

# TRANSFORMACIJA PODATKOV GEODETSKE UPRAVE REPUBLIKE SLOVENIJE V NOVI DRŽAVNI KOORDINATNI SISTEM

TRANSFORMATION OF DATA OF THE SURVEYING AND MAPPING AUTHORITY OF  
THE REPUBLIC OF SLOVENIA INTO THE NEW NATIONAL COORDINATE SYSTEM

*Sandi Berk, Marijana Duhovnik*

UDK: 004.6:528.236:659.2(497.4)  
IZVLEČEK

*Obravnavana je problematika prehoda na nov državni koordinatni sistem. Poudarek je na transformaciji različnih podatkovnih zbirk Geodetske uprave Republike Slovenije. Predstavljene so različne možnosti transformacije med starim in novim državnim koordinatnim sistemom in težave zaradi nehomogene natančnosti starega sistema. Osnovni namen prispevka je predstavitev modelov transformacije za metrsko natančnost in decimetrsko natančnost - tako imenovana enostavni in kompleksni model. Gre za predloga modelov transformacije, ki izhajata iz empiričnih dognanj o slovenskem državnem koordinatnem sistemu. Izvedene so bile tudi analize posledic različnih transformacij za prostorske podatke (npr. površinske deformacije). Predstavljen je predlog izvedbe prehoda, ki obravnava potek in organizacijo transformacije različnih podatkovnih zbirk. Posamezne zbirke so glede na način vzdrževanja in zahtevano natančnost transformacije razvrščene med oba modela transformacije. Obravnavane so tudi nekatere specifične zahteve za posamezne podatkovne zbirke. Na koncu je predstavljena še transformacija ortofota - prve zbirke, ki je bila že transformirana v novi državni koordinatni sistem.*

## KLJUČNE BESEDE

**državno omrežje permanentnih postaj GPS, določanje položaja, uporabniki, stroški,**

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.04  
ABSTRACT

*The problems of transition to the new national coordinate system are discussed. The stress is laid upon the transformation of various spatial databases of the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia. The ways of transformation between the old and new national coordinate systems and problems with the inhomogeneous accuracy of the old system are presented. The main goal of the paper is the presentation of transformation models with metre and decimetre levels of accuracy - the so called simple and complex models. These are the proposed transformation models that originate from the empirical knowledge on the Slovene national coordinate system. Analyses of consequences of various transformations for spatial data (e. g. areal distortions) have been carried out. The proposal of implementation of transition to the new coordinate system for spatial databases is presented. The course of events is determined for each of the spatial database. They are distinguished between two models according to the way of maintenance and the required accuracy of transformation. Some specific demands on the particular databases were also discussed. Finally, the transformation of orthophoto - the first database that has already been transformed into the new coordinate system - is presented.*

## KEY WORDS

**national permanent GPS stations network, positioning, users, costs, financing, benefits**

## 1 UVOD

Sprememba koordinatnega sistema (v nadaljevanju KS) se izvede enkrat na nekaj generacij. Smo torej ena izmed generacij, ki ima srečo ali pa smolo, da se ji je to pripetilo. Prehod zahteva novo

fizično realizacijo koordinatnega sestava in definicijo KS, vzpostavitev infrastrukture za navezavo na novi KS, spremembo zakonodaje in drugih pravnih podlag, v našem primeru tudi zamenjavo merske tehnologije in slej ko prej tudi transformacijo vseh prostorskih podatkov v novi KS.

Geodetska uprava Republike Slovenije (v nadaljevanju geodetska uprava) je pomen zagotovitve pogojev za transformacijo podatkov v novi KS tudi formalno opredelila kot eno izmed primarnih nalog pri prehodu na nov KS v Strategiji osnovnega geodetskega sistema (Geodetska uprava, 2004). Začelo se je že desetletje prej, z EUREF-izmerami (1994–1996), ki so omogočile vzpostavitev novega referenčnega sestava in novega geodetskega datuma D96. Za potrebe ugotavljanja nehomogenosti starega KS je bilo v letih, ki so sledila, izvedenih še več GPS-kampanj za zgoščevanje točk, ki so kakovostno izmerjene tako v starem kot tudi v novem KS (včasih se zanje uporablja termin ETRS-točke). Teh točk je trenutno že okoli 2000 in s takšno zgostitvijo so bili zagotovljeni pogoji za študije modelov prehoda, ki sta jih za geodetsko upravo izvedla Geodetski inštitut Slovenije in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (npr. Stopar idr., 2005; Radovan idr., 2006). Konkretni predlogi za izbor modelov transformacije podatkovnih zbirk, ki so predstavljeni v prispevku, so rezultat letošnjega projekta (Berk idr., 2007b), ki je bil izveden v sodelovanju s skrbniki posameznih zbirk ter informatiki na geodetski upravi.

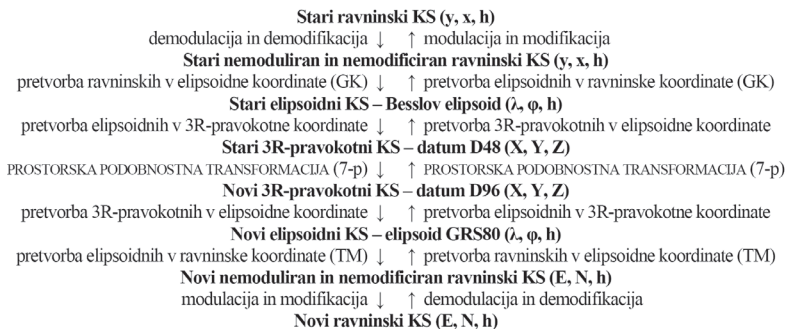
V prispevku sta uporabljena izraza »stari KS« in »novi KS«. Pri prvem gre seveda za sedanji, še veljaven državni KS, pri drugem pa za že definirani bodoči državni KS, ki se bo postopoma začel uporabljati s 1. 1. 2008. V prehodnem obdobju (do dokončnega prehoda na novi KS) bosta seveda hkrati v uporabi oba KS. Odgovarjajoča državna ravninska KS, ki se v praksi največ uporabljata, sta nedvoumno označena s kraticama D48/GK (stari ravninski KS) in D96/TM (novi ravninski KS). Ker je trenutno posebej aktualen datum 1. 1. 2008 – datum začetka uporabe novega KS, pa še pojasnilo, da se izraz »dan D«, ki je tudi uporabljen v prispevku, ne nanaša na ta datum, ampak na datum dokončnega prehoda na novi KS, torej še nedoločen datum transformacije vseh podatkovnih zbirk geodetske uprave v novi KS, ki naj bi se zgodil okoli leta 2010.

## 2 PROBLEMATIKA PREHODA

Matematično gledano je prehod med starim in novim KS niz pretvorb med različnimi komponentami KS ter transformacije v ožjem smislu, ki predstavlja spremembo geodetskega datuma. Korekten (strog) prehod med starim in novim KS lahko razčlenimo v korake, kot je razvidno iz sheme 1.

Vse pretvorbe med komponentami znotraj istega KS so odvisne zgolj od definicije ravninskega KS, vrste in parametrov kartografske projekcije in razsežnosti referenčne ploskve. Težavo pri prehodu predstavlja datumsko transformacija. Gre za 7-parametrično podobnostno transformacijo v 3R-prostoru, ki uvaja 3 pomike, 3 zasuke in spremembo merila.

