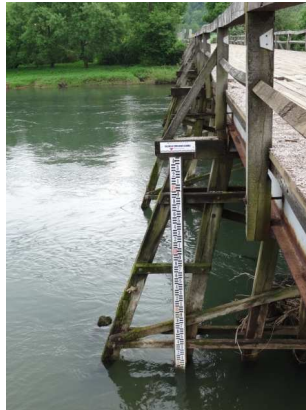
Grafikon 1: Razporeditev števila poplav med leti 1926 – 2012
(lasten)

Ob pogostosti poplav je razumljivo pomembno tudi njihovo trajanje. Ker imamo ob Krki večinoma opravka s tako imenovanimi nižinskimi poplavami, je njihovo trajanje daljše od v Sloveniji najpogostejših hudourniških poplav, ki trajajo navadno le nekaj ur. Hidrološki podatki postaje Podbočje kažejo, da so najbolj pogoste tiste poplave, ki trajajo po dva dni, nekaj manj je takih, ki so le en dan, še manj pa takih, ki trajajo tri, štiri ali pet dni. Za poplave ob Krki je pomembno tudi to, da so po dinamiki poplav vode razmeroma mirne (Orožen Adamič, 2003).

Reka Krka začne poplavljati, oziroma se razlije v manjšem obsegu na območjih pogostejših poplav, ko doseže opozorilno vrednost $200\text{m}^3/\text{s}$ na merilni postaji Podbočje. Merilna postaja Podbočje se nahaja 3,7 km nizvodno od severnega mosta v Kostanjevici na Krki (slika 7 in 8).



Slika 7: Lokacija merilnega mesta Podbočje
(lasten, povzeto po GURS)



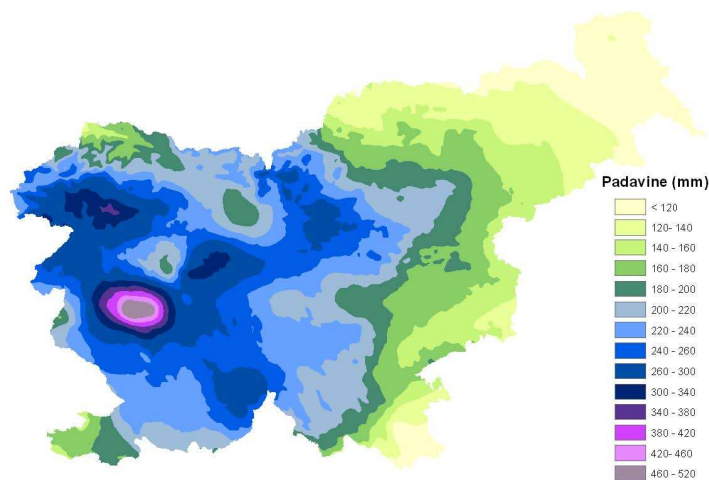
Slika 8: Vodomerna postaja Podbočje
(lasten)

V obdobju med leti 1926 – 2012 reka Krka ni preseгла opozorilne vrednosti $200 \text{ m}^3/\text{s}$ le v letu 1945, 2003 in 2011.

7.2.3 Poplave septembra 2010

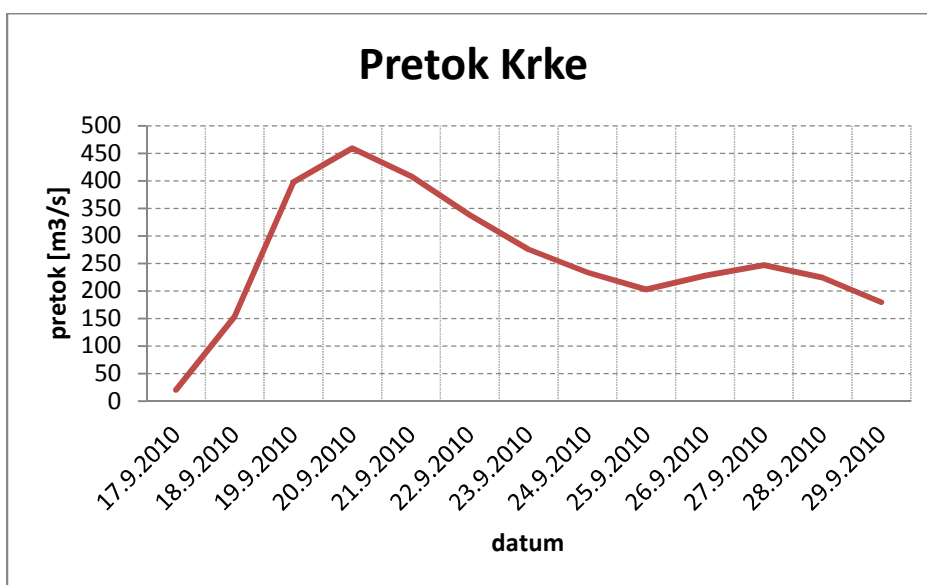
Med 17. in 26. septembrom 2010 so celotno Slovenijo zajele poplave in zemeljski plazovi. Povod za to naravno vremensko ujmo so bile izredno velike količine padavin v kratkem času (slika 9).

V noči na 17. september se je dež razširil nad vso Slovenijo. Tudi čez dan je bilo oblačno s padavinami, največ dežja je padlo v zahodni in osrednji Sloveniji. V noči na 18. september se je dež še okreplil, v zahodni polovici Slovenije so bile tudi krajevne nevihte. Čez dan je bilo oblačno in deževno, čeprav se je intenziteta padavin nekoliko zmanjšala. Predvsem v severovzhodni Sloveniji je dež za krajši čas ponehal. Popoldne in zvečer se je dež na zahodu spet okreplil, na Primorskem so bile zvečer nevihte. V noči na 19. september je povsod deževalo, padavine so bile najbolj obilne v jugozahodni Sloveniji. Od nedeljskega jutra dalje je dež slabel in od severozahoda ponehal, najpozneje sredi dneva v jugovzhodni Sloveniji (ARSO, 2010).

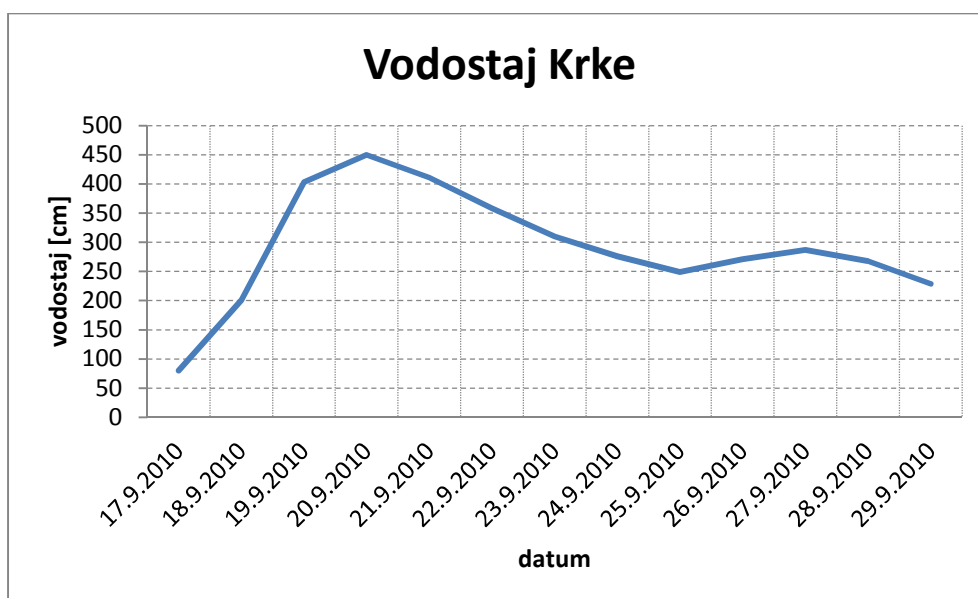


Slika 9: Vsota 4-dnevnih padavin od 8. ure 16. septembra do 8. ure 20. septembra 2010
(ARSO, 2010)

Potek naraščanja reke Krke na merilni postaji Podbočje je prikazan na grafikonu 2 in grafikonu 3. Reka je začela naraščati 18. septembra v jutranjih urah. Opozorilno vrednost $200 \text{ m}^3/\text{s}$ je dosegla v popoldanskih urah. Nato se je pretok reke zviševal do 20. septembra, ko je bil ob 2:30 uri zabeležen rekorden pretok $468 \text{ m}^3/\text{s}$. V tem času je znašal vodostaj 457 cm (grafikon 3). Nato je v naslednjih dneh do 25. septembra pretok počasi padel na $202 \text{ m}^3/\text{s}$ ter se nato 26. septembra zopet povečal in 27. septembra dosegel drugi vrh pri $247 \text{ m}^3/\text{s}$. Reka Krka je nehala poplavljati šele 29. septembra, ko je bil po 11 dnevih zabeležen pretok manjši od $200 \text{ m}^3/\text{s}$ (grafikon 2).



Grafikon 2: Pretok reke Krke na merilni postaji Podbočje med 17.9 – 29.9.2010
(lasten)



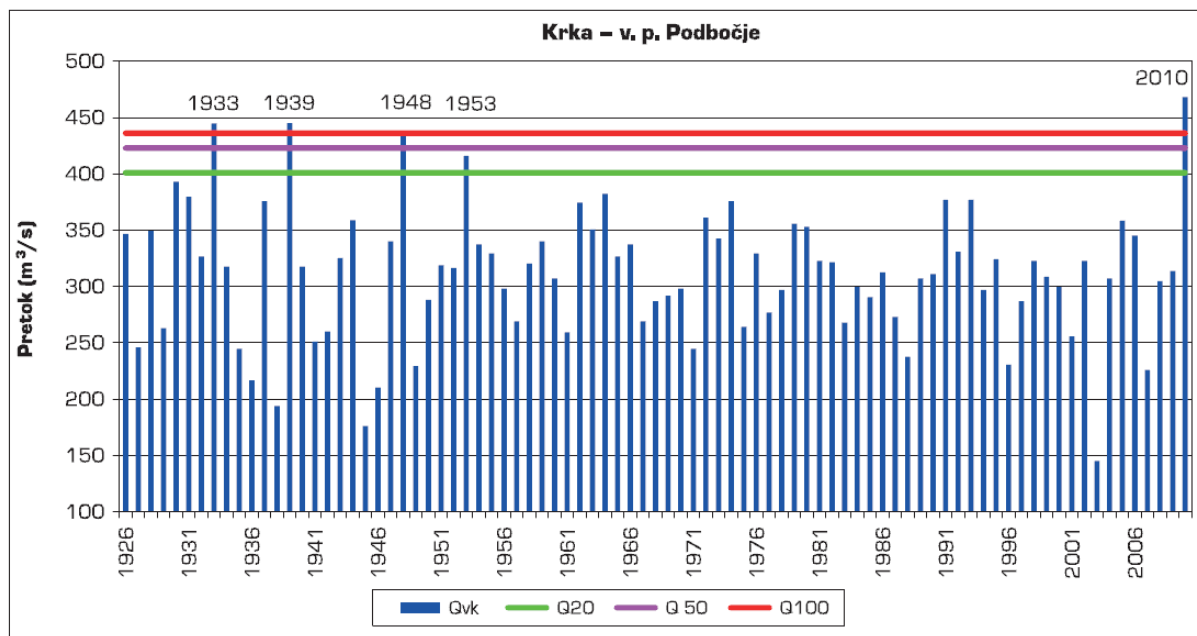
Grafikon 3: Vodostaj reke Krke na merilni postaji Podbočje med 17.9 – 29.9.2010
(lasten)

Reka Krka je tako v obdobju 11 dni, ko je dosegla maksimalni zabeležen vodostaj (grafikon 2), poplavlila celoten otok ter velik del okolice. Zalatih je bilo kar 115 objektov. Na določenem delu otoka je bila voda visoka 1,5 m. Zalilo je tudi okoliške kraje kot so Malence, Koprivnik, Sajevece. Voda pa je terjala tudi smrtno žrtev.

V preglednici 1 je prikaz največjih pretokov reke Krke na merilni postaji Podbočje. Krka je imela septembra 2010 največji pretok glede na razpoložljivi niz opazovanj od leta 1926 in je močno preseгла do takrat največji pretok 445 m³/s iz leta 1933. Pretok 468 m³/s je bil izmerjen z Dopplerjevim merilnikom pretoka, in sicer v jutranjih urah 20. septembra 2010. Po verjetnostni statistični porazdelitvi je to pretok blizu tisočletni povratni dobi. Poplavi iz let 1933 in 1939 sta blizu 200-letni povratni dobi, poplava iz 1948 pa ima stoletno povratno dobo. Visoke vode in poplave v spodnjem toku Krke so bile pogoste v prvi polovici 20. stoletja, ko so se visoke vode v istem letu celo večkrat ponovile (Kobold, 2011). Prikaz največjih letnih konic pretokov ter povratne dobe na vodomerni postaji Podbočje so predstavljene na grafikonu 4.

Datum poplavnega vala	Pretok konice poplavnega vala [m ³ /s]
20. 9. 2010	468
24. 9. 1933	445
23. 5. 1939	445
9. 11. 1948	438
16. 6. 1939	420
2. 1. 1953	416

Preglednica 1: Poplave nad 20-letno povratno dobo na vodomerni postaji Podbočje
(Kobold, 2011)



Grafikon 4: Največje letne konice pretokov (Qvk) in povratne dobe na vodomerni postaji Podbočje
(Kobold, 2011)

V nadaljevanju so prikazane poplave reke Krke v Kostanjevici na Krki pred letom 1948, pri katerih je bila zabeležena povratna doba nad 20 let (slika 10 do 12).



Slika 10: Promet na »Malem placu« ob poplavi pred letom 1948
(Orožen Adamič, 2003)



Slika 11: Ob poplavah so mostove zavarovali tako, da so dvignili podnice. Poplava pred letom 1948.
(Orožen Adamič, 2003)



Slika 12: Poplava pred letom 1939
(Orožen Adamič, 2003)

Pretok blizu tisočletni povratni dobi reke Krke v mestnem jedru ter okolici mesta Kostanjevica na Krki je prikazan na slikah v nadaljevanju (slika 13 do 16).



Slika 13: Poplave septembra 2010 pri farni cerkvi
(Občina Kostanjevica na Krki, 2010)



Slika 14: Poplave septembra 2010 na Oražnovi ulici
(Občina Kostanjevica na Krki, 2010)



Slika 15: Pogled na poplave septembra 2010
(Občina Kostanjevica na Krki, 2010)



Slika 16: Poplave septembra 2010
(Government communication office, 2013)

8 IZDELAVA TRIRAZSEŽNEGA MODELA KOSTANJEVICE NA KRKI

8.1 Opredelitev namena in oblike

Opredelitev namena in ciljev 3D kartografskega modela vpliva na izbiro vsebine ter potek izdelave in realizacije modela. Model mora biti za uporabnike zanimiv, zato je potrebno definirati ciljno skupino uporabnikov.

V diplomski nalogi smo izdelali model Kostanjevica na Krki, ki je kot tak namenjen predstavitvi v izobraževalne ter predvsem turistično-informativne namene.

8.2 Določitev območja in geografske vsebine

Kostanjevica na Krki, eno najmanjših in hkrati eno najstarejših mest na Slovenskem, se je razvilo na umetnem otoku v meandru reke Krke ob vznožju Gorjancev. Severno od mesta se razprostira Krakovski gozd, ki je največji kompleks nižinskega poplavnega hrastovega gozda v Sloveniji. Na jugu se dvigajo Gorjanci, na katerih se nahajajo manjša naselja, ki tvorijo občino.

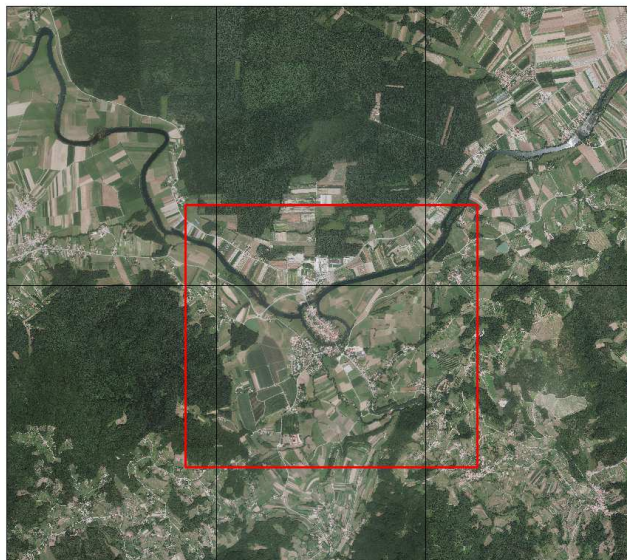
Območje, ki je zajeto v diplomski nalogi, je namenjeno prikazu večjega dela občine v turistične namene (slika 17). Sama razsežnost območja je pogojena z raznovrstnostjo reliefa, ki se od ravnine dvigne v gričevnat svet proti jugu. Zaradi prikaza poplav je območje zajeto od Dobrave na zahodu ter do kraja Sajevice na vzhodu. Na severu smo se omejili z manjšim delom Krakovskega gozda zaradi istovrstne vegetacije. Na jugu pa smo predstavili raznolikost pokritosti tal z vegetacijo (vinogradi, sadovnjaki, njive).

Velikost območja, ki ga zajema kartografski model, je omejeno z naslednjimi koordinatami v Državnem koordinatnem sistemu D48:

- Po y-osi: 531164 m – 534300 m
- Po x-osi: 76532 m – 79346 m

Območje je veliko 3136 m x 2814 m in se nahaja na 6 listih TTN5 (Temeljnega topografskega načrta merila 1 : 5000).

Na modelu so prikazani relief, hidrografija, komunikacije, pokritost tal ter grajeni objekti.



Slika 17: Prikaz območja izdelave, kjer je z rdečo črto prikazano območje modela Kostanjevica na Krki
(lasten)

8.3 Pridobitev podatkov za izdelavo modela

Na podlagi naročila digitalnih podatkov smo pridobili slednje podatke na Geodetski upravi Republike Slovenije:

- DMV5,
- DTK5,
- DOF025,
- Aerofotografije.

Podatke o kmetijski rabi smo pridobili s strani Ministrstva za kmetijstvo in okolje:

- raba (http://rkg.gov.si/GERK/Za_OB/ (Pridobljeno 16. 10. 2012.)).

Za izdelavo fotorealističnih podob modela smo posneli terenske fotografije.

8.3.1 DMV5

Izdelan je bil v letu 2011 vzporedno s cikličnim aerosnemanjem in izdelavo ortofota. Značilnosti Digitalnega modela višin 5 x 5 m so:

- Natančnost modela je 1 m na odprtih območjih in 3 m na zaraščenem terenu.
- Model pokriva celotno območje Slovenije in je bil izdelan v enem letu.
- Izdaja se v gridu z ločljivostjo 5 m.

Podatki digitalnih modelov višin se izdajajo v formatu YXZ. Osnovna enota izdajanja je list TTN 5. Velikost lista TTN 5 je 3.000 m × 2.250 m. Podatki so primerni za izvajanje prostorskih analiz, za

uporabo pri vizualizaciji oziroma upodabljanju prostora, uporabni so za izdelavo topografskih in tematskih kart ter v druge namene (GURS, 2013).

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili naslednje podatke DMV5 (format .txt):
VTH2214, VTH2215, VTH2216, VTH2224, VTH2225, VTH2226.

8.3.2 DTK5

Zajem topografskih podatkov DTK 5 (zbirka topografskih podatkov homogene natančnosti, ki ustreza ravni merila 1 : 5.000) se izvaja iz stereoparov posnetkov cikličnega aerosnemanja. Vsi objekti, ki se zajamejo na novo, so zajeti trirazsežno. Lahko se uporabijo tudi drugi viri, ki so opredeljeni v kataložnih obrazcih. Tematski atributi so interpretirani iz stereoparov CAS, privzeti iz drugih zbirk in evidenc oz. se interpretirajo iz drugih virov.

Vsebinsko je vektorska zbirka podatkov DTK5 razdeljena v štiri objektna področja:

- zgradbe,
- promet,
- pokritost tal,
- hidrografija (GURS, 2013).

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili naslednje liste DTK5 (format .shp):
H2214, H2224, H2225.

8.3.3 DOF 025

Ortofoto je aerofotografija, ki je z upoštevanjem podatkov o reliefu in absolutne orientacije aerofotografij pretvorjena v ortogonalno projekcijo. Izdelek je v metričnem smislu enak linijskemu načrtu ali karti.

Ortofoti:

- so aerofotografije transformirane iz centralne v ortogonalno projekcijo,
- so mersko primerljivi z linijskimi kartami (temelnjimi topografskimi načrti v merilu 1 : 5.000),
- razdelitev na liste je enaka novemu razrezu DOF (razdelitev na liste v D96).

Državni ortofoto načrti s slikovnim elementom 0,25 m (DOF025) so izdelani na osnovi barvnih aerosnetkov z dolžino talnega intervala (DTI = velikost slikovnega elementa na tleh) 0,25 m. Rektifikacija ortofotov z DTI 0,25 m je izvedena na osnovi digitalnega modela reliefa z gostoto 5x5 m (GURS, 2013).

DOF025 pridobljen s strani Geodetske uprave Republike Slovenije je izdelan v prečni Mercatorjevi projekciji, državnem koordinatnem sistemu D96/TM.

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili ortofote za naslednje liste (format .tiff):
H0414, H0415, H0416, H0424, H0425, H0426.

8.3.4 Aerofotografije

Aerofotografije so produkt fotografiranja, ki se izvaja iz zraka (letalo, helikopter...), poleg aerofotografij so rezultati aerofotografiranja tudi elementi zunanje orientacije za vsako posamezno aerofotografijo. Namen aerofotografiranja je zajem topografskih podatkov, evidentiranje stanja v prostoru, uporablja pa se tudi kot vhodni podatek za izdelavo digitalnega modela reliefa in ortofotov.

Za aerofotografiranje se uporabljajo profesionalne aerofotogrametrične kamere, kjer se posnetki zajemajo na fotografski film, ali digitalni aerofotoaparati in linijski senzorji, kjer se podatki zajemajo direktno na digitalni medij.

Uporabnost aerofotografije:

- kot prostorski (3D) zajem podatkov,
- kot izdelavo ortofotov in
- kot reambulacija kart (GURS, 2013).

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili naslednje aerofotografije (.img):

AF12_04_0771, AF12_04_0772, AF12_04_0773, AF12_04_0774, AF12_04_0775, AF12_04_0845, AF12_04_0846, AF12_04_0847, AF12_04_0848, AF12_04_0849.

8.3.5 Raba

Pri izdelavi pokritosti tal smo za osnovo uporabili sloj rabe, ki smo ga pridobili s strani Ministrstva za kmetijstvo in okolje (http://rkg.gov.si/GERK/Za_OB/ (Pridobljeno 16. 10. 2012.)).

Podatki, ki smo jih uporabili (.shp):

OB_197_20101225

8.3.6 Terenske fotografije

Za izdelavo fotorealističnih objektov na območju otoka smo posneli fotografije pročelij objektov na Oražnovi ulici, ulici Talcev, Kambičevem trgu ter delu Ljubljanske ceste. Te fotografije smo nato ustrezno obdelali v programu Adobe Photoshop 6CS.

8.4 Izbira programske opreme

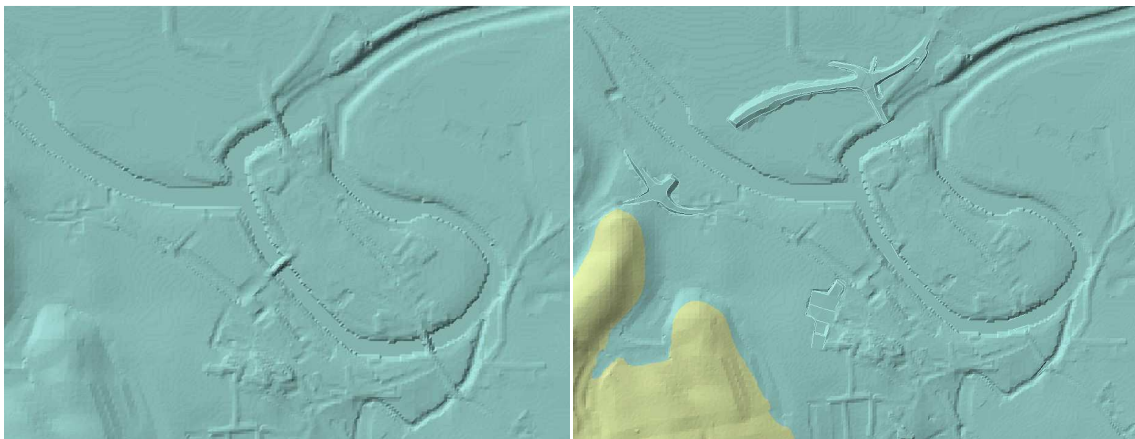
Pri izdelavi samega modela smo uporabili različne programe. Za samo izdelavo trirazsežnega modela smo se odločili za programsko okolje Visual Nature Studio. Omenjeno okolje poleg sodobnih orodij za upravljanje in vizualizacijo s prostorskimi podatki omogoča kompatibilnost formatov datotek.

Poleg glavnega programskega okolja za oblikovanje in izdelavo trirazsežnega modela Visual Nature Studio 3.02 (3D Nature, LLC), smo uporabili še programsko opremo za pripravo in obdelavo podatkov, kot so: ArcMap Version 9.3 (ESRI), ArcMap Version 10.0 (ESRI), Adobe Photoshop CS6, Trimble SketchUp Pro v8.0, Adobe After Effects CS4.

8.5 Obdelava podatkov

8.5.1 DMV

Pridobljeni podatki DMV5 so zapisani kot pravilna mreža kvadratov v digitalni obliki ter opisujejo relief zemeljskega površja v ASCII zapisu x, y, z. Pri tem so sosednje položajne koordinate (x in y) med seboj oddaljene 5 m. Za izdelavo modela reliefa smo za izbrano območje potrebovali 6 listov. Izbrane liste so na Geodetskem inštitutu Slovenije združili v 3Dshape ter transformirali v novi koordinatni sistem D96/TM. Transformacija podatkov je bila potrebna zaradi popravkov samega modela višin s pomočjo 3D zajema podatkov. Omenjeni je bil izveden na podlagi aerofotografij iz leta 2012. Za popravo modela reliefa smo se odločili na podlagi večjih posegov na izbranem območju, kot so izgradnja obvoznice ter izgradnja novih objektov. Poprava modela je bila potrebna tudi zaradi obstoječih napak na modelu. V 3D zajemu smo tako izbrisali napačne točke kot so bile točke na površini mostov čez reko Krko. Na območju nove obvoznice smo zajeli teren s pomočjo lomnih linij. Tako smo prečiščene podatke v formatu 3Dshape in lomne linije (.shp) združili v TIN (Triangulated irregular network) (slika 18). TIN pa v raster, ki je primeren format za uvoz modela reliefa v program Visual Nature Studio 3. Izdelan model reliefa tako predstavlja osnovo izdelave kartografskega modela. S spremembo formatov modela terena iz TIN v raster se je natančnost izdelave tega poslabšala.



Slika 18: Izdelan TIN pred in po popravi podatkov
(lasten)

8.5.2 DTK5

Vektorski podatki se v DTK5 nahajajo v več podatkovnih slojih. Pri nalogi smo uporabili samo sloj stavb (BP – stavbe poligonski sloj), iz katerega smo črpali osnovne podatke za izdelavo objektov (preglednica 2). Pri tem smo uporabili obris objektov kot osnovo. Atribute kot so višina temelja, kapi in slemenca pa smo nato uporabili pri izdelavi samih objektov. Karakteristične točke višin, tip strehe, del, kjer se nahaja objekt ter višinske razlike med kapjo in tlemi ter slemenom in tlemi smo si uredili v podatkovnem modelu. Takšna ureditev podatkov nam je omogočala pregledno delo med samim 3D zajemom ter tudi pri naknadni obdelavi podatkov pri modeliranju objektov.

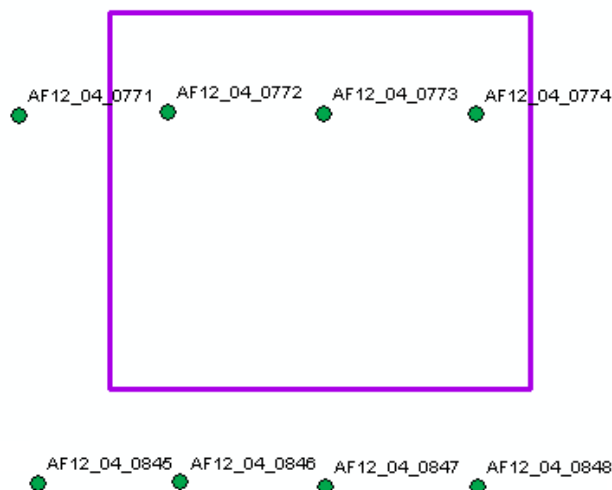
FID	Shape	SID	CEHY	CEIX	Z KAP	Z SLEM	Z TEM	STANJE	OPIS	DVIR	MET ZAJ	kap	naselje	visina kap	vis sleme
106	Polygon ZM	22372726	533107,15	77916,65	154,73	160,9	151	1	0	20040223	2	2	1	3,73	6,17
108	Polygon ZM	22372731	533147,45	77931,19	158,47	163,9	151	1	0	20040223	2	2	1	7,47	5,43
122	Polygon ZM	22372378	533705,64	76751,15	180,71	184,7	177,79	1	0	20040223	2	2	0	2,92	3,99
228	Polygon ZM	22372791	533131,21	77980,89	158,62	163,44	151,22	1	0	20040223	2	2	1	7,4	4,82
229	Polygon ZM	22372792	533082,87	78012,06	153,53	157,4	150,7	1	0	20040223	2	2	1	2,83	3,87
230	Polygon ZM	22372793	533121,33	77992,4	154,6	159,34	151	1	0	20040223	2	2	1	3,6	4,74

Preglednica 2: Prikaz organizacije atributne tabele zajema stavb na podlagi DTK5
(lasten)

Na izbranem območju so izdelani listi DTK5 samo za liste H2214, H2224 in H2225. Na preostalem delu, kjer ni bilo obstoječih podatkov za objekte, smo le te na novo zajeli s 3D zajemom. Tega smo izvajali na aerofotografijah iz leta 2012. To rastrsko podlago smo uporabili za zajem rabe. Zaradi uporabe rastra z ostalimi sloji je bilo potrebno transformirati ortofote iz koordinatnega sistema D96/TM v koordinatni sistem D48, v katerem je izdelan model.

8.5.4 Aerofotografije

S pomočjo aerofotografij smo v prostorih Geodetskega inštituta Slovenije opravili 3D zajem terena ter objektov na izbranem območju (slika 19). Pri zajemu objektov smo delo razdelili na tri faze. Najprej smo zajeli objekte na delu, kjer ni bilo obstoječih podatkov iz sloja DTK5. Takšnih objektov je bilo okoli 200. Pri izvedbi samega zajema smo obrise objektov postavili na višine kapi. Nato smo še določili karakteristični točki temelja in slemena, ki sta se zapisali v posamezne attribute. V drugi fazi smo na območju otoka oziroma mestnega jedra Kostanjevice na Krki, detajlno zajeli vse objekte, tako da smo tudi na teh objektih določili nove obrise glede na višine kapi ter zajeli še višini temelja in slemena. V tretji fazi smo v okviru celotnega območja pregledali skladnost stanja v naravi in v bazi podatkov. Tako smo novo nastale objekte zajeli ter objekte, ki so bili v tem času porušeni, izbrisali. Zaradi možnih napak v obstoječi bazi podatkov, smo za objekte preverili tudi višinsko pravilnost ter v primerih napak le te odpravili. Pri dodajanju atributov posameznih objektov smo dodelili vsakemu objektu tudi število kapi oziroma tip strehe (enokapnica, dvokapnica, ravna streha itd.)

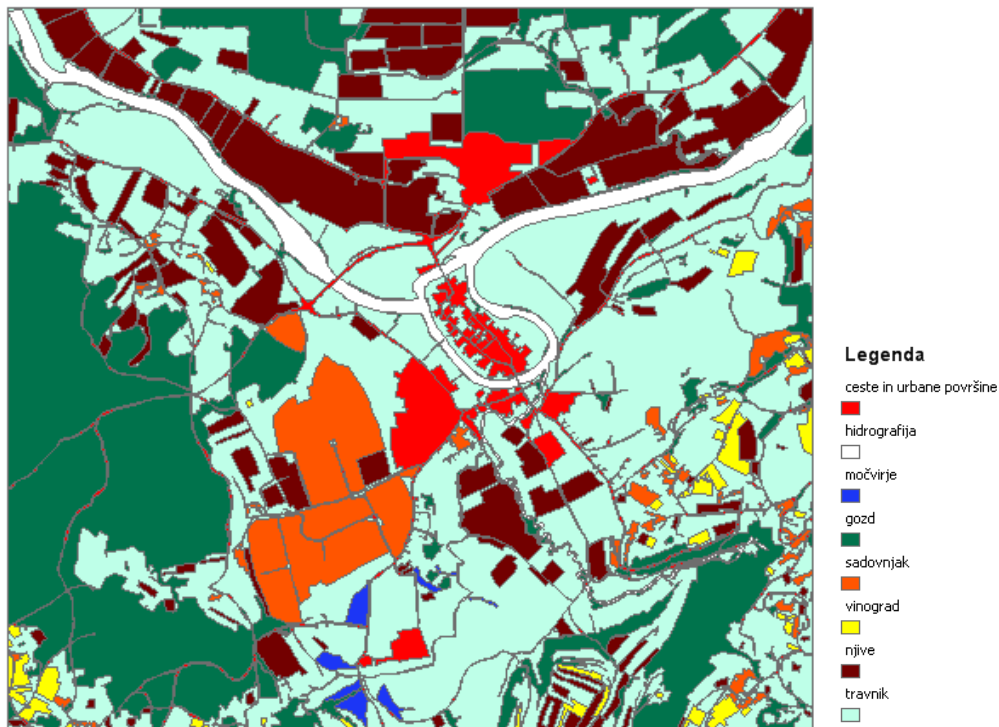


Slika 19: Prikaz razporejenosti aerofotografij, kjer je z vijolično barvo označeno območje izdelave
(lasten)

8.5.5 Raba

V okviru izdelave sloja pokritosti tal smo s strani Ministrstva za kmetijstvo in okolje pridobili sloj rabe, ki je bil izdelan na podlagi ortofotov iz leta 2009. Ker je od leta 2009 prišlo do sprememb v naravi, smo se odločili za izdelavo sloja rabe na podlagi ažurnih podatkov. Tako smo sloj rabe posodobili na podlagi pridobljeni ortofotov iz leta 2012. V programu ArcGis 10 smo zajeli in popravili obstoječo kmetijsko rabo (slika 20). Pri izdelavi smo uporabili tudi združevanje kmetijskih rab na izbranem območju. Tako smo izdelali naslednje sloje pokritosti tal:

- gozdovi,
- drevesa in grmičevje,
- njive,
- travniki,
- sadovnjaki,
- vinogradi,
- močvirja,
- ceste ter urbane površine.



Slika 20: Kmetijske rabe ter urbane površine na izdelanem območju (lasten)

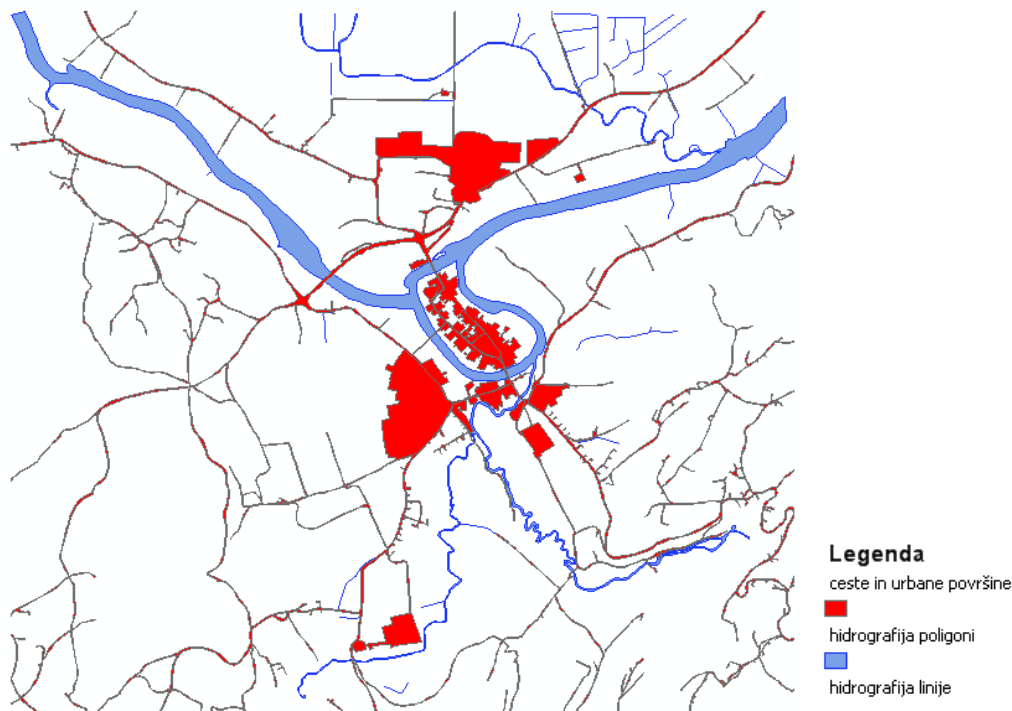
8.5.6 Izdelava cest in vodotokov

Pri sloju rabe smo na podlagi ortofotov zajeli ceste, ki smo jih kategorizirali kot:

- glavna cesta,
- stranska cesta,

- makadam,
- dovoz.

Kot dovoze smo upoštevali tudi razna parkirišča ter površine okoli objektov, ki niso zelene. Te površine so v samem modelu predstavljene z drugačno barvo in teksturo kot ostali elementi cest. Za zajem vodnih površin, ki so pri izdelavi modela zelo pomembni, smo na podlagi ortofotov zajeli vse vodne površine na območju modela. Tako smo poleg samega toka reke Krke kot ploskev zajeli potoke Studeno, Obrh in potok Sajovec (slika 21). Kot vodne linije smo zajeli melioracijske kanale, v katerih se nahaja stalna ali občasna voda. Ker se je pri izdelavi modela v programu VNS izkazalo, da je potreba generalizacija pri vodotokih, smo kanale zajete kot linije izpustili pri prikazu. Posledično smo morali tudi zaradi višjih nadmorskih višin terena, kjer potekajo potoki, le te zajeti kot linijsko. V programu VNS smo za reko Krko naredili vodotok kot jezero. Pri tem smo na obstoječi ploskvi s pomočjo t.i. površinskih terafektorjev (Area Terrafactors) izvedli poglobitev, kamor se napolni voda v obliki jezera. Pri izdelavi potokov smo uporabili t.i. terafektorje (Terrafactors), kjer smo izdelali strugo potoka glede na zajeto os.



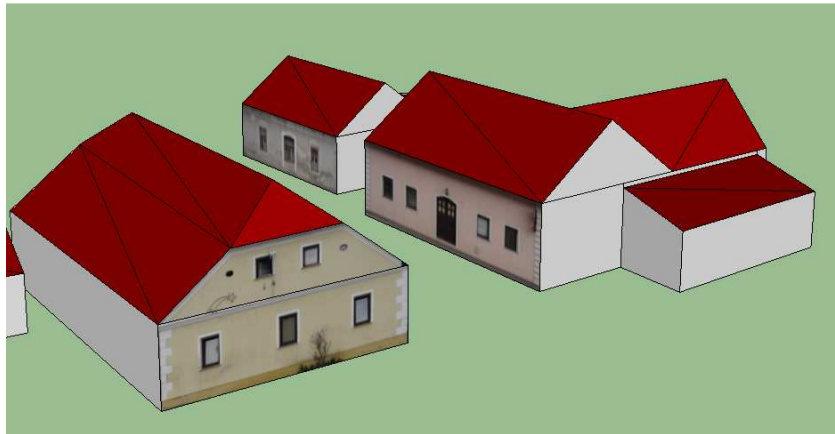
Slika 21: Prikaz hidrografije ter cestnega omrežja z urbanimi površinami
(lasten)

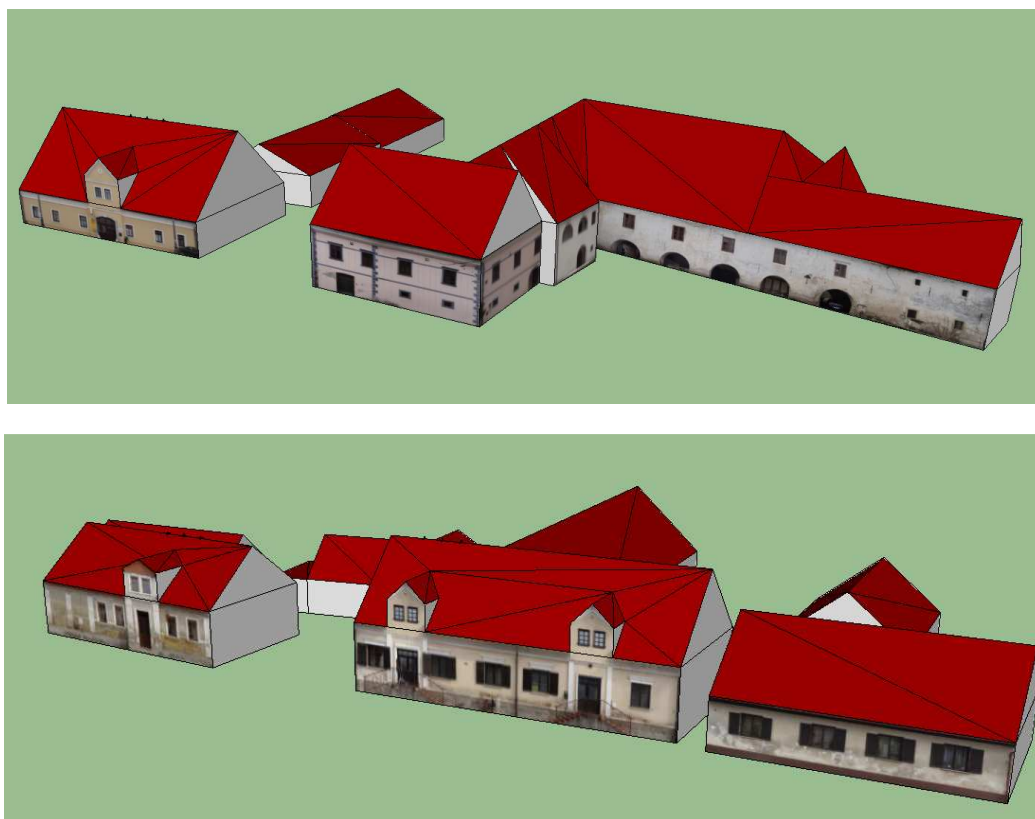
8.5.7 Izdelava objektov

Za izdelavo objektov smo kot osnovo uporabili obrise stavb, ki smo jih izdelali ter popravili v 3D zajemu stavb. Tako smo najprej morali datoteko .shp izvoziti iz ArcGisa kot .dxf format, ki ga podpira program Trimble SketchUp Pro. Z uvozom .dxf formata je bilo potrebno obstoječim obrisom določiti ploskve. Objekti, ki niso bili zajeti kot ravne ploskve, so predstavljali težavo, saj je bilo potrebno eno ploskev predstaviti z več trikotniki. To predstavlja težavo pri uporabi orodja Push/Pull, ki nam

omogoča dvig oz. spust objekta na višino temelja. Tako je objekt dobil stene. Potrebno je bilo še izrisati sleme ter povezati stranice strehe na stene objekta. Pri izdelavi objektov na otoku smo poizkušali stremeti k čim bolj realnemu izgledu objektov in streh. Tako smo oblikovali tudi frčade na objektih. Za vse objekte smo določili enotno barvo fasad ter streh.

Na območju otoka pa smo izbranim objektom določili teksture s pomočjo fotografij. Terenske fotografije posameznih pročelij objektov smo posneli z namenom prikaza starega mestnega jedra čim bolj realno. Pri zajemu fotografij na terenu smo le te posneli čim bolj pravokotno na fasado. Pri objektih, ki so bili večji ter jih je bilo potrebno zajeti v več fotografijah, smo le te združili v programu Adobe Photoshop CS6. Vse fotografije smo uredili z orodjem za obrezovanje (crop) in transformacijo (free transform), kjer smo fotografije popravili zaradi perspektive ter distorzije. Fotografije pročelij smo tudi zmanjšali na primerno resolucijo (100 pikselov/m dolžine v naravi), saj nepotrebna velikost upočasnuje delo v programih, kjer so bile nameščene fotografije (slika 22). Primerno obdelane fotografije so bile pripravljene za uvoz v programu Trimble SketchUp Pro. Zaradi izvoza modela objektov v program VNS je bilo potrebno nanesti barve in teksture na obe strani ploskev objektov.

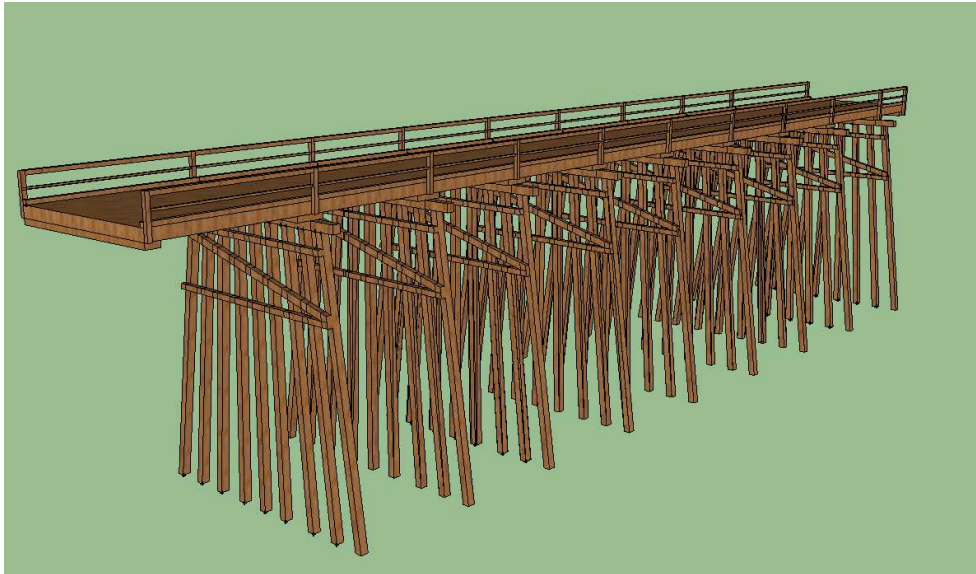




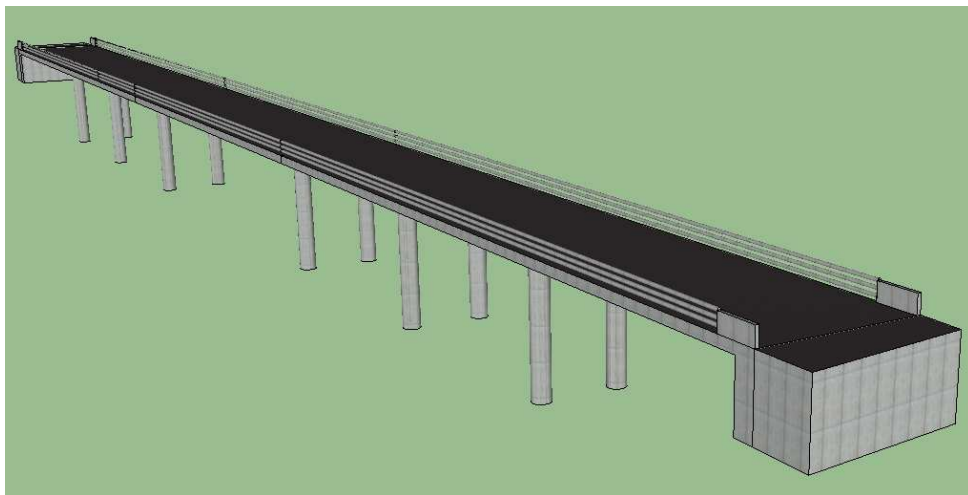
Slika 22: Primeri detajlno izdelanih objektov s fotografijami pročelij v programu Trimble SketchUp Pro
(lasten)

8.5.8 Izdelava mostov

Kostanjevica na Krki kot mesto, ki živi z reko Krko, se lahko pohvali s številnimi mostovi. Za namen izdelave modela, kjer je poudarek na realnem izgledu, smo izdelali 5 mostov. Kot kulturna spomenika sta prepoznavna stara lesena mostova, ki povezujeta otok s celino na severnem in južnem delu (slika 23). Podobne lastnosti ima tudi Tercialski most, ki predstavlja peš pot na otok. Kot moderni premostitveni objekt je prikazan 180 metrov dolg most na novo zgrajeni obvoznici (slika 24). Izdelali pa smo še most čez potok Studeno, ki povezuje mesto z zalednimi kraji ter osnovno šolo. Mostove smo izdelali v programskem okolju Trimble SketchUp Pro, kjer smo jih izrisali v približnih merah kot v naravi ter poizkušali predstaviti z barvami in teksturami kot so v naravi.



Slika 23: Severni most čez reko Krko
(lasten)



Slika 24: Most čez obvoznico
(lasten)

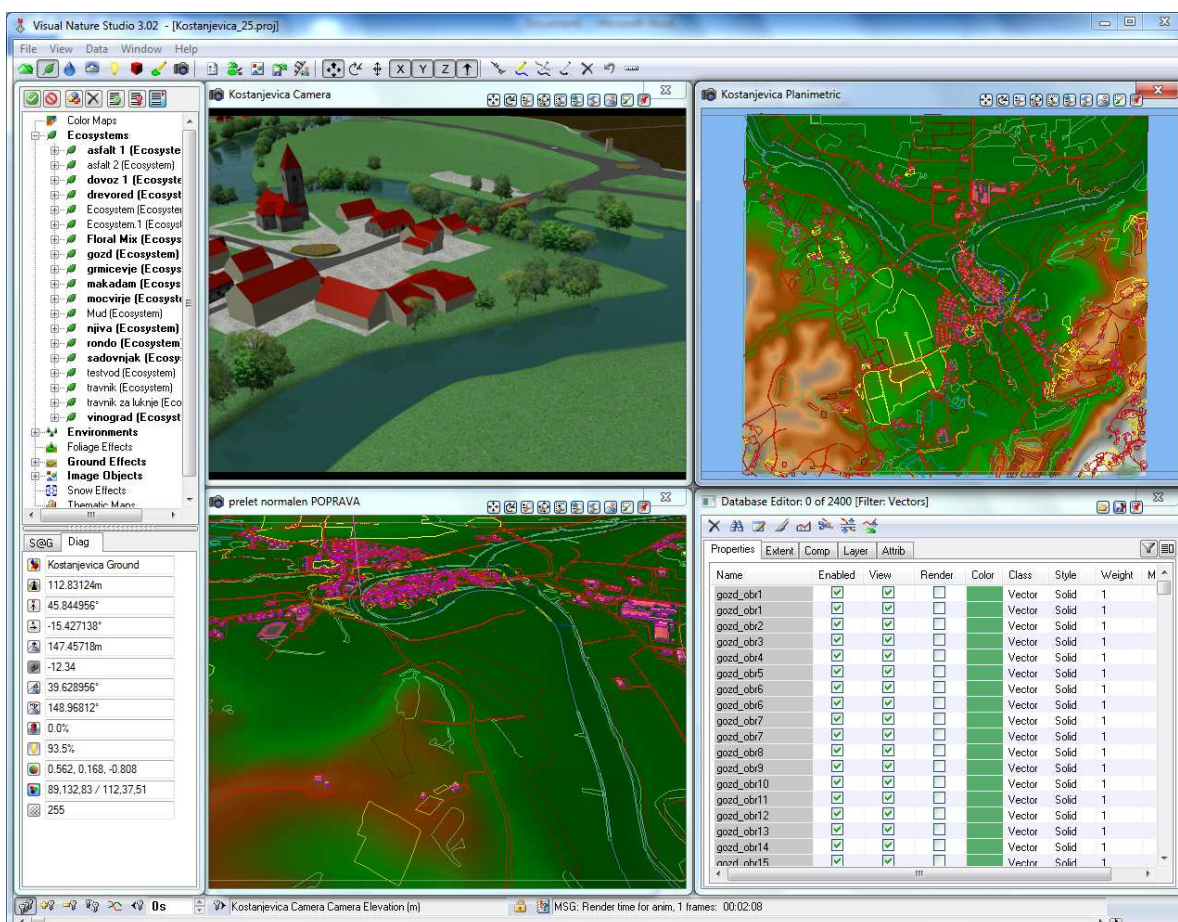
8.6 Organizacija, obdelava in vizualizacija v programu VNS

VNS je organiziran po zavihkih, ki so imenovani glede na vsebino (relief, vode, pokritost, kamera, nebo, 3D objekti, osvetlitev, itd.) (slika 25). Posameznemu sloju lahko poljubno dodajamo njihove elemente kot pod-nivoje.

Prednost VNS je poleg izdelave dobrih vizualnih upodobitev tudi možnost izdelave izven upodobitvenega območja. Pri tem lahko upodobitev vidimo in natančno oblikujemo na nivoju točk, linij in poligonov brez nepotrebnega vračanja v GIS okolje. Sami tematski sloji so ustvarjeni in dostopni preko baze podatkov, ki se nahaja znotraj upodobitvenega okolja.

VNS je primeren za vizualizacijo velikih območij in uporablja vektorske podatke, opremljene z dodatnimi atributi, in rastrske podatke (rastrske tematske karte, ortofoto in satelitske posnetke idr.). Kot tak je prilagojen za upodobitev fotorealističnih pogledov. Uporabniku nudi številne možnosti glede izdelave ekosistemov, voda, neba, cest itd. Program vsebuje tudi že narejene predloge, ki jih uporabnik lahko poljubno spreminja. Pri ekosistemih lahko uporabimo strukturo večih slojev kot so podrast, nadržast ter tekstura samih tal. Program omogoča večslojni prikaz vegetacije. Definiramo lahko tipe dreves, število dreves, vrsto podrasti ter njeno gostoto. Vode lahko upodobimo (izdelamo) kot površinske (jezera, mlake) ali linijske objekte (potok, kanal). Pri posameznem vodotoku določimo barvo in priredimo širino ter globino struge. K realističnemu izgledu dodatno pripomorejo odsevi na vodi ter valovanje. Program tudi omogoča uvoz izdelanih objektov v drugih okoljih. Tako lahko izdelan objekt s teksturo uvozimo v samo okolje. Položaj trirazsežnih modelov stavb po uvozu ni georeferenciran, zato moramo stavbe premikati toliko časa, da se položaj stavbe ujema z njenim položajem na podlagi, ki je največkrat digitalni ortofoto.

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.



Slika 25: Prikaz delovnega okna v programskem paketu VNS3
(lasten)

8.7 Izdelava animiranega prikaza v programu VNS

Pri izdelavi animacije izdelanega modela smo se odločili izdelati več animacij. Tako smo najprej ustvarili animacijo preleta čez modelirano območje, kjer je bil poudarek na starem mestnem jedru. Pri tej animaciji je bila višina reke Krke postavljena na nadmorsko višino 148,5 m, kar predstavlja nekakšen povprečen vodostaj. Za potrebe prikaza poplav smo za višino vodostaja reke Krke v Kostanjevici na Krki upoštevali kot izhodišče podatke vodomerne postaje Podbočje. Kota »0« – nadmorska višina kote »nulte« točke vodomera (v metrih nad gladino Jadranskega morja) je za vodomerno postajo Podbočje 146,323 m (ARSO, 2009). Omenjeni podatek smo pridobili v hidrološkem letopisu Slovenije 2009. Za vodomerno postajo Kostanjevica na Krki, kjer so se izvajale meritve med leti 1945 – 1975, je znašala kota »0« 147 m. Pri določitvi višine vodostaja pri poplavih septembra 2010, kjer je na merilni postaji Podbočje znašala višina vodostaja 457 cm, smo to višino vodostaja prenesli na nadmorsko višino nekdanje vodomerne postaje Kostanjevica. Tako je prikazana višina vodostaja vode med poplavami na nadmorski višini 151,57 m. Za animacijo poplav smo nastavili statičen pogled, kjer je animiran dvig vode na izbranem mestu. Zadnja animacija predstavlja prelet čez območje, kjer je nastavljena višina vodostaja poplav septembra 2010 (slika 26).



Slika 26: Prikaz izseka iz animacije
(lasten)

9 ZAKLJUČEK

Ljudje imamo različne sposobnosti glede globinske zaznave prostora. Večina ljudi si kljub različnim načinom prikaza globine na 2D kartah to le s težavo predstavlja. Že od nekdaj se nam je zdela zanimiva ideja dvorazsežni prikaz nadgraditi ter isto območje prikazati v trirazsežnem modelu. Tu je globinska zaznava najboljša skozi oči človeka.

Za prikaz trirazsežnosti smo si zadali cilj izdelati trirazsežni model mesta Kostanjevica na Krki. V začetnih poglavjih smo opredelili kartografski model ter potek njegove izdelave. Našteli smo tudi različna področja uporabe trirazsežnih modelov, ki vse bolj prodirajo v različne panoge ter zelo uspešno opravljajo svoje naloge.

V naslednjih poglavjih smo se osredotočili na značilnosti poplav v Sloveniji. Slovenija, dežela številnih rek in potokov, je tako zelo pogosto na udaru poplav. Zaradi neugodnih vremenskih razmer ter predhodne količine vlage v zemljini ali taljenja snega nastanejo poplave in vodne ujme. Takšen razplet dogodkov je bil tudi septembra 2010. Takrat so večji del Slovenije prizadele katastrofalne poplave. Na območju Kostanjevice na Krki je reka dosegla skoraj tisočletno povratno dobo vode. Tisočletna povratna doba vode predstavlja verjetnost, da se tak dogodek zgodi enkrat v obdobju tisoč let. Ljudje v Kostanjevici na Krki so že od nekdaj navajeni živeti z reko ter njenimi poplavami. Skozi čas se je človek bolj ali manj prilagodil tem razmeram, oziroma naučil živeti v sožitju z reko. Primer mesta Kostanjevica na Krki je kompleksen glede trajne rešitve problema poplav. Lega mesta, oziroma mestnega jedra, ki leži na otoku, je bila v preteklosti zasnovana kot strateški položaj pred obrambo. Danes, ko vloga lege ni več pomembna, reka Krka še vedno teče svoj tek. Škoda, ki se pojavi pri vsakokratnih poplavah, ne more biti v celoti preprečena. Edina rešitev, ki ostane prebivalcem na ogroženih poplavnih območjih, so adaptacije obstoječih objektov na višjo koto tal. Kot zanimivost lahko omenimo, da je arhitekt Jože Plečnik leta 1945 pripravil načrt za regulacijo Kostanjevice na Krki. Širjenje samega mesta je načrtoval vzhodno in zahodno od otoka, kjer pride do največjih razlivanj vode. V svojem načrtu je omenil tudi prihodnost v razvoju mesta na področju turizma.

Tako kot je že leta 1945 Jože Plečnik razmišljal o razvoju turizma v Kostanjevici na Krki, se je ta razvila v turistično mesto, kjer zaradi raznolike ponudbe vsak posameznik najde nekaj zase. Kot občanom Kostanjevice na Krki, nam je bil cilj in izziv izdelati trirazsežni model Kostanjevice na Krki ter predstavitev poplav na reki Krki. Model bo velik doprinos k informiranju tako samega prebivalstva občine kot slehernemu gostu na obisku. Bodoči uporabniki modela bodo lahko podoživali, vsaj malo prikaza, kako visoko se je reka dvignila septembra 2010.

Pri diplomski nalogi smo želeli uporabiti znanje, ki smo ga pridobili tekom študija ter kasneje preko različnih del. S tem znanjem smo tako od 3D zajema terena in stavb, zajemom kmetijske rabe, hidrografije ter urbanih površin, zajeli osnovne podatke za izdelavo modela. Kot osnovo bi lahko izbrali tudi bolj enostavno pot ter uporabili druge vire podatkov. Spoznali pa smo tudi delo v programih SketchUp Pro in Visual Nature Basic, ki so nam razširili znanje izdelave 3D modelov.

Za zaključek bi želeli povedati, da nam je izdelava modela nadgradila obstoječe znanje ter doprinesla k osebni rasti. Uporaba trirazsežnih modelov je ob razvoju in dostopnosti sodobne tehnologije postala zelo razširjena. Omogočila nam je prikaz poplav reke Krke ter mesta Kostanjevica na Krki in nam hkrati potrdila pravilnost odločitve pri izbiri teme za diplomsko nalogo.

VIRI

ARSO. 2009. Hidrološki letopis Slovenije 2009.

http://www.arso.si/vode/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/HL09%20III.A.Povr%c5%a1inske%20vode_Surface%20Waters.pdf (Pridobljeno 6. 5. 2013.)

ARSO. 2010. Hidrološko poročilo o povodnji v dneh od 17. do 21. septembra 2010. Ljubljana.

<http://www.arso.si/vode/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/Poplave%2017.%20-%2021.%20september%202010.pdf> (Pridobljeno 5. 5. 2013.)

Brilly, M. 2012. Ogroženost zaradi poplav v Republiki Sloveniji. V: Brilly M (ur.). Zbornik prispevkov / I. kongres o vodah Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 22. marec 2012. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 144.

Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M. 1999. Vodne ujme – varstvo pred poplavami, erozijo in plazovi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 9, 12, 18, 92.

Brilly, M., Šraj, M. 2000. Osnove hidrologije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 193, 196, 204.

Domajnko, M. 2008. Oblikovanje znakovnega in foto-realističnega trirazsežnega kartografskega prikaza. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo (samozaložba M. Domajnko): str. 20.

Gnilšek, J. 2004. 3D kartografski model urbanega okolja. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo (samozaložba J. Gnilšek): str. 14, 58.

Kobold, M. 2011. Primerljivost poplave septembra 2010 z zabeleženimi zgodovinskimi poplavnimi dogodki. UJMA, št. 25: 48-56.

http://www.sos112.si/slo/page.php?src=/ujma/article_2011.html (Pridobljeno 10. 5. 2013.)

Občina Kostanjevica na Krki. 2010. Kostanjeviške novice, Oktober 2010. Kostanjevica na Krki, št. 46-47.

http://www.kostanjevica.si/kostanjeviske_novice/KostanjeviskeNovice-oktober2010.pdf (Pridobljeno 5. 5. 2013.)

Orožen Adamič, M. 2003. Poplavna območja ob Krki. V: Smrekar A (ur.). Vekov tek: Kostanjevica na Krki 1252-2002 : zbornik ob 750. obletnici prve listinske omembe mesta. Krajevna skupnost Kostanjevica na Krki, Organizacijski odbor za praznovanje 750. obletnice prve listinske omembe mesta: str. 13, 272-276.

Petrovič, D. 2001. Načela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih. Doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Petrovič): str. 4-92.

Podobnikar, T. 2008. Nadgradnja modela reliefa Slovenije z visoko kakovostnimi podatki. High quality data for enhancement of the terrain model of Slovenia, Geodetski vestnik 52: 834–853.

http://www.geodetski-vestnik.com/52/4/gv52-4_834-853.pdf (Pridobljeno 18. 5. 2013.)

Radovan, D. Janežič, M. 2001. Avtomatska kontrola logične konsistence 3D baze mestnega jedra, Geodetski vestnik 45, 12: 54-61.

<http://www.geodetski-vestnik.com/45/gv45-12.pdf> (Pridobljeno 10. 5. 2013.)

Rojc, B. 1986. Prispevek k raziskovanju percepcije vsebine karte. Doktorska disertacija, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo (samozaložba B. Rojc): str. 86.

Šumrada, R. 2005. Strukture podatkov in prostorske analize, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 63-252.

Terribilini, A. 1999. Maps in transition: development of interactive vector -based topographic 3D-maps. Institut für Kartographie der ETH Zurich.

http://www.mountaincartography.org/publications/papers/ica_cmc_sessions/1_Ottawa_Session_Relief/03_Ottawa_Terribilini.pdf (Pridobljeno 18. 5. 2013.)

INTERNETNI VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2013.

http://www.arso.gov.si/vode/vpra%C5%A1anja%20in%20odgovori/vpr_hidrologija.html

(Pridobljeno 11. 5. 2013.)

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php?p_vodotok=Krka&p_postaja=7160

(Pridobljeno 11. 5. 2013.)

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php?p_vodotok=Krka&p_postaja=7150

(Pridobljeno 11. 5. 2013.)

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). 2013.

[http://www.e-](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/topografski_podatki_in_karte/topografski_podatki_merila_1_5000_dtk_5/)

[prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/topografski_podatki_in_karte/topografski_podatki_merila_1_5000_dtk_5/](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/topografski_podatki_in_karte/topografski_podatki_merila_1_5000_dtk_5/) (Pridobljeno 17. 5. 2013.)

[http://www.e-](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/ortofoto/)

[prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/ortofoto/](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/ortofoto/)

(Pridobljeno 17. 5. 2013.)

[http://www.e-](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/aerofotografije/)

[prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/aerofotografije/](http://www.e-prostor.gov.si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/aerofotografije/)

(Pridobljeno 17. 5. 2013.)

GremoVEN.com – Kostanjevica na Krki. 2013.

<http://www.gremoven.com/Kraji/Kostanjevica-na-Krki/menu-id-13> (Pridobljeno 17. 5. 2013.)

Kostanjevica na Krki – Mesta – Slovenija, kam na izlet. 2013.

http://www.kam.si/mesta/kostanjevica_na_krki.html (Pridobljeno 17. 5. 2013.)

Ministrstvo za kmetijstvo in okolje (MKO). 2012.

http://rkg.gov.si/GERK/Za_OB/ (Pridobljeno 16. 10. 2012.)

Občina Kostanjevica na Krki. 2013.

http://www.kostanjevica.si/content.php?p=predstavitev_obcine (Pridobljeno 17. 5. 2013.)

<http://www.kostanjevica.si/content.php?p=znamenitosti> (Pridobljeno 17. 5. 2013.)

SLIKE

A place in History. 2013.

<http://hds.essex.ac.uk/g2gp/gis/sect25.asp> (Pridobljeno 18. 5. 2013.)

AutoCAD and 3D Design, of key buildings, and 3D models, kiosk, Exhibition Stalls. 2013

<http://dubai.saintclassifieduae.com/autocad-and-3d-design-of-key-buildings-and-3d-models-kiosk-exhibition-stalls-ad-41565> (Pridobljeno 21. 5. 2013.)

Government communication office. 2013.

[http://www.ukom.gov.si/en/media_room/newsletter_slovenia_news/news/article/391/2403/01e5eed03ac90afd97eb2ea4479da4cb/?tx_ttnews\[newsletter\]=96](http://www.ukom.gov.si/en/media_room/newsletter_slovenia_news/news/article/391/2403/01e5eed03ac90afd97eb2ea4479da4cb/?tx_ttnews[newsletter]=96) (Pridobljeno 21. 5. 2013.)

SOCIAL PROGRAMME. 2013.

<http://www.irg-wp.bf.uni-lj.si/Social%20Programme.htm> (Pridobljeno 21. 5. 2013.)

SEZNAM PRILOG

- Priloga A: PRIKAZ IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE PRELETA OBMOČJA PRI NORMALNEM VODOSTAJU
- Priloga B: STATIČEN POGLED IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE OBMOČJA PRI NARAŠČANJU VODOSTAJA
- Priloga C: PRIKAZ IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE PRELETA OBMOČJA PRI POVIŠANEM VODOSTAJU
- Priloga D: ZGOŠČENKA Z ANIMACIJAMI

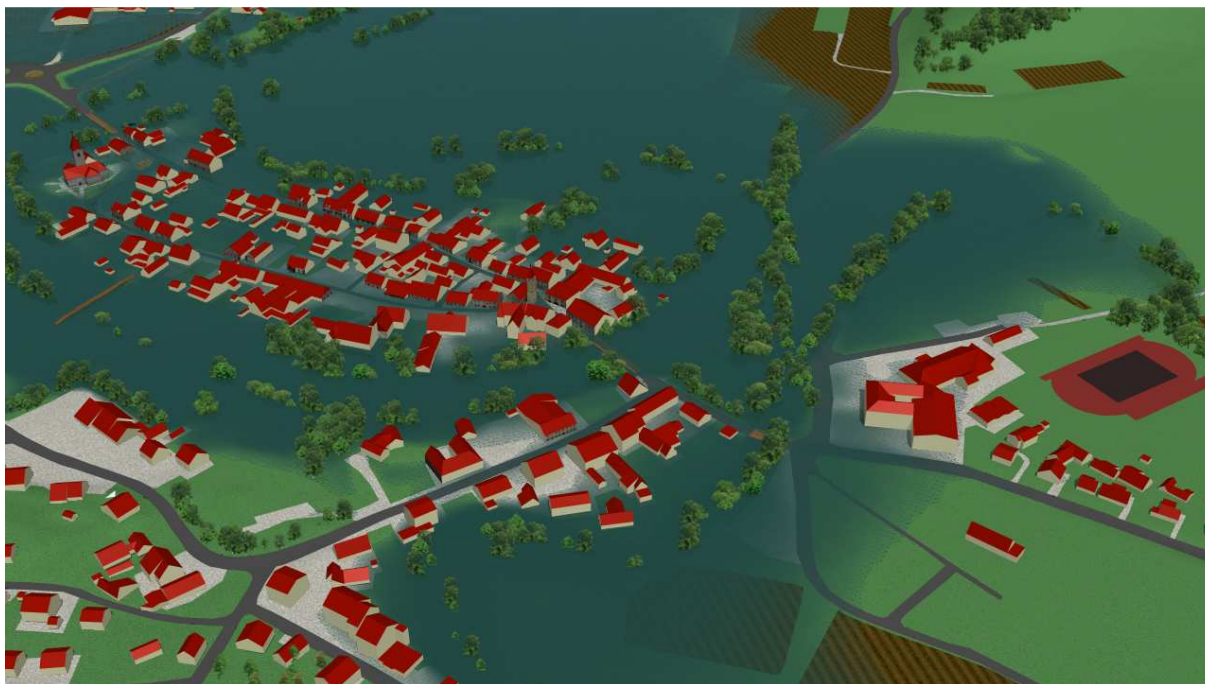
Priloga A: PRIKAZ IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE PRELETA OBMOČJA PRI
NORMALNEM VODOSTAJU



Priloga B: STATIČEN POGLED IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE OBMOČJA PRI
NARAŠČANJU VODOSTAJA



Priloga C: PRIKAZ IZBRANEGA KADRA ANIMACIJE PRELETA OBMOČJA PRI
POVIŠANEM VODOSTAJU



Priloga D: ZGOŠČENKA Z ANIMACIJAMI