

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Geodezija,
smer Geodezija

Kandidatka:
Urška Šorli

Georeferenciranje in analiza starih kart Ljubljane

Diplomska naloga št.: 682

Mentor:
izr. prof. dr. Krištof Oštir

Somentor:
dr. Tomaž Podobnikar

Ljubljana, 7. 6. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisana **URŠKA ŠORLI** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»GEOREFERENCIRANJE IN ANALIZA STARIH KART LJUBLJANE«.

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	004.6:528.9:659.2(091)(043.2)
Avtor:	Urška Šorli
Mentor:	doc. dr. Krištof Oštir
Somentor:	dr. Tomaž Podobnikar
Naslov:	Georeferenciranje in analiza starih kart Ljubljane
Obseg in oprema:	99 str., 6 pregl., 3 graf., 58 sl.
Ključni pojmi:	zgodovina kartografije, georeferenciranje, analiza kart, GIS, Gruberjev prekop, gradnja železnice

Izveček

Kartografija je bila v preteklosti priča velikim spremembam in različnim izboljšavam tako merskega inštrumentarija kot tudi splošnega razvoja tehnološke izdelave kart. To se odraža tudi na obravnavanih načrtih in kartah iz obdobja od 16. do 20. stoletja. Za učinkovito medsebojno analizo morajo biti vsi sloji kart v enotnem koordinatnem sistemu, kar je bilo doseženo s postopkom georeferenciranja. Na osnovi izkušenj je bilo pričakovati natančnost kartiranja vsaj 2 mm na karti, kar glede na merilo 1 : 5000 znaša 10 m v naravi. Rezultati pa so bili slabši, saj so bila odstopanja na georeferenciranih kartah med 20 in 50 m. Eden izmed glavnih vzrokov za ta popačenja so bile napake pri postopku triangulacije pri starih kartah. S primerjanjem georeferenciranih kart so bile z orodji GIS-ov analizirane faze izgradnje Gruberjevega prekopa in razvoja železnice v obravnavanem obdobju.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 004.6:528.9:659.2(091)(043.2)

Author: Urška Šorli

Supervisor: doc. dr. Krištof Oštir

Co-Supervisor: dr. Tomaž Podobnikar

Title: Georeferencing and analysis of old Ljubljana maps

Obseg in oprema: 99 p., 6 tab., 3 gr, 58 fig.

Key words: history of cartography, georeferencing, map analysis, GIS, Gruber canal, railway construction

Abstract

In the past cartography faced many changes and improvements of measuring instruments as well as general development of mapping technology. This reflects also on maps that were used dating from 16th to 20th century. For effective mutual analysis of different layers they have to be in the same coordinate system, which was achieved with georeferencing. From experience was expected that map accuracy should be at least 2 mm, which is 10 m in scale 1:5000. However, results were worse, obtained deviations on georeferenced maps were between 20 and 50 m. One of the main reasons for these deformations were triangulation errors on old maps. By comparison of georeferenced maps GIS tools analysis of construction phases on Gruber canal and railway development was done in given period.

PREDGOVOR	1
UVOD	2
1 SPLOŠNA ZGODOVINA KARTOGRAFIJE.....	5
1.1 Kartografija v svetu v 16. in 17. stoletju	6
1.2 Kartografija v svetu v 18. stoletju	9
1.3 Kartografija v svetu v 19. stoletju	12
1.4 Kartografija v svetu v 20. stoletju	14
2 LJUBLJANA NA NAČRTIH OD 16. DO 20. STOLETJA	17
2.1 Ljubljana na načrtih v 16. in 17. stoletju	17
2.1.1 Pieronijev načrt Ljubljane iz leta 1639.....	18
2.1.2 Valvasorjeva panorama Ljubljane iz leta 1681.....	19
2.2 Ljubljana na načrtih v 18. stoletju	20
2.2.1 Florjančičev načrt Ljubljane iz leta 1744.....	20
2.3 Ljubljana na načrtih v 19. stoletju	22
2.3.1 Reichejev in Kaiserjev načrt glavnega mesta Ljubljane z bližnjo okolico v letih 1829 do 1830.....	22
2.3.2 Degenov načrt Ljubljane iz leta 1860	27
2.4 Ljubljana na načrtih v 20. stoletju	30
2.4.1 Kochov načrt Ljubljane iz leta 1910.....	30
2.4.2 Plečnikov regulacijski načrt Ljubljane iz leta 1929	31
2.5 Razvoj Ljubljane po prvi svetovni vojni	33
2.5.1 Černetov in Tomažičev načrt Ljubljane iz leta 1934	34
2.6 Ljubljana med obema vojnama	35
2.7 Povojna Ljubljana.....	36
3 GEOREFERENCIRANJE NAČRTOV	39
3.1 Polinomske transformacije	39
3.1.1 Linearna transformacija	40
3.1.2 Nelinearne transformacije	42
3.1.3 Učinek reda.....	44

3.1.4 Lokalni razteg.....	48
3.2 Minimalno število uporabljenih točk za georeferenciranje	50
3.3 Mozaičenje in barvno usklajevanje	51
4 PREDSTAVITEV IZBRANIH NAČRTOV	54
4.1 Janez Dizma Florjančič (1744)	55
4.2 Stara avstrijska vojaška karta (1763–1787).....	58
4.3 Major Reiche (1829).....	61
4.4 Maks Fabiani (1896).....	64
4.5 Ciril Metod Koch (1930)	67
4.6 Načrti Ljubljane (1953 do 1990).....	68
4.7 Primerjalna analiza predstavljenih načrtov	71
5 ZANIMIVE SPREMEMBE V ZGODOVINI LJUBLJANE.....	77
5.1 Gruberjev prekop	77
5.1.1 Gradnja prekopa	77
5.2 Razvoj ljubljanske železnice	83
6 ZAKLJUČEK	91
VIRI.....	93
KAZALO PREGLEDNIC	96
KAZALO GRAFIKONOV.....	96
KAZALO SLIK	96

PREDGOVOR

V Znanstvenoraziskovalnem centru Slovenske akademije znanosti in umetnosti (ZRC SAZU) sem sodelovala pri projektu Mestnega muzeja Ljubljane, ki je vključeval georeferenciranje starih kart Ljubljane in okolice. Namen tega projekta je bila priprava podatkov za izdelavo kratke animacije z naslovom *Narava in mesto*, ki bo prikazoval razvoj Ljubljane in okolice od prve koliščarske poselitve v železni dobi, preko rimske Emone, srednjeveške Ljubljane do modernega mesta v 21. stoletju.

Karte, ki so bile uporabljene pri tem projektu, so prispevali Mestni muzej Ljubljana, ZRC SAZU (Inštitut za antropološke in prostorske študije), Geografski inštitut Antona Melika, Arhiv Slovenije ter Zgodovinski inštitut Milka Kosa. Digitalni ortofoto v merilu 1 : 5000 (DOF5) in državno topografsko karto v merilu 1 : 25.000 (DTK25) pa je po pogodbi z ZRC SAZU prispevala Geodetska uprava Republike Slovenije. Za karte, uporabljene v diplomski nalogi, se vsem lepo zahvaljujem. Posebna zahvala gre somentorju dr. Tomažu Podobnikarju in mentorju dr. Krištofu Oštirju za koristne napotke in usmerjanja pri moji nalogi. Še posebej pa se zahvaljujem Klemnu Zakšku za veliko pomoč pri izdelavi animacije (na CD-ju v prilogi).

UVOD

Danes je dostopnih vedno več skeniranih starih kart in njihovih ponatisov, ki so odlično izhodišče za raziskovanje in preučevanje starih kartografskih projekcij, starih tehnologij izdelave kart ter same zgodovine kartografije. Z njihovo pomočjo lahko spremljamo časovno spreminjanje krajevnih imen, iz njih lahko razberemo rast in spreminjanje posameznih naselij oziroma držav, razvoj cestnega in železniškega omrežja, spreminjanje vegetacije in tal itd. Georeferencirane karte lahko primerjamo tudi z digitalnimi ortofoti (DOF5), satelitskimi posnetki, digitalnim modelom višin (DMV), zemljiškim katastrom, z digitalnimi vektorskimi in rastrskimi kartami, urbanističnimi načrti in drugimi tematskimi sloji. Gre predvsem za to, da lahko georeferencirane karte primerjamo z drugimi, prav tako georeferenciranimi sloji, zapisanimi največkrat v vektorski ali rastrski obliki. Zato bi se bilo dobro nagibati k temu, da vse stare karte digitaliziramo, ker bi bile tako zaščitene proti propadanju, saj so izjemen vir podatkov.

Digitaliziranih kart ne moremo uporabiti v Geografskem informacijskem sistemu (GIS), dokler niso pravilno umeščene v prostor – georeferencirane. To je bila tudi glavna problematika mojega diplomskega dela, kajti šele načrti in karte, ki so v enotnem koordinatnem sistemu in merilu, lahko analiziramo in primerjamo med sabo, npr. v GIS-ih s prekrivanjem slojev.

V nalogi sem v prvem in drugem poglavju najprej opisala splošno zgodovino kartografije v svetu od 16. do 20. stoletja in na podlagi obravnavanih kart predstavila Ljubljano po posameznih obdobjih. Karte smo obravnavali kot načrte do približnega merila 1 : 5000. Namen diplomske naloge je bila analiza starih kart z vidika kartografije, kartografskih projekcij, generalizacije in kakovosti. Zaradi skope literature na omenjeno temo pa je bil v prvem in drugem poglavju večji poudarek na zgodovinskem orisu dogajanja v svetu ter v Ljubljani in ne toliko na tehnološkem vidiku razvoja kartografije.

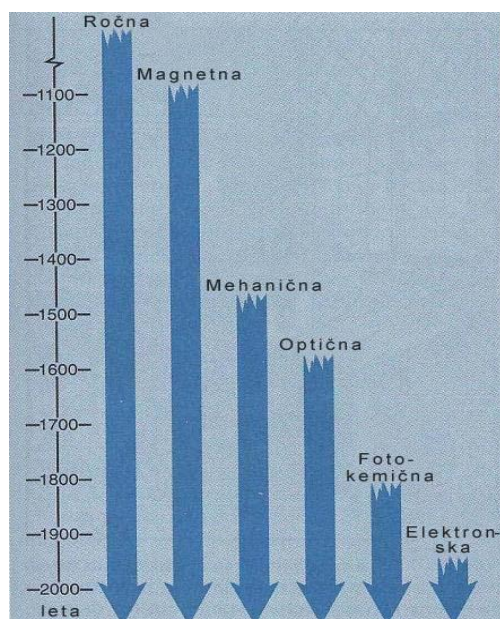
Georeferenciranje starih kart je podrobneje opisano v tretjem poglavju, kjer so predstavljene različne transformacije, ki smo jih uporabili pri obravnavanih kartah. Georeferenciranje je bilo potrebno, ker pri kartah nismo poznali transformacijskih parametrov in merila, s

postopkom georeferenciranja pa smo jih transformirali v ustrezno kartografsko projekcijo. Na koncu tega poglavja je predstavljen tudi postopek mozaičenja in barvnega usklajevanja, ki je prišel v poštev pri dveh obravnavanih kartah (stara avstrijska vojaška karta, karta Ljubljane v času avstrijske nadvlade). V četrtem poglavju so predstavljene značilne karte določenega obdobja. Pričakovali smo, da se bo z leti metrična natančnost kart izboljševala, vendar smo z analizo in primerjavo izbranih kart med sabo na koncu četrtega poglavja ugotovili, da to ne drži, kajti nekatere novejšje karte so imele po postopku georeferenciranja večja popačenja v primerjavi s starejšimi.

V zadnjem poglavju pa sta podrobneje opisani dve zanimivi spremembi, ki sta se dogajali v Ljubljani in okolici in ki sta v zgodovini Ljubljane pustili velik pečat, to sta gradnja Gruberjevega prekopa in razvoj železnice. Za analizo sprememb v različnih obdobjih smo uporabili georeferencirane karte in vektorizirane podatke današnjega stanja; ti so najočitnejše prikazali spremembe na posameznih kartah. Ti dve ljubljanski značilnosti sta še vedno aktualni in zaradi svoje lege predstavljata velik izziv za urbaniste še danes.

1 SPLOŠNA ZGODOVINA KARTOGRAFIJE

Največji vpliv na razvoj kartografije skozi stoletja je imela znanost, kajti sorazmerno z napredkom tehnologije so se razvijali tudi postopki izdelave kart v kartografiji. Po Robinsonu (1995) lahko razvoj tehnologije razdelimo na šest različnih obdobj: ročna, magnetna, mehanična, optična, foto-kemična ter elektronska tehnologija (slika 1). Vsaka nova generacija kartografov je imela tako na razpolago boljša orodja, inštrumentarij in materiale za izdelavo kart. Vendar pa je vseeno le redko novejša tehnologija popolnoma nasledila starejšo. Kartografu je z razvojem tehnologije bila dana le večja možnost izbire pri izdelavi končnega izdelka – karte.



Slika 1: Prikaz razvoja različnih tehnologij skozi stoletja (Robinson, 1995, str. 29)

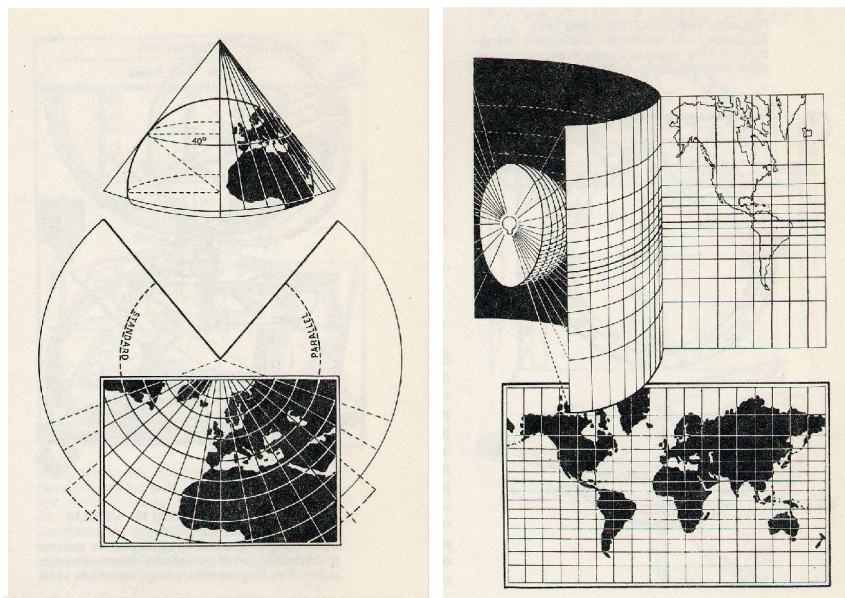
Ročna tehnologija je bila v zgodovini kartografije zastopana najdlje, prvotni izdelovalci kart so bili zelo izurjeni v svojem delu s preprostimi orodji. Kljub razvoju sodobnejših tehnologij so bile ročne spretnosti kartografa vedno pomembna lastnost v kartografiji, ki so se dobro dopolnjevale z novjšimi tehnikami izdelave kart. *Magnetna tehnologija* se je začela z izumom magnetnega kompasa, ki so ga v 12. stoletju v Zahodni svet prinesli iz Kitajske. Kompas je postal za navigatorje in kasneje zemljemerce zelo uporabno orodje, saj so lahko z njegovo pomočjo merili kote. *Mehanična tehnologija* se je začela z razvojem mehanizacije, ki

je povečala hitrost in učinkovitost kartografskih procesov, kar je pomenilo tudi cenejše postopke izdelave kart. Zato so karte postale dostopnejše večji skupini ljudi. *Optična tehnologija* se je pojavila z razvojem teleskopskih inštrumentov in povečevalnih leč in tako pripomogla k natančnejšim izmeram. S pojavom litografije in fotografije v kartografiji v začetku 19. stoletja se je začela peta velika tehnološka revolucija, *foto-kemična tehnologija*. V nasprotju z mehanično tehnologijo, ki je omejena le na določene faze kartiranja, je foto-kemična tehnologija postala prisotna v vseh fazah izdelave kart. *Elektronsko tehnologijo* so začeli kartografi uporabljati v sredini 20. stoletja. Od takrat naprej je bil napredek v kartografiji izjemen; v manj kot petdesetih letih je računalniško podprto kartiranje v veliki meri nadomestilo vse predhodne tehnologije.

1.1 Kartografija v svetu v 16. in 17. stoletju

V prvi polovici 16. stoletja so v kartografiji vodile Italija, Portugalska in Španija, saj so njihovi mornarji in raziskovalci kartografom prinašali vse več podatkov o morskih obalah, novoodkritih deželah, otokih in celinah. V pomorski kartografiji je pripadalo prvo mesto v tistem času izdelkom iz Benetk, kjer je delovalo več kartografskih delavnic. Ker barvnega tiska takrat še niso uporabljali, so bili lesorezi kart (kot pozneje bakrorezi) barvani ročno, najpogosteje s pomočjo šablon. Ponavljajoče se napake (predvsem metrične) so kartografi pričeli odpravljati šele potem, ko so v zemljemerstvu in kartografiji začeli uporabljati trigonometrijo (Thrower, 1991). Značilnost kart je postala legenda na robu karte, v kateri so bili razloženi več ali manj enotni topografski znaki za vodne ali vetrne mline, cerkve, pokopališča, stolpe, gradove, mesta in gozdove. Pokrajinske in deželne karte večjih meril so bile večinoma risane v tlorisu, nizi kopastih gričev, ki so na takratnih kartah predstavljali pogorja, so bili največkrat senčeni z leve. O podobnosti s horizontalno in vertikalno obliko pogorij v naravi še zdaleč ne moremo govoriti. Kljub velikim nedoslednostim, ki se jim takratni kartograf, omejen z domišljijo in utečenimi postopki svojih predhodnikov, nikakor ni mogel izogniti, pa so podajali kartografski izdelki tistih časov izredno slikovitost in dokaj uporabno projekcijsko približnost (Korošec, 1978).

Zemeljsko oblo in njeno površje so risali kartografi v različnih projekcijah: v azimutni, stožčni in valjčni (slika 2). Na splošno so Merkatorjevo projekcijo uporabljali za navigacijo v malih merilih, stožčno za srednje geografske širine v večjih merilih, azimutno pa za prikaz območij blizu polov.

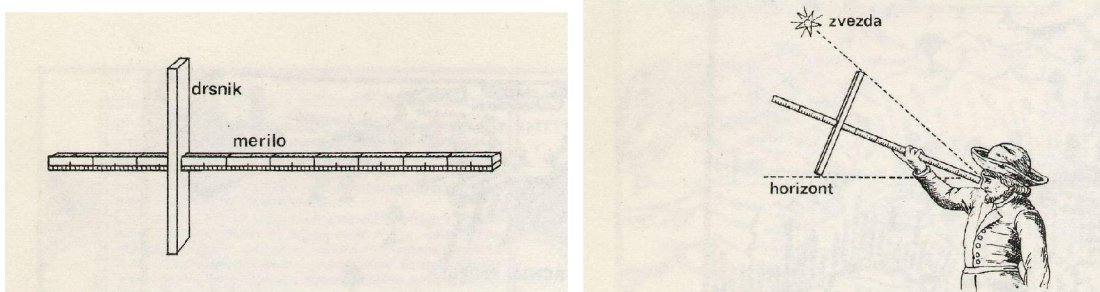


Slika 2: Primer stožčne (levo) in valjčne projekcije (desno) (Korošec, 1978, str. 47)

Poldnevniko so poskusili ponazoriti z ločnimi črtami (segmenti loka) kot »krhlje« lupine, ne samo na kartah celotne Zemlje, temveč tudi na kartah kontinentov in njihovih delov. Različne projekcije so pripomogle h kartografski raznolikosti, še posebej stereografska projekcija – planiglobus, ki je bila tedaj zelo priljubljena stereografska ekvatorialna projekcija zemeljske poloble. Za to obdobje je bilo značilno tudi, da so na kartah pustili velik pečat takratni umetniki, kajti vsa obrobna slikarija je bila njihovo delo, ali pa je bila vsaj izrisana po njihovih predlogah (Triglav, 1998). Tudi v naslednjih stoletjih so bili zelo cenjeni kartografi z risarskim in slikarskim smislom, kar je še danes aktualno. To velja zlasti za topografe, ki so pri opisovanju obravnavane dežele uporabljali panoramsko slikanje posameznega mesta, gradu ali drugega pomembnejšega objekta v svojih topografijah (Mihevc, 2000).

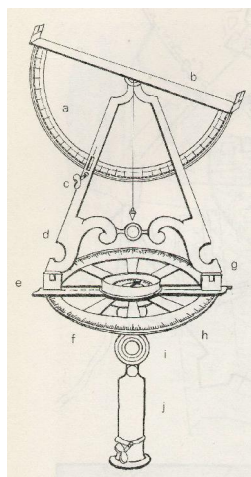
Pri svojih meritvah so si takratni kartografi pomagali že s kar velikim številom različnih inštrumentov in drugih tehničnih pripomočkov. Samo najpomembnejši izmed teh so: jakobov

križ (slika 3), ki ga že od antike dalje uporabljajo za astronomska opazovanja, okoli leta 1580 je bil izpopolnjen v dvojni jakobov križ s štirimi merilnimi razdelbami.



Slika 3: Jakobov križ in njegova uporaba (Korošec, 1978, str. 32)

Tudi sferični armilar, ki izhaja iz aleksandrske astronomije, je bil v 17. stoletju izboljšán ter je postal eden najpomembnejših astronomskih in zemljemerskih inštrumentov te dobe. Merilna mizica, preprosta pravokotna enakostranična lesena deska z vrisanim stopinjskim krogom in v osi kroga vrtljivim diopterjem, je bila ob koncu 16. stoletja izpopolnjena z v diopterjevo os vgrajenim kompasom. Najuporabnejši astronomski in merilni inštrument tega obdobja je postal teodolit (slika 4), kombinacija horizontalnega merilnega kroga z enakim vertikalnim polkrogom (Korošec, 1978).



Slika 4: Habermelov teodolit iz leta 1590 (Korošec, 1978, str. 60)

Poleg naštetih inštrumentov, ki so jih uporabljali takratni astronomi, pomorščaki, geometri in zemljemerci, so bila nepogrešljiva orodja tudi lineal ali stopinjsko ravnilo, krožni kotomer,

pikirno ali ničelno šestilo. Še vedno so bila v rabi preprosta orodja za viziranje in merjenje horizontalnih kotov: diopter, diopter lineal in dvojni diopter, prav tako še srednjeveški kvadrant in njegova kombinacija z diopterjem. Novost te dobe je bil polimeter, ki je omogočal odčitavanje horizontalnih in vertikalnih kotov preko vizirnega roba in lege sence na vertikalnem stopinjskem polkrogu (Fridl et al., 2005).

Tedanja uporabna tehnika praktične geografije in zemljemerstva na območju Slovenije se je oblikovala preko obrtniške domiselnosti praktikov, ki so znali uporabiti praktična spoznanja tedanje znanosti. Obdobje slovenskega kulturnega somraka ni nudilo možnosti za razvoj samostojne zemljemerske dejavnosti na območju Slovenije. Zemljemerski poklic se je pojavil šele konec 17. stoletja oziroma v 18. stoletju kot deželni upravni uradnik (Čeh, 2002).

1.2 Kartografija v svetu v 18. stoletju

To obdobje je bilo čas drobnih poskusov in iskanj tako mehaničnih kot optičnih izboljšav in dopolnitev, ki so jih narekovala nova teoretična odkritja v geodeziji in praktičnem zemljemerstvu. Naravoslovne znanosti so botrovale nastanku nove zvrsti – *tematskih kart*, na primer kart morskih tokov, magnetne deklinacije, rastlinstva in živalstva, klimatskih in rastlinskih pasov, geoloških kart. Zemljemerstvo te dobe je imelo že bogata navodila in napotke o sistematičnem delu z astrolabom, različnimi kotomeri in zemljemersko mizico, o kartiranju s pomočjo koordinatne mreže, razmernikov in pomožnega pribora. Fernel, Snellius in Picard so z izmero dolžine poldnevnikar in dolžine kotne stopinje na poldnevniku ter z uvedbo triangulacije postali začetniki znanstvene (višje) geodezije. Njihove matematične oziroma geometrične metode zemljemerstva so postale osnova bodoči kartografiji (Čeh, 2002). Med novimi dognanji v 18. stoletju je bila tudi iznajdba različnih izvornih zemljepisnih projekcij (Triglav, 1998). Švicarsko-nemški matematik Johann H. Lambert (1728–1777) je na tem področju prispeval več kot kdor koli drug; pripisujejo mu stožčasto konformne, azimutne projekcije ter prečne Merkatorjeve projekcije (Thrower, 1991).

Obdobje od sredine 18. stoletja do revolucije v Franciji leta 1789 danes poznamo kot obdobje vojaške kartografije. Francoskemu in avstrijskemu zgledu nove in natančnejše kartografije in uporabe geodetske triangulacijske osnove so dokaj hitro sledile Rusija, Anglija in ZDA.

Odslej se je kartografija evropskih dežel naslanjala predvsem na generalizirano vojaško natančno izmero. Po Čehu (2002) je bil politično to čas zamiranja fevdalizma in nastanka absolutističnih velikih držav: Francije, Velike Britanije, Avstrije, Rusije in Prusije. Krepil se je upravni in vojaški aparat. Prvi je potreboval *katastrske*, drugi pa *topografske* karte z dodatnimi opisi zemljišča, torej karte večjih meril. Značilen primer je bila vojaška zbirka kart vsega avstrijskega cesarstva, ki je nastala v letih od 1763 do 1787 v času vladanja Marije Terezije in Jožefa II., ki je danes poznana pod imenom *Jožefinska izmera*. Leta 1785 se je začelo kartiranje dežel monarhije za davčne namene, in sicer *katastrska izmera*, ki je poznana pod imenom *Jožefinski kataster*, uzakonjena z zakonom o davčno-katastrski izmeri iz leta 1784. Iz tistega obdobja poznamo tri izmere; prva vojaška izmera je bilo prvo sistematično vojaško geodetsko merjenje na ozemlju nekdanje Avstro-Ogrske monarhije. Večina izmere je bila izvedena v času vladanja Marije Terezije, celotna izmera pa je bila dokončana v času vladanja njenega sina Jožefa II. Izvedli so jo v merilu 1 : 28.800 ob uporabi merilne mizice in busole z minimalnim številom merjenj. Te karte so bila stroga vojaška skrivnost in niso bile dostopne javnosti. Barvne karte so vsebovale naselbine, poti in kamnite mostove, reke, travnike, gozdove in pašnike. Rezultat izmere je bilo 250 kartnih listov, ozemlje na eni sekciji karte dimenzij 62 x 41 cm je predstavljalo približno 209 kvadratnih kilometrov ozemlja.

Ker prva vojaška izmera kmalu ni bila več dovolj natančna za potrebe vojske, so izvedli drugo vojaško izmero v 19. stoletju v času vladanja Franca II. Izmera je trajala od leta 1807 do leta 1869. Zanj so uporabili trigonometrično mrežo in veliko različnih koordinatnih sistemov za ozemlje celotne monarhije. Na izdelanih sekcijah kart v transverzalni valjčni ekvidistančni projekciji (Cassini–Soldner) je bilo znova uporabljeno merilo 1 : 28.800. Za merjenje so še vedno uporabljali merilno mizico, višine pomembnih objektov so pridobili trigonometrično (Zimova et al., 2005). Po letu 1862 je avstrijski vojno-geografski inštitut na ozemlju celotne monarhije razvil in določil novo natančno mrežo osnovnih geodetskih točk. Temu je neposredno sledila tretja deželna izmera v obdobju med letoma 1869 in 1887, ki je zajela območje skoraj 700.000 kvadratnih kilometrov (Triglav, 2003). Izmera je potekala v skladu z natančnimi navodili, ki so do najmanjše podrobnosti predpisovala delovne postopke merjenja, mersko opremo in inštrumentarij.

Uvedba *triangulacijskih mrež* je bila pomemben dosežek, s čimer se je natančnost kart zelo povečala. Prvi so na tak način izdelali karto Francije astronom in matematik Cassini ter njegovi potomci. Začetek moderne geodetske in kartografske dejavnosti je predstavljal prav prvi list karte Francije z geometrično osnovo. Izdelan je bil na osnovi merjenj izhodiščnih točk stopinjske verige in triangulacije izbranih točk, določenih po vsej Franciji. Dotlej so namreč evropski kartografi pri sestavi kart svojih dežel za osnovo uporabljali le omejeno število astronomsko določenih točk, ohlapno in neprecizno povezano z največkrat premalo natančnimi topografskimi skicami in opisi. Za izdelavo karte Francije je služilo 18 osnovnih daljic z merjenimi dolžinami in 2000 trikotnikov z merjenimi koti ter 340 točkami prvega reda, ki so jih dopolnjevale astronomsko določene dolžine in širine posameznih točk. Cassini je za izdelavo te karte uporabil prečno cilindrično projekcijo (Čeh, 2002).

Pri delu so si kartografi pomagali z merskimi mizicami za grafično triangulacijo na terenu, kasneje pa so uvedli še teodolite in nivelirje. Vse to je omogočilo določanje natančne nadmorske višine velikemu številu točk na zemeljski površini (ogliščem triangulacijske mreže in dodatnim kotam), ne samo nekaj točkam kot v času, ko so nadmorske višine merili z barometri. Od tod pa je sledila potreba po boljših načinih upodabljanja reliefa. Najpogostejši način takratnega upodabljanja reliefa je bilo črtkanje (šrafiranje), ki so ga razvili do popolnosti (slika 5) (Korošec, 1978). V 18. stoletju so plastično metodo črtkanja uporabljali po pravilu, da večji kot je naklon oziroma neravnost površja, gostejše in temnejše so črte. Konec 18. stoletja se je pojavila metoda naklonskega črtkanja. Črte so bile izrisane v smeri naklona in stopničene v približno pravilnih metričnih odsekih. Položnejše površje je bilo črtkano z daljšimi in tanjšimi črtami kot strmejše. Uporabljali so tudi metodo leve osvetlitve za doseganje trirazsežnega učinka s finejšimi črtami na osvetljenih straneh. Sčasoma so črtkanje tako izpopolnili, da je omogočalo tudi senčenje in je postalo prava umetnost. Danes pa se uporablja le še t. i. skalno črtkanje kot dopolnitev drugim metodam prikaza strmega in skalnatega površja v visokogorju (Podobnikar, 2001). Tiskarska tehnika, ki so jo poznali takrat, je bila bakrorez (Korošec, 1978).

zemeljskega površja in simulira učinek trirazsežnosti. Spada med plastične metode prikaza površja s sivimi toni, ki ponazarjajo osvetlitev površja v odvisnosti od ekspozicije (Podobnikar, 2001).

Države so v 19. stoletju še vedno uporabljale zelo različne merske sisteme, čeprav se je v Evropi že pojavila težnja po enotnem metrskem sistemu. Kot prva država na svetu ga je leta 1792 uvedla Francija, Avstro-Ogrska ga je prevzela šele leta 1871. Kot temeljna merska enota na kartah iz tega obdobja je bila uporabljena zemljepisna ali geografska milja (1 zemljepisna milja je 7420 m), to je razvidno iz opisnih meril kart. Zemljepisna milja je bila namreč splošno uveljavljena enota pred uvedbo metrskega sistema; predstavljala je eno petnajstino stopinje vzporednika na ekvatorju. Na nekaterih kartah so bile navedene še merske enote, ki so bile tedaj uveljavljene v državi, ki so jo prikazovale. Tako najdemo na karti Avstrije poleg grafičnega in opisnega merila v zemljepisnih miljah tudi grafično in opisno merilo v avstrijskih miljah, na karti Rusije v ruskih vrstah, na karti Italije v laških miljah, na karti Velike Britanije in Irske v angleških miljah, na karti Francije v francoskih miljah in miriametrah (1 Mm = 10.000 m), na karti Španije in Portugalske v novih španskih in portugalskih leguas, itd. Toda navajanje različnih merskih enot poleg vodilne zemljepisne milje je bila prej prednost kot slabost takratnih zemljevidov (Thrower, 1991). Poleg merila je bila zanimiva matematična prvina takratnih kart tudi stopinjska mreža poldnevnikov in vzporednikov. Na vseh kartah je bil izhodiščni vzporednik ekvator. Za izhodiščne poldnevnike pa so kartografi največkrat izbrali tiste poldnevnike, ki so potekali čez ozemlja njihovih držav. Kartografske velesile so tako za izhodiščne poldnevnike izbirale tiste, ki so potekali preko njihovih glavnih mest. Francozi so uvedli kot začetni meridian Pariz, Rusi Pulkov blizu Sankt Peterburga, Italijani Monte Mario v bližini Rima in Angleži Greenwich z zvezdarno v bližini Londona. Greenwich so kot začetni poldnevnik določili šele s konvencijo na mednarodnem geodetskem kongresu v Washingtonu leta 1884. Pri stopinjah je večkrat manjkalo podatek, ali gre za vzhodne ali zahodne zemljepisne dolžine od začetnega poldnevnikar, na primer pri kartah Evrope, Afrike, Rusije, Turčije in Severne Amerike. Na kartah tudi ni bila navedena vrsta kartografskih projekcij, kar pa za splošnega uporabnika kart sicer ni imelo bistvenega pomena (Fridl et al., 2005). Med novimi projekcijami, ki so se pojavile v tem obdobju, so bile Albersova stožčasta in Molleweidova (homolografska),

imenovane po svojih izumiteljih, ter večstožna, ki jo je iznašel Ferdinand Hassler. Te projekcije so še danes priljubljene (Mihevc, 2000).

Občuten napredek in razvoj je v tem stoletju doživelo tudi merilno orodje. V civilnem zemljemerstvu so se v štiridesetih in petdesetih letih tega stoletja začeli uveljavljati nivelirni inštrument in žepni, daljnogledni diopter. Novi in natančnejši inštrumentarij je sprožil preverjanje točnosti med takratnimi teoretičnimi geodeti starejšega merilnega inštrumentarija in izboljševal matematične postopke in operacije zemljemerskih meritev. Leta 1846 ustanovljena Zeissova optična delavnica v Jeni je pričela obdobje razvoja optičnega merilnega inštrumentarija (Korošec, 1978).

1.4 Kartografija v svetu v 20. stoletju

Fotografija, ki so jo začeli uporabljati v kartografiji v 20. stoletju, je močno posegla v proces izdelave kart. Uporabljati so jo začeli pri geodetskih merjenjih (fotogrametrija), posebej še z razvojem letalstva (aerofotogrametrija). Vojaška uporaba letalske fotografije in fotogrametrije se je zelo razširila v drugi svetovni vojni, ko so vpeljali mnoge izboljšave na kamerah in filmih v letalih. Razvoj se je pospešeno nadaljeval v obdobju hladne vojne, pojavila se je tudi nova snemalna tehnika iz satelitov. Fotografija je bila osnova za izum ofsetnega tiskarskega postopka (v prvi polovici 20. stoletja), ki je dala še več možnosti kot litografija. Fotografija je med drugim omogočila še en postopek za prikazovanje reliefa na kartah – najprej so izdelali maketo, jo osvetlili, da so dobili najprimernejše senčenje, nato pa fotografirali (Malešič, 2003). Z razvojem geodetskih metod merjenja zemeljskega površja se je v 20. stoletju uveljavila zelo dobra geometrična metoda prikaza površja s plastnicami – izohipsami in izobatami, ki so postopoma nadomestile tehnike črtkanja (Podobnikar, 2001).

Evropska kartografska dejavnost je v tem obdobju svojega razvoja postajala predvsem nacionalna ter usmerjena in zaprta v mejah največkrat nacionalističnih teženj in politike, ki so vodile Evropo zadnjih 80 let 20. stoletja v vse pogostejše imperialistične vojne. Obe veji novejših kartografij, vojaška in posredno tudi civilna, sta postali v tem času zelo pomembno orodje državnih oblasti in njihovih vojsk. Razvoj natančnejšega podajanja geografskih in

topografskih danosti državnega, nacionalnega in interesnega ozemlja v kar najdoslednejši grafični oziroma tipografski podobi je bila v tem obdobju predvsem domena vojaških geografskih in kartografskih zavodov, ki so največkrat edini razpolagali z zadosti usposobljenim osebjem, najsodobnejšim inštrumentarijem in podatki, civilni kartografski dejavnosti je bila dovoljena le vloga posredovalca določene stopnje in obsega njihove kartografske storilnosti in dosežkov. Kljub tem omejitvam se je v obdobju, ki ga zgodovinarji geografije opredeljujejo kot obdobje nastajanja nacionalnih in regionalnih atlantov in mednarodnih kartografskih del (začelo se je z Nacionalnim atlasom Finske leta 1899), civilna kartografija na vzpodbudo vse bolj razvejane in natančne geografske znanosti in pogojena s sočasnim napredkom geodetske znanosti in prakse začela razvijati v enakovredno partnerico (Triglav, 1998). Industrijska revolucija na kartografijo ni vplivala le neposredno s tehničnimi iznajdbami in izumi. Povzročila je tudi velike družbene spremembe: veliko prebivalstva je zapustilo vasi in se zaposlilo v industriji ter spremljajočih dejavnostih. Večji osebni standard in prosti čas sta povzročila razmah avtomobilizma, turizma in množične letalske prevoze. Pojavila se je potreba po *avtomobilskih, turističnih, in letalskih kartah*. Ljudje, ki so se odtrgali od zemlje, so se v prostem času radi vračali v naravo. Posledica je bilo povpraševanje po *izletniških, planinskih, navtičnih kartah* in drugih. V Evropi je na začetku 20. stoletja delovalo veliko nacionalnih kartografskih založniških zavodov in podjetij, ki so z natisi kart in atlantov skušali zadostiti vzgojnim in praktičnim potrebam svojega nacionalnega ali jezikovnega območja (Korošec, 1978).

V tem obdobju so si konstrukcijske in mehanične izboljšave in izpeljanke geodetskega merilnega inštrumentarija izredno hitro in uspešno sledile. Finomehanične delavnice merilnega orodja in naprav, od katerih so se nekatere po vojni razvile v uspešna polindustrijska podjetja za proizvodnjo geodetskega merilnega inštrumentarija, so si prizadevale svojim izdelkom ne samo konstrukcijsko zmanjšati težo in obseg, izboljšati obliko ter poenostaviti ravnanje dotlej dokaj okornega in nepriločnega inštrumentarija, temveč tudi izpopolniti ter izboljševati njegovo natančnosti in dovršenost. Geodetske teodolite predhodnih in vsestransko zastarelih modelov so dopolnili v merilni natančnosti do te mere, da je postalo razlikovanje med enostavnimi ali gradbenišskimi (1' natančnosti), inženirskimi ali geodetskimi (1" natančnosti) ter natančnimi teodoliti (nad 1" natančnosti) dokaj enostavno. Vodeča podjetja v konstruiranju in proizvodnji geodetskega merilnega

orodja Kern in Wild v Švici ter Fennel in Zeiss v Nemčiji so si dokaj konkurenčno prizadevala izdelovati različice istih merilnih inštrumentov s sestavnimi in mehničnimi posebnostmi, ki ostajajo potem zanje značilne ter pojem posebnih lastnosti še danes (Korošec, 1978).

2 LJUBLJANA NA NAČRTIH OD 16. DO 20. STOLETJA

2.1 Ljubljana na načrtih v 16. in 17. stoletju

Zgodovinskem razvoju nekega naselja lahko sledimo tudi s pomočjo kart in načrtov iz različnih časovnih obdobj v preteklosti. Zato je poleg pisnih virov, arheoloških izkopanin, različnih grafičnih upodobitev kartografska predstavitev nekega območja v obliki načrtov različnih meril zelo pomembna. Najstarejši ohranjeni načrti Ljubljane* so še iz časa turških napadov. Do leta 1520 je bila Ljubljana slabo utrjena, šele po tem letu so na vseh strateških mestih zrasle nove obrambne naprave, v predmestjih pa so bili odstranjeni vsi objekti, ki bi lahko pri napadu koristili sovražniku. Mesto je tako dobilo sklenjeno obzidje, ki ga je kot oklep ločilo od predmestne okolice. Iz tega časa se je ohranil tudi najstarejši tloris Ljubljane, ki ga je izdelal italijanski gradbeni mojster Nicolo Angielini. Ta tloris je nastal kmalu po letu 1560 in velja za najstarejši znani načrt Ljubljane. Njegova značilnost je bila v tem, da je bil zelo poenostavljen, poudarjeni so bili predvsem fortifikacijski objekti. Vrisani so bili stanovanjski bloki s komunikacijsko mrežo in nekatere javne zgradbe (mestna hiša, vodnjaki, mestna vrata). V tlorisu je bilo zajeto skoraj izključno območje, ki ga je obdajalo obzidje mesta. Nekateri objekti v tlorisu in predvsem urbanistična ureditev nekaterih predelov takratne Ljubljane lahko služijo za časovno opredelitev tlorisa (Mihevc, 2000).

V začetku 17. stoletja je gradbena dejavnost pri utrjevanju mest zamrla, ker je prišlo do relativne umiritve vojaških aktivnosti. Kljub temu so v 17. stoletju nastali novi načrti z namenom, da bi gradili nove utrdbe in okrepili obstoječe fortifikacije. Medtem se je začela spreminjati politična situacija. Avstrijski cesar Leopold I. je poslal v jugovzhodne dežele več komisij, ki so imele nalogo ugotoviti dejansko stanje in predložiti program sanacije in okrepitev obrambnega sistema. Zavedal se je, da so predvsem mesta v slovenskih deželah premalo utrjena. Eno takih komisij je vodil Giovanni Pieroni, italijanski arhitekt in graditelj fortifikacijskih objektov (Bogič et al., 1968).

* Zgodovinarji se danes ne strinjajo o izvoru imena Ljubljana. Po mnenju nekaterih gre izvor iskati v besedi *ljubljen*, drugi spet pravijo, da gre za staro božanstvo Laburus, tretji pa trdijo, da je beseda prišla iz latinskega izraza za reko, ki poplavlja: *aluviana*, nekateri pa so mnenja, da izhaja iz nemškega *Laubach* - mlačen tok.

2.1.1 Pieronijev načrt Ljubljane iz leta 1639

Vojni arhitekt Giovanni Pieroni je po naročilu deželnih stanov izdelal vrsto načrtov za izboljšanje fortifikacijskih naprav mesta Ljubljane. Spodnji tloris mesta s poudarjeno linijo mestnega obzidja starega in novejšega mestnega območja je prikazoval hkrati podrobno izdelani oris mestnega stavbnega tkiva, ki je razkrival sicer skladno, a utesnjujoče bivalno okolje mesta iz zgodnjega 17. stoletja. Risba je potrdila Pieronija za spretnega zemljemerca in odličnega risarja, kar dokazuje veduta Ljubljane z gradom (slika 6), ki se je ohranila med njegovimi načrti obrambnih naprav. Obe njegovi risbi, načrt in veduta mesta, sodita med najstarejše upodobitve slovenske metropole (Bogič et al., 1968).



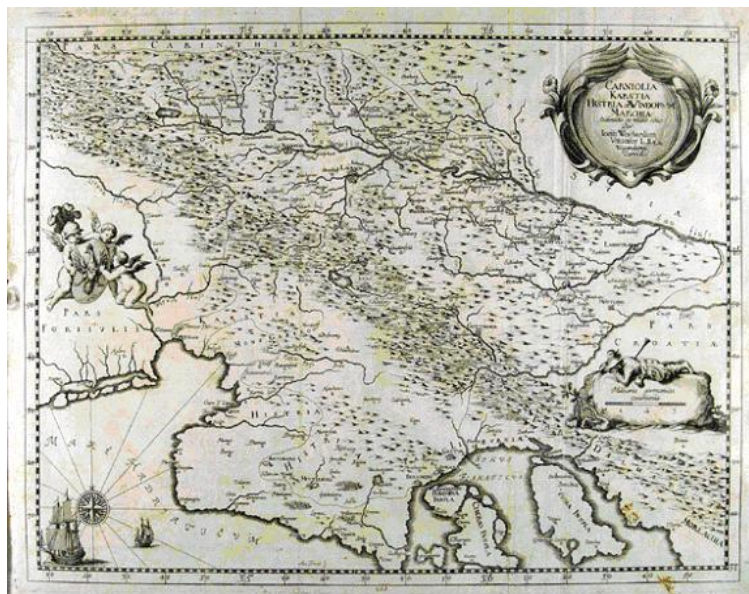
Slika 6: Pianta di Lubiana, G. Pieroni, M \approx 1 : 6300, l. 1639

Ker je postajal vojaški položaj vse bolj kritičen, je po cesarjevem ukazu odšla iz Gradca leta 1657 ponovno posebna komisija, ki bi morala pregledati utrjene postojanke in trdnjave na Štajerskem, Hrvaškem, Kranjskem in Primorskem. Vodil jo je Martin Stier. Za Ljubljano je v poročilu leta 1658 Stier izdelal dva tlorisa z glavno mrežo ulic in oznako najpomembnejših javnih poslopij, predvsem cerkva in samostanov, ter z dvema predlogoma za dodatno fortifikacijo. Tako kot Pieronijeva, tudi Stierova zamisel ni bila nikoli uresničena, saj je turška nevarnost počasi prenehala in potreba po izpopolnitvi in razširitvi obrambnega obzidja

ni bilo več. Zato je razumljivo, da se mestno obzidje ni na novo razširilo in da so ostali tudi načrti iz srede 17. stoletja neuresničeni. Utrdbeni objekti in mestno obzidje so začeli po letu 1699 propadati, konec 18. stoletja pa so jih začeli sistematično rušiti, ker so predstavljali oviro za širjenje mesta (Korošec, 1991).

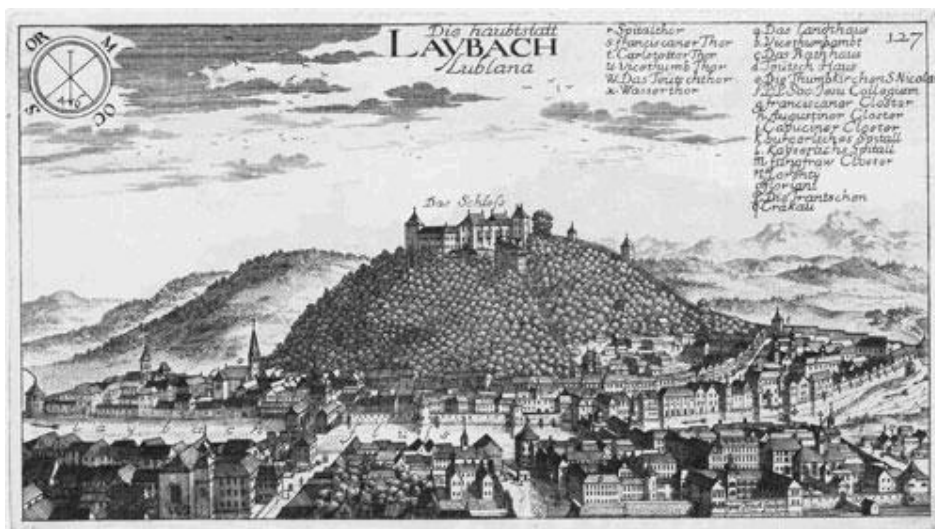
2.1.2 Valvasorjeva panorama Ljubljane iz leta 1681

Če ohranjene načrte Ljubljane iz 16. in 17. stoletja dopolnimo s skico Ljubljane (1601–1605) J. Clobucciaricha in z Ljubljano po skicirki šlezijskega popotnika iz leta 1713, predvsem pa z veduto Ljubljane J. V. Valvasorja, dobimo dokaj popolno in realno predstavo o glavnem mestu Kranjske v drugi polovici 17. stoletja. J. V. Valvasor (1641–1693) je bil kranjski plemič furlanskega porekla, vojak, polihistor, topograf in zemljemerec, ki je veliko časa preživel na gradu Bogenšperg pri Litiji, član britanske Royal Society v Londonu in poveljnik dolenske vojne četrti. Njegovo najpomembnejše delo je bil leta 1689 v Nürnbergu izdan obsežni topografsko-zgodovinski oris Kranjske (*Carniolia Karstia Histria et Windorum Marchia*), slovida Slava Vojvodine Kranjske (slika 7).



Slika 7: Carniolia Karstia Histria et W. Marchia, J. V. Valvasor, M = 1 : 494.696, l. 1689 (NUK)

Na Valvasorjevi panorami Ljubljane iz l. 1681 (slika 8) se v zgornjem levem kotu odpira pogled na Ljubljano s severa, v desnem kotu z juga, v sredini pa je podoba Mestnega trga. Na njej se vidijo natančno vrisane stavbe, mestno obzidje, Ljubljanica s svojimi mostovi, s primitivno zapornico za čolne, utrjeni grad. Leva obala Ljubljanice po današnji Wolfovi in Trubarjevi ulici je pozidana vse do cerkve svetega Petra. Opaziti je, da se je nevarnost turških upadov v 17. stoletju znatno zmanjšala, saj so bile hiše grajene že izven mestnega obzidja (Korošec, 1991).



Slika 8: Panorama Ljubljane, J. V. Valvasor, l. 1681 (NUK)

2.2 Ljubljana na načrtih v 18. stoletju

2.2.1 Florjančičev načrt Ljubljane iz leta 1744

Iz 18. stoletja se je ohranil načrt v dvanajstih listih Janeza Dizme Florijančiča, Ducatus Carnioliae Tabula chorographica (karta Vojvodine Kranjske v merilu 1 : 111.000, l. 1744), ki je bil v točnosti geografske projekcije pravilnejši od predhodnih kart Kranjske. Tretji list tega stenskega načrta prikazuje Ljubljano (slika 9). Naselja Trnovo, Krakovo in Poljansko predmestje so objemala mesto v polkrogu vzporedno z glavno notranjo cesto in Ljubljanico. To je bil še vpliv stare rimske Emone, tukaj sta se križali cesti Decumano maximus in Cardo

maximus (Bogič, 1968). Vidi se tudi bližnjica po Igriški ulici, ki je dokaj tuj element rimskemu tlorisu. Vrtovi in nasadi so segali vse do frančiškanske cerkve in obzidja Novega trga. Ti vrtovi in manjše obdelovalne parcele so vnesle v karto nekoliko nejasnosti, ker so bile označene podobno kot hiše. Staro mestno jedro pod gradom in Novi trg na levem bregu Ljubljanice sta bila še obdana z mestnim obzidjem ter obrambnimi stolpi. Značilen je bil bastion na mestu današnje Univerze, Vodni stolp na Žabjaku, bastion na gradu ter stolp z dviznima mostičema prek obzidnega jarka na današnjem Krekovem trgu. Mesto se je že širilo izven obzidja proti severu in zahodu. Tedanje Šempetrsko predmestje (Trubarjeva ulica) je bilo že strnjeno (Korošec, 1991). Kot je mogoče videti na sliki 9, Gruberjevega kanala še ni bilo.



Slika 9: Načrt in veduta Ljubljane, J. D. Florjančič, M = 1 : 5000, l. 1744

Konec 18. stoletja je bistveno spremembo prineslo dokončno rušenje mestnega obzidja in širjenje mesta v okolico, pomemben podvig pa je bila zgraditev Gruberjevega prekopa v letih 1772–1782. V mestu so poglobili strugo Ljubljanice, za gradom pa so v smeri Codellijevega posestva izkopal kanal, ki naj bi ob poplavih odvajal narasle vode Ljubljanice.

V času kratkotrajnih Ilirskih provinc (1809–1813) so prve odločne poteze nove organizacije mesta prispevali Francozi, ko so načrtovali drevorede za povezavo mestnega središča z okolico. Francoska doba je prinesla poudarjeno miselnost o zelenem mestu, o mestu drevoredov, sprehajališč in parkov (Mihevc, 2000). Mesto se je spajalo s predmestji. Po vrnitvi avstrijske oblasti je Ljubljana začela politično nazadovati. Pomembnejša je postala znova med nekajmesečnim zasedanjem svete alianse, ki je imela nalogo utrditi monarhistične režime v tedanji Evropi. Kongres je bil leta 1821. Takrat so na mestu, kjer je nekoč stal kapucinski samostan, uredili park Zvezda – v spomin na kongres treh cesarjev v Ljubljani. Nadaljevali so z uresničevanjem zamisli o zelenem mestu, povezanem z drevoredi. Tako je mestna oblast do prve svetovne vojne v parke spremenila skoraj vsa nepozidana zemljišča v mestu. Za prvo polovico 19. stoletja je bil značilen tudi precejšen gospodarski napredek. Tedaj so nastali nekateri industrijski obrati (Korošec, 1991).

2.3 Ljubljana na načrtih v 19. stoletju

2.3.1 Reichejev in Kaiserjev načrt glavnega mesta Ljubljane z bližnjo okolico v letih 1829 do 1830

V tem obdobju je nastalo več načrtov Ljubljane. Eden izmed pomembnejših je bil Reichejev Plan der provinzial Hauptstadt Laibach mit dem nachsten Umgebungen (Načrt glavnega mesta province Ljubljane z bližnjo okolico) iz leta 1829. Reiche, vojni kartograf major, vodja ekipe, ki je kartirala deželo za novo generalštabno karto, je na pobudo deželnih oblasti leta 1829 izdelal načrt Ljubljane na osnovi vojaškotopografskih posnetkov v pomanjšanem katastrskem merilu. Naslovu je dodano posvetilo finančnemu podporniku te izdaje, baronu J. C. Schmidburgu (slika 10). Načrt je sodil med prve podrobnejše mestne načrte Ljubljane iz tridesetih let 19. stoletja, ki so kazali na nezadržno rast mesta izven nekdanjega obzidja. Na sliki 10 se vidi, da so se vsi trije trgi (Stari, Mestni in Novi trg) združili z obmestji v celoto, mesto pa se je širilo naprej ob najbolj prometnih cestah. Strnjeno je že bila pozidana današnja Trubarjeva ulica. Pozidana je bila tudi današnja Dunajska cesta od Ajdovščine do Rimske ceste. Pri Križankah in pri Tromostovju (po sedanjih Čopovi) je bila vzpostavljena zveza s

starim mestom. Po Kolodvorski ulici so segala poslopja daleč v polje. Ob Uršulinski cerkvi se je končala bližnjica od Tržaške ceste po Igriški ulici. Pred današnjo pošto se je priključila sprehajalna iz Tivolija – današnja Cankarjeva ulica, in pri Ajdovščini – današnja Celovška cesta (Bogič, 1968).



Slika 10: Načrt glavnega mesta province Ljubljane z okolico, Reiche, M \approx 1 : 8800, l. 1829

Avtor naslednjega načrta te dobe iz leta 1830 je bil J. F. Kaiser. Izdelal je načrt z naslovom Plan der k. k. Haupt-Stadt Laibach in Königreiche Illyrien (Načrt glavnega mesta Ljubljane v Kraljevini Iliriji). Načrt je bil izdelan na osnovi zemljiškokatastrske izmere, kar je omogočilo večjo natančnost v projekciji in samem prikazu mesta, ki se je še naprej vztrajno širilo. Relief (grad) je bil risan v Lehmannovi tehniki črtkanja reliefa (slika 11). Saksonski vojaški topograf J. G. Lehmann je leta 1799 utemeljil in razvil naklonsko črtkanje in oblikoval svojo lestvico, po njem je ta način črtkanja dobil tudi ime. Položnejše površje je bilo črtkano z daljšimi in

tanjšimi črtami kot strmejše, črte so bile izrisane v smeri naklona v približno pravilnih metričnih odsekih (Podobnikar, 2001). V desnem spodnjem kotu karte je bila legenda, ki je podajala razlago črkovnih in številčnih oznak na načrtu. Tako kot na Reichejevem je bil tudi na tem načrtu označen park Zvezda, ki je nastal v tridesetih letih prejšnjega stoletja. Sicer pa je bil ta načrt v primerjavi z Reichejevim načrtom v nekaterih delih celo manj natančen in ni kazal vseh sprememb v podobi mesta, ki jih je Reiche že dosledno upošteval (Vovk et al., 1998).



Slika 11: Izsek iz Načrta Ljubljane, J. F. Kaiser, $M \approx 1 : 5000$, l. 1830

To je bila nova razvojna doba Ljubljane, ki si je ustvarjala novo ogrodje. Glavne diagonalne komunikacije so bile Tržaška in Celovška cesta. Središče je bilo križišče pred pošto. Toda

staro mesto je po strnjivosti zazidave daleč prekašalo nove osnutke. Južno od Rimske ceste je bil ohranjen del pravokotnika z ostanki obzidja – še vedno spomin na staro Emono. Mesto se je počasi približevalo Rožniku. Tivoli je postal sestavni del Ljubljane kot naravni vrt in park (takrat Lattermanov drevored). Gruberjev kanal je bil prekopan (l. 1780), s to karto je bilo opravljeno za tiste čase in tehniko občudovanja vredno delo. Ljubljana se ni več bala poplav, ki so do takrat pogosto nastopale ob nalivih (Bogič, 1968).

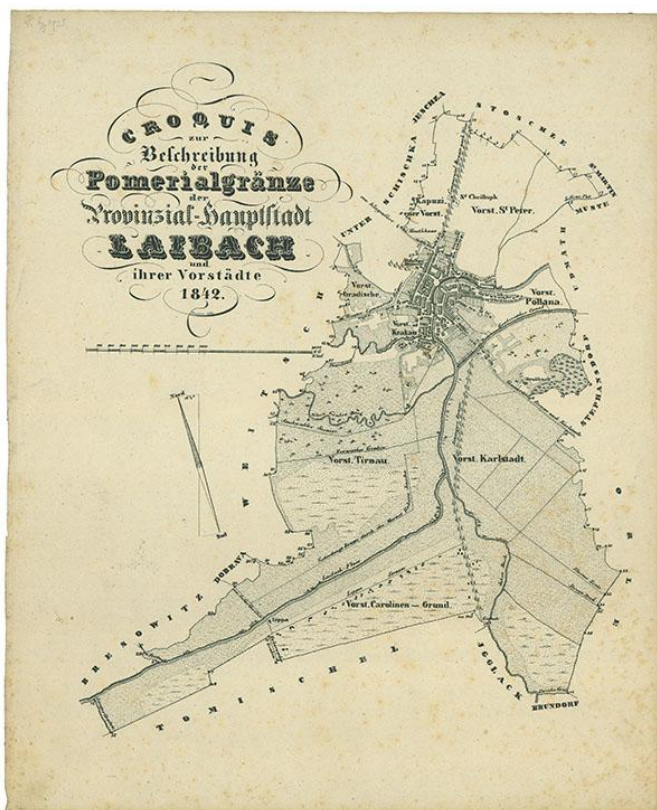
Leta 1834 je Ljubljana dobila nov situacijski načrt mesta in širše okolice. Avtor je bil zemljemerski inženir Simon Foyker, ki je deloval že kot zemljemerec pri kartiranju Barja. Načrt Situations Plan der provinzial Hauptstadt Liaibach mit Erklärung (Situacijski načrt deželnega glavnega mesta Ljubljane s pojasnilom) in je bil v primerjavi s prejšnjimi dopolnjen po novejši katastrski osnovi ter usklajen z dejanskim stanjem mestnega dorisa (slika 12).



Slika 12: Situac. načrt deželnega glavnega mesta Ljubljane, S. Foyker, M \approx 1 : 5000, l. 1834 (NUK)

Pogosto bi lahko našli načrte Ljubljane tudi na načrtih Barja, s katerim je bil razvoj mesta povezan. Na pobudo magistrata in odbora za kolonizacijo Barja je bila izdelana v risalnicah

deželnega zemljiškega urada v letih 1841 in 1842 Skica k opisu pomerijalne meje deželnega glavnega mesta Ljubljane in njegovih predmestij (Croquis zur Beschreibung der Pomerialgrenze der Provinzial Hauptstadt Laibach und ihrer Vorstädte), ki je bila tako kot Foykerjev načrt Ljubljanskega barja odraz živahne kolonizacijsko-regulacijske dejavnosti tudi na kartografskem področju (slika 13). Izdelana je bila na osnovi katastrske mape in je poleg Ljubljane prikazovala še vzhodni del Barja. Gruberjev prekop je rešil problem poplav, toda na pragu 19. stoletja je ostalo še vedno nerešeno vprašanje osuševanja barjanskih tal za potrebe kmetijstva. V te namene je bila izdelana vrsta načrtov Barja, ki so služili v osuševalne in regulacijske namene (Korošec, 1991).



Slika 13: Skica k opisu pomerijalne meje deželnega glavnega mesta Ljubljane in njegovih predmestij, Floder, merilo ni znano, 1841–1842 (NUK)

Razvoj moderne Ljubljane sega v drugo polovico 19. stoletja, ko se je mesto iz starega srednjeveškega jedra in njegovih predmestij začelo hitro širiti proti severu in zahodu ob glavnih prometnih žilah, ki so vodile iz starega mesta v okolico. Proces širitve mesta je zelo

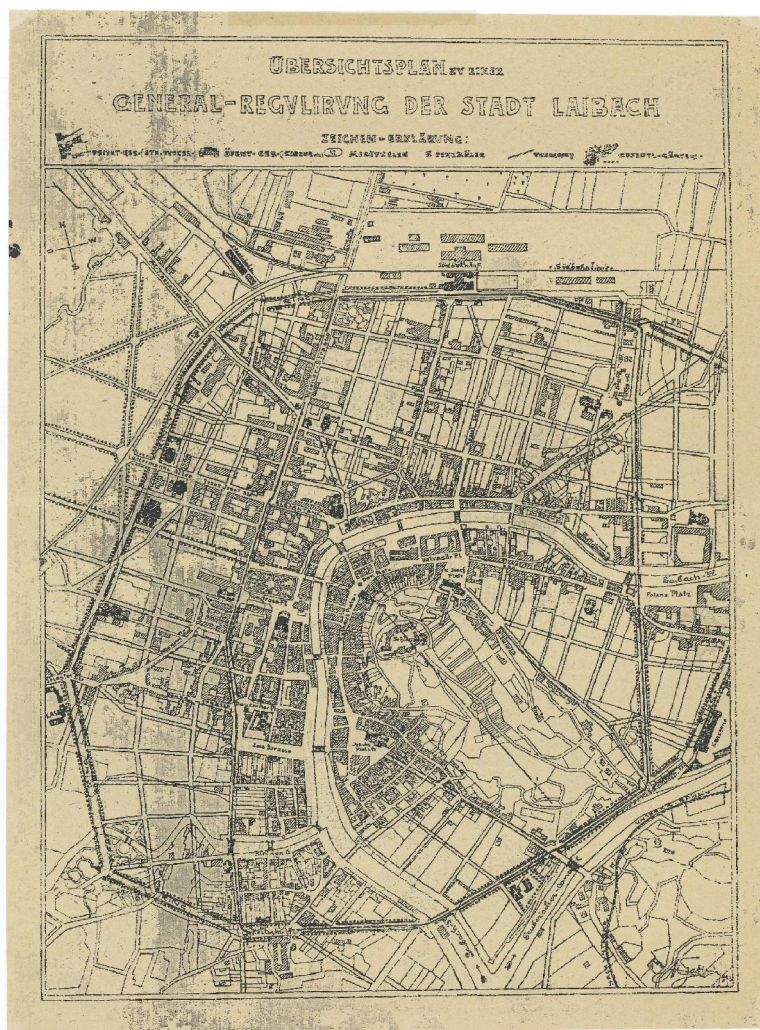
pospešila zgraditev železniške proge Dunaj – Trst med leti 1849 in 1857. Za Ljubljano je to pomenilo popolno spremembo v prometu, saj se je življenje s cest in Ljubljanice preselilo na železnico. Ljubljanska občina je takrat obsegala mesto (Stari, Mestni in Novi trg) in sedem predmestij (Šentpetrsko, Poljansko, Kapucinsko, Gradišče, Krakovo, Trnovo in Karlovško predmestje). Nekatera predmestja so imela že čisto mestni značaj, druga predmestnega in marsikje agrarnega. V tem času se je začela intenzivnejša pozidava in urejanje nezazidanih zemljišč med starim mestom in železniško progo. Ljubljana je bila v tem obdobju avstrijsko provincialno središče z avstrijsko občinsko upravo. Industrija je bila slabo razvita – pomembnejše tovarne so bile zgrajene šele v drugi polovici stoletja. Med najpomembnejšimi sta bile leta 1868 ustanovljena pivovarna Union in leta 1873 Tobačna tovarna. Industrijska revolucija, ki je korenito spreminjala podobo evropskih mest, Ljubljane zaradi nizke stopnje industrializacije ni dosegla (Korošec, 1991).

2.3.2 Degenov načrt Ljubljane iz leta 1860

V kolikšni meri se je gradbena dejavnost in politika magistrata skušala prilagoditi novi situaciji zaradi izgradnje železnice, se je odražalo tudi v načrtu mesta Ljubljane z okolico mestnega geometra R. Degena, ki je nastal okoli leta 1860. Na načrtu so bile vrisane nove ceste, ki so povezovale okoliška naselja preko nove proge z mestom. Prikazan je bil tudi vzhodni del Barja, ki je kljub vsem prizadevanjem za osušitev in preprečevanje poplav še vedno ostajal nerešen problem. Poglobljanje Ljubljanice in Gruberjevega prekopa v šestdesetih letih je problem poplavljanja le začasno rešilo. V teh letih je bil preko Gruberjevega prekopa dograjen Karlovški most. Na severnem obrobju mesta je bila vrisana železnica, ki je bila kot del Južne železnice iz Dunaja dograjena do Ljubljane leta 1849 in je že tedaj načrtala mestu okvir razvoja ožjega središča. Ljubljana se je razvila v pretežno tranzitno mesto. Blago se ni več ustavljalo in pretovarjalo v njem kot prej, ko so ga prevažali s čolni po Ljubljanici, Savi ali na vozovih, oziroma konjih. S tem je odpadel velik dohodek od posredništva in Ljubljana je začela zaostajati zlasti za Trstom. Po drugi strani pa je železnica omogočila cenejši dovoz surovin in odvoz proizvodov ter ustvarila pogoje za razvoj industrije. Z nadaljnjo izgradnjo prog je postala Ljubljana pomembno križišče. Mestni magistrat se je te ovire bodočega razvoja in rasti mesta zavedal že pred dograditvijo proge in zato

predlagal izpeljavo trase za Rožnikom, kar pa dunajska uprava Južne železnice ni sprejela. Pobude za širitev mesta so bile marsikdaj prepuščene različnim zasebnikom oziroma združenjem (Korošec, 1991).

V 19. stoletju se je širila Ljubljana počasi in anarhično ob glavnih dovodnih cestah. Železnica je zavrla tok gradnje ob Dunajski cesti in ga usmerila na vzhod proti Vodmatu. Ob potresu leta 1895 se je pokazala priložnost, da bi se načrt prilagodil novim potrebam in razširil glavno cestno omrežje, ki je ponekod bilo bolj ozko kot stransko. Po potresu je mesto prvič postalo predmet širokih razprav, dotlej o njegovem urbanističnem razvoju namreč niso razpravljali (Vovk et al., 1998). Regulacija, ki jo je takrat izvajal mestni stavbni urad, je pomenila le parcelacijo nezazidanih predelov mestnega ozemlja in urejanje novih poti med parcelami. Pozidava mestnega ozemlja je bila v rokah lastnikov zemljišč in večjih družb. Po potresu pa je bilo prvič postavljeno vprašanje kompleksne obnove in prenove mesta, njegove rasti, organizacije, prometne ureditve in oblike. V Ljubljani so se zavedali tega in so izdali razpis za izdelavo regulacijskega načrta. Daleč najboljša sta ta načrt izdelala A. Wolf in M. Fabiani, uradnega pa mestni arhitekt J. Duffe. Nobeden od načrtov ni bil sprejet; pravzaprav je Fabianijev služil za osnovo projektu, ki ga je nato izdelal mestni stavbinski urad (slika 14).



Slika 14: Predlog za izdelavo regulacijskega načrta Ljubljane po potresu, M. Fabiani, merilo ni znano, l.1896

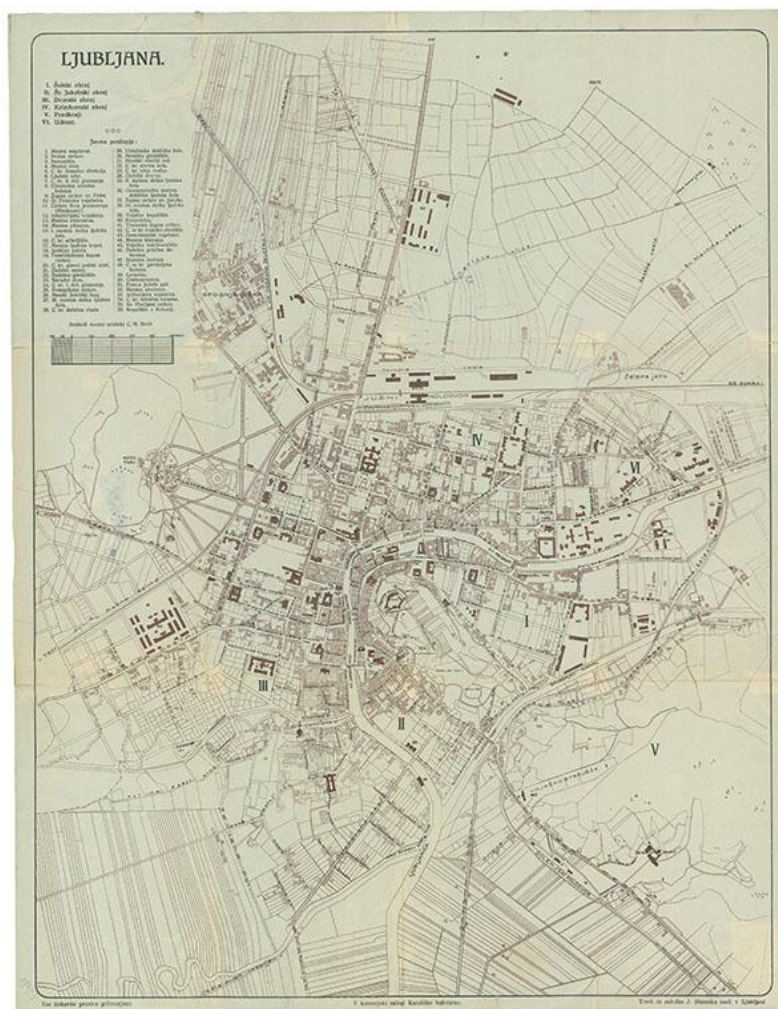
Izdelan je bil po načelu doseči tako ureditev mesta, da bi zadostila prometnim in stanovanjskim zahtevam, hkrati pa naj bi se kolikor mogoče naslanjala na že določene regulacijske načrte in obstoječe posestne razmere. Tako je potres 1895 pomenil odločilno prelomnico v urbanističnem razvoju Ljubljane. Sprožil je prve resnejše razprave o bodočem mestnem razvoju, hkrati pa je povzročil, da je Ljubljana že leta 1896 dobila prvi uradni urbanistični načrt, ki je nato še dolga desetletja ostal edini dokument, na osnovi katerega so izvajali urbanistično politiko v mestu. Potres je bil tako glavni mejnik v zunanjem razvoju Ljubljane, zaradi njega govorimo o predpotresni in popotresni Ljubljani (Korošec, 1991).

2.4 Ljubljana na načrtih v 20. stoletju

2.4.1 Kochov načrt Ljubljane iz leta 1910

Leta 1910 je v Blasnikovi tiskarni izšel načrt Ljubljane avtorja C. M. Kocha. Načrt je kazal na spremembe v podobi mesta in okolice po usodnem potresu leta 1895 (slika 15). Ozemlje med Ljubljanico in železniško progo je bilo povečini zazidano do Vodmata, ki je bil že sestavni del Ljubljane. Vodmat je ohranil svoj sistem radialnih cest z osrednjim trgom in se je po tem precej ločil od ostalih predelov Ljubljane. Bežigrad je bil še vedno skoraj prazen, zlasti vzhodno od Dunajske ceste, kjer je stala le vojašnica in nekaj hiš. Od Ajdovščine proti Spodnji Šiški je bil zgrajen kompleks pivovarne Union. Vzhodno od Kolodvorske ulice, kjer so bila polja in vrtovi, je nastala cela vrsta novih ulic. Ob Tržaški cesti je bilo vedno več hiš, izstopala je velika Tobačna tovarna. Na načrtu ni bilo prikazanega reliefa, kar je pomanjkljivost, če ga primerjamo s starejšimi načrti (Bogič, 1968).

V naslednjih letih je Kochov načrt z manjšimi korekturami doživel še nekaj ponatisov. Eden od njih je nastal leta 1922, ob vsesokolskem izletu v Ljubljani. Načrt je izšel tudi v Turističnem vodiču po Ljubljani, ki ga je izdal Putnik. Kochov načrt je nasploh služil kot kartografska osnova za različno prirejene mestne načrte v turistično-informativnih prospektih Ljubljane med obema vojnama.

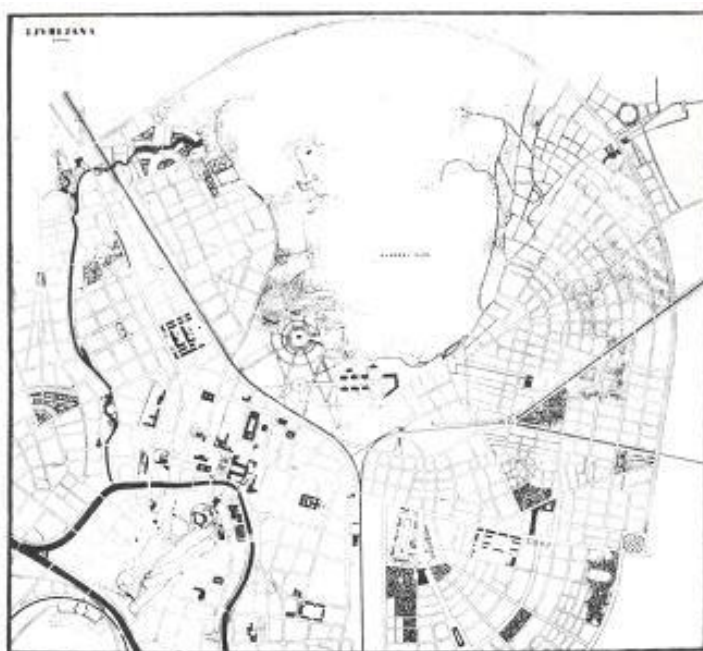


Slika 15: Načrt Ljubljane, C. M. Koch, M = 1 : 10.000, l. 1910

2.4.2 Plečnikov regulacijski načrt Ljubljane iz leta 1929

Kmalu po prvi svetovni vojni se je pokazalo, da za hitro rast Ljubljane obstoječi regulacijski načrt nikakor ni zadoščal. Predvsem se je stavbna dejavnost živahno razvijala na obeh straneh Dunajske ceste v bežigranskem predelu severno od kolodvora. Tega mestnega dela pa dotedanji načrti niso zajeli. Po razpadu Avstro-Ogrske monarhije leta 1918 je Ljubljana postala kulturno in upravno središče Slovencev. Ivan Vurnik in Jože Plečnik sta se lotila načrtov za ureditev mesta. Predvojni regulacijski načrt v danih razmerah ni več zadoščal, saj ni niti predvideval ureditve in povezave z mestom nekdanj nepovezanih predmestij. Zlasti

nenaprtna gradnja, ki se je širila severno od železniške postaje, je načela vprašanje izdelave novega regulacijskega načrta mesta Ljubljane. Regulacijski načrt Velike Ljubljane je tako leta 1929 izdelal arhitekt Jože Plečnik. Zanimiva je bila zasnova radialno oblikovanega omrežja ulic in cest tedaj še nepozidanih predelov Bežigrada in Šiške. Ta načrt je bil pri nas prvi primer poskusa ureditve celega novega dela naraščajočega mesta z vsemi urbanističnimi problemi in ne samo izravnavanje obstoječih ulic in cest. Plečnik je že takrat načrtoval obvoznico, ki bi povezovala štajersko vpadnico v loku za Rožnikom s Tržaško cesto (slika 16). Načrt pa je bil le delno uresničen.



Slika 16: Regulacijski načrt Ljubljane, J. Plečnik, merilo ni znano, l. 1929

Tako kot Fabianijev je tudi Plečnikov načrt Velike Ljubljane nastal na podlagi dunajskih izkušenj. Plečnik je zasnoval Ljubljano kot koncentrično mesto, ki bi se iz starega historičnega jedra širilo radialno navzven. V Ljubljani ni uspel realizirati nobenega od večjih urbanističnih načrtov, tudi manjši projekti so bili pozneje bistveno spremenjeni. Kljub vsemu pa mu je uspelo mestu dati kontinuiteto – uspelo mu je povezati umetniško dediščino prejšnjih stoletij z novejšim časom. Kljub temu, da je bilo njegovo delo izvedeno samo po fragmentih in svojih projektov ni mogel povezati v homogeno celoto, je vendarle dal mestu

lasten pečat, ki ga nosi še danes. Plečnikova Ljubljana je še danes sinonim za mesto, ki se je izoblikovalo med obema vojnama (Korošec, 1991).

2.5 Razvoj Ljubljane po prvi svetovni vojni

Po prvi svetovni vojni so veliko pozornosti namenili tudi reševanju perečega stanovanjskega vprašanja. Na eni strani so ga reševali z velikimi najemniškimi stanovanjskimi hišami in bloki, na drugi strani pa z najskromnejšimi delavskimi kolonijami in barakarskimi naselji (npr. Galjevica, Sibirija, London). Nastajale so četrti meščanskih vil (na Mirju, pod Rožnikom, za Bežigradom). Mesto se je ob glavnih vpadnicah počasi širilo navzven, zato so leta 1935 nekatere okoliške občine pridružili t. i. Veliki Ljubljani. Mestu so priključili celotne občine Moste, Šiško in Vič, južni del občine Ježica, del katastrske občine Šmartno in katastrsko občino Štepanja vas. Novopriključeni deli so rasli bolj ali manj brez urbanističnih načrtov. V tridesetih letih 20. stoletja se je zaradi gospodarskega razvoja spreminjala tudi podoba mestnega središča. Ob današnji Slovenski cesti se je razvilo novo upravno-poslovno središče. V tem času je bila zgrajena tudi tedaj najvišja zgradba, ljubljanski Nebotičnik**.

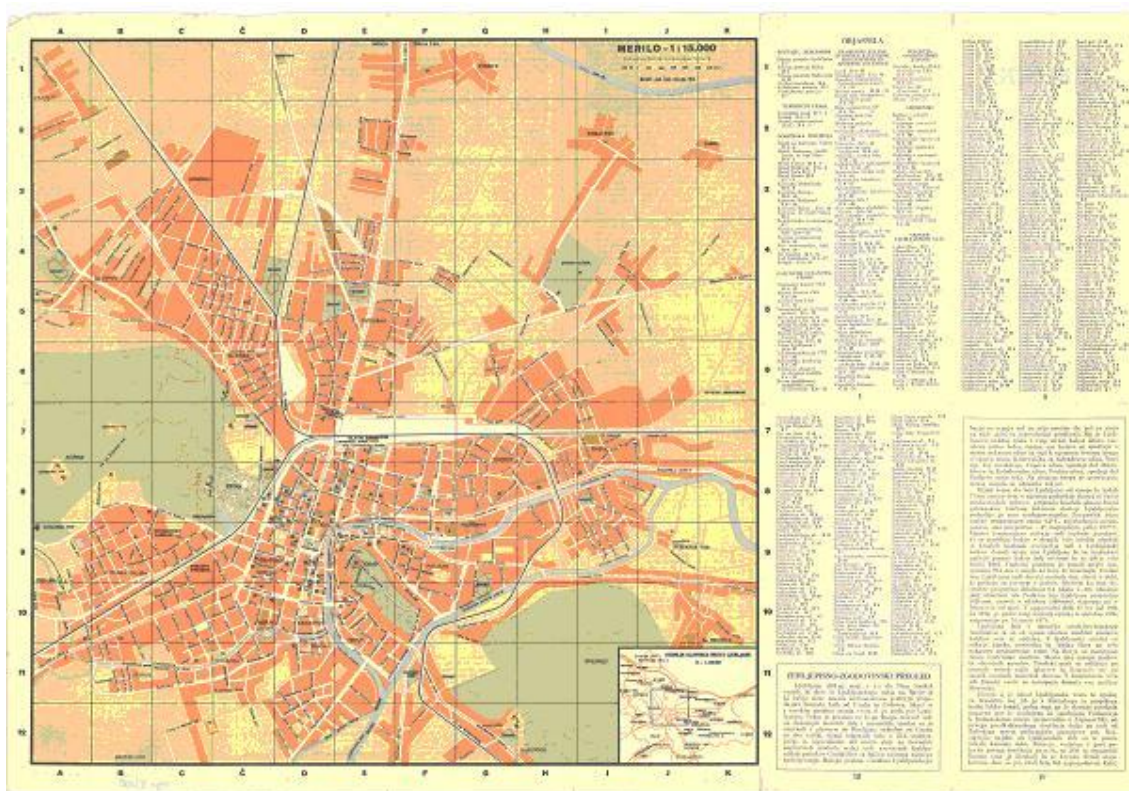
Mesto se zaradi pomanjkljive dokumentacije in zaradi neustrezne zakonodaje med obema vojnama ni moglo skladno razvijati. Mestno zemljišče je bilo v privatnih rokah, državne so bile samo nekatere poslovne, industrijske, vojaške in deloma železniške površine. Mesto je hitro raslo čez meje, ki jih je zajemal stari regulacijski načrt. Na rast je vplivala predvsem upravna in politična funkcija mesta, povečanje obrti in trgovine in živahne kulturne dejavnosti. Bližnje in oddaljene vasi je zajel val intenzivne gradbene dejavnosti in nekatere izmed njih so se leta 1935 tudi uradno priključile Ljubljani. Ljubljana je v tem času začela dobivati značilno obliko mesta, v katerem se je intenzivno gradilo ob glavnih vpadnicah in v katerem so se izgubljale jasno definirane meje mesta. Ob robu mestnega središča v Trnovem in na Viču, za Bežigradom, v Šiški in na Kodeljevem se je intenzivno širil pas meščanskih hiš in izpolnjevale so se vrzeli v predelih, ki so bili v glavnem pozidani že pred prvo svetovno vojno.

** : Pri kopanju temeljev Nebotičnika so našli na vodnjak, narejen iz kvadrov kraškega marmorja. Spadal je k samostanu, ki je včasih stal na prostoru Nebotičnika. Stavba stoji na šestnajstih stebrih, ki segajo osemnajst metrov globoko in je tako ena najbolj potresno varnih stavb v Ljubljani. Ob zgraditvi leta 1933 je bil ljubljanski Nebotičnik s svojimi 70 m višine najvišja stanovanjska stavba v Evropi.

Značilnost teh predelov je bila, da so rasli več ali manj stihijsko, brez posebnih urbanističnih načrtov, v glavnem na osnovi obstoječe cestne mreže in parcelacije. Vzporedno z obročem individualnih hiš so se na robu mestnega naselja širile tudi barakarske kolonije in stanovanjska naselja za najrevnejši sloj mestnega prebivalstva (Bogič, 1968).

2.5.1 Černetov in Tomažičev načrt Ljubljane iz leta 1934

Stanje mesta med obema vojnama je mogoče razbrati z Načrta stolnega mesta Ljubljane M. Černeta in M. Tomažiča, ki je izšel leta 1934 (slika 17). V obdobju med obema vojnama se je mestna in obmestna pozidava širila s stanovanjskimi in industrijskimi objekti, kar je zahtevalo veliko dela na področju geodetskih in zemljiškokatastrskih merjenj in dopolnjevanj. Začela so se že leta 1926 in so bila tudi osnova omenjenemu načrtu v merilu 1 : 10.000, ki sta ga izdelala mestna geometra M. Černe in M. Tomažič. Izdal ga je mestni gradbeni urad v Ljubljani tudi za širše, predvsem turistične potrebe mesta. V primerjavi s Kochovim načrtom iz leta 1910 je opaziti val urbanizacije ne samo do najbližjih strnjjenih naselij, temveč tudi do bolj oddaljenih naselij kot so Dravlje, Vižmarje, Vrhovci itd. Mesto se je najbolj razširilo proti severu. Novi mestni predeli so še vedno nastajali večinoma brez enotnih smernic (Korošec, 1991).



Slika 17: Načrt stolnega mesta Ljubljane, M. Černe in M. Tomažič, M = 1 : 10.000, l. 1934

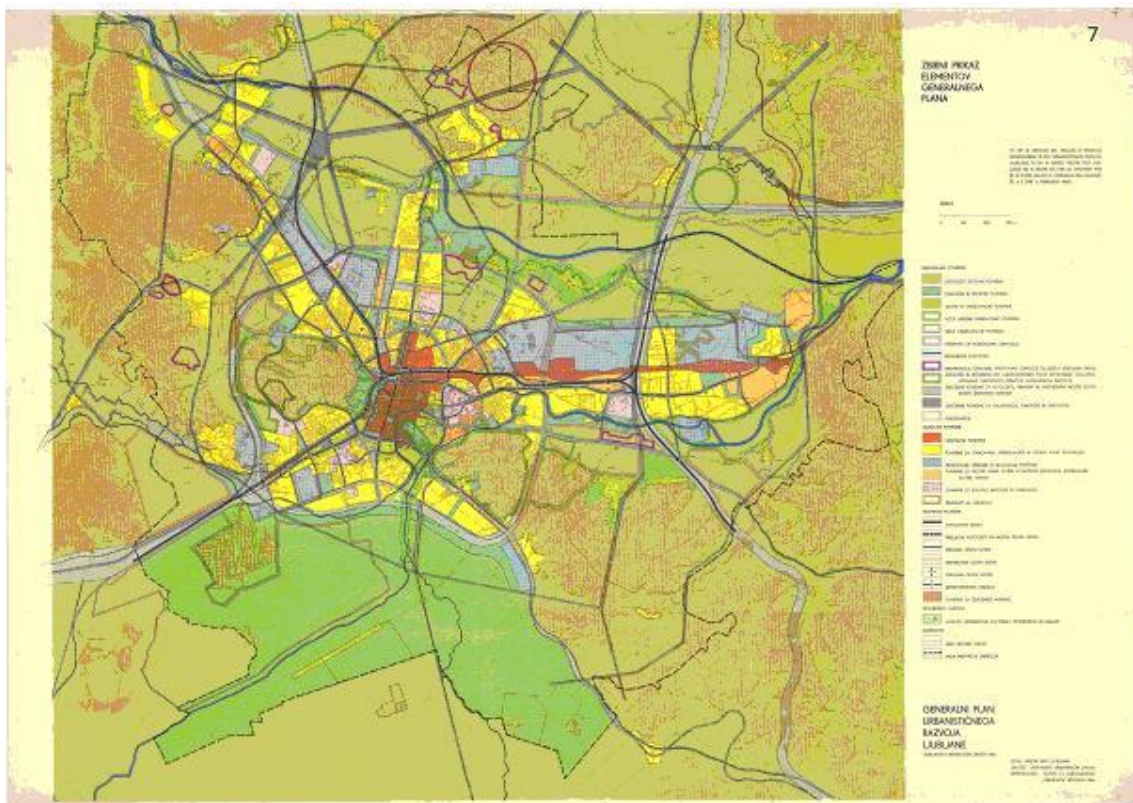
2.6 Ljubljana med obema vojnama

Nasploh je mogoče reči, da je bila Ljubljana pred drugo svetovno vojno v primerjavi z aktualnimi regulacijskimi načrti dobro preskrbljena z informativnimi in turističnimi publikacijami, ki so običajno vsebovale tudi načrt mesta. Med kartografsko kvalitetnejše je sodil npr. Načrt mesta Ljubljane v turističnih vodnikih Rudolfa Badjura in Načrt Ljubljane v merilu 1 : 15.000, ki ga je bilo mogoče najti kot prilogo Vadjalovega Kažipota po Ljubljani. Med obema vojnama je razvoj mesta še vedno urejal veljavni regulacijski načrt iz leta 1896 in stavbni red za Kranjsko iz istega leta. Slednjega je leta 1931 zamenjal novi gradbeni zakon Kraljevine Jugoslavije. Načrtni razvoj mesta je oviralo pomanjkanje ustrezne zemljiške politike, tako da se je živahna gradbena dejavnost v tem obdobju podrejela volji zasebnih lastnikov stavbnih zemljišč. Pomemben preobrat se je zgodil z razpisom javnega natečaja za novi urbanistični načrt leta 1940, s katerim je želela Ljubljana narediti korak naprej v urejanju

širšega mestnega središča. Odkupljenih je bilo kar nekaj projektov in pri mestni upravi je bil nato ustanovljen nov regulacijski pododsek, v katerega uspešen začetek delovanja pa je posegla druga svetovna vojna (Korošec, 1991).

2.7 Povojna Ljubljana

Po letu 1945 je potekala v Ljubljani vsesplošna gospodarska in družbena obnova. V povojnem obdobju je začel prevladovati predvsem t. i. urbanizem in arhitektura za človeka, se pravi gradnja tovarn, delavskih stanovanj ter stavb za potrebe družbenih in političnih organizacij. Vse do sprejetja generalnega urbanističnega načrta leta 1966 (slika 18) so v Ljubljani gradili precej nenačrtno, večinoma glede na sprotne potrebe naročnikov.



Slika 18: Generalni urbanistični načrt, M = 1 : 10.000, l. 1966

Večji urbanistični projekti so bili povezani tudi z rekonstrukcijo glavnih prometnih komunikacij skozi mesto. Sredi petdesetih let so se začeli uveljavljati tudi vplivi zahodnoevropske in ameriške moderne funkcionalistične arhitekture, ki so se kazali na objektih Metalke, Skupščine republike Slovenije, Gospodarske zbornice Slovenije. Od začetka šestdesetih let je doživel urbanizem Ljubljane nove razsežnosti, z njim je bil povezan nastanek mnogih kakovostnih stavb in stavbnih kompleksov.

Za stavbe iz osemdesetih let je bila značilna postmodernistična arhitektura, na katero je kazal osebni pristop, ponovna uporaba ornamentike in z modernimi dodatki obogateni historični detajli. Po osamosvojitvi Slovenije se je okrepila prestolniška vloga Ljubljane in notranja funkcionalna in fizična zgradba mesta se je pričela hitro spreminjati. Graditev stanovanj je sicer zastala, močno pa se je razmahnila graditev trgovin in velikih nakupovalnih središč, ki so po svojem obsegu že presegla potrebe in kupno moč prebivalstva. Hitro se je povečevalo tudi število osebnih avtomobilov, kar je povzročalo v mestu nevzdržne prometne razmere. Vse to je narekovalo potrebo po temeljiti reviziji obstoječega mestnega razvojnega načrta in večjo skrb zagotavljanju skupnih in dolgoročnih interesov meščanov. Kajti samo načrten razvoj bi lahko zagotovil izboljšanje okolja (Vovk, 1998).

3 GEOREFERENCIRANJE NAČRTOV

Osnovna naloga diplomske naloge je bilo georeferenciranje kart Ljubljane različnih starosti in avtorjev, se pravi, njihovo umeščanje v današnje stanje. Tako jih lažje analiziramo, primerjamo med seboj in s kartami današnjega stanja ter tudi kombiniramo z različnimi vektorskimi podatki. Georeferenciranje je bilo potrebno, ker pri obravnavanih kartah nismo poznali transformacijskih parametrov in merila (pri nekaterih kartah je bilo znano približno merilo). Zato je za njihovo pridobitev prišel v poštev samo postopek georeferenciranja, ki je transformacija podatkov v ustrezno kartografsko projekcijo. Ker so bile stare karte in načrti Ljubljane narejeni v različnih tehnikah, merilih in natančnostih v skladu z razvojem kartografije, so zato prišle za georeferenciranje v poštev tudi različne vrste transformacij. Postopek georeferenciranja temelji na identičnih točkah, ki jih je treba izbrati tako, da so geografsko na istem mestu tako na stari karti kot na referenčni karti (ortofoto posnetku ali na različnih digitalnih kartah današnjega stanja). Ponavadi je prišla pri georeferenciranju starejših kart kot referenčna podoba najbolj v poštev državna topografska karta v merilu 1 : 25.000 (DTK25), ki je sicer manj natančna kot digitalni ortofoto posnetek v merilu 1 : 5000 (DOF5), vendar je lažje berljiva. Novejše karte, na katerih je stanje že zelo podobno današnjemu, pa smo georeferencirali največkrat z digitalnim ortofoto posnetkom (DOF5), saj smo tako lahko dobili boljše rezultate, ker je natančnejši kot državna topografska karta (DTK25). Naš cilj je bil obdelovano karto čimbolj približati referenčnemu sloju, končni izdelek pa smo na koncu izbrali s primerjanjem med različnimi načini transformacij.

Precej pozornosti smo posvetili izbiri identičnih točk, saj je bila od njih v veliki meri odvisna uspešnost transformacije. Na starejših kartah so bila geometrično najboljša izbira točke, ki so predstavljale cerkve ali zvonike. Pri novejših kartah pa so se že pojavljali objekti, ki so prisotni tudi danes. Novejša kot je bila karta, lažja in večja je bila izbira identičnih točk.

3.1 Polinomske transformacije

Stopnja zapletenosti polinomske transformacije je podana z redom polinoma ali redom transformacije. Pri georeferenciranju starih kart smo največkrat uporabili polinomske

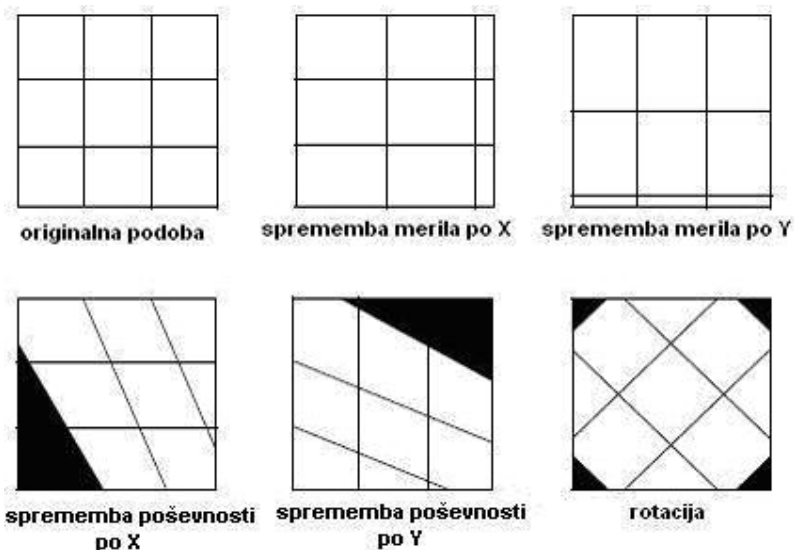
nelinearno transformacijo drugega reda, ker je dala najboljše rezultate. V nadaljevanju so opisane linearna in nelinearne transformacije ter lokalni razteg (angl. rubber sheeting) kot posebna vrsta transformacije.

3.1.1 Linearna transformacija

Transformacija prvega reda se imenuje linearna transformacija. Spremeni lahko (slika 19):

- položaj na koordinati X ali/in koordinati Y,
- merilo na koordinati X ali/in koordinati Y,
- poševnost na koordinati X ali/in koordinati Y,
- vrtenje.

Na splošno lahko transformacije prvega reda uporabljamo za projiciranje neobdelane podobe v ravninsko kartografsko projekcijo, spreminjanje iz ene ravninske kartografske projekcije v drugo in za rektifikacijo relativno majhnih podob. Transformacije prvega reda lahko uporabljamo tudi za podatke, ki so že projicirani v ravnino, pa še niso rektificirani v želeno kartografsko projekcijo, na primer, podatki pridobljeni s sateliti SPOT in Landsat.



Slika 19: Primeri linearnih transformacij (Schrader et al., 1997)

Transformacijska matrika za linearno transformacijo vsebuje 6 koeficientov – 3 za vsako koordinato (X in Y):

$$\begin{bmatrix} b_0 & b_1 & b_2 \\ a_0 & a_1 & a_2 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

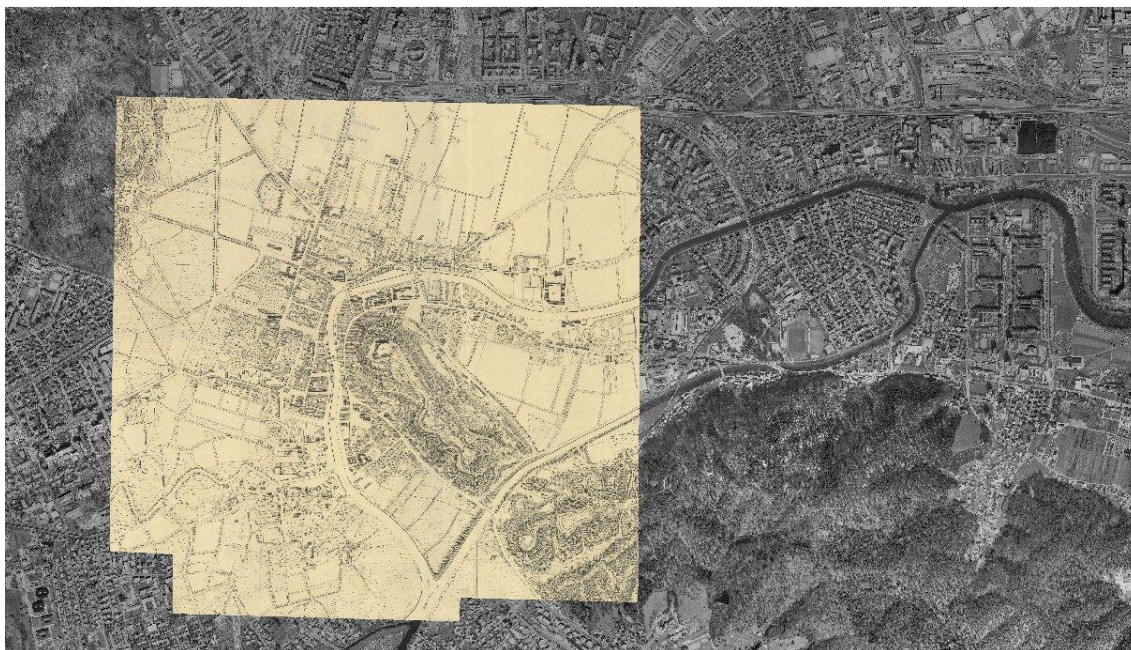
Koeficienti a_0, \dots, b_2 so uporabljeni v polinomu prvega reda:

$$x_0 = a_0 + a_1x + a_2y, \quad (2)$$

$$y_0 = b_0 + b_1x + b_2y. \quad (3)$$

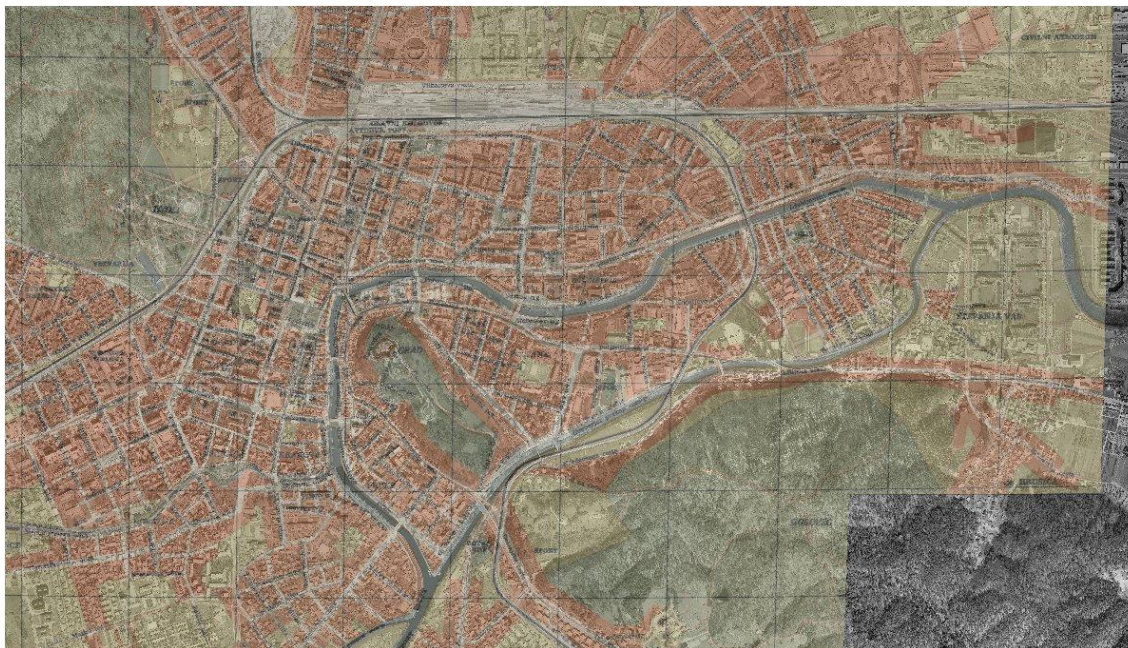
Pri tem so x in y vhodne koordinate, x_0 in y_0 pa rektificirane koordinate.

Linearno transformacijo smo uporabili pri katastrskem načrtu iz leta 1840, ki prikazuje osrednji del mesta Ljubljana (slika 20) in pri Černetovem načrtu Ljubljane iz leta 1953 (slika 21). Ker sta bila oba načrta precej natančna, smo za doseg zadovoljivih rezultatov (analiza na koncu poglavja 4) pri prvem zajeli samo 12 točk, pri drugem pa 39 točk.



Slika 20: Obrezan načrt iz leta 1840, karta se zelo dobro ujema s podlago (DOF5), v primerjavi z njo je malo zavrnena v desno (Vir: DOF5, 2002, © Geodetska uprava RS)

Najverjetnejši vzrok za zasuk načrta v desno je ta, da je načrt orientiran proti geografskemu severu, podlaga (DOF5) pa proti kartografskemu severu, kot med njima je meridianska konvergenca.



Slika 21: Izsek iz Černetovega načrta iz leta 1953, ki se zelo dobro ujema s podlago (DOF5)
(Vir: DOF5, 2002, © Geodetska uprava RS)

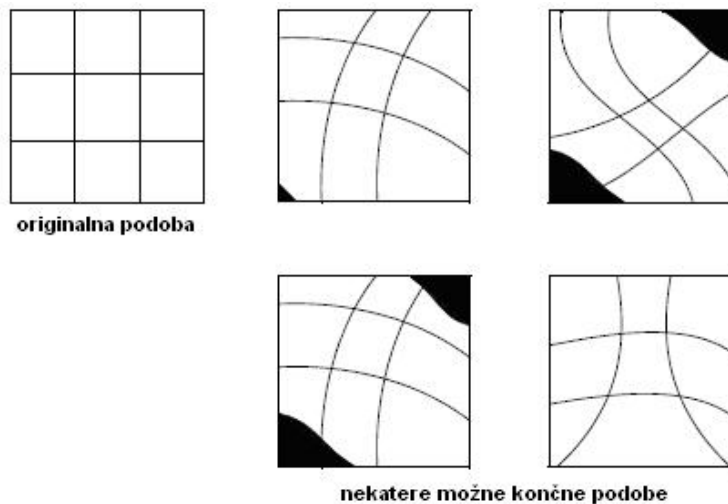
3.1.2 Nelinearne transformacije

Transformacije drugega ali višjih redov se imenujejo nelinearne transformacije. Te transformacije imajo sposobnost popraviti deformacije na podobi. Poseben proces odpravljanja deformacij na podobah je znan tudi pod imenom lokalni razteg (angl. rubber sheeting), ki je obravnavan v nadaljevanju tega poglavja.

Na splošno lahko *transformacije drugega reda* uporabljamo za spreminjanje podatkov geografskih širin in dolžin v ravninsko projekcijo, za podatke, ki prekrivajo velike predele (ob upoštevanju Zemljine zakrivljenosti) in za popačene, deformirane podatke (na primer zaradi popačenja podobe zaradi leč v kameri). *Transformacije tretjega reda* pridejo v poštev pri popačenih fotografijah iz zraka in pri radarskih posnetkih. *Transformacije četrtega reda* pa so

uporabne pri zelo popačenih posnetkih iz zraka. Načeloma naj bi polinome tretjih in četrtih redov uporabljali čim manj, saj za zadovoljive rezultate potrebujemo zelo veliko število zajetih točk, drugače lahko pride do velikih dodatnih popačenj.

Učinke nelinearnih transformacij prikazuje slika 22:



Slika 22: Rezultati nelinearnih transformacij (Schrader et al., 1997)

Nelinearna transformacija tretjega reda je prinesla zadovoljive rezultate samo pri stari avstrijski vojaški karti (slika 23), kjer smo zajeli 599 točk, večinoma cerkva. Georeferencirali smo jo s skenirano državno topografsko karto v merilu 1 : 25.000 (DTK25).



Slika 23: Izsek iz stare avstrijske vojaške karte, podlaga je državna topografska karta (DTK25) (Vir: DTK25, 1996–1999, © Geodetska uprava RS)

3.1.3 Učinek reda

Izračun polinomskih enačb višjih stopenj je bolj zapleten od polinomov nižjih stopenj. Zato so polinomske enačbe višjih stopenj tudi uporabljene za izračun zahtevnejših popravkov podob. Za lažje razumevanje učinkov različnih redov transformacij pomaga primerjava končnega učinka polinomskih transformacij različnih redov.

V naslednjem primeru je uporabljena samo ena koordinata (X) namesto dveh (X , Y), ki sta ponavadi potrebni za računanje popravkov s polinomi. Tak način omogoča izris 2D grafov, ki nazorno demonstrirajo, kako transformacije višjih redov vplivajo na končno podobo izdelka.

Predpostavimo, da so koordinate X naslednje:

Preglednica 1: Primer vhodnih koordinat in referenčnih koordinat X za linearno transformacijo

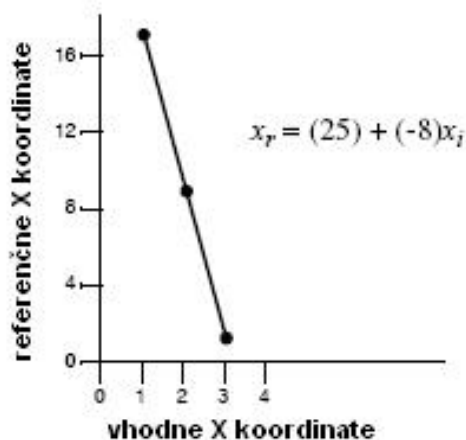
Vhodne koordinate X	Referenčne koordinate X
1	17
2	9
3	1

V poštev pride transformacija prvega reda, zanjo uporabimo naslednjo enačbo (koeficienti so v oklepajih):

$$x_r = (25) + (-8)x_i \quad (4)$$

kjer je x_r referenčna koordinata X in x_i vhodna koordinata X.

Ta enačba je istega tipa kot enačba za premico ($y = mx + b$). V matematični terminologiji je polinom prve stopnje linearen, zato se imenuje transformacija prvega reda tudi linearna transformacija. Zgornja enačba je prikazana v grafu 1:



Graf 1: Prikaz polinoma prvega reda

V primeru, da se referenčne X koordinate spremenijo (preglednica 2), premica ne more več povezati vseh točk, zato jih ne moremo več izračunati s polinomom prvega reda.

Preglednica 2: Primer vhodnih in referenčnih koordinat X za nelinearno transformacijo drugega reda

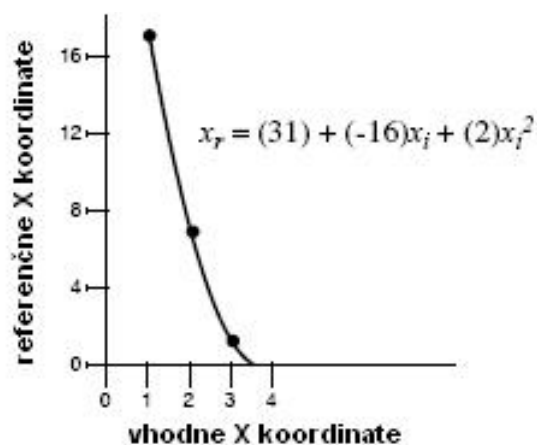
<i>Vhodne X koordinate</i>	<i>Referenčne X koordinate</i>
1	17
2	7
3	1

Tu pride v poštev enačba za polinom drugega reda:

$$x_r = (31) + (-16)x_i + (2)x_i^2, \quad (5)$$

kjer je x_r referenčna koordinata X in x_i vhodna koordinata X.

Polinomi od drugega reda naprej so nelinearni. Enačba (5) je izrisana v grafu 2:



Graf 2: Prikaz polinoma drugega reda

V primeru, da je dodana še kakšna točka (preglednica 3), je potrebno uporabiti polinom tretjega reda, da bi se vse točke prilegale krivulji (graf 3).

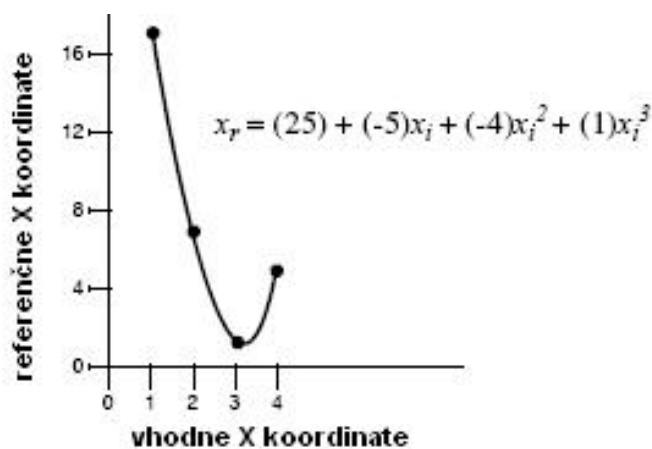
Preglednica 3: Primer vhodnih in referenčnih koordinat X za nelinearno transformacijo višjih redov

Vhodne X koordinate	Referenčne X koordinate
1	17
2	7
3	1
4	5

Enačba za polinom tretjega reda je naslednja:

$$x_r = (25) + (-5)x_i + (-4)x_i^2 + (1)x_i^3, \quad (6)$$

kjer je x_r referenčna koordinata X in x_i vhodna koordinata X.

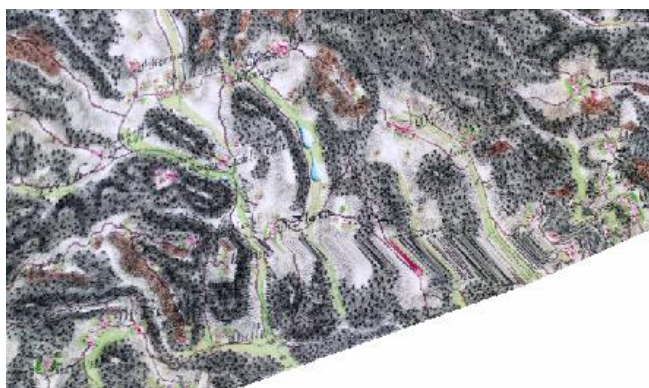


Graf 3: Prikaz polinoma tretjega reda

Enačba (6) lahko po nepotrebnem postane preveč zapletena. Uporaba te transformacije lahko povzroči neželena popačenja na končni podobi na račun tega, da so v transformaciji upoštevane vse točke. Se pravi, bolj zapletena kot je transformacija (višji kot je red), večje število identičnih točk je potrebnih in večja je možnost popačenja na končni podobi. Zato je smiselna uporaba transformacij višjih redov samo v primeru, ko je na voljo dovolj točk za transformacijo.

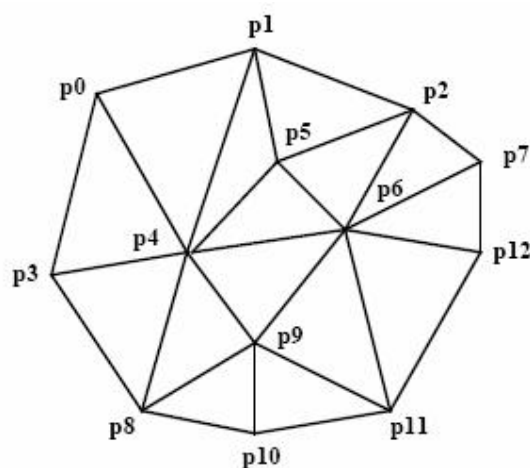
3.1.4 Lokalni razteg

V splošnem je vloga te transformacije, da lokalno raztegne (angl. rubber sheeting) obdelovano podobo na referenčno podobo s pomočjo vnaprej definiranih referenčnih točk. Osnova te transformacije je triangulacija. Vsak trikotnik ima tri referenčne točke na ogliščih. Za vzpostavitev matematičnega razmerja med vhodnim in referenčnim sistemom se lahko uporabi polinomska transformacija za vsak trikotnik. Ker transformacija poteka točno skozi vsako referenčno točko in ni v enotni obliki, se imenuje tudi *rubber sheeting* ali lokalni razteg. Ta metoda naj bi se uporabljala samo v primeru, ko druge polinomske transformacije ne dajo sprejemljivih rezultatov, kajti v primeru premalo referenčnih točk lahko pride do »razlitja« karte (slika 24), popačenje pa je načeloma manjše kot pri polinomih višjih redov.



Slika 24: »Razlita« podoba karte zaradi premalo zajetih točk pri postopku lokalnega raztega

Za izvedbo na trikotnikih osnovane rektifikacije je treba triangulirati zajete točke v mrežo trikotnikov. Watson je leta 1992 povzel štiri vrste triangulacije: poljubno, optimalno, Greedyevo in Delaunayeva triangulacijo. Izmed teh štirih različnih vrst triangulacij je Delaunayeva najpogosteje uporabljena zato, ker so končni trikotniki najbolj enakokotni. *Delaunayeva triangulacija* se imenuje po ruskem matematiku Borisu Nikolajeviču Delaunayu, ki jo je izumil leta 1934. Triangulacija je Delaunayeva, če izpolnjuje Delaunayev pogoj, ki pravi, da v nobenem krogu, ki bi bil očrtan nekemu trikotniku triangulacije, ne sme biti nobena točka. S tem dobimo triangulacijo, ki ima najmanjše število trikotnikov z majhnimi notranjimi koti (slika 25) (Schrader et al., 1997).



Slika 25: Primer triangulacijske mreže, sestavljene iz trinajstih točk

Ko je mreža trikotnikov vzpostavljena in je razpoložljiv prostorski red referenčnih točk, lahko izvedemo geometrično rektifikacijo na osnovi trikotnikov. Ta metoda je privlačna, ker celotno območje razdelimo na manjše koščke. Če je geometrični problem celotnega območja zelo zapleten, je lahko geometrija vsakega trikotnika zelo poenostavljena in rešljiva z enostavnimi transformacijami.

Najlažja in najhitrejša je linearna transformacija s polinomi prvega reda:

$$x_o = a_o + a_1x + a_2y, \quad (7)$$

$$y_o = b_o + b_1x + b_2y. \quad (8)$$

Čeprav je linearna transformacija lahka in hitra, ima eno pomanjkljivost: prehajanje med trikotniki ni vedno gladko. Ta pojav postane očiten pri senčenem reliefu ali obrisih črt iz digitalnega modela višin (DMV), ki je izdelan z linearnim lokalnim raztegom. Povzročajo ga spremembe nagibov na robovih trikotnikov. Da bi enakomerno porazdelili spremembe nagibov po trikotnikih, uporabljamo nelinearne transformacije višjih redov.

Poudariti je treba, da je analiza referenčnih točk odločilna za določitev natančnosti modeliranja po lokalnem raztegu. Za takšno natančno metodo modeliranja referenčne uporabljene točke v postopku modeliranja nimajo več veliko geometričnih lastnosti. Za

ocenitev geometrične transformacije med vhodnim in izhodnim koordinatnim sistemom je priporočljiva ugotovitev natančnosti ob uporabi neodvisnih referenčnih točk.

3.2 Minimalno število uporabljenih točk za georeferenciranje

Višja stopnja uporabljenih polinomov za izračun transformacije pride v poštev pri bolj zapletenih deformacijah. Na splošno velja, da je za transformacijo višjega reda potrebno večje število točk, ki povezujejo podobo, ki jo nameravamo georeferencirati in referenčno podobo. Za uporabo linearne transformacije so potrebne najmanj tri točke. Za transformacijo drugega reda pa je potrebnih najmanj šest točk.

Minimalno število točk, potrebnih za transformacijo reda t izračunamo po enačbi (8):

$$\frac{(t+1) \cdot (t+2)}{2}. \quad (8)$$

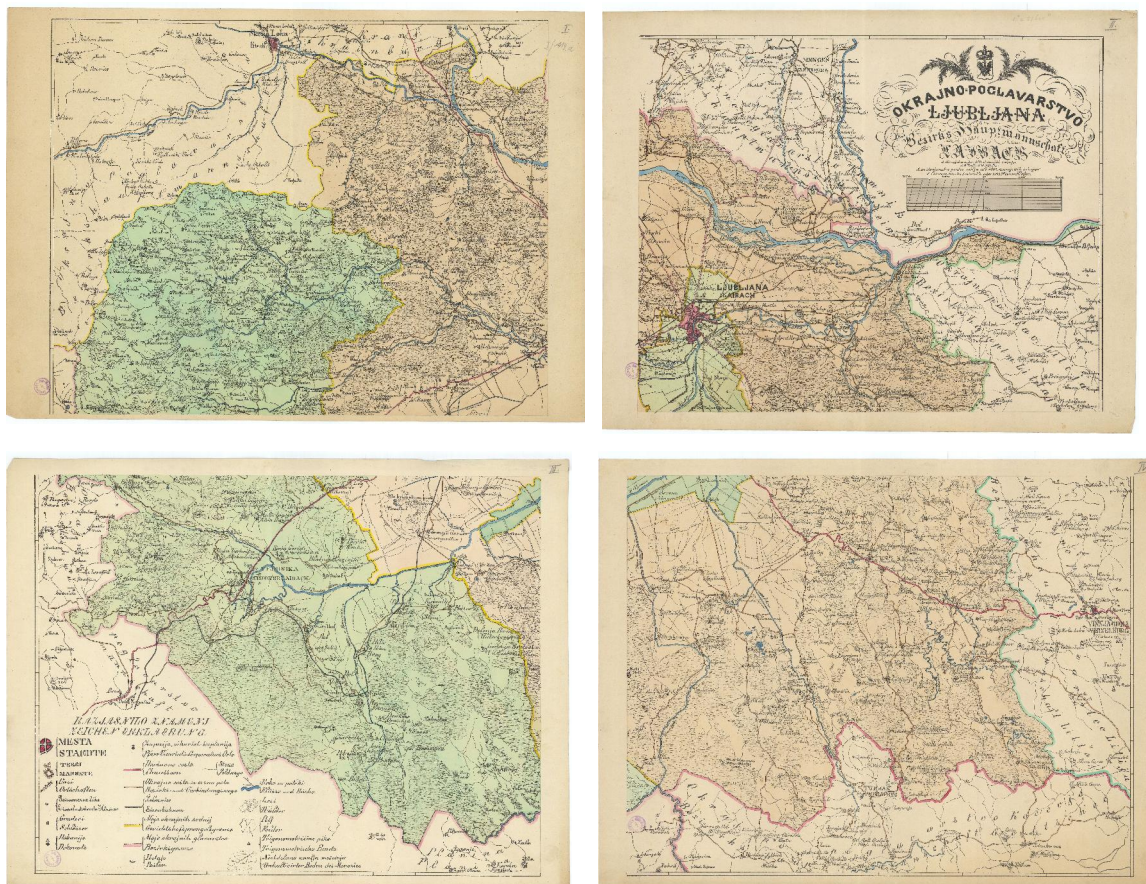
Zelo priporočljivo je, da se uporabi več kot minimalno število točk (preglednica 4) za georeferenciranje podob kadar koli je to možno, kajti tako povečamo učinkovitost izbrane transformacije. Običajno pa je zelo težko dobiti popolno ujemanje dveh podob kljub velikemu številu uporabljenih točk (Schrader et al., 1997).

Preglednica 4: Minimalno število točk, potrebnih za transformacijo

Red transformacije	Minimalno število točk
1	3
2	6
3	10
4	15
5	21
6	28
7	36
8	45
9	55
10	66

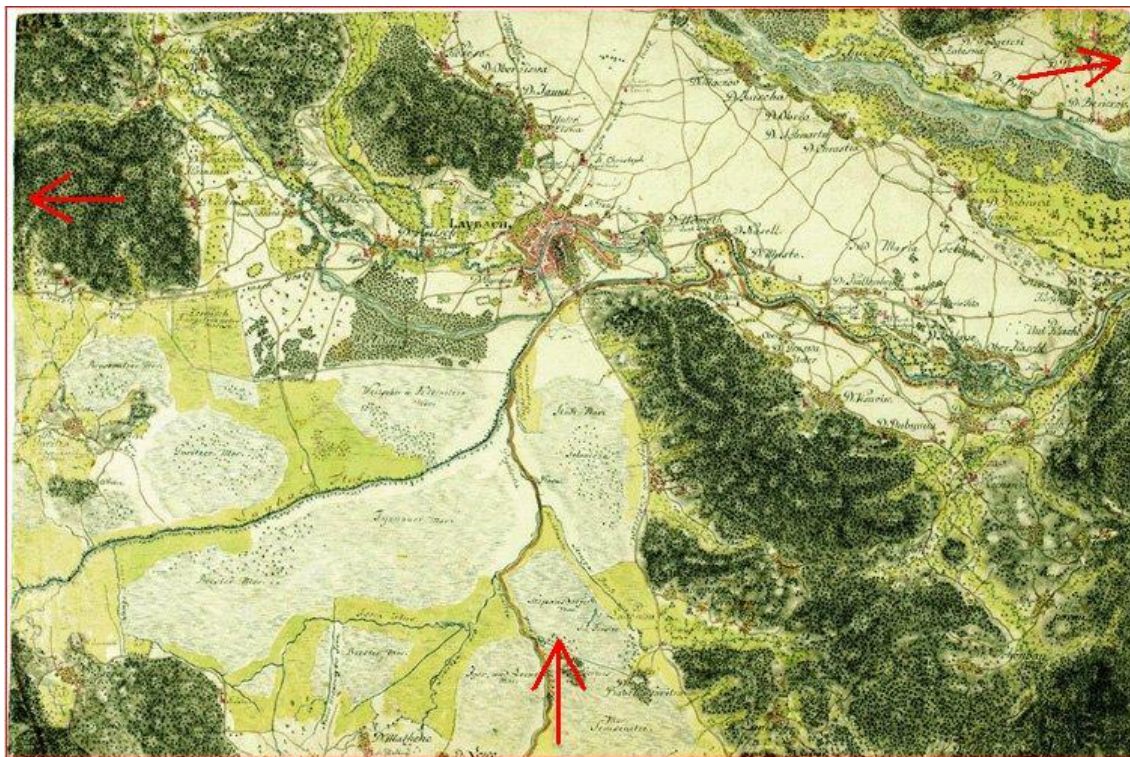
3.3 Mozaičenje in barvno usklajevanje

Nekatere karte smo morali najprej sestaviti in barvno uskladiti, nato pa je prišlo na vrsto georeferenciranje. Sestavljanje karte iz večih delov se imenuje mozaičenje. Ta postopek je prišel v poštev pri stari avstrijski vojaški karti, ki smo jo sestavili iz dvajsetih delov (podrobneje je predstavljena v poglavju 4) ter pri karti Ljubljane v času avstrijske nadvlade, ki smo jo sestavili iz štirih delov (slika 26). Največji problem, ki se je pri mozaičenju pojavil, je bilo neujemanje posameznih delov kart med seboj. Vzrok temu so lahko napake kartografov pri sami izdelavi karte ali pa je prišlo do deformacij pri skeniranju delov karte.



Slika 26: Deli karte Ljubljane in okolice, neznan avtor, $M \approx 1 : 58.400$, konec 18. stoletja

Zato smo posamezne koščke kart najprej priredili na enake pravokotnike. Nekateri deli so bili precej spačeni, saj gre za dokaj stara izdelka (druga polovica 18. stoletja). Rezultat raztezanja posameznega dela kart v enoten pravokotnik je podoben kot pri postopku lokalnega raztega (gre za to, da posamezne skenograme transformiramo v njihovo prvotno kartirano obliko), razlika je le v tem, da smo posamezne dele ročno raztegnili na izbrano površino – v našem primeru je bil to pravokotnik (slika 27).

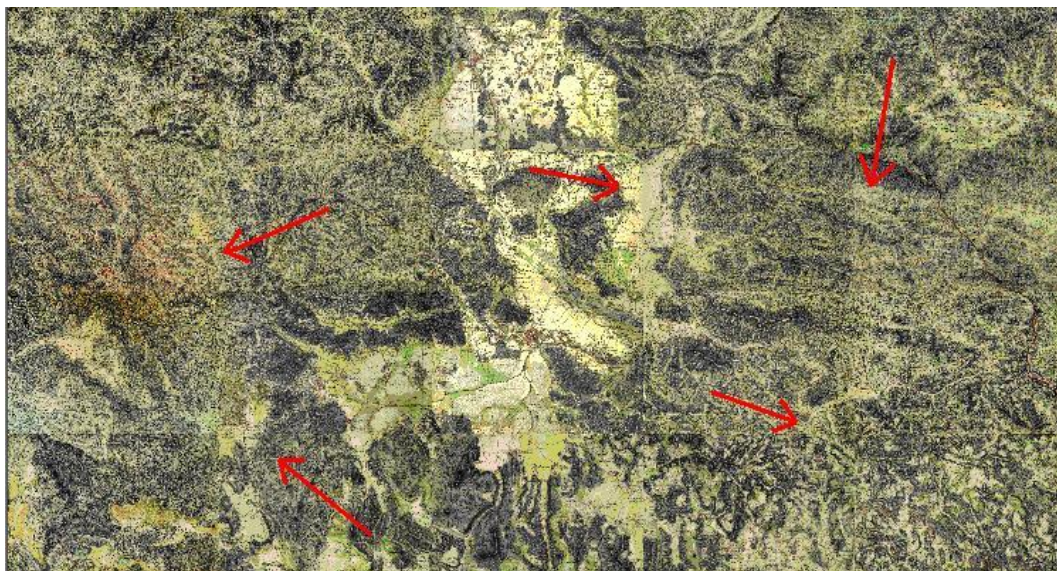


Slika 27: Umestitev 190. lista stare avstrijske vojaške karte v enoten pravokotnik, puščice prikazujejo smer raztega posameznega roba karte

Pri raztezanju smo morali paziti, da so bile deformacije površine čim manjše, saj bi v nasprotnem primeru prišlo do neujemanja sosednjih delov kart med sabo. Razteg v pravih pravokotnik nikjer ni bil večji kot 1% celotne širine oziroma dolžine posameznega lista karte. Deformacijam pa se kljub temu nismo mogli povsem izogniti, zato smo naknadno na sestavljenih kartah ročno popravili posamezne napake, kot so neujemanje rek, cest in hribov na robovih. Na posameznih delih stare avstrijske vojaške karte se je pojavil tudi različen način risanja reliefa, vzrok temu so bili različni avtorji, ki so karto izdelali. Zato smo morali na prehodu iz enega na drug košček karte tudi to karseda popraviti.

Nato je prišlo na vrsto barvno usklajevanje. Najprej smo združili dele karte po vrsticah. V posamezni vrstici smo izbrali košček karte, kateremu smo barvno priredili ostale v vrstici. Ko smo posamezne vrstice sestavili v celotno karto, smo jo popravili tako, da smo izbrisali robove med posameznimi deli karte in poskušali čim bolj barvno uskladiti določena območja

s celotno karto. Nekateri deli karte so namreč barvno precej odstopali od prevladujoče vsebine, zato smo jih morali ročno barvno uskladiti z njimi (sliki 28 in 29).



Slika 28: Mozaik iz dvajsetih delov stare avstrijske vojaške karte pred barvnim usklajevanjem



Slika 29: Mozaik iz dvajsetih delov stare avstrijske vojaške karte po barvnem usklajevanju

Ko smo karto optimalno popravili, je sledilo georeferenciranje celotne karte po postopku, opisanem na začetku tega poglavja.

4 PREDSTAVITEV IZBRANIH NAČRTOV

Pri projektu priprave slojev smo obdelali štiriindvajset različnih skenogramov, ki datirajo od 16. do 20. stoletja in njihova transformacija v Gauss-Krügerjevo projekcijo. To je danes najbolj razširjena projekcija za geodetsko računanje, katastrsko in topografsko izmero ter kartiranje. V Avstriji je bila za državno projekcijo sprejeta leta 1917, v Veliki Britaniji leta 1920, v Nemčiji leta 1923, v bivši Jugoslaviji pa leta 1924. Danes je Gauss-Krügerjeva projekcija državna projekcija v več kot 90% vseh držav. To je konformna prečna cilindrična projekcija meridianskih con. Njene značilnosti so, da sta projekciji srednjega meridian in ekvatorja osi X in Y sistema kartezičnih koordinat, ostali meridiani in paralele pa so kompleksne krivulje, simetrične glede na srednji meridian in ekvator. Velja tudi, da na srednjem meridianu ali vzdolž dveh krivulj, simetričnih glede na ta meridian, ni linijskih deformacij (Peterca, 2001).

Karte, ki smo jih obdelovali, so izdelane v različnih projekcijah, merilih in koordinatnih sistemih. Njihova metrična kakovost ni homogena (predvsem zaradi različnih meril), zato imajo posamezne karte različne stopnje natančnosti. Stare karte so včasih izdelovali z različnimi tehnikami pridobivanja podatkov, odvisno od razvoja kartografije in terestričnih tehnik merjenja v določenem obdobju. Tudi metode generalizacije so pri starih kartah večinoma neznane in se razlikujejo med sabo. Na kakovost kartografskega izdelka je v veliki meri vplival namen same karte ter subjektivni pristop kartografa kot izdelovalca karte, saj se je moral izkazati kot vsestranski mojster z velikim risarskim smislom. Na splošno pa velja, da je bilo kartiranje za potrebe vojske in pobiranja zemljiškega davka ponavadi mnogo kvalitetnejše od kartiranja za druge potrebe (glej poglavje 1). V nadaljevanju so podrobneje predstavljene in med sabo primerjane samo najznačilnejše in najzanimivejše karte določenega obdobja.

4.1 Janez Dizma Florjančič (1744)

Florjančičeva karta v približnem merilu 1 : 110.000 je bila sad avtorjevega več kot desetletnega dela, ko je potoval po tedanji Kranjski in s skoraj 300 večjih vzpetin opravil

kartografska merjenja. Na osnovi teh meritev je popravil dotedanje karte in pripravil svojo. Florjančič je za izdelavo svoje karte Kranjske uporabljal Pretorianovo merilno mizico in Marinonijeve metode merjenja. Uporabili smo le del karte Vojvodine Kranjske iz leta 1744, in sicer zgornji desni vogal, ki prikazuje Ljubljano (slika 9). Ta načrt Ljubljane velja za metrično zelo natančen prikaz Ljubljane. Na robovih ima označene geografske koordinate in je risan v merilu 1 : 5000 (Korošec, 1991).



Slika 30: Veduta in načrt Ljubljane v približnem merilu $M = 1 : 5000$, J. D. Florjančič, l. 1744

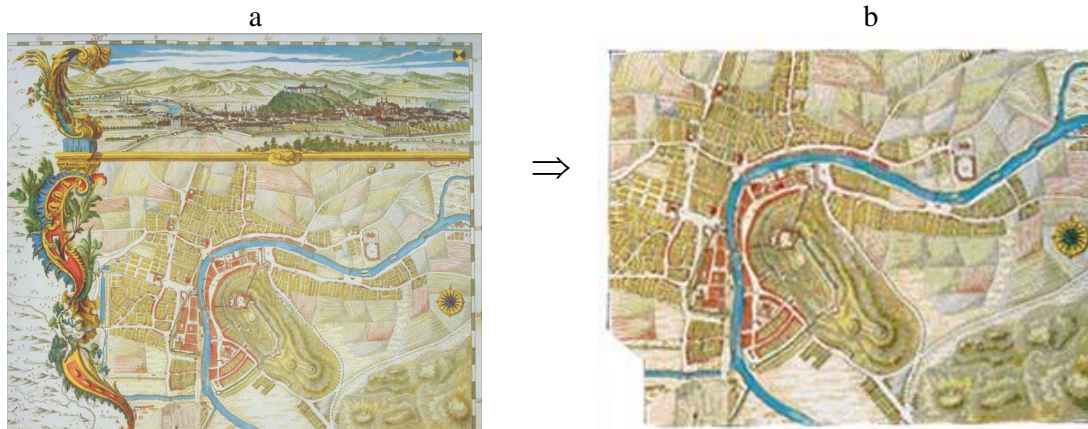
Pri natančnem pregledu karte smo ugotovili, da je Florjančič pri prikazovanju reliefa uporabil v skladu s tedanjo prakso metodo nizov senčenih »krtin« (slika 31) (Korošec, 1991), ponekod pa tudi metodo črtkanja (podrobneje opisano v poglavju 1.2), ali pa je združil oboje.



Slika 31: Prikaz reliefa z metodo senčenih »krtin« in črtkanja

Za celotno karto so značilni tudi natančno narisani topografski elementi in znaki, krajevna imena ter veduta Ljubljane, ki jo je izdelal bakrorezec A. Kaltschmidt. Z veduto je Florjančič dosegel še boljšo predstavo o tedanji podobi mesta in njegovi velikosti. Pri zapisu krajev je uporabljal večinoma ponemčena imena, ponekod pa tudi latinska. Baročne značilnosti tistega obdobja se kažejo v bogati in slikoviti obrobni dekoraciji zemljevida.

Pri tej karti smo uporabili nelinearno transformacijo drugega reda in zajeli 67 točk, kar je relativno malo glede na to, da gre za dokaj staro karto. Ker pa gre za geometrično pravilno karto, za zadovoljiv rezultat georeferenciranja ni bilo potrebnih več točk (sliki 32a, 32b). Končni izdelek smo določili s primerjanjem različnih rezultatov transformacij med seboj, izbrali smo tistega, ki se je najbolj približal referenčnim slojem (DOF5, DTK25).



Sliki 32a, 32b: Primerjava med neobdelano karto (a) in georeferencirano karto (b)

Ker za nadaljnjo uporabo karte njenega roba nismo potrebovali, smo jo obrezali. Vse georeferencirane karte Ljubljane smo poenotili tako, da smo jih vstavili v okvir približnih dimenzij 6 x 4 km. Za boljšo preglednost pa je georeferencirana karta (slika 32b) še ustrezno povečana. Nekatero referenčne točke, ki smo jih uporabili pri georeferenciranju, so bili mostovi čez Ljubljanico, križanje značilnih ulic, pomembne stavbe: Ljubljanski grad, bolnišnice. Najpomembnejše referenčne točke pa so bile cerkve, ker se v Ljubljani pojavljajo v velikem številu in so na istih mestih kot nekoč.

4.2 Stara avstrijska vojaška karta (1763–1787)

V tej nalogi je uporabljena prva izmed treh izmer (glej poglavje 1.2) in je manj natančna v primerjavi s sledečimi, ki so bile zaradi boljšega inštrumentarija in načina izdelave kart precej izboljšane. Ta karta in njeni opisi so nastali zaradi poraza v sedemletni vojni proti Prusiji (1756–1763), ko so Avstrijci zaradi pomanjkljive kartografske predstave ozemlja izgubili Šlezijo (Grabnar, 1994).

S tem državnim kartiranjem, ki v svetovnem smislu spada k prvim državnim kartam v večjem merilu, je Avstrija prekosila vse podobne dejavnosti drugih držav v 18. stoletju. Kartografi so se pri tej karti odpovedali enotnemu vodstvu in skupni triangulaciji, enotnim metodam in enotnim kartografskim znakom, da bi pospešili delo in čim boljše izkoristili obdobje miru, v katerem je karta nastajala (Rajšp, 1996). Posledice tega se zato kažejo v različnih odtenkih barv in načinih prikazovanja reliefa na posameznih listih ter v neenotni legendi (sliki 33a, 33b).



Sliki 33a, 33b: Primera različnih odtenkov barv in prikazov reliefa na različnih listih, izseka iz listov 190 in 190b

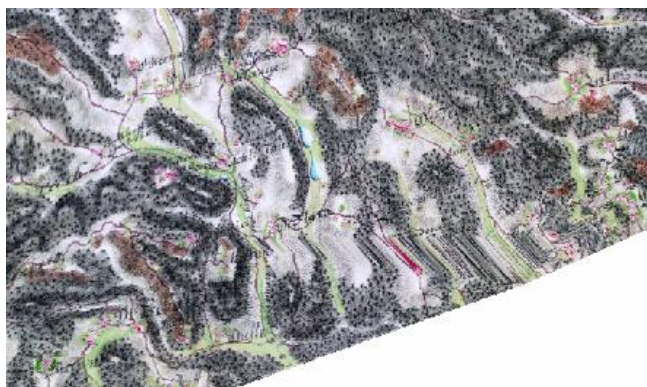
Pri izdelavi so večinoma uporabljali mersko mizo z dioptrskim ravnilom, ki je bila takrat tudi najpomembnejši kartografski pripomoček. Ker je bila karta najprej narejena za vojaške potrebe, so jo na začetku uporabljali samo v vojski, kasneje pa so jo začeli uporabljati tudi v civilne namene, saj so kmalu ugotovili, da je karta lahko odgovor na številna vprašanja o preteklosti dežele, od vegetacije in sestave tal do gospodarske zgodovine (Korošec, 1978). Na karti se lepo vidi, da je bila prvotno namenjena vojski. Nazorno je predstavljeno površje, saj ga potrebuje vojska za svoje premike. Poudarjena je zlasti prehodnost terena, njegova obvladljivost in možnosti vojaške nastanitve. Pri predstavitvi površja so dosegli v primerjavi s starejšimi kartami pomemben napredek, kajti opustili so pri starejših kartah običajni »krtinast« in perspektivni način prikazovanja površja in ga nadomestili s tlorisnim. Natančno so vrisani hribi in vzpetine, njihove strmine in položne strani, gorska pobočja ter doline, ki se vanje zajedajo. Označena je tudi razširjenost območja gozdov, potek vod, obdelovalna zemljišča in druge značilnosti. Natančno so predstavljene tudi vse vrste naselij, zgradb in cest ter znamenj ob njih. Vsi zapisi na karti so v nemškem jeziku. Z natančnim risanjem in uporabo barv so dosegli nazornost in preglednost, ki je občudovanja vredna še danes (Rajšp, 1996).

Slovensko ozemlje je bilo obdelano v okviru Notranje Avstrije in obsega več kot polovico od 250 sekcij in sedem zvezkov opisa. Obdelovali smo dvajset sekcij Stare avstrijske karte, ki prikazujejo Ljubljano in njeno okolico v merilu 1 : 28.800. Zato je tudi nižja kakovost karte v primerjavi s kartami večjih meril, ki so v tem poglavju obravnavana (glej analizo kart na koncu poglavja 4). Načrt Ljubljane je na 190. listu prve avstrijske vojaške izmere in kartiranja dežel monarhije. Mestni tloris Ljubljane je bil izrisan precej površno in spominja na Florjančičev načrt, zato obstaja možnost, da so ga vojaški kartografi kar prerisali, dodan je samo Gruberjev kanal (sliki 34a, 34b).



Sliki 34a, 34b: Izseka iz Florjančičeve karte (a) in iz 190. lista avstrijske vojaške karte (b)

Ker so bili posamezni listi nepravilnih oblik, smo morali dvajset delov karte pred združevanjem najprej prirediti v enake pravokotnike z raztezanjem posameznih robov navznoter ali navzven (glej poglavje 3.3). Nato smo jih barvno uskladili in združili med seboj po že opisani metodi mozaičenja, potem pa je prišlo na vrsto georeferenciranje, kjer smo uporabili nelinearno transformacijo tretjega reda in 599 točk. Samo za primerjavo pa smo poskusili karto transformirati tudi s postopkom lokalnega raztega (angl. rubber sheeting), ki pride v poštev pri tistih kartah, kjer je geometrična distorzija zelo velika. Vendar je bil rezultat te metode večinoma precej slab, saj zahteva zelo veliko število zajetih točk. Težava je bila v tem, da na območju razgibanega reliefa ni bilo mogoče najti dovolj skupnih točk na izvorni in referenčni karti (DTK25) zaradi precej spremenjenega stanja terena. Zato se je na območju s premalo točkami pojavljalo »razlitje« karte (slika 35).

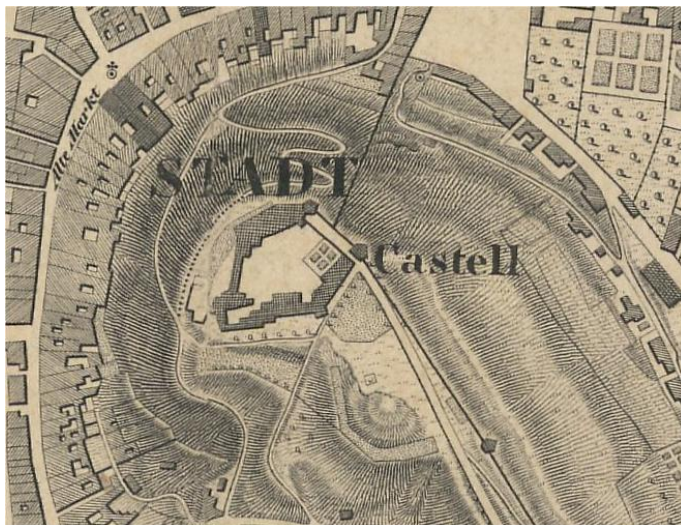


Slika 35: Primer uporabe lokalnega raztega s premajhnim številom zajetih točk, posledica česar je »razlitje« karte

Kot referenčne točke so prišle v poštev predvsem cerkve, ki so bile pomembne za orientacijo, saj stojijo na vidnih mestih v naseljih, ali pa so izpostavljene na vzpetinah, nato mostovi čez vodotoke, manjša naselja oziroma zaselki, gradovi, sotočja vodotokov, križišča cest, značilni deli vodotokov (zavoji) in vrhovi.

4.3 Major Reiche (1829)

Reichejev načrt mesta Ljubljane in njene okolice se je naslanjal na vojaško-topografske posnetke in je bil v tlorisu precej točen in nazoren, pri risanju reliefa pa je ostajal še vedno precej okoren in nazadnjaški. Uporabljena je bila Lehmannova tehnika črtkanja vzpetin po plastnicah (glej poglavje 2.3.1), njegov relief Golovca, Gradu in Šišenskega hriba z Rožnikom je bil lomljen in zguban ter je ustvarjal neresnične oblike (slika 36).



Slika 36: Izsek iz Reichejevega načrta – relief Gradu, uporabljena je Lehmannova tehnika

Na načrtu je bilo posvetilo tedanjemu svetniku deželnih stanov in guvernerju Ilirskega kraljestva baronu C. Schmidburgu (Bogič, 1968). Iz opisnega merila na načrtu razberemo, da je 1 cola na karti 120 sežnjev v naravi, kar znaša približno $M \approx 1 : 8800$. Pred georeferenciranjem smo načrt ustrezno popravili tako, da smo iz njega izbrisali črte, ki so nastale pri sestavljanju načrta iz štirih delov (slika 37a). Vsak del karte smo obrezali z ustreznim pravokotnikom in jih ponovno sestavili skupaj (slika 37b).



Slika 37a: Načrt, sestavljen iz štirih delov, pred georeferenciranjem



Slika 37b: Obrezan načrt po georeferenciranju (6 x 4 km), črte so izbrisane

V zgornjem desnem kotu je bil postopek georeferenciranja težje izvedljiv (slika 37b), ker ni bilo še nobene poselitve in tudi ceste so se slabo ujemale z današnjim stanjem (sliki 38a, 38b).



Sliki 38a, 38b: Primerjava med izsekom istega območja skenograma načrta (a) in skenograma DTK25 (b) (Vir: DTK25, 1996–1999, © Geodetska uprava RS)

Enake težave so se pojavile v spodnjem desnem kotu načrta na območju Golovca, zato je tudi popačenje na tem delu večje. Drugače pa se je center mesta dokaj točno ujemal z državno topografsko karto v merilu 1 : 25.000 (skenogram DTK25). Zato smo za nelinearno polinomsko transformacijo drugega reda uporabili samo 53 točk.

4.4 Maks Fabiani (1896)

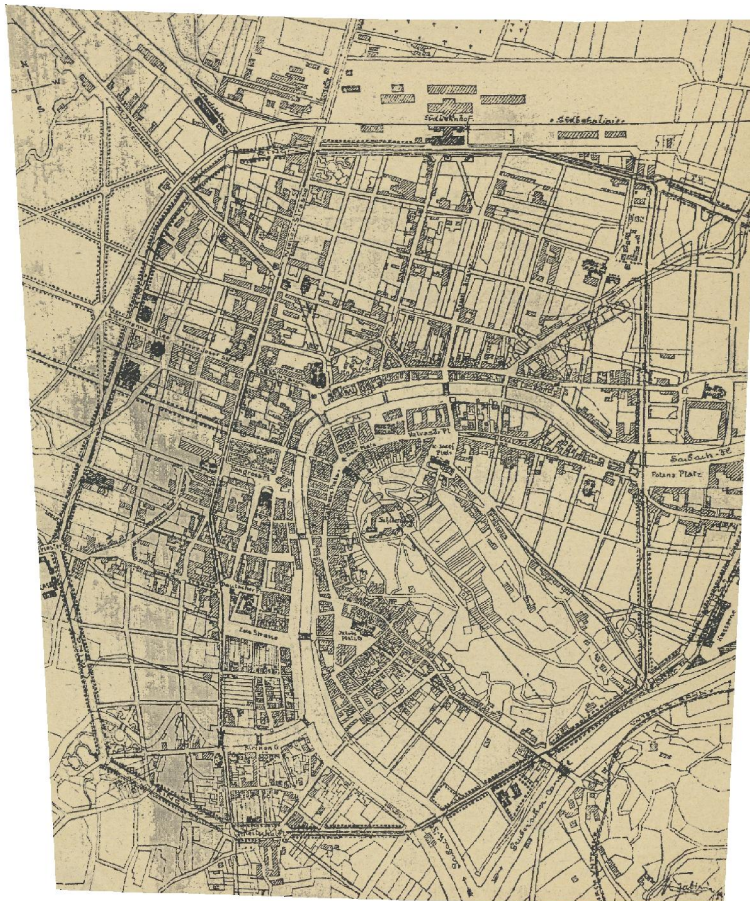
Mestni upravi se je po potresu leta 1895 ponudila izredna priložnost, da modernizira in izboljša tlorisno in zazidalno podobo mesta Ljubljane. Eden izmed zanimivejših predlogov zazidave Ljubljane po potresu je bil Fabianijev regulacijski načrt iz leta 1896 (slika 39), ki pa je bil kasneje le delno uresničen. V svojem načrtu, ki ga je objavil v knjižici *Poročilo o načrtu občne regulacije stolnega mesta Ljubljana*, je obdelal vrsto problemov mestnega razvoja, funkcionalno-organizacijskih, morfološko-estetskih in arhitekturnih, načel pa je tudi vprašanja prihodnje mestne rasti in že leta 1899 mestni občini predložil tudi načrt za regulacijo severnega dela mesta Ljubljane, današnjega južnega Bežigrada. Najznačilnejša Fabianijeva

zamisel je bil prav gotovo prometni obroč okrog starega in novega mestnega jedra, ki so ga železniška proga proti Trstu in Gorenjski ter Južni kolodvor še omejevali v širitvi proti severu in zahodu. M. Fabiani je izrisal obroč po vzoru tedanje srednjeevropske urbanistike urejanja zgodovinskih mest (Dunaj, Gradec, Celovec). Načrtoval je, da bi po njem stekla mestna cestna železnica – tramvaj (Korošec, 1991).



Slika 39: Fabianijev neobdelani regulacijski načrt Ljubljane, merilo ni znano

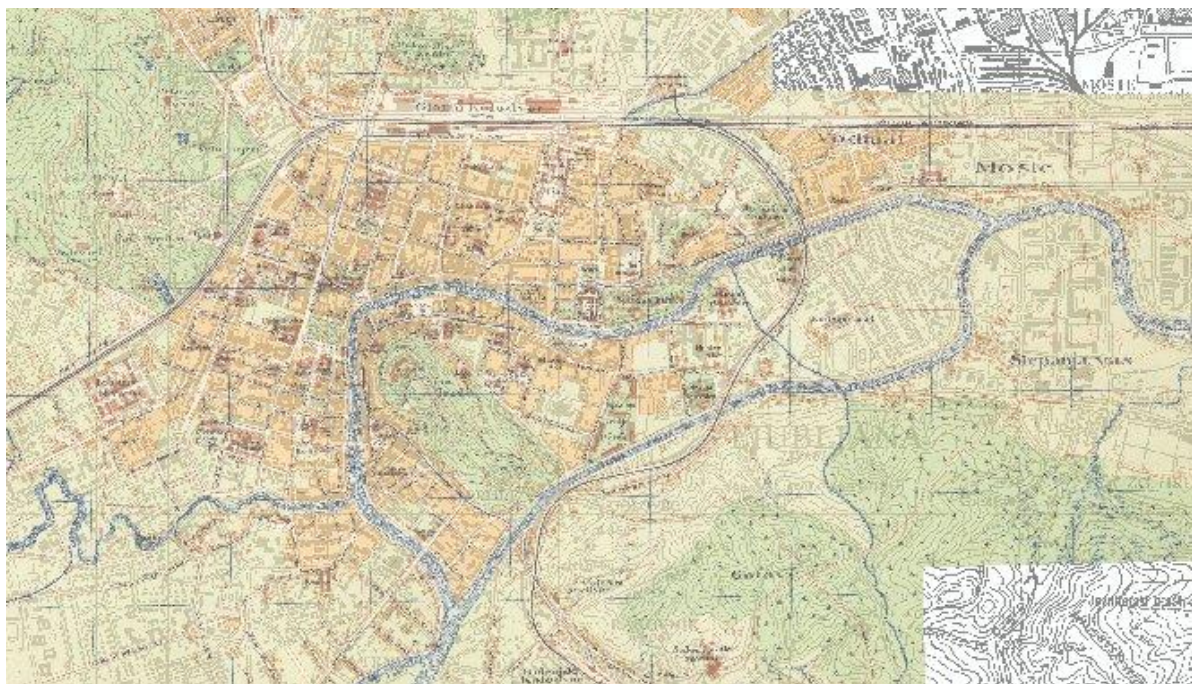
Fabianijev regulacijski načrt Ljubljane je bil izdelan v črno-beli tehniki, merilo ni znano, naslov karte je bil v nemškem jeziku. Pred georeferenciranjem smo morali načrtu odrezati robove. Pri georeferenciranju smo uporabili polinomsko transformacijo drugega reda. Ugotovili smo, da je načrt precej popačen, zato je bilo potrebnih 39 točk za dokaj majhno območje Ljubljane (slika 40).



Slika 40: Georeferenciran Fabianijev regulacijski načrt

Najznačilnejše oporne točke, ki smo jih pri georeferenciranju uporabili, so bili mostovi na Ljubljanici, cerkve, nekatera križišča v strogem centru Ljubljane in potek železnice. Georeferencirali smo z digitalnim ortofotom (DOF5), saj je natančnejši kot državna topografska karta v merilu 1 : 25.000 (skenogram DTK25), pa tudi stanje na načrtu je že precej podobno današnjemu.

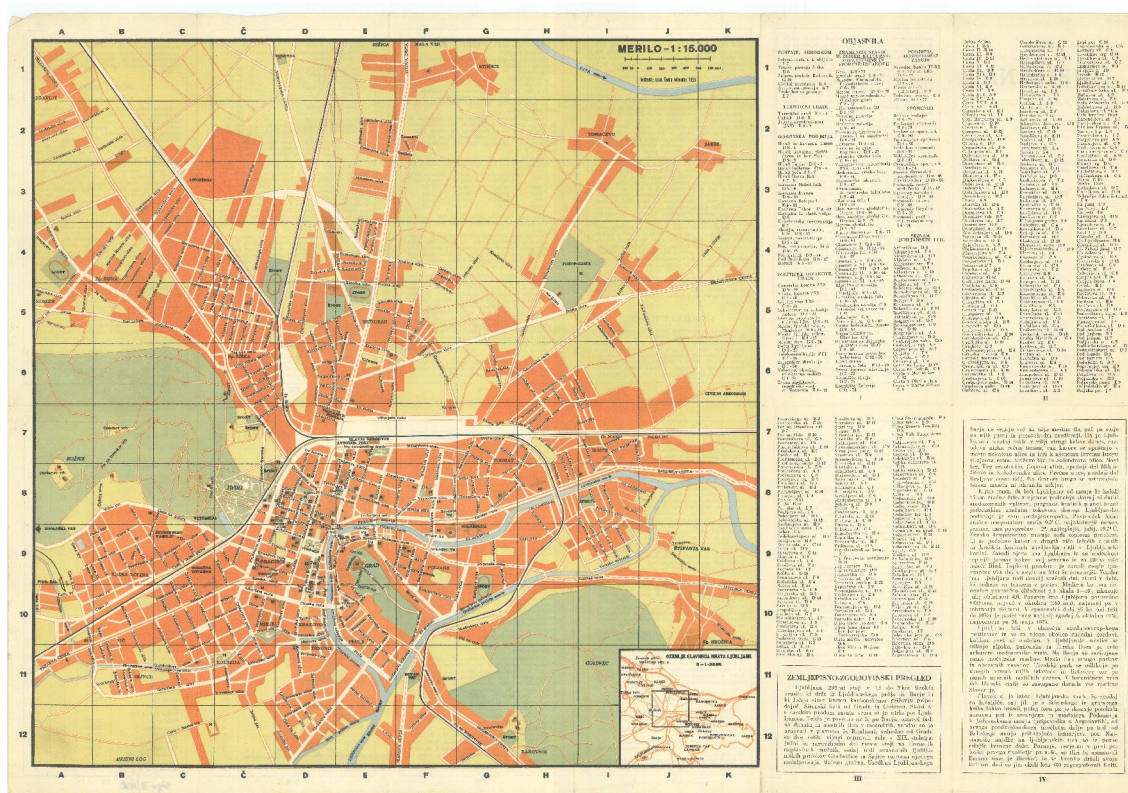
smo kot referenčno podobo uporabili digitalni ortofoto (DOF5), pomagali pa smo si tudi z državno topografsko karto v merilu 1 : 25.000 (DTK25).



Slika 42: Obrezan in georeferenciran Kochov načrt Ljubljane (6 x 4 km), podlaga je skenogram DTK25 (Vir: DTK25, 1996–1999, © Geodetska uprava RS)

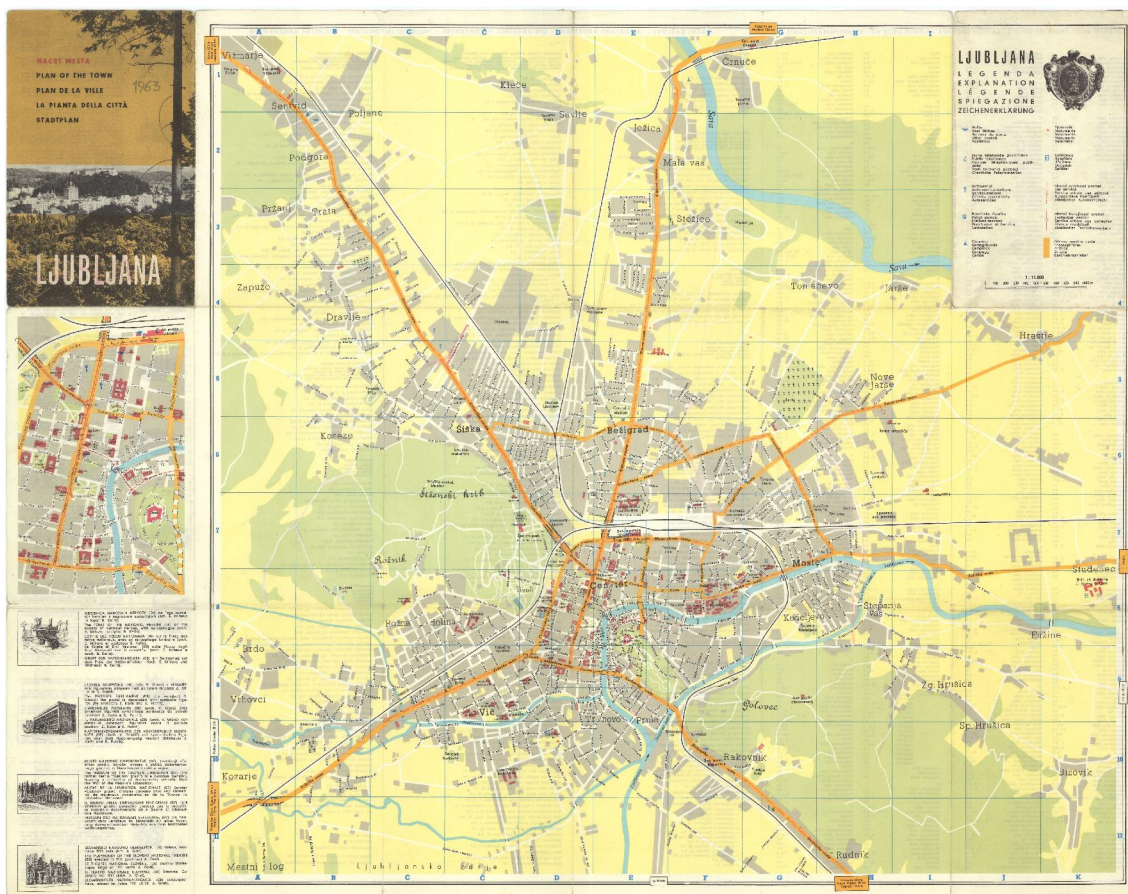
4.6 Načrti Ljubljane (1953 do 1990)

Prvi povojni načrt Ljubljane so prebivalci glavnega mesta dobili šele v petdesetih letih. Načrt mestnih ulic in cest z železniškimi in takrat aktualnimi tramvajskimi progami, ki je rešil problem mestnega načrta vsaj začasno, je dalo natisniti Turistično društvo leta 1953. Ta načrt M. Černeta v merilu 1 : 15.000 je bil estetsko skromen v kričeči rdeče–črni barvi, celo Ljubljanica s pritoki je bila rdeče obrobljena (slika 43). Černetov načrt je zanemarjal arhitekturno in kulturno-zgodovinsko podobo mesta, je bil pa primeren vodnik po mestnih in primestnih ulicah ter poteh po Rožniku in Golovcu.



Slika 43: Černetov načrt Ljubljane iz leta 1953, M = 1 : 15.000

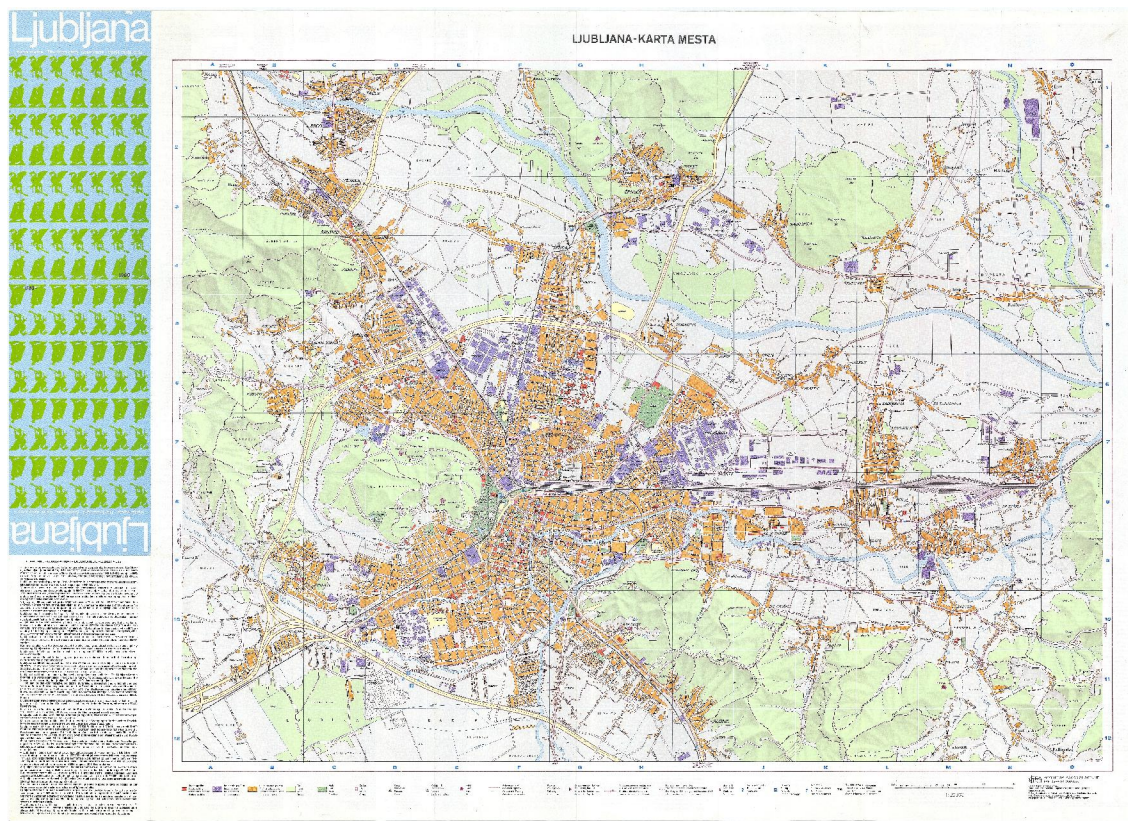
Precej izboljššan je bil načrt iz leta 1963 v istem merilu. Načrt *Ljubljana – načrt mesta* (Plan of the Town, Plan de la Ville, La Pianta della Citta, Stadtplan) je bil natisnjen v petbarvnem tisku (slika 44). Avtor tega grafično lepo oblikovanega in barvno usklajenega načrta je bil geodet F. Ules, ki je osnovnemu mestnemu načrtu dodal tudi manjši izrez središča s posebej barvno poudarjenimi tranzitnimi cestami skozi center. Kot dopolnilo so bile na karti še risbe kulturno-spomeniških objektov arhitekta B. Kobeta.



Slika 44: Ulesov načrt Ljubljane z dodanim izrezom središča in risbami kulturno-spomeniških objektov iz leta 1963, M = 1 : 15.000

Ulesov načrt Ljubljane v preglednem in čitljivem formatu je nadoknadil prekinjeno zaporedje grafično urejenih in geodetsko natančnih tlorisnih upodobitev mesta. Glede na svoje kvalitete je postal ta načrt nepogrešljiv element turistično-kulturne informacijske publicistike mesta. To potrjuje tudi dejstvo, da ga je Turistično društvo do leta 1976 dalo natisniti še petkrat z raznimi dopolnitvami in spremembami; ponatis tega načrta iz leta 1976 je imel na primer prej prazno hrbtno stran načrta dopolnjeno s turistično karto Slovenije. Zaradi vse hitrejši rasti mesta pa Ulesov šesti ponatis kmalu ni mogel biti več dovolj ažuren. Zato je Skupščina mesta po letu 1980 izbrala Geodetski zavod SRS za pripravo in natis nove karte mesta. Geodeti iz Zavoda so se odločili tudi za ustrežnejše merilo nove karte. Za osnovo so uporabili Uradni načrt mesta Ljubljane v merilu 1 : 10.000 iz leta 1974 in ga zmanjšali na merilo 1 : 20.000, ga topografsko reducirali na vsebino turistične karte ter mu ohranili reliefno podobo (slika 45).

Na novi karti so prilagodili tudi tlorisni izrez podrobnega turistično-informativnega načrta mestnega središča, ki so ga izdelali v merilu 1 : 7500 in tako znatno izboljšali njegovo berljivost (Korošec, 1991).



Slika 45: Načrt Ljubljane iz leta 1990, M = 1 : 20.000

4.7 Primerjalna analiza predstavljenih kart

Pred georeferenciranjem starih kart smo predvidevali, da bo veljalo pravilo, starejša kot je karta, večje bo geometrično popačenje. Razlog za to naj bi bil predvsem v sami tehniki izdelave kart iz starejših obdobj, saj so bile starejše karte narejene z preprostejšimi inštrumenti ter pripomočki (npr. merilna miza in diopter) kot novejše. Tako naj bi se skladno z razvojem kartografije večala tudi natančnost prikaza zajetega območja na kartah. Vendar so rezultati georeferenciranja starih kart pokazali, da temu ni vedno tako. Iz preglednice 6 je razvidno, da je bila najpogosteje uporabljena nelinearna transformacija drugega reda z

različnim številom referenčnih točk. Pri bolj popačenih kartah smo poskušali za doseg boljšega rezultata zajeti čim večje število referenčnih točk, kar je predstavljalo problem zlasti pri starejših kartah (stara avstrijska vojaška karta, Reichejev načrt), saj je bilo stanje na njih precej drugačno v primerjavi z današnjim. Zato je bilo tudi težje najti skupne točke na izvorni karti in skenogramu (DOF5, DTK25).

Za analizo in primerjavo deformacij na posameznih kartah po georeferenciranju smo si izbrali 12 takih točk na digitalnem ortofotu (DOF5), ki so bile na območju vseh obravnavanih kart (slika 46). Izmerili smo odstopanja med temi točkami in istimi objekti na posameznih kartah. Rezultati so predstavljeni v preglednici 5.



Slika 46: 1-Grad, 2-Šuštarški most, 3-križišče Ajdovščina, 4-Cerkev sv. Jožefa, 5-Uršulinska cerkev sv. Trojice, 6-Evangeličanska cerkev, 7-križišče Hradeckega ceste in Dolenjske ceste, 8-križišče Roške in Poljanske ceste, 9-Bolnišnica, 10-Tromostovje, 11-Mala galerija, 12-Trnovski most (Vir: DOF5, 2002, © Geodetska uprava RS)

Preglednica 5: Predstavitev odstopanj od izbranih točk na posameznih načrtih

izbrane točke	odstopanja ter smeri odstopanj med izbranimi točkami na DOF5 in na posameznih načrtih (v metrih)									
	A	B	C	Č	D	E	F	G		
1	5 JZ	10 Z	21 SV	26 JZ	7 JZ	31 SV	33 JV	23 SV		
2	12 JZ	48 Z	12 SZ	27 JZ	3 JZ	16 SV	19 J	12 SV		
3	19 SZ	47 JZ	14 SV	13 SZ	18 SZ	22 SV	15 SV	22 S		
4	/	/	/	41 SV	8 JV	20 S	14 JZ	12 S		
5	13 JV	47 SZ	25 SZ	40 SV	11 SZ	70 S	33 SZ	15 SZ		
6	/	/	/	17 Z	75 JV	96 JV	95 JV	97 JV		
7	85 SZ	98 SV	28 SZ	66 JZ	45 JV	64 SV	64 JV	99 JV		
8	155 SV	54 JV	83 SV	101 V	61 JV	63 SV	42 JV	52 V		
9	7 SV	51 SV	34 SV	75 JV	9 JV	39 S	30 SZ	22 S		
10	8 JV	34 SV	27 SV	12 SZ	7 SZ	20 SV	49 SZ	15 JV		
11	19 Z	42 SZ	22 SV	10 SZ	28 SV	39 SV	15 SV	14 V		
12	53 SV	82 S	10 Z	31 JV	25 Z	18 SV	18 JZ	15 V		
v povprečju	37.6	51.3	27.6	38.25	24.75	41.5	35.6	33.2		

Opomba: A–Florjancičev načrt, B–Avstrijska vojaška karta, C–Reichejev načrt, Č–Fabianjev načrt, D–Kochov načrt, E–Černetov načrt, F–Ulesov načrt, G–Načrt Ljubljane iz leta 1990; /–na načrtu še ni objekta

Ugotovili smo, da ne velja starejša kot je karta, večje je popačenje, kajti po georeferenciranju so bila odstopanja od izbranih točk na digitalnem ortofotu (DOF5) pri nekaterih starejših načrtih manjša kot pri novejših. Na splošno so bila najmanjša odstopanja v centru mesta, saj je bilo tam ponavadi zajetih največ točk, zato je bila tudi transformacija najbolj uspešna. Večja odstopanja so se pojavila tam, kjer ni bilo mogoče najti veliko referenčnih točk. Glede na smeri so bila odstopanja različna, pri nekaterih načrtih lahko trdimo, da gre za naključne napake (npr. Florjančičev načrt), na nekaterih načrtih pa so bila odstopanja glede na smeri precej podobna (Reichejev in Černetov načrt), kjer je bil najpogostejši sistematični premik v smeri severovzhoda. Iz tega lahko sklepamo, da gre za napako pri georeferenciranju in ne za slabo kakovost načrta.

Nelinearno transformacijo tretjega reda smo uporabili samo pri stari avstrijski vojaški karti (preglednica 6), ker je bila bolj generalizirana in zato manj natančna že zaradi manjšega merila ($M = 1 : 28.800$) kot ostale karte ($M = 1 : 5000$). Pri njej smo uporabili kar 599 referenčnih točk – predvsem cerkva, ker je prikazovala dosti večje območje kot drugi načrti. Presenetil nas je Černetov načrt, saj je bil v primerjavi s starejšimi načrti bolj popačen (preglednica 5). Vzrok popačenju je bila najverjetneje gospodarska kriza v obdobju po drugi svetovni vojni, ki je zavirala razvoj mesta nasploh in s tem tudi kartografsko dejavnost. V povojnem obdobju so kartografi namreč morali začeti skorajda od začetka, tako iz tehničnega vidika (veliko uničenega inštrumentarija, originalnih kart) kot tudi iz političnega vidika ter novega in neizkušenega kadra. Iz preglednice 5 lahko tudi sklepamo, da so bile geometrično najboljše načrti Ljubljane iz 30. let prejšnjega stoletja.

Preglednica 6: Uporabljene transformacije in podlaga ter ocena deformacij za posamezen načrt

<i>IME SKENOGRAMA IN LETNICA IZDELAVE</i>	<i>RED TRANSFORMACIJE</i>	<i>PODLAGA</i>	<i>OCENA DEFORMACIJ</i>
A – Florjančič (1744)	drugi	DTK25	2
B – Avstrijska vojaška karta (prva izmera)	tretji	DTK25	3
C – Reiche (1829)	drugi	DTK25	1
Č – Fabiani (1896)	drugi	DOF5	2
D – Koch (1930)	drugi	DTK25, DOF5	1
E – Černe (1953)	prvi	DOF5	3
F – Ules (1963)	drugi	DOF5	2
G – Načrt Ljubljane (1990)	drugi	DOF5	2

Opomba: 1–od 20 do 30 m, 2–od 30 do 40 m, 3–od 40 m naprej

Pri vseh novejših načrtih (Černe, Ules, Načrt Ljubljane iz leta 1990) je bilo pri postopku georeferenciranja zanimivo dejstvo, da so bila večja popačenja od pričakovanih (normirana natančnost kartiranja glede na merilo 1 : 5000 naj bi bila vsaj 2 mm) glede na to, da so to načrti novejše izdelave. Linearno transformacijo prvega reda smo tako uporabili samo pri najstarejšem načrtu iz tega obdobja, in sicer pri Černetovem načrtu iz leta 1953, kjer smo uporabili 39 referenčnih točk. Pri vseh drugih načrtih pa je prišla v poštev nelinearna polinomska transformacija drugega reda in večje število točk. Ker so načrti novejše izdelave, so bili georeferencirani z digitalnim ortofotom (DOF5). Prednost v primerjavi s starejšimi načrti pa je bila ta, da je bilo na voljo dosti več referenčnih točk, saj je bilo stanje na načrtih precej podobno današnjemu.

5 ZANIMIVE SPREMEMBE V ZGODOVINI LJUBLJANE

5.1 Gruberjev prekop

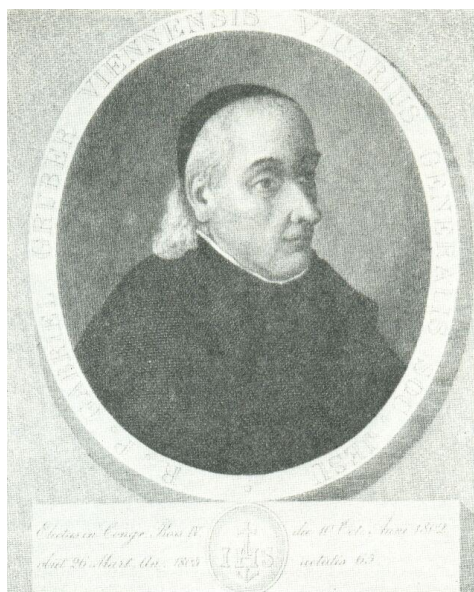
Ljubljanica je bila v vsej svoji zgodovini zelo nepredvidljiva reka. V svojem toku je dolgo časa tekla na površini zemlje, od Prezida po Krasu preko Loškega, Cerkniškega, Planinskega in Logaškega polja do Vrhnike. Že slavni zgodovinar Valvasor je pisal, kako je Ljubljanica pogosto naraščala, ker se je ob deževjih močno povečal pritok barjanske vode. Po njegovem poročanju je leta 1190 ljubljanskim hišam voda segala do zgornjih oken. Še huje je bilo leta 1537, ko so ljudje s prvih nadstropij stanovanjskih objektov stopali v čolne. K problemu je resno pristopila šele Marija Terezija, ki je od leta 1762 dalje zahtevala redna poročila o izsuševanju Ljubljanskega barja (Korošec, 1978). Nekaj let kasneje pa je v Ljubljano prišel G. Gruber in napravil načrt za prekop, ki še danes nosi njegovo ime. S prekopom se je močvirje pod Ljubljano bistveno osušilo, trend osuševanja se je nadaljeval še leta. Sodobni okoljevarstveniki menijo, da je ravno osuševanje Barja spremenilo velik del barjanskega ekosistema (Južnič, 2005).

5.1.1 Gradnja prekopa

Vplivov Ljubljanskega barja so se prebivalci takratne kranjske metropole dolga stoletja zaman poskušali rešiti. Dela na kranjskih vodah so takrat nadzorovali komisarji, ki pogosto sami niso bili kos vsem strokovnim vprašanjem. Fevdalni lastniki barjanskih zemljišč – Kartuzijanci iz Bistre, Kušlani iz Vnanjih goric in Auerspergi z Iga – so sicer dokaj redno vzdrževali struge barjanskih dotokov Ljubljanice, vendar barjanskih poplav to ni moglo preprečevati. Problem osušitve Barja bi bil rešen šele z zgraditvijo razbremenilnega prekopa Ljubljanice med grajskim hribom in Golovcem.

Ker vsi dotedanji projekti tehnično ter predvsem finančno niso bili uspešni, nujno pa je bilo treba nekaj ukreniti, je dvorni svet na Dunaju po temeljiti preučitvi problema in načrtov za njegovo rešitev predložil cesarici Mariji Tereziji besedilo patenta, s katerim je cesarica

ukazala ponovno proučitev barjanskih razmer in pripravo novih osuševalnih načrtov. Ta patent je bil razglašen 15. aprila leta 1762, vendar vse do dvorne zahteve po poročilu o načrtu ukrepov za osušitev v letu 1769 ni bilo kaj dosti storjenega. Deželni stanovi so se takrat obrnili na G. Gruberja (slika 47), tedanjega profesorja matematike in hidravlike na ljubljanskem liceju.

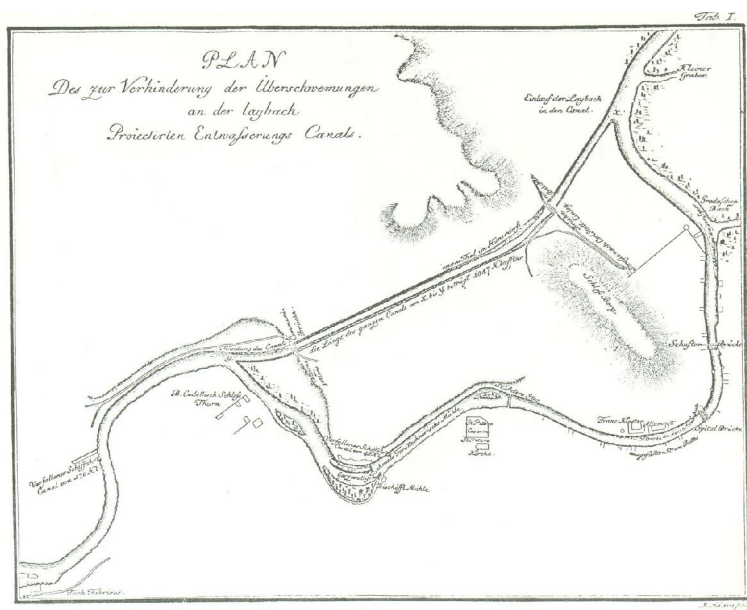


Slika 47: Gabrijel Gruber (1740–1805) (Korošec, 1978, str. 116)

G. Gruber, po rodu Dunajčan, jezuit in profesor matematike, mehanik in astronom, je sprejel ponujeno nalogo in še v istem letu 1769, s skupino zemljemercev deželnega zemljiškega urada in svojih gojencev podrobno izmeril in zniveliral Ljubljanico od Vrhniko do Ljubljane in izliva v Savo. Po teh merjenjih je Gruber izdelal dotlej najnatančnejšo karto Barja, ki mu je potem služila za osnovo projekta razbremenilnega prekopa med Gradom in Golovcem (Južnič, 2005).

Načrti tega dotlej največjega projekta v osrednji Sloveniji so vzoren primer tedanje načrtovalne tehnike ter zemljemerske in risarske natančnosti ljudi, ki so delali v Gruberjevi skupini; med njimi so bili poleg vojaških tudi civilni zemljemerci.

Leta 1770 so bili Gruberjevi načrti prekopa v grobem pripravljani. Posebna komisija, ki jo je z dekretom določil Dvorni svet in so jo sestavljali mestni inženir Lieber, milanski vodogradbenik jezuit Lecchi in Gruber sam, naj bi projekt preučila; Lecchi je temu projektu ugovarjal, ker se mu je zdela primernejša in cenejša poglobitev in razširitev struge Ljubljanice. Gruber pa se je zavedal, da takšna rešitev ne bi bila veliko cenejša, ogrozila pa bi lahko hiše ob Ljubljanici. Najbolj ogrožen naj bi bil jezuitski kolegij z zidovi nad desnim bregom Ljubljanice ob začetku njenega toka skozi tedanjo Ljubljano. Šele ob podpori armadnega inženirja, pionirskega nadporočnika V. Struppija in inženirja S. Hueberta je Gruberjev projekt dosegel potrditev komisije in dvorno odobritev finančnega proračuna zanj (Korošec, 1991). Gruber je po izgotovitvi detajlnih načrtov in po obsežnih pripravah pričel z deli šele leta 1772. Pri gradnji mu je močvirnato zemljišče povzročalo veliko nevšečnosti, saj so studenci dvigovali dno iz šote. Pod njegovim vodstvom so prekopali težjih 465 m kanala od Špice do izliva prekopa v Ljubljanico (slika 48). Zaradi ovinkov skozi mesto je bila Ljubljanica skoraj dvakrat daljša od prekopa za gradom (Južnič, 2005).



Slika 48: Načrt prekopa (Korošec, 1978, str. 118)

Na razdalji skoraj 2 km je imel prekop padec približno 5 m, kar je bil mnogo večji naklon kot celotni padec Ljubljanice od Vrhlike do 12 km oddaljene Ljubljane, kjer je bil naklon 7 m. Gruber je izračunal tudi, da bosta cena in hitrost prevoza z ladjo enaka kot pri potovanju po deželni cesti skozi Ljubljano.

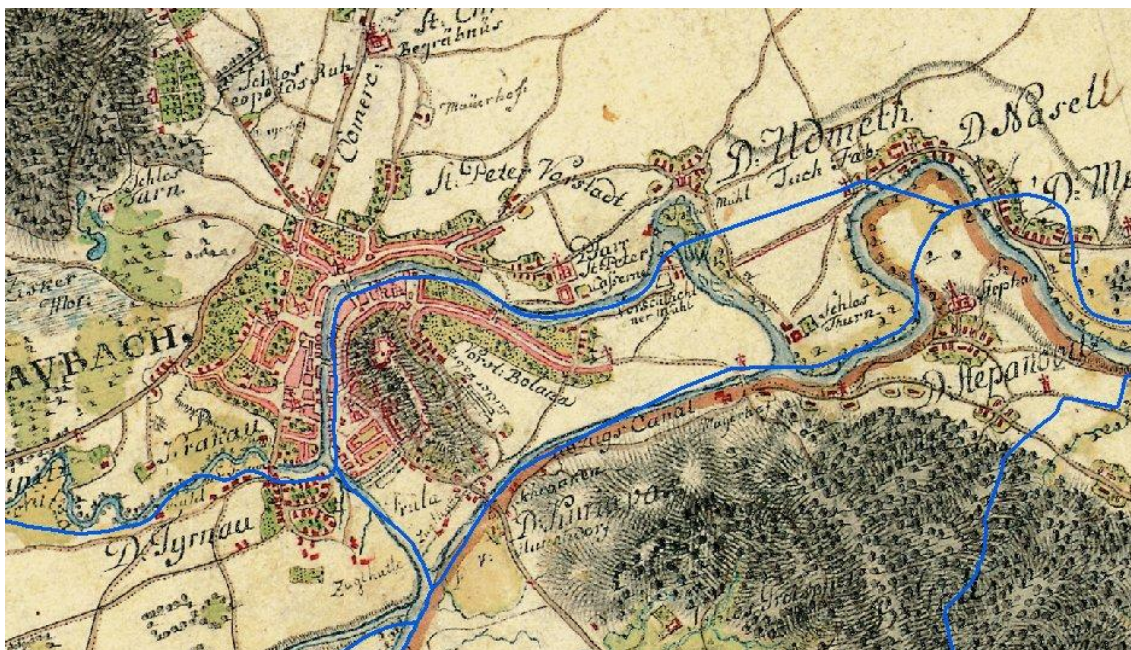
Kopanje kanala ni potekalo brez težav, pa tudi stroški zanj so predstavljali problem. Ti so namreč neverjetno visoko prekorali odobreno vsoto, kar je končno privedlo do tega, da je dvor po nekajkratnih zahtevah po podrobnem obračunu z odlokom, izdanim 6. decembra 1777, Gruberja odstavil z vodstva gradnje ter določil posebno komisijo za ugotovitev dejanskega stanja gradnje in njenih stroškov. Prekop je dokončal armadni inženir Struppi, slovesno pa so ga odprli 25. novembra leta 1780. Po slavnostnem strelu iz grajskega topa so vodo spustili v prekop in kmalu znižali gladino vode na barju za okoli 70 cm (Južnič, 2005). Gruberjev projekt osušitve Barja s prekopom odvajalnikom je pomenil tudi vključitev prve kompleksne geodetske izmere in kartiranja dokaj obsežnega predela dežele v širša javna dela že na samem pričetku terezijansko-jožefinske katastrske izmere pri nas (Korošec, 1991).

Kako sta se struga Ljubljanice in 3170 m dolg Gruberjev prekop med Gradom in Golovcem spreminjala, smo spremljali tudi na obravnavanih načrtih. S primerjanjem posameznih načrtov z vektoriziranimi podatki smo spremljali spremembe in odstopanja reke Ljubljanice in Gruberjevega prekopa od današnjega stanja. Starejši kot je bil načrt, večje je bilo odstopanje od vektoriziranih podatkov. Na Florjančičevem načrtu še ni bilo Gruberjevega prekopa in Ljubljana je imela drugačen lok (slika 49).



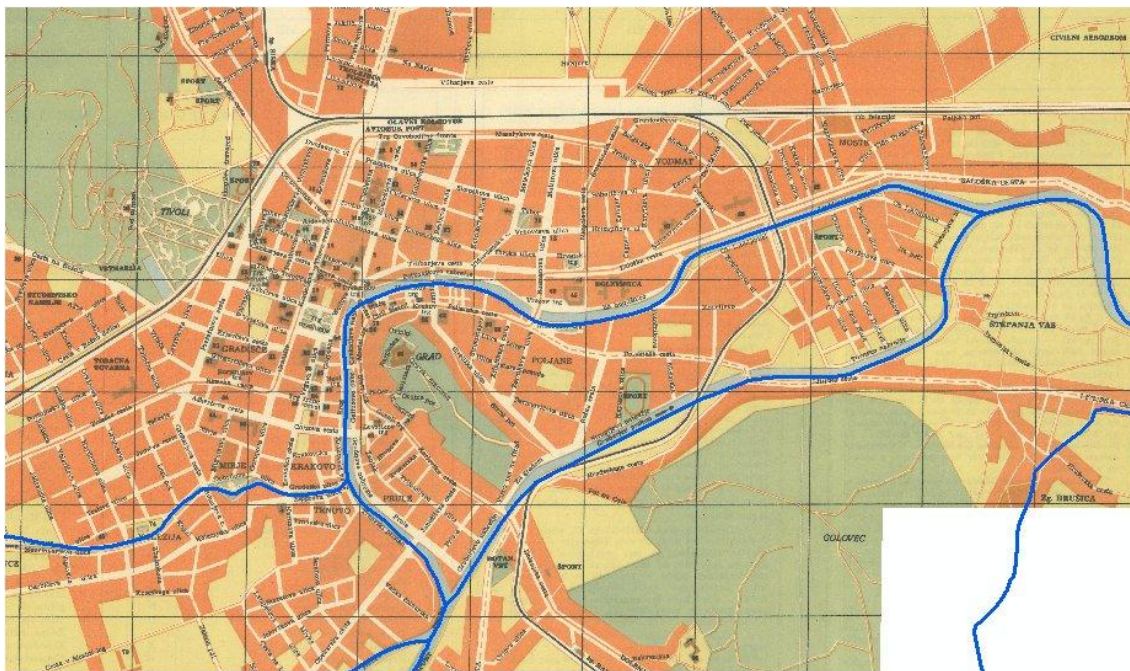
Slika 49: Prikaz vektoriziranih podatkov današnje struge Ljubljanice in Gruberjevega prekopa na Florjančičevem načrtu (Vir: DOF5, 2002, © Geodetska uprava RS)

Na splošno pa se je struga Ljubljanice bolje ujemala z vektoriziranimi podatki kot stara avstrijska vojaška karta, kjer je bilo odstopanje pri današnjem Tromostovju in Šušterskem mostu 28 in 33 m. Del loka Ljubljanice je bil na stari vojaški karti že spremenjen – pri današnjem Poljanskem nasipu (slika 50), pa tudi Gruberjev prekop je bil že vrisan. Še vedno pa je bila prikazana stara struga Ljubljanice, ki je pri Vodmatu naredila velik meander okrog današnjega Kodeljevega.



Slika 50: Prikaz vektoriziranih podatkov današnje struge Ljubljanice in Gruberjevega prekopa na stari avstrijski vojaški karti

Pri novejših načrtih (Černe, Ules, Načrt Ljubljane iz leta 1990) pa se je stanje reke Ljubljanice z Gruberjevim prekopom že precej ujemalo z vektoriziranimi podatki, manjše odstopanje smo zasledili samo pri Černetovem načrtu (slika 51), kjer je bila struga Ljubljanice pomaknjena za približno 15 metrov južno v primerjavi z vektoriziranimi podatki. Vzrok za to je mogoče manj natančen načrt, kar smo ugotovili že s primerjalno analizo načrtov v poglavju 4.7.

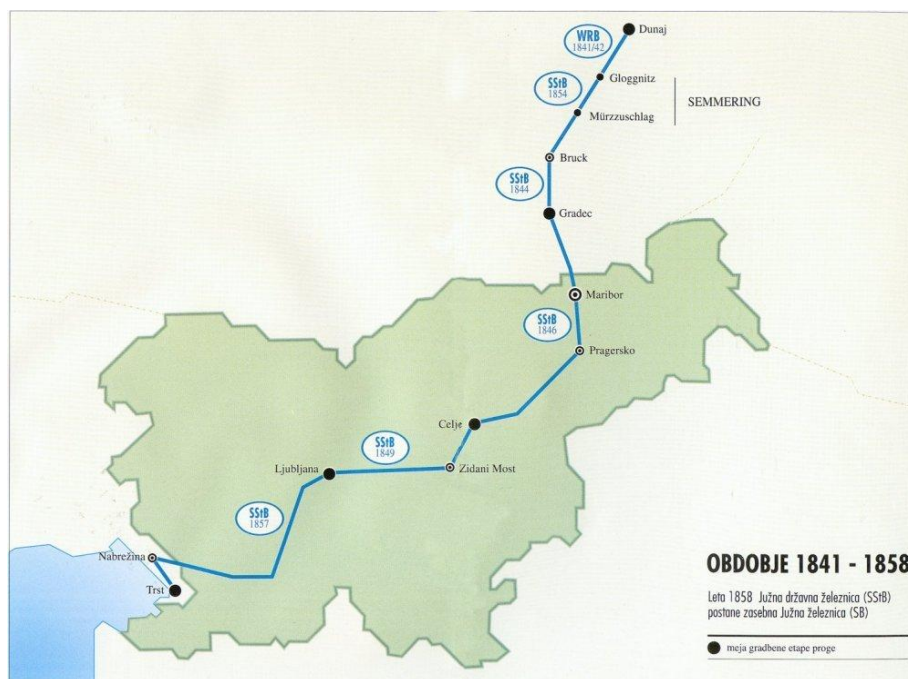


Slika 51: Prikaz vektoriziranih podatkov na Černetovem načrtu

Danes predstavlja območje Ljubljaniče enega največjih in najslabše izkoriščenih naravnih potencialov v mestu. Razcvet že urejenih nabrežij kaže pomen tega prostora za prebivalce Ljubljane, zato je nujna ureditev nabrežij vzdolž celotnega poteka Ljubljaniče skozi mesto in Gruberjevega prekopa. Ta problem pokuša delno rešiti Mestna občina Ljubljana z javnim natečajem, ki bi podal rešitve za dolgoročno prostorsko urejanje tega obrežnega prostora (Južnič, 2005). Ponavadi pa so pri reševanju takih problemov veliko bolj učinkoviti posamezni interesi.

5.2 Razvoj ljubljanske železnice

Glavna ljubljanska železniška postaja je bila zgrajena 18. aprila 1848, eno leto prej, preden je bila zgrajena železnica od Dunaja do Ljubljane. Ljubljanska železnica je bila del tedaj najpomembnejše srednjeevropske železniške proge, slovite Južne železnice med Dunajem in Trstom (slika 52).



Slika 52: Južna železnica, ki je leta 1857 povezala Dunaj in Trst (Bogić, 1998)

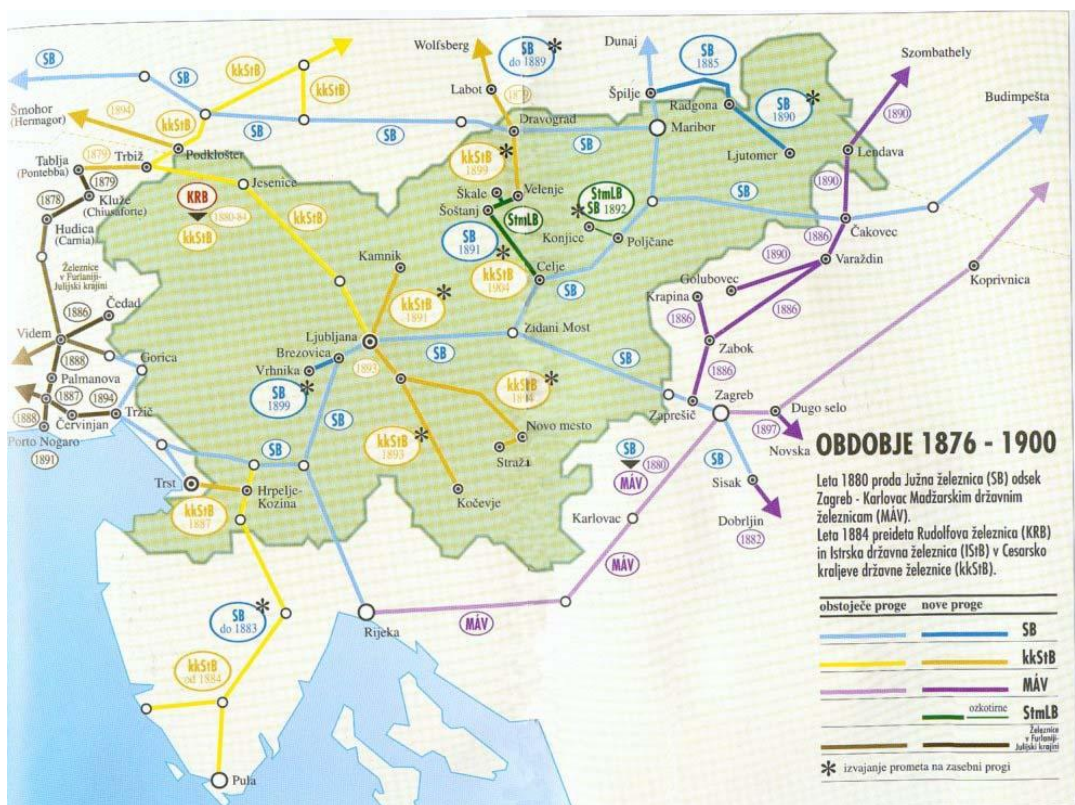
Prva lokomotiva je prispela na ljubljanski kolodvor 18. avgusta 1849, vendar so železnico dokončno odprli malo kasneje, in sicer 16. septembra leta 1849. Ljubljani se je proga približala po soteski Save med Zidanim Mostom in Lazami, zavila v ostrem loku nad mestom in se preko Barja nadaljevala proti Logatcu in naprej proti Postojni. Za Ljubljano je predstavljala največji problem gradnja nasipa preko Ljubljanskega barja, ki so ga morali zaradi ugrezanja večkrat utrjevati (Mohorič, 1968).

Z otvoritvijo železnice se je začela za Ljubljano doba velikih sprememb. Od septembra 1849 do junija 1857 je bila Ljubljana namreč končna železniška postaja in kot taka najpomembnejše prometno in trgovsko središče na Slovenskem. Vendar se je hkrati z zgraditvijo železnice pojavil tudi nov urbanizacijski problem, kajti železnica je razdelila mesto na dvoje; rast mesta se ji je bila prisiljena vedno znova prilagajati, omejevala je širitev mesta predvsem na sever proti Bežigradu in na severozahod proti Šiški, kar je lepo vidno na izseku Kochove karte, ki jo prikazuje slika 53. Od Bavarskega dvora se je vzdolž vse železniške postaje raztezal prazen prostor, ki so ga po letu 1860 skušali rešiti z različnimi regulacijskimi načrti (Korošec, 1991).



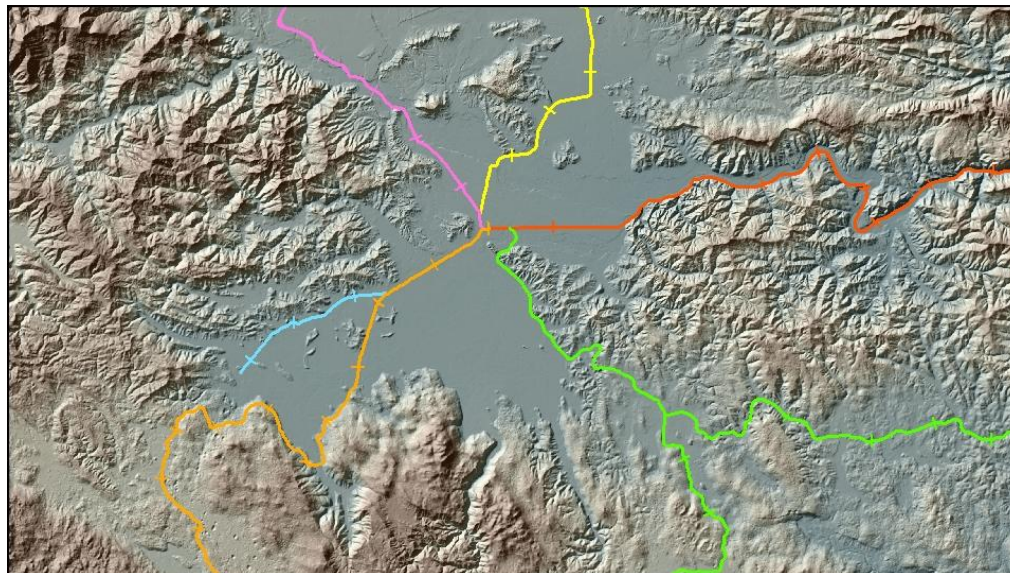
Slika 53: Izsek iz Kochove karte iz leta 1910

Medtem se je gradnja Južne železnice nadaljevala in je leta 1857 preko Postojne, Pivke, Divače, Sežane in Nabrežine dosegla Trst. Leta 1870 je bila v okviru Rudolfove železnice (kasneje Gorenjska železnica) dograjena gorenjska proga Trbiž – Jesenice – Ljubljana (slika 54), kjer se je priključila na progo Južne železnice. Na njej je imela na začetku Gorenjska železnica svojo glavno postajo Gorenjski kolodvor, ki je današnja postaja Ljubljana – Šiška, šele kasneje je postal Južni kolodvor glavna ljubljanska železniška postaja za celotno Ljubljano, kar velja še danes. Poglavje zase je bila gradnja železnice na Dolenjsko. Prizadevanja zanjo so segala že v leto 1864, toda šele sporazum med konzorcijem za gradnjo dolenjskih železnic, Trboveljsko premogokopno družbo in državnimi železnicami leta 1890 je omogočil leta 1893 dograditev proge Ljubljana – Grosuplje – Kočevje. Dolenjska železnica se je Južni železnici priključila pri Vodmatu (Mohorič, 1968).



Slika 54: Prikaz pomembnejših železniških prog na Slovenskem ob koncu 19. stoletja (Bogić, 1998)

Leta 1891 so dogradili in za promet odprli tudi 23 km dolgo lokalno Kamniško železnico (slika 55), ki se je Gorenjski železnici priključila na Gorenjskem kolodvoru in čez lastni savski most nadaljevala do Črnuč ter naprej do Domžal in Kamnika. Teren za zgraditev Kamniške železnice ni bil težaven, največji strošek pa je predstavljal most čez Savo pri Ježici (Mohorič, 1968). Ker za kamniško proggo ni bil sklenjen sporazum z Južno železnico glede souporabe glavnega kolodvora, so vozili kamniški vlaki še desetletja potem le do gorenjskega kolodvora. V Ljubljani je bila za vojaške potrebe leta 1914 zgrajena še obvozna progga od Dravelj preko Bežigrada in Zelene jame pod proggo Južne železnice do dolenske proge. Tu je nastal *vodmatski lok*, direktna povezava med dolensko proggo in proggo proti Zalogu. Zgradili so tudi *tivolski lok*, ki je bil direktna povezava med gorenjsko in notranjsko proggo. Vse te proge so bile po vojni demontirane (Bogić, 1998).



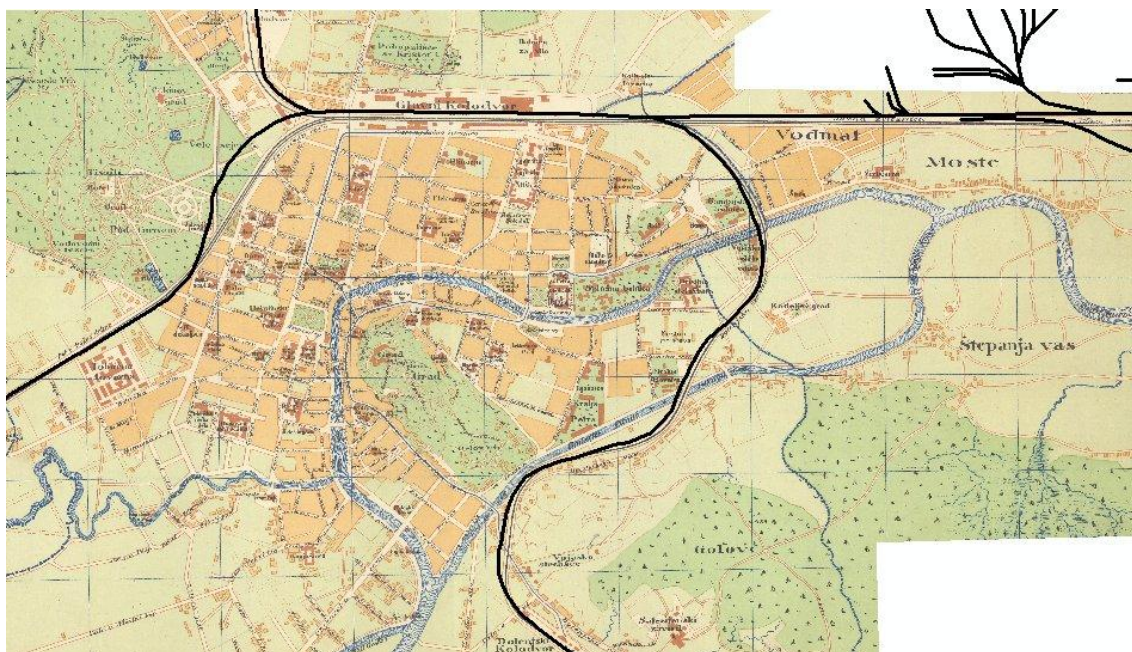
Slika 55: Vektorizirani podatki pomembnih železniških prog na podlagi digitalnega modela višin (DMV), prikaz novejšega stanja železnic pri nas (rdeča, oranžna – južna železnica, vijolična – gorenjska železnica, rumena – kamniška železnica, zelena – dolenjska železnica, modra – danes opuščena vrhniška železnica)

S primerjanjem Kochovega in Ulesovega načrta smo ugotovili, da je lok južne železnice od Ljubljane proti Postojni najprej potekal ob robu parka Tivoli, takrat Latermannovega drevoreda. Potem pa so železnico premaknili na nadvoz čez Celovško cesto (slika 56). Na obeh načrtih sta se že pojavila odcepa dolenjske železnice z Vodmatskim lokom in odcep gorenjske železnice.



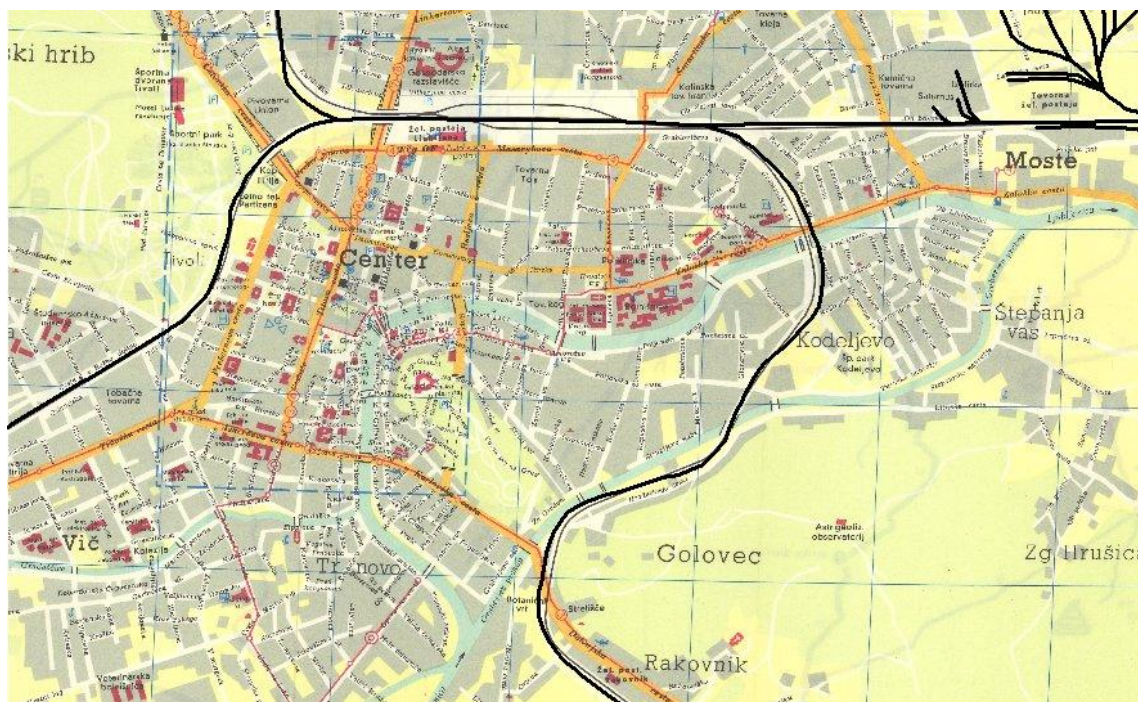
Slika 56: Primerjava loka južne železnice na Kochovem in Ulesovem načrtu

S primerjanjem stanja železnice na Kochovem in Ulesovem načrtu z vektoriziranimi podatki, ki prikazujejo današnje stanje, se lepo vidi sprememba loka južne železnice, drugače pa je prikaz železnice na obeh načrtih skoraj identičen vektoriziranim podatkom (sliki 57, 58).



Slika 57: Primerjava železnice z vektoriziranimi podatki na Kochovem načrtu

Na slikah 57 in 58 se med drugim vidijo tudi napake georeferenciranja načrta – kljub temu, da se nista spreminjali, se del južne železnice ter progi proti Dolenjski in Gorenjski ne ujemajo z vektoriziranimi podatki.



Slika 58: Primerjava železnice z vektoriziranimi podatki na Ulesovem načrtu (na progi proti Dolenjski je odstopanje od 35 do 40 m, na progi proti Gorenjski pa 55 m)

Izgradnja Južne železnice sredi 19. stoletja in ljubljanske železniške postaje je z avtonomnim vzorcem tirnih naprav ter objektov ob železnici v smeri vzhod – zahod določila novo mestno geometrijo. Bolj kot se je mesto širilo proti severu, bolj so tirne naprave postajale moteč element. Rast mesta se je bila vedno znova prisiljena prilagajati železnici, ki je s svojimi napravami in koridorji vse bolj utesnjevala in se zarezovala v mestni prostor ter mestno tkivo skozi leta. Ta prostorski problem mesta je poskušala reševati vsaka nova generacija mestnih arhitektov, vendar jim ga še do zdaj ni uspelo zadovoljivo rešiti. Zato so danes urbanisti še vedno pred izzivom, kako čim bolj učinkovito rešiti prostorsko zagato, ki jo je s seboj prinesla železnica.

6 ZAKLJUČEK

Na osnovi vpogleda v zgodovino kart na območju Ljubljane in pripravljenih skeniranih slojev DOF5 in DTK25 smo se lotili georeferenciranja starih kart. V diplomski nalogi so georeferencirane karte dale zanimive rezultate. Pričakovali bi, da bodo starejše karte imele največ popačenj, vendar smo s primerjanjem georeferenciranih kart med sabo ugotovili, da temu ni tako, kajti na nekaterih novejših kartah so bila popačenja večja kot pri starejših. Vzrok temu je bila na primer gospodarska kriza, ki je nastopila po drugi svetovni vojni, saj je zavirala razvoj kartografije in zato so bile karte iz tega obdobja tudi slabše kakovosti. Nekatero starejšo karto so bile že zelo natančne, saj je bilo potrebnih zelo malo referenčnih točk, da smo dosegli zadovoljivo ujemanje kart z referenčno podobo (DTK25, DOF5). Tako smo na primer za georeferenciranje Reichejevega načrta iz leta 1829 potrebovali 53 referenčnih točk, pri novejšem Kochovem načrtu iz leta 1930 pa smo za isto transformacijo drugega reda za enako območje morali uporabiti kar 80 točk, medtem ko je bila končna natančnost obeh načrtov precej podobna. Povprečno odstopanje od izbranih dvanajstih točk na DOF5 je bilo pri Reichejevem načrtu 27.6 m, pri Kochovem pa 24.75 m. Najpogosteje je bila uporabljena transformacija drugega reda, saj smo jo uporabili pri kar šestih načrtih od obravnavanih osmih. Linearno transformacijo prvega reda smo uporabili samo pri novejšem Černetovem načrtu iz leta 1953, transformacijo tretjega reda pa pri stari avstrijski vojaški karti v merilu 1 : 28.800, saj gre za nižjo kakovost karte v primerjavi s kartami večjih meril. Samo za primerjavo smo pri tej karti uporabili postopek lokalnega raztega, vendar je zaradi premalo zajetih točk prišlo na posameznih območjih do »razlitja« karte.

Zanimivo je bilo opazovati tudi spreminjanje Gruberjevega prekopa in železnice na kartah in jih primerjati z vektoriziranimi podatki. Starejša kot je bila karta, večje je bilo odstopanje od vektoriziranih podatkov, ki prikazujejo današnje stanje. Kljub temu, da je Florjančičev načrt starejši kot stara avstrijska vojaška karta, pa se je struga Ljubljanice bolje ujemala z vektoriziranimi podatki. Odstopanje struge na stari avstrijski vojaški karti od vektoriziranih podatkov pri današnjem Tromostovju in Šušarskem mostu je bilo kar 28 in 33 m, medtem ko je pri starejšem Florjančičevem načrtu struga z njimi sovpadala. Vzrok temu je najverjetneje boljša kakovost načrta zaradi večjega merila. Pri novejših načrtih pa smo največje odstopanje struge Ljubljanice od vektoriziranih podatkov izmerili pri Černetovem načrtu iz leta 1953,

kjer je bila struga Ljubljanice pomaknjena za približno 15 metrov južno v primerjavi z vektoriziranimi podatki. Najverjetneje je bil vzrok za to manj natančen načrt, kar smo ugotovili tudi pri analizi posameznih načrtov, kjer je bilo povprečno odstopanje od izbranih dvanajstih točk na DOF5 41.5 m. Tako pri stari avstrijski vojaški karti kot pri Černetovem načrtu bi dosegli boljše rezultate, če bi zajeli več točk, s tem bi lahko odpravili posamezne lokalne distorzije na kartah. Vendar pa je bilo za naše potrebe zajeto število točk zadostno.

Podobno smo spremljali tudi spreminjanje železnice v različnih obdobjih, kjer smo s primerjanjem načrtov z vektorskimi podatki današnjega stanja ugotovili, da je lok južne železnice od Ljubljane proti Postojni najprej potekal ob robu parka Tivoli, potem pa so železnico premaknili na nadvoz čez Celovško cesto. Na novjšem Ulesovem načrtu iz leta 1963 smo opazili tudi napake georeferenciranja, kajti kljub nespremenjeni trasi železnice so se v primerjavi z vektoriziranimi podatki pojavila odstopanja na posameznih odsekih; na progi proti Dolenjski od 35 do 40 m, na progi proti Gorenjski pa 55 m.

S tem, ko smo georeferencirali stare karte, smo jim izjemno povečali analitično vrednost. Ker pa so bile nekatere karte že precej stare, so imeli nekateri končni rezultati georeferenciranja tudi velike lokalne distorzije in ta parameter smo morali pri njihovih analizah upoštevati. Pri vseh kartah bi lahko zmanjšali popačenja z večjim številom zajetih točk. Vendar pa je bil to problem pri starejših kartah, saj je bil prikaz stanja na njih precej drugačen od današnjega. Zato so bila na starejših kartah geometrično najboljša izbira točke, ki so predstavljale cerkve ali zvonike. Pri novjših kartah pa so se že pojavljali objekti, ki so prisotni tudi danes. Novejša kot je bila karta, lažja in večja je bila izbira identičnih točk. V nalogi je tudi prikazano, kako je mogoče z enostavnimi vizualnimi metodami prikazati spremembe Gruberjevega prekopa in železnice. Na ta način je dosti lažje ugotoviti manjše spremembe, kot je npr. premik Južne železnice na nadvoz čez Celovško cesto, ki z drugimi metodami ne bi bile tako očitne.

VIRI

Bogič, M., Jeršič, M., Vojvoda, M. 1968. Vodnik po razstavi »Razvoj Ljubljane na karti in sliki«. Ljubljana, Inštitut za geografijo Univerze v Ljubljani, Zemljepisni muzej: 42 str.

Bogič, M. 1998. Pregled razvoja železniškega omrežja v Sloveniji in okolici. Ljubljana, Slovenske železnice, Železniški muzej: 36 str.

Čeh, M. 2002. Analiza geodetskih podatkovnih zbirk za potrebe kmetijstva, doktorska disertacija. Oddelek za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Ljubljana: 310 str.

Fridl, J., Perko, D., Kladnik, D., Orožen Adamič, M., Urbanc, M. 2005. Atlant, Kartografska podoba zemljevidov 19. stoletja. Ljubljana, Založba ZRC SAZU: 96 str.

Grabnar, M. 1994. Slovensko ozemlje na vojaškem zemljevidu iz druge polovice 18. stoletja, Sekcije 201–205, 212–215 (vzorčni zvezek). Ljubljana, založba ZRC SAZU in Arhiv Republike Slovenije: 159–160 str.

Južnič, S. 2005. Življenje in tehnika, Gruberjev prekop. Letnik 56, št. 10, Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 49–56 str.

Korošec, B. 1978. Naš prostor v času in projekciji: oris razvoja zemljemerstva, kartografije in prostorskega urejanja na osrednjem Slovenskem. Ljubljana, Geodetski zavod SR Slovenije: 298 str.

Korošec, B. 1991. Ljubljana skozi stoletja: mesto na načrtih, projektih in v stvarnosti. Ljubljana, Mladinska knjiga: 235 str.

Malešič, M. 2003. Zgodovinski razvoj metod kartografskega prikaza reliefa: diplomska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 52 str.

Mihevc, B. 2000. Ljubljana: geografija mesta. Ljubljana, Ljubljansko geografsko društvo, Založba ZRC, ZRC SAZU: 297 str.

Mohorič, I. 1968. Zgodovina železnic na Slovenskem. Ljubljana, Slovenska matica: 597 str.

Zemljevidi slovenskega ozemlja 1548–1853, NUK, Ljubljana,
www.nuk.uni-lj.si/zbirkazemljevidov

Peterca, M. 2001. Matematična kartografija, Kartografske projekcije. Oddelek za geodezijo
Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Ljubljana: 211 str.

Podobnikar, T., Šinkovec, I. 2004. Zbornik radova, Ljubljana – mutual analyses of the
georeferenced old maps. Beograd, Centar za planiranje urbanog razvoja: 67–73 str.

Podobnikar, T. 2001. Digitalni model reliefa iz geodetskih podatkov različne kakovosti,
doktorska disertacija. Oddelek za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze
v Ljubljani, Ljubljana: 343 str.

Rajšp, V. 1996. Geodetski vestnik, Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763–1787. Letnik 40,
Ljubljana, založba ZRC SAZU, Arhiv Republike Slovenije: 68–71 str.

Robinson, A., H., Morrison, J., L., Muehrcke, P., C., Kimerling, A., Guptill, S., C. 1995.
Elements of cartography. 6th edition, John Wiley & Sons, New York: 674 str.

Schrader, S., Pouncey, R. 1997. ERDAS Field guide, 4th edition,
<http://support.erdas.com/documentation/files/FieldGuide.pdf>

Thrower, N., J. 1991. Glasnik Unesco, Ko je kartiranje postalo znanost. št. 38, Ljubljana,
Mednarodni center Unesco za kemijske študije: 31–34 str.

Triglav, J. 1998. Življenje in tehnika, Revolucije v kartografiji. Letnik 49, Ljubljana,
Tehniška založba Slovenije: 56–64 str.

Triglav, J. 2003. Zemljiški kataster na Slovenskem – nekoč in danes. Maribor, Društvo
geodetov severovzhodne Slovenije: 32 str.

Vovk Čepič, T., Rebolj, J., Cregeen, M., Gale, D., Kek, P., Jamnik, A., Prah, M. 1998.
Poselitev ljubljanske kotline – Urbani razvoj Ljubljane. Ljubljana, Mestni muzej: 96 str.

Zimova, R., Pestak, J., Veverka, B. 2005. Historical military mapping of the Czech lands –
Cartographic analysis, www.datamapbg.com/conference_cd/pdf/22_241_RZimova_Cz.pdf: 7
str.

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primer vhodnih koordinat in referenčnih koordinat X za linearno transformacijo.....	45
Preglednica 2: Primer vhodnih in referenčnih koordinat X za nelinearno transformacijo drugega reda.....	46
Preglednica 3: Primer vhodnih in referenčnih koordinat X za nelinearno transformacijo višjih redov.....	47
Preglednica 4: Minimalno število točk, potrebnih za transformacijo.....	51
Preglednica 5: Predstavitev odstopanj od izbranih točk na posameznih načrtih.....	73
Preglednica 6: Uporabljene transformacije in podlaga ter ocena deformacij za posamezen načrt.....	75

KAZALO GRAFIKONOV

Graf 1: Prikaz polinoma prvega reda.....	45
Graf 2: Prikaz polinoma drugega reda.....	46
Graf 3: Prikaz polinoma tretjega reda.....	47

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz razvoja različnih tehnologij skozi stoletja.....	5
Slika 2: Primer stožčne in valjčne projekcije.....	7
Slika 3: Jakobov križ in njegova uporaba.....	8
Slika 4: Habermelov teodolit iz leta 1590.....	8
Slika 5: Prikaz enostavnega črtnega senčenja.....	12
Slika 6: Pianta di Lubiana, G. Pieroni, M \approx 1 : 6300, l. 1639.....	18
Slika 7: Carniolia Karstia Histria et W. Marchia, J. V. Valvasor.....	19
Slika 8: Panorama Ljubljane, J. V. Valvasor.....	20
Slika 9: Načrt in veduta Ljubljane, J. D. Florjančič.....	21
Slika 10: Načrt glavnega mesta province Ljubljane z okolico, Reiche.....	23
Slika 11: Izsek iz Načrta Ljubljane, J. F. Kaiser.....	24
Slika 12: Situac. načrt deželnega glavnega mesta Ljubljane.....	25
Slika 13: Skica k opisu pomerijalne meje deželnega glavnega mesta Ljubljane in njegovih predmestij, Floder.....	26
Slika 14: Predlog za izdelavo regulacijskega načrta Ljubljane po potresu, M. Fabiani.....	29
Slika 15: Načrt Ljubljane, C. M. Koch.....	31
Slika 16: Regulacijski načrt Ljubljane, J. Plečnik.....	32
Slika 17: Načrt stolnega mesta Ljubljane, M. Černe in M. Tomažič.....	35
Slika 18: Generalni urbanistični načrt.....	36
Slika 19: Primeri linearnih transformacij.....	40
Slika 20: Obrezan načrt iz leta 1840.....	41
Slika 21: Izsek iz Černetovega načrta iz leta 1953.....	42

Slika 22: Rezultati nelinearnih transformacij.....	43
Slika 23: Izsek iz stare avstrijske vojaške karte.....	44
Slika 24: »Razlita« podoba karte zaradi premalo zajetih točk pri postopku lokalnega raztega.....	48
Slika 25: Primer triangulacijske mreže, sestavljene iz trinajstih točk.....	49
Slika 26: Deli karte Ljubljane in okolice, neznan avtor.....	52
Slika 27: Umestitev 190. lista stare avstrijske vojaške karte v enoten pravokotnik.....	53
Slika 28: Mozaik iz dvajsetih delov stare avstrijske vojaške karte pred barvnim usklajevanjem.....	54
Slika 29: Mozaik iz dvajsetih delov stare avstrijske vojaške karte po barvnem usklajevanju.....	54
Slika 30: Veduta in načrt Ljubljane v približnem merilu, J. D. Florjančič.....	56
Slika 31: Prikaz reliefa z metodo senčenih »krtin« in črtkanja.....	57
Sliki 32a, 32b: Primerjava med neobdelano karto in georeferencirano karto.....	57
Sliki 33a, 33b: Primera različnih odtenkov barv in prikazov reliefa na različnih listih, izseka iz listov 190 in 190b.....	59
Sliki 34a, 34b: Izseka iz Florjančičeve karte in iz 190. lista avstrijske vojaške karte.....	60
Slika 35: Primer uporabe lokalnega raztega s premajhnim številom zajetih točk.....	61
Slika 36: Izsek iz Reichejevega načrta – relief Gradu.....	62
Slika 37a: Načrt, sestavljen iz štirih delov, pred georeferenciranjem.....	63
Slika 37b: Obrezan načrt po georeferenciranju (6 x 4 km), črte so izbrisane.....	63
Sliki 38a, 38b: Primerjava med izsekom istega območja skenograma načrta in skenograma DTK25.....	64
Slika 39: Fabianijev neobdelani regulacijski načrt Ljubljane, merilo ni znano.....	65
Slika 40: Georeferenciran Fabianijev regulacijski načrt.....	66

Slika 41: Kochov načrt Ljubljane z dodano okolico Ljubljane in delom Gorenjske v zgornjem desnem kotu, M = 1 : 10.000.....	67
Slika 42: Obrezan in georeferenciran Kochov načrt Ljubljane (6 x 4 km), podlaga je skenogram DTK25.....	68
Slika 43: Černetov načrt Ljubljane iz leta 1953, M = 1 : 15.000.....	69
Slika 44: Ulesov načrt Ljubljane z dodanim izrezom središča in risbami kulturno-spomeniških objektov iz leta 1963, M = 1 : 15.000.....	70
Slika 45: Načrt Ljubljane iz leta 1990, M = 1 : 20.000.....	71
Slika 46: 1-Grad, 2-Šušarski most, 3-križišče Ajdovščina itd.....	72
Slika 47: Gabrijel Gruber.....	78
Slika 48: Načrt prekopa.....	79
Slika 49: Prikaz vektoriziranih podatkov današnje struge Ljubljanice in Gruberjevega prekopa na Florjančičevem načrtu.....	81
Slika 50: Prikaz vektoriziranih podatkov današnje struge Ljubljanice in Gruberjevega prekopa na stari avstrijski vojaški karti.....	82
Slika 51: Prikaz vektoriziranih podatkov na Černetovem načrtu.....	83
Slika 52: Južna železnica, ki je leta 1857 povežala Dunaj in Trst.....	84
Slika 53: Izsek iz Kochove karte iz leta 1910.....	85
Slika 54: Prikaz pomembnejših železniških prog na Slovenskem ob koncu 19. stoletja.....	86
Slika 55: Vektorizirani podatki pomembnih železniških prog.....	87
Slika 56: Primerjava loka južne železnice na Kochovem in Ulesovem načrtu.....	88
Slika 57: Primerjava železnice z vektoriziranimi podatki na Kochovem načrtu.....	88
Slika 58: Primerjava železnice z vektoriziranimi podatki na Ulesovem načrtu.....	89