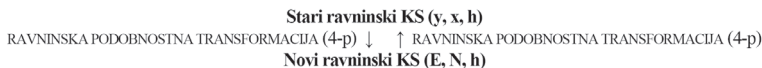
Posledica nehomogene natančnosti starega KS je, da optimalna datumsko transformacija na nivoju države ne omogoča niti podmetrske natančnosti. Natančnost lahko izboljšamo, če območje države razdelimo na manjša območja – regije. Za vsako takšno regijo določimo svoj niz transformacijskih parametrov, torej drugačno datumsko transformacijo. Natančnost se večja z



**Shema 1:** Matematično stroga prehoda med starim in novim KS po korakih: kombinacija različnih pretvorb in datumske transformacije v 3R.

drobitvijo na vse manjša območja. Nekajcentimtrska natančnost je lahko dosežena le s transformacijo na nivoju detajla.

Ker se v tem prispevku omejujemo zgolj na horizontalno komponento KS – prehod na nov višinski KS bo sledil s časovnim zamikom – lahko prehod med starim in novim KS tudi precej poenostavimo. Izvedemo ga lahko v enem samem koraku, in sicer neposredno med obema ravninskima KS, kot je razvidno iz sheme 2.



**Shema 2:** Poenostavljen neposredni prehod med starim in novim KS: neposredna datumska transformacija v 2R.

Datumska transformacija je tu 4-parametrična podobnostna transformacija v ravnini, ki uvaja 2 pomika, zasuk in spremembo merila. Izkaže se, da pri transformaciji na območju cele države ob uporabi strogega prehoda (s prostorsko podobnostno transformacijo; glej shemo 1) in poenostavljenega prehoda (z ravninsko podobnostno transformacijo; glej shemo 2) koordinatne razlike ne presegajo 10 cm, kar je glede na natančnost, ki jo pri tem dosežemo (odstopanja večja od 1 m), zanemarljivo. Odstopanja se ustrezno zmanjšajo, če zmanjšamo območje transformacije. Pri transformaciji na območju s premerom do 10 km so koordinatne razlike ob uporabi strogega prehoda in poenostavljenega prehoda manjše od 1 cm (Radovan idr., 2006). Nekajcentimtrska natančnost je torej na nivoju detajla dosežena tudi z neposrednim prehodom med starim in novim ravninskim KS (ravninska podobnostna transformacija). Glede na to ugotovitev so bile pripravljene optimalne rešitve za transformacije na detajlu. Pri transformaciji na nivoju države pa je glavni problem prehoda na nov KS nehomogena natančnost starega KS (glej npr. sliko 2).

Problem prehoda med starim in novim KS zato rešujemo na dveh nivojih:

- transformacija na detajlu in
- transformacija na nivoju države.

## 2.1 Transformacija na detajlu

Transformacija na detajlu je namenjena vzdrževanju zbirk prostorskih podatkov, ki zahtevajo najvišjo natančnost prehoda med starim in novim KS. Gre predvsem za zemljiški kataster in upravne postopke, ki skrbijo za pravno varnost lastnikov (urejene meje). Zemljiški kataster je tudi prva evidenca, katere vzdrževanje bo (po 1. 1. 2008) potekalo v novem KS, vendar zaenkrat zgolj za nove meritve - z nastavitvijo novega sloja podatkov (zemljiškokatastrski načrt - ZKN). Vzporedno bo v starem KS še naprej potekalo tudi vzdrževanje obstoječega sloja podatkov (zemljiškokatastrski prikaz - ZKP, dosednji digitalni katastrski načrt - DKN).

Pri transformacijah na detajlu je omejitev velikost območja (do polmera nekaj 100 metrov), zato lahko uporabimo enotno transformacijo (en niz transformacijskih parametrov). Zaradi nehomogene natančnosti starega KS pa moramo detajlne transformacijske parametre določiti za vsako delovišče posebej. Zaradi omejitve velikosti območja lahko uporabimo neposredni prehod med starim in novim ravninskim KS (D48/GK '! D96/TM), torej 4-parametrično ravninsko podobnostno transformacijo. Postopki transformacije na detajlu so podrobneje opredeljeni v Tehničnem navodilu za uporabo novega KS v zemljiškem katastru (Mesner idr., 2007), ki je dostopno preko spletnih strani geodetske uprave.

## 2.2 Transformacija na nivoju države

Izhodišče za model transformacije na nivoju države je hkratna transformacija podatkovnih slojev, ki se vzdržujejo in vodijo kot enovit in neprekinjen sloj na celotnem državnem ozemlju. Osnovna zahteva je torej zveznost transformacije. Druga pomembna zahteva je, da se v največji možni meri ohranjajo relativni odnosi. Tretja zahteva, ki je v protislovju s prvima dvema, pa so čim manjša koordinatna odstopanja po transformaciji, torej eliminacija nehomogene natančnosti starega KS. Kakšna natančnost je za posamezen podatkovni sloj še ustrezna, je seveda odvisno od natančnosti podatkov posameznega sloja, kriterij pa je, da se pri prehodu nivo natančnosti podatkov bistveno ne poslabša.

Glede na že zapisane ugotovitve je jasno, da za podmetrsko natančnost prehoda na nivoju države model podobnostne transformacije (v 2R ali 3R) ne zadostuje. Za večjo natančnost mora model transformacije omogočiti razpačenje, kar je možno doseči:

- s kompleksnejšimi (nelinearnimi) modeli transformacij,
- z razdelitvijo in ločeno transformacijo območja po več transformacijskih odsekih in
- z drugimi metodami.

V prvem primeru lahko zveznost transformacije zagotovimo z ustrezno izbiro enačb transformacije (npr. polinomske transformacije), v drugem primeru pa z ustrezno tvorbo transformacijskih odsekov ter ustrezno izbiro modela transformacije znotraj posameznega odseka (npr. triangulacija in uporaba afine transformacije). Konkretni predlogi modelov transformacij med starim in novim KS za podatkovne zbirke geodetske uprave so podani v nadaljevanju.

### 3 PREDLOG IZVEDBE PREHODA

Predlog izvedbe transformacije podatkovnih zbirk geodetske uprave v novi KS, ki je predstavljen v nadaljevanju, obravnava:

- modele transformacij ter
- organizacijo izvedbe transformacij.

Prvi del obsega predlog matematičnega modela, način izbora in preverjanja kakovosti veznih točk za transformacijo in nekatere tehnološke rešitve, drugi del pa organizacijo same izvedbe transformacij – glede na različne načine vzdrževanja in vodenja prostorskih podatkovnih zbirk –, predloge za nadgradnjo distribucijskega okolja in spletnih servisov ter zagotovitev ustrezne podpore uporabnikom v prehodnem obdobju pred dnevom D, na dan D (ki bo verjetno trajal nekaj dni) ter v prehodnem obdobju po dnevu D.

#### 3.1 Modeli transformacij podatkovnih zbirk

Predlagana rešitev obsega dva nivoja natančnosti prehoda:

- metrska natančnost in
- decimetrski natančnost.

Oba nivoja sta pravzaprav posledica empiričnih dognanj o našem državnem KS. Približno metrska natančnost je največ, kar lahko na ozemlju Slovenije dosežemo z enotno datumsko transformacijo (pri čemer je praktično vseeno, ali gre za strogi postopek s 7-parametrično ali pa za poenostavljeni postopek s 4-parametrično podobnostno transformacijo). Približno decimetrski natančnost – ponekod tudi nekoliko slabša – pa je največ, kar lahko sploh dosežemo s kakršno koli transformacijo, saj je bila v starem KS določitev koordinat točke na detajlu odvisna tudi od izvedbe navezave (npr. izbora izhodiščne poligonske točke).

##### 3.1.1 Enostavni model transformacije med starim in novim KS

Z enostavnim modelom tu označujemo transformacijo z enim samim nizom transformacijskih parametrov, torej optimalno enotno transformacijo za celotno državno ozemlje. Za enostavni model transformacije predlagamo 4-parametrično **ravninsko podobnostno transformacijo**, torej neposreden prehod med obema ravninskima KS.

Natančnost enostavne transformacije

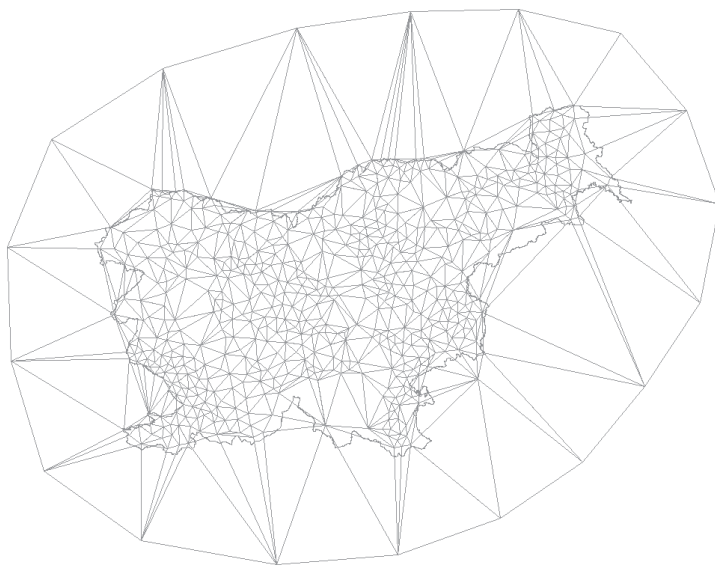
Enostavni model transformacije naj bi ob uporabi ustreznega števila kakovostnih veznih točk zagotovil transformacijo z natančnostjo horizontalnih koordinat okoli 1 meter, vendar pa bodo na nekaterih območjih koordinatna odstopanja to vrednost tudi nekoliko preseгла.

Ob trenutnem izboru veznih točk (različica 1.0; glej podpoglavje 3.1.2) je ocenjena natančnost predlaganega enostavnega modela transformacije:

- srednji standardni odklon položajev točk po transformaciji H" **45 cm**
- največje zabeleženo položajno odstopanje po transformaciji < **125 cm**

### 3.1.2 Kompleksni model transformacije med starim in novim KS

S kompleksnim modelom tu označujemo optimalno transformacijo za celotno državno ozemlje. Predlagamo **trikotniško zas-no-vano odsekoma afino transformacijo** (trikotniško transformacijo) v ravnini projekcije, torej neposreden prehod med starim in novim ravninskim KS. Vsebinsko transformiramo ločeno po trikotnih odsekih. Izbrane točke s kakovostnimi koordinatami v obeh KS (vezne točke) so oglišča takšnih trikotnih odsekov. Za vsak odsek upo-rabimo 6-parametrično ravninsko afino transformacijo, njene para-metre pa dolo-čimo tako, da v celoti od-pravimo od-sto-panja na veznih točkah; glej sliko 1.



**Slika 1:** Trikotniško zasnovana odsekoma afina transformacija; 616 veznih točk in 1212 trikotnih odsekov – torej 1212 med seboj usklajenih afinih transformacij s 7272 transformacijskimi parametri.

Postopek delitve območja transformacije na odseke izvedemo z Delaunayjevo triangulacijo, kjer so dobljeni trikotni odseki kot se le da blizu enako-straničnim. Obod območja, ki je pokrito s transformacijskimi odseki, tvori konveksna lupina niza veznih točk. Ker običajno nimamo veznih točk, ki bi pokrivalo celotno območje, ki ga želimo transformirati (celotno državno ozemlje), moramo seveda določiti tudi transformacije na odsekih, ki segajo čez to lupino. To lahko storimo tako, da glede na težišče danih točk z ustreznim faktorjem »razpih-nemo« obodne točke. S tem dosežemo neke vrste ekstrapolacijo transformacije navzven, ne da bi bistveno vplivali na trend deformacij na posameznih robnih območjih.

Lastnosti trikotniško zasnovane odsekoma afine transformacije so znotraj posameznih odsekov enake lastnostim same afine transformacije. Do odstopanja pa pride na spojih območjih. Stroga izvedba transformacije bi zahtevala dodaten lom linije, ki prehaja iz enega trikotnika v drugega, vendar transformiramo le krajišča linij, povezave med njimi pa ostanejo ravne (Berk, 2001).

## Izbor veznih točk za transformacijo

Osnova za izračun transformacijskih parametrov je niz točk, ki imajo kakovostno določene koordinate tako v starem kot tudi v novem KS. V našem primeru je na voljo okoli 2000 ETRS-točk. Večinoma gre za točke osnovnih geodetskih mrež, ki so bile v okviru različnih GPS-kampanj neposredno ali posredno (ekscenter) izmerjene tudi v novem KS. Postopek določitve niza veznih točk transformacije vključuje:

- preverjanje kakovosti ETRS-točk,
- izbor veznih točk za kompleksno transformacijo,
- Delaunayjevo triangulacijo izbranih veznih točk,
- izračun transformacijskih parametrov po dobljenih trikotnih odsekih,
- preverjanje reverzibilnosti transformacije<sup>1</sup> ter
- analizo kakovosti transformacije, ki obsega preverjanje kriterijev glede:
  - dopustnega kotnega striženja (znotraj posameznega trikotnika),
  - dopustne ploščinske deformacije (znotraj posameznega trikotnika) in
  - dopustne dolžinske deformacije (znotraj posameznega trikotnika).

Preverjanje kakovosti ETRS-točk vključuje analize kakovosti po manjših relativno homogenih območjih transformacije na osnovi optimalnih ravninskih podobnostnih transformacij znotraj posameznih območij in izločanje točk z grobimi odkloni (med danimi in transformiranimi koordinatami). Izbor veznih točk za kompleksno transformacijo obsega ročni izbor mejnih veznih točk (točke blizu državne meje zaradi zagotovitve največjega možnega prostorskega obsega transformacije), avtomatični izbor ostalih veznih točk (po posebnem algoritmu za izbor) in določitev pomožnih veznih točk (zunaj državnega ozemlja). Omenjeni algoritem za izbor veznih točk je v bistvu algoritem za redčenje ETRS-točk. Redčenje se izvede po korakih; v vsakem izločimo po eno ETRS-točko, in sicer točko na »območju največje gostote«. Postopek ugotavljanja takšne točke je naslednji:

- iskanje para ETRS-točk, ki sta si najbližje skupaj, nato pa
- ugotavljanje, katera izmed obeh točk ima bližje sebi drugo najbližjo ETRS-točko.

Dobljena točka se izloči, postopek pa se ponavlja do zelene gostote preostalih (izbranih) točk.

### Izbrani transformacijski niz – različica 1.0

Pri izboru veznih točk, ki so bile nato uporabljene tudi za določitev optimalnih parametrov za enostavni model, so bili postavljeni kriteriji glede zelenih lastnosti transformacije, in sicer:

- dopustno kotno striženje  $< 1^\circ$
- dopustna površinska deformacija  $< \pm 0,02 \%$  in
- dopustna dolžinska deformacija  $< \pm 0,02 \%$ .

Ti kriteriji so postavljeni zaradi ohranjanja relativnih odnosov (npr. pravokotnosti stavb) in

<sup>1</sup> Pogoj je topološka identičnost Delaunayjeve triangulacije izbranega niza veznih točk v starem in novem KS.

ohranjanja površin in so empirično privedli do najmanjše še dopustne razdalje med sosednjima veznima točkama, ki znaša okoli **3 km**. Tako je bil na podlagi okoli 2000 ETRS-točk izveden izbor 598 veznih točk; nato je bilo določenih še 18 pomožnih veznih točk, ki se nahajajo zunaj državnega ozemlja. Z Delaunayjevo triangulacijo teh točk dobimo 1212 transformacijskih odsekov (trikotnikov); transformacija torej zahteva določitev  $1212 \times 6 = 7272$  transformacijskih parametrov – glej sliko 1. Preostalih okoli 1400 ETRS-točk je bilo uporabljenih za kontrolne točke pri oceni kakovosti transformacije.

Gre za prvi izbor veznih točk – različica 1.0. Analize so pokazale, da bodo na nekaterih območjih potrebne zgostitve veznih točk (nadaljnje zgoščevanje ETRS-točk). Izboljševanje transformacije je smiselno vse do dneva D, ko bi za transformacijo uporabili dokončni transformacijski niz in s tem dokončno transformacijo.

Natančnost kompleksne transformacije

Kompleksni model transformacije naj bi ob uporabi ustreznega števila kakovostnih veznih točk zagotovil transformacijo z natančnostjo horizontalnih koordinat okoli 10 cm, le na neka-terih območjih bi po dosedanjih izkušnjah koordinatna odstopanja dosegala do 20 cm; podobne so tudi izkušnje iz drugih držav (npr. Graves, 2001).

Ob trenutnem izboru veznih točk (različica 1.0) je ocenjena natančnost predlaganega kompleksnega modela transformacije:

- srednji standardni odklon položajev točk po transformaciji **H" 4 cm**
- največje zabeleženo položajno odstopanje po transformaciji **< 25 cm**

Pri navedeni oceni je treba poudariti, da bo kompleksni model povezal stari in novi KS do nivoja mrež nižjih redov in navezovalnih mrež. Paziti je torej treba, da v državni model ne vključujemo točk izmeritvenih mrež ali celo detajla (npr. zemljiškokatastrskih točk), ker so te včasih vprašljive kakovosti, poleg tega bi se s tem prilagajali posamezni evidenci (npr. zemljiškemu katastru) na račun poslabšanja natančnosti ostalih slojev.

### 3.1.3 Grid pomikov med starim in novim KS

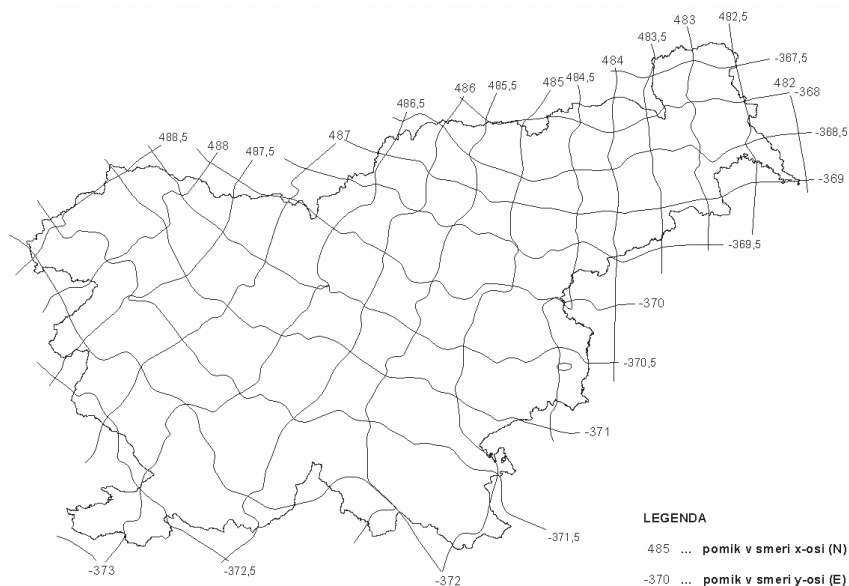
Tretji predlagani model je transformacija z gridom pomikov (angl. grid look-up table transformation). Namenjena je predvsem hkratnemu prikazovanju podatkovnih slojev v starem in novem KS (tako imenovana »on-the-fly« transformacija), in sicer za manjša območja, npr. za ekranske prikaze (npr. prikaz posameznih parcel ali stavb na ortofotu), izdajanje spletnih potrdil ipd. Ker gre za prikaze velikih meril, mora biti transformacija dovolj natančna, hkrati pa postopek dovolj enostaven, da je model mogoče uporabiti v spletnih aplikacijah (izvedba v realnem času). Za omenjene aplikacije ni zahtevana zveznost transformacije na območju celotne države.

Predlagana rešitev temelji na kompleksnem modelu (trikotniška transformacija), s pomočjo katerega se izračuna pomike v gridu, ki pokriva celo državo. Velikost celice grida je 1 km. Sam postopek transformacije se s tem poenostavi v največji možni meri, saj se za prehod izvede le pomika v smereh obeh koordinatnih osi. Treba je zagotoviti le dovolj hitro iskanje; pri kilometrskem



gridu sta obe koordinati, zaokroženi na kilometer, že kar kazalca na ustrezno celico grida; oba pomika nato določimo z interpolacijo.

Oba grida pomikov (za obe koordinati) si lahko predstavimo v obliki ploskev pomikov. Izrišemo črte enakih pomikov (istopomičnice oz. izošifte). Zaradi nehomogene natančnosti starega KS je ploskev precej raz-gibana. S pomočjo tako predstavljenih ploskev lahko za izbrano območje že z uporabo običajne interpolacije dokaj natančno določimo oba pomika; glej sliko 2.



**Slika 2:** Ploskvi pomikov iz starega v novi KS; pomičnice po x-osi so v modri barvi, pomičnice po y-osi pa v rdeči barvi; velikosti pomikov so navedene v metrih.

Predlagana rešitev temelji na kompleksnem modelu, vendar se na koncu upošteva le dobljena srednja pomika. Gre za poenostavitev prehoda, pri kateri zanemarimo zasuk, spremembo merila ... To lahko storimo, če gre za majhno območje (do nekaj km). Z določitvijo srednjih pomikov se bistveno poenostavi transformacija rastrskih podatkov, saj lahko sam raster ostane identičen; spremeni se zgolj njegovo izhodišče; stroga transformacija rastra bi zahtevala prevzorčenje rastra (angl. resampling).

### 3.1.4 Posledice transformacije iz starega v novi KS za prostorske podatke

Transformacija iz starega v novi KS pomeni najprej spremembo koordinat v absolutnem smislu, in sicer pomika za okoli 370 m proti zahodu in za okoli 485 m proti severu. Navedeni vrednosti sta seveda približni, vendar nikjer v državi ne odstopata za več kot 4 m (glej sliko 2). Neugodne posledice transformacije iz starega v novi KS so za prostorske podatke predvsem deformacije vsebine; pogoji, kot sta topološka pravilnost in zveznost transformacije, so bili namreč že med

izhodišči za izbiro ustreznih modelov transformacije. Do deformacij vsebine pri transformaciji iz starega v novi KS pride predvsem iz treh razlogov:

- sprememba referenčnega elipsoida (iz Besslovega na elipsoid GRS80),
- spremembe geodetskega datuma (iz D48 na D96), ki vključuje tudi spremembo merila, ter
- nehomogena natančnost starega KS (lokalne deformacije merila).

V splošnem bi na deformacije vplival tudi izbor nove kartografske projekcije, ki pa je v našem primeru ostala istega tipa (transverzalna Mercatorjeva) in z istimi parametri (izhodiščna meridian in paralela ter modulacija in modifikacija koordinat), zato so vse spremembe s tega naslova zgolj posledica spremembe referenčnega elipsoida. Vpliv spremembe referenčnega elipsoida je sicer med navedenimi tremi še najmanjši. Skupaj s spremembo geodetskega datuma predstavlja vpliv na transformacijo vsebine pri enostavnem modelu. Vsaj 10-krat večji je vpliv nehomogene natančnosti starega KS, ki se pojavi pri kompleksnem modelu.

Posledice enostavne transformacije za prostorske podatke

Enostavni model transformacije je ravninska podobnostna transformacija. Ohranja podobnost – ohranjajo se koti –, uvaja pa spremembo merila. Pri optimalni določitvi štirih transformacijskih parametrov za celotno državno ozemlje (transformacijski niz različica 1.0 – 598 veznih točk; izločene so bile pomožne vezne točke) dobimo:

- linijsko merilo = 1,000010, tj. linijska deformacija = **0,001** %, in
- površinsko merilo = 1,000020, tj. površinska deformacija = **0,002** %.

Dolžine se torej ob uporabi enostavnega modela povsod povečajo za 0,001 %, oziroma za 1 cm/km. Površine se ob uporabi enostavnega modela povsod povečajo za 0,002 %, kar pomeni, da se za 1 m<sup>2</sup> (na kolikor običajno zaokrožujemo površine parcel) poveča parcela velikosti 50 ha. Površina celotne države se poveča za 40,5 ha.

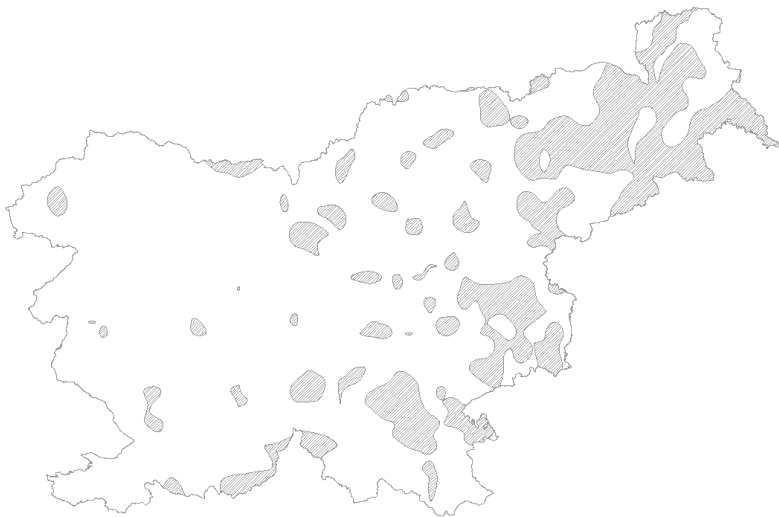
Posledice kompleksne transformacije za prostorske podatke

Kompleksni model transformacije je niz med seboj usklajenih ravninskih afinih transformacij po trikotnikih. Te ohranjajo vzporednost linij, uvajajo pa kotno striženje in spremembo merila, ki je konstanta za posamezen trikotnik. Pri optimalni določitvi 7272 transformacijskih parametrov za celotno državno ozemlje (transformacijski niz različica 1.0 – 616 veznih točk, 1212 trikotnikov) dobimo:

- največja kotna deformacija = **30** ″,
- največje linijsko merilo = 1,00012, tj. linijska deformacija = **0,012** %,
- najmanjše linijsko merilo = 0,99988, tj. linijska deformacija = **-0,012** %,
- največje površinsko merilo = 1,00014, tj. površinska deformacija = **0,014** %, in
- najmanjše površinsko merilo = 0,99991, tj. površinska deformacija = **-0,009** %.

Gre za najneugodnejše vrednosti, ki se pri transformaciji lahko pojavijo v najneugodnejšem izmed trikotnikov.

Kotno striženje v najneugodnejšem primeru znaša okoli 30 ‰, kar pomeni odstopanje od pravokotnosti za 1 cm (na kolikor običajno zaokrožujemo koordinate točk) šele pri stavbi kvadratne oblike z velikostjo stranice okoli 70 m. Dolžine se ob uporabi kompleksnega modela v najneugodnejšem primeru povečajo ali zmanjšajo do 0,012 ‰, oziroma do 12 cm/km. Površine se ob uporabi kompleksnega modela v najneugodnejšem primeru povečajo do 0,014 ‰, kar pomeni, da se za 1 m<sup>2</sup> poveča parcela velikosti okoli 0,71 ha, ali pa zmanjšajo do 0,009 ‰, kar pomeni, da se za 1 m<sup>2</sup> zmanjša parcela velikosti 1,11 ha. Dolžine in površine se torej zaradi nehomogene natančnosti starega KS pri transformaciji v novi KS ponekod povečajo, drugod pa zmanjšajo. Bistveno večje je območje, kjer se površine povečajo, kar je razvidno iz slike 3.



**Slika 3:** Šrafura označuje območja, kjer je pri kompleksnem modelu transformacije iz starega v novi KS sprememba merila negativna; za večji del Slovenije (okoli 80 % površine) je sprememba merila pozitivna (povečanje površin).

### 3.2 Potek in organizacija transformacije podatkovnih zbirk

Z vidika transformacij lahko razdelimo potek prehoda na nov KS v tri faze:

- prehodno obdobje pred dnevom D,
- dan D (ki bo verjetno daljši od enega dne) ter
- prehodno obdobje po dnevu D.

Vse tri faze so z glavnimi poudarki opisane v podpoglavjih, ki sledijo, pri čemer pa je treba vnaprej opozoriti na določene izjeme in posebnosti pri posameznih podatkovnih zbirkah (npr. zemljiški kataster in kataster stavb), ki so obravnavane v poglavju 4.

### 3.2.1 Prehodno obdobje pred dnevom D

Za prehodno obdobje pred dnevom D je treba postopoma zagotoviti možnost izdajanja in distribucije podatkov tudi v novem KS. Prav tako je v tem času zaželeno tudi možnost sprejemanja podatkov (s strani geodetske uprave) v že novem KS. Pojavljata se torej potrebi po:

- zagotavljanju podpore pri vzdrževanju zbirke s podatki v novem KS že pred dnevom D ter
- izdajanju podatkov v novem KS že pred dnevom D.

Zaradi vrste argumentov, ki so predvsem tehnološke narave, ne bi smeli posegati niti v produkcijsko okolje niti v distribucijsko okolje podatkovnih zbirk geodetske uprave. Vendar bi oboje lahko zagotovili s transformacijo podatkov:

- iz novega v stari KS pred uvozom v produkcijsko okolje in
- iz starega v novi KS po izvozu iz distribucijskega okolja.

Za zagotavljanje podpore v prehodnem obdobju pred dnevom D rabimo predvsem programsko opremo, ki bo za različne podatkovne formate (vhodne formate v produkcijsko okolje in izhodne formate iz distribucijskega okolja) omogočala ustrezno transformacijo med starim in novim KS, in sicer z natančnostjo, ki bo ustrezala natančnosti podatkovne zbirke.

### 3.2.2 Izvedba pretvorbe zbirk prostorskih podatkov na dan D

Za dan D (oziroma čas dejanske izvedbe prehoda) je treba zagotoviti ustrezno infra-strukturo za kakovostno transformacijo vseh prostorskih podatkov geodetske uprave v novi KS. V času izvedbe prehoda se blokira tako vzdrževanje (vhod v produkcijsko okolje) kot tudi izdajanje podatkov (izhod iz distribucijskega okolja). Pogoji za izvedbo prehoda je dovolj kakovostna transformacija (kompleksni model); uporabi se zadnja različica transformacije (t. i. dokončna transformacija), ki upošteva vse popravke in zgostitve ETRS-točk v prehodnem obdobju pred dnevom D. Izvedba transformacije podatkovnih zbirk geodetske uprave bo zelo zahteven organizacijski projekt, ki bo moral poskrbeti za:

- postopke sprejemanja podatkov ob prehodu (motnje v produkciji),
- postopke izdajanja podatkov ob prehodu (motnje v distribuciji),
- organizacijo službe za podporo uporabnikom in vzdrževalcem zbirk (nekaj mesecev pred in po dnevu D),
- arhiviranje celotnega produkcijskega okolja na dan D,
- izvoz vseh podatkov iz produkcijskega okolja, ki predstavljajo horizontalne koordinate, v dogovorjenem formatu – tvorba t. i. lokacijskih datotek,
- izvedbo transformacije vseh lokacijskih datotek in
- uvoz vseh lokacijskih datotek nazaj v produkcijsko okolje.

S terminom lokacijska datoteka je tu označen posebej dogovorjen tip datotek, ki bi bil čimbolj enostaven tako z vidika tvorbe in transformacije, kot tudi uvoza nazaj v zbirko. Omogočati mora enolično povezavo z entitetami, na katere se koordinate nanašajo (uvoz in izvoz), po možnosti

pa naj bi zapis vseboval eno točko na eno vrstico datoteke. Sistem mora predvideti tudi ustrezna pravila poimenovanja datotek. Datoteke so lahko različne za točkovne, linijske in ploskovne objekte.

Zaenkrat ni predvideno, da bi se ob izvedbi transformacije podatkov kakorkoli spreminjalo samo produkcijsko okolje. Spreminjajo se zgolj podatki v zbirkah, in sicer samo horizontalne koordinate točk (y in x). Verjetno pa bo treba izvesti nekaj prilagoditev sistema za distribucijo podatkov, predvsem zaradi zamikov pri transformaciji. Predvideno je, da se bodo težave v produkciji in distribuciji ob izvedbi prehoda zreducirane na minimum, časovno pa na nekaj mesecev pred in nekaj mesecev po dnevu D.

### 3.2.3 Prehodno obdobje po dnevu D

Za prehodno obdobje po dnevu D je treba zagotoviti možnost izdajanja in distribucije podatkov tudi v starem KS. Prav tako je nekaj časa še zaželeno tudi možnost sprejemanja podatkov (s strani geodetske uprave) v še v starem KS. Pojavljata se torej potrebi po:

- zagotavljanju podpore pri vzdrževanju zbirk s podatki v starem KS tudi po dnevu D ter
- izdajanju podatkov v starem KS tudi po dnevu D.

Gre za inverzni transformaciji tistih, ki bi ju morali zagotoviti že pred dnevom D (glej podpoglavje 3.2.1). Tudi v tem primeru je rešitev transformacija podatkov:

- iz starega v novi KS pred uvozom v produkcijsko okolje in
- iz novega v stari KS po izvozu iz distribucijskega okolja.

Za zagotavljanje podpore v prehodnem obdobju po dnevu D bi torej uporabili identično programsko opremo kot za zagotavljanje podpore v prehodnem obdobju pred dnevom D – obrnili bi se le smeri transformacij. Za obdobje po dnevu D bi bila potrebna tudi nadgradnja spletnih vpogledovalnikov z možnostjo izbiranja ali starega ali novega KS. Ideja za tehnološko rešitev je transformacija z gridom pomikov (glej podpoglavje 3.1.3), ki omogoča dovolj kakovostno transformacijo v realnem času.

## 4 REŠITVE ZA POSAMEZNE ZBIRKE PROSTORSKIH PODATKOV

S stališča transformacij podatkov v novi državni KS sta za podatkovne zbirke geodetske uprave pomembni dve delitvi, in sicer delitev glede na način vzdrževanja in glede na natančnost podatkov v posamezni zbirki.

Glede na **način vzdrževanja** lahko podatkovne zbirke razdelimo v dve skupini:

- zbirke, ki se vodijo **datotečno** in se vzdržujejo **paketno**, in
- zbirke, ki se vodijo v **skupni bazi** in se vzdržujejo **sprotno**.

Od **natančnosti podatkov** v posamezni zbirki je odvisna zahtevana natančnost transformacije in s tem izbira modela transformacije. S kompleksnim modelom bodo transformirani podatki, za katere je zahtevana natančnost transformacije večja od 1 m, z enostavnim modelom pa podatki, za katere je zahtevana natančnost transformacije manjša od 1 m.

V preglednici 1 so prikazane podatkovne zbirke geodetske uprave, način njihovega vzdrževanja, zahtevana natančnost transformacije in izbira ustreznega modela transformacije za posamezno podatkovno zbirko.

	<i>Vzdrževanje zbirke</i>	<i>Zahtevana natančnost transformacije / model</i>	
Centralna baza geodetskih točk	sprotno	~1 m* / enostavni	
Evidenca državne meje	paketno	/	
Register prostorskih enot	sprotno	5 cm / kompleksni	
Zemljiški kataster - prikaz, vektorski - prikaz, skenogrami (arhiv) - točke - »območja«	sprotno	5 cm / kompleksni	
	paketno	/	
	sprotno	~1 m* / enostavni	
	sprotno	5 cm / kompleksni	
Kataster stavb	sprotno	5 cm / kompleksni	
Dejanska raba zemljišč	sprotno	5 cm / kompleksni	
Register nepremičnin	sprotno	5 cm / kompleksni	
Evidenca trga nepremičnin	sprotno	/	
Zbirka vrednotenja nepremičnin	sprotno	5 cm / kompleksni	
Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture	sprotno	5 cm / kompleksni	
Državne pregledne karte	1 : 250 000 - raster	paketno	25 m / enostavni
	1 : 250 000 - vektor	paketno	25 m / enostavni
	1 : 500 000 - raster	paketno	50 m / enostavni
	1 : 500 000 - vektor	paketno	50 m / enostavni
	1 : 750 000	paketno	75 m / enostavni
	1 : 1 000 000	paketno	100 m / enostavni
Državne topografske karte	1 : 25 000	paketno	5 m / enostavni
	1 : 50 000	paketno	25 m / enostavni
Temeljni topografski načrti	1 : 5000	paketno	1 m / kompleksni
	1 : 10 000	paketno	1 m / kompleksni
Ortofoto	paketno	1 m / kompleksni	
Vektorski topografski podatki 1 : 5000	paketno	1 m / kompleksni	
Vektorski topografski podatki 1 : 25 000	paketno	5 m / enostavni	
Register zemljepisnih imen	sprotno	2 m / enostavni	
Digitalni model višin	5 m	paketno	< 1 m / kompleksni
	12,5 m	paketno	< 1 m / kompleksni
	25 m	paketno	< 1 m / kompleksni
	100 m	paketno	< 1 m / kompleksni
CORINE Land Cover	paketno	10 m / enostavni	
Podatki o listih TTN 5/10, DTK 25/50, CAS	paketno	5 cm / kompleksni	

\* transformacija se izvede samo za vpogledovalnike geodetskih podatkov

**Preglednica 1:** Podatkovne zbirke geodetske uprave, način njihovega vzdrževanja in izbira ustreznega modela transformacije za posamezno podatkovno zbirko.

V nadaljevanju so podrobneje obravnavane nekatere pomembnejše podatkovne zbirke, ki jih vodi in vzdržuje geodetska uprava.

#### **4.1 Zbirke, ki se ne transformirajo**

Za nekatere zbirke geodetske uprave se transformacija podatkov v novi KS ne bo izvedla; v preglednici 1 je pri teh zbirkah v zadnjem stolpcu samo poševnica. Pri nekaterih zbirkah pa se bo izvedla transformacija podatkov zgolj zato, da bo mogoče podatke prikazati v novem KS v različnih vpogledovalnikih geodetskih podatkov.

##### **4.1.1 Centralna baza geodetskih točk**

V centralni bazi geodetskih točk se vodijo izvirne koordinate geodetskih točk v starem KS. Tako imenovane ETRS-točke imajo koordinate izmerjene tudi v novem KS. Glede na to, da geodetske točke predstavljajo osnovo za georeferenciranje vseh ostalih prostorskih podatkov, morajo biti njihove koordinate določene z geodetsko izmero. Transformacija koordinat geodetskih točk bi pomenila prenos vseh nepravilnosti starega KS v novi KS. Zato se podatki centralne baze geodetskih točk ne bodo transformirali v novi KS. Po potrebi bo izvedena le transformacija v novi KS za potrebe grafičnega prikaza v vpogledovalnikih geodetske uprave («on-the-fly» transformacija).

##### **4.1.2 Evidenca državne meje**

Evidenca državne meje je specifična evidenca, katere vzdrževanje in vodenje je vezano na meddržavne pogodbe z vsako posamezno sosednjo državo. Za vodenje evidence državne meje so v uporabi dvojni KS, tj. tudi državni KS-ji sosednjih držav. Za potrebe vodenja evidence državne meje je na nekaterih odsekih izvedena posebna – mejna triangulacija. Posledično lahko z mejno triangulacijo določene koordinate mejnih točk od državnih koordinat odstopajo (red velikosti odstopanj je 10–20 cm). Zato model transformacije, ki je izračunan iz koordinat obstoječih ETRS-točk, ni primeren za transformacijo podatkov državne meje.

Geodetska uprava postopoma že prehaja na izmero mejnih točk z novo tehnologijo v novem KS, tako da je najbolje počakati na neposredno izmerjene koordinate (brez transformacij). Za mejo z Italijo in nekatere odseke mej z drugimi državami so koordinate v novem KS že na voljo.

##### **4.1.3 Zemljiškokatastrske točke**

Zemljiškokatastrske točke (v nadaljevanju ZK-točke) so točke, ki določajo položaj urejenih mej parcel in imajo s predpisano natančnostjo določene koordinate v državnem KS. Po 1. 1. 2008 se bo v zemljiški kataster začel uvajati novi KS. Po tem datumu bodo imele vse nove, spremenjene ali ponovno izmerjene točke koordinate določene v novem KS.

S koordinatami ZK-točk je določena meja parcele in opisana njena prostorska značilnost (lega, oblika in velikost). Koordinate ZK-točk predstavljajo osnovni podatek o parceli. Njihova absolutna natančnost je zelo raznolika, zato jih ni mogoče zanesljivo transformirati na nivoju cele države.

Niti z uporabo kompleksnega modela transformacije ni mogoče zagotoviti potrebne kakovosti transformacije na nivoju detajla. Kakovostna transformacija ZK-točk je mogoča le z detajlnimi transformacijskimi parametri, ki so izračunani iz sosednjih ZK-točk z izvornimi koordinatami v obeh sistemih. Tovrstna transformacija je iz finančnega, kadrovskega in organizacijskega vidika preobsežna, zato se transformacija podatkovne zbirke ne bo izvedla.

Po 1. 1. 2008 bodo vse nove in spremenjene ZK-točke imele določen položaj v novem KS; mozaično bo začel nastajati tudi prvi podatkovni sloj v novem KS - zemljiškokatastrski načrt (ZKN). Za »stare« ZK-točke bo izvedena transformacija v novi KS le za potrebe grafičnega prikaza v vpogledovalnikih geodetske uprave («on-the-fly» transformacija).

#### 4.1.4 Evidenca trga nepremičnin

Evidenca trga z nepremičninami ne vsebuje lastnih lokacijskih podatkov, zato transformacija v novi KS ne bo potrebna.

#### 4.2 Zbirke, ki se vzdržujejo paketno

Zbirke, ki se vzdržujejo paketno in vodijo datotečno, se bodo transformirale v paketu - izvedel se bo enkratni projekt transformacije za vsako zbirko. S tem se ne bo bistveno poseglo v delovanje produkcijskega okolja, pač pa se bo razširila samo zbirka z novimi podatki. Podatki se bodo transformirali in zbirka se bo ali podvojila ali pa razširila z novimi datotekami, ki bodo vsebovale zgolj novo geolokacijo. Nova geolokacijska datoteka je rešitev predvsem za rastrske formate, kjer je podatkov veliko in je podvajanje zbirke neracionalno. Tako se bo za vse rastrske podatke izvedla transformacija na način podvojitve geolokacijskih datotek, ki bodo verjetno dostopne tudi na internetu in jih bo uporabnik po želji lahko sam poiskal, prekopiral in uporabil.

Zbirke iz te skupine se bodo od določenega datuma začele obnavljati/izdelovati neposredno v novem KS. Zato bo treba za zbirke, ki se vzdržujejo po listih, definirati novo razdelitev na liste skladno z novim KS.

#### 4.2.1 Državne karte in temeljni topografski načrti

Državne topografske karte, državne pregledne karte in temeljni topografski načrti se vodijo datotečno. Pri **rastrskih** podatkih se za vsak list teh kart vodi po ena geolocirana datoteka v formatu TIF (Tagged Image File Format). Geolokacija TIF-datotek je izvedena z zapisom informacij v formatu TFW (World File for TIF-image). Podatki so geolocirani v državnem KS.

Pred dnevom D bo izvedena transformacija zbirk paketno. Za državne karte bo zaradi manjše natančnosti uporabljen enostavni model transformacije, za temeljne topografske načrte pa kompleksni model. Transformacija se bo izvedla tako, da se bo za vsako TIF-datoteko pripravila nova TFW-datoteka (z enakim imenom kot izvorna), ki bo vsebovala geolokacijo v novem KS. Nove geolokacije se bodo hranile na posebnem imeniku.

Na dan D in po dnevu D za rastrske podatke državnih kart in topografskih načrtov ne bo treba izvajati nobenih transformacij, ker bodo že vsi podatki na voljo v starem in novem KS. V okviru



rednega vzdrževanja pa se bodo po dnevu D postopoma začeli izdelovati listi kart v novem KS z novim razrezom na liste. Za novo izdelane rastrske slike bo treba pripraviti tudi geolokacijske datoteke v starem KS.

**Vektorski** podatki državnih preglednih kart se vodijo v formatu SHP (ArcView Shape Format) in v formatu DXF (Drawing Exchange Format). Pred dnevom D bo omogočena transformacija podatkov, in sicer le v SHP-formatu. Na dan D bo treba ponovno transformirati vektorske podatke, v kolikor bo od prve transformacije prišlo do spremembe zaradi vzdrževanja. Po dnevu D pa bo treba izvesti transformacijo v stari KS po vsakem vzdrževanju, seveda z obratnimi transformacijskimi parametri.

#### 4.2.2 Vektorski topografski podatki 1 : 5000 (DTK 5)

Topografski podatki DTK 5 se vodijo datotečno v SHP-formatu. Osnovna enota vodenja in izdajanja podatkov je list merila 1 : 5000. Položajna natančnost zbirke je 1 m, zato bo za transformacijo uporabljen kompleksni model; izvedena bo paketno. Transformacija se bo izvedla pred dnevom D, in sicer po listih, vendar eksaktno, ker gre za vektorske podatke. S tem bo zagotovljeno ohranjanje topologije na spojih listov. Na dan D bo treba na enak način kot pred dnevom D transformirati podatke, ki so bili vzdrževani po prvi transformaciji. Po dnevu D se bodo podatki DTK 5 zajemali in vzdrževali v novem KS, po potrebi pa se bodo z obratnimi transformacijskimi parametri transformirali v stari KS.

#### 4.2.3 Ortofoto

Gre za edino zbirko, ki je že transformirana v novi KS in je opisana v poglavju 5.

#### 4.2.4 Digitalni model višin

V zbirki digitalni model višin (v nadaljevanju DMV) se vodijo podatki o reliefu (višine točk izbranega grida – DMV 5, 12,5, 25, 100). Zbirka se vodi datotečno v formatu GTM (binarni grid). Podatki se izdajajo v formatu ASCII (\*.xyz) ali GRD (ArcInfo ASCII-grid). Položajna natančnost zbirke (horizontalnih koordinat) je okrog 1 m, zato se bo za transformacijo uporabil kompleksni model. Transformacija v novi KS bo izvedena paketno.

Minimalistično rešitev predstavlja zagotovitev programske opreme za kompleksno transformacijo, ki bo podpirala transformacijo podatkov v formatu ASCII (\*.xyz). Po transformaciji točk grida v novi KS točke ne bodo več tvorile pravilne mreže, ampak bo ta zamaknjena in zasukana. Zato bo (za format GRD, ki zahteva pravilen grid) treba izvesti interpolacijo višin na novodoločen pravilen grid. Paziti bo treba na ustrezen izbor metode interpolacije. Natančnost bo v vsakem primeru slabša od originala. Zato bi bila najboljša rešitev izdelava novega DMV v novem KS.

#### 4.3 Zbirke, ki se vzdržujejo sprotno

Za zbirke, ki se vodijo v skupni bazi in se vzdržujejo sprotno, je treba zagotoviti nadgradnjo distribucijskega okolja. S tem se ne bo posegalo v obstoječe distribucijsko okolje; vse rešitve

predstavljajo zgolj podaljšek distribucijskega okolja. S tem je mišljena zagotovitev programske opreme za transformacijo zbirk, ki se vzdržujejo sprotno.

Zagotoviti bo treba podporo za ustrezne izmenjevalne formate. Minimalistična rešitev je zagotovitev podpore za transformacijo osnovnih predpisanih podatkovnih formatov geodetske uprave (običajno so predpisani ASCII-formati izmenjevalnih datotek). Če bodo dopuščala finančna sredstva, pa bo izvedena tudi podpora za druge izmenjevalne formate, v katerih se izdajajo podatki na geodetski upravi (SHP, DXF, E00).

#### **4.3.1 Zemljiškokatastrski prikaz, zemljiškokatastrska območja in register prostorskih enot**

Zemljiškokatastrski prikaz (v nadaljevanju ZKP) je grafični prikaz mej parcel in delov parcel. Namen ZKP je, da prikaže čimbolj resnično stanje, to je obliko in medsebojno lego parcel. Zbirka se vzdržuje dnevno.

Evidenca je vzpostavljena za celo državo. Grafični in atributni podatki ZKP so zapisani v podatkovni zbirki Oracle Spatial. Osnovni izmenjevalni format je ASCII. Podatki se izdajajo tudi v formatih SHP in DXF.

Položajna natančnost zbirke je od nekaj centimetrov (območja koordinatnega katastra) do nekaj metrov (območja grafičnega katastra), zato bo za pretvorbo uporabljen kompleksni model transformacije. Ker se zbirka vzdržuje sprotno, je treba zagotoviti programsko opremo, ki bo pred dnevom D omogočila sprotno transformacijo v novi KS (na zahtevo naročnika).

Dokler se bo ZKP vzdrževal v starem KS, torej pred dnevom D, bo za izdajo podatkov v novem KS treba zagotoviti programsko opremo za nadgradnjo distribucijskega okolja. Ta bo omogočala sprotno transformacijo ZKP in izdajo podatkov v novem KS na zahtevo uporabnika. Minimalistična rešitev transformacije ZKP je zagotovitev podpore za transformacijo SHP-formata. Transformirane podatke se iz formata SHP zapiše v DXF z uporabo ustreznega programskega orodja za pretvorbo med tema dvema formatoma.

Na dan D se bo s kompleksnim modelom transformacije transformiral v novi KS celoten sloj ZKP naenkrat.

Tako imenovana dokončna transformacija mora zagotavljati prehod med starim in novim KS z natančnostjo boljšo od 10 cm na območju koordinatnega katastra, drugod pa z natančnostjo boljšo od 20 cm. Poleg tega mora ohranjati pravokotnost stavb ter zveznost celotnega podatkovnega sloja (na nivoju države).

Program za kompleksno transformacijo bo podpiral transformacijo podatkov ZKP v dogovorjenem lokacijskem formatu. V času transformacije, tj. na dan D, je treba zagotoviti, da bo zbirka popolnoma zamrznjena (blokada na vhodu in izhodu).

Po dnevu D bodo na željo naročnika ob izdaji podatkov (torej sprotno) ti transformirani v stari KS. Za transformacijo bo uporabljena enaka programska oprema kot za transformacijo v novi KS pred dnevom D; uporabljeni bodo le obratni transformacijski parametri. Programska oprema bo

omogočala transformacijo podatkov v SHP-formatu.

Na enak način in z enakim modelom kot ZKP se bodo transformirala tudi **zemljiškokatastrska območja in register prostorskih enot (RPE)**.

#### 4.3.2 Kataster stavb

V katastru stavb se vodijo podatki o stavbah. Zbirka se vzdržuje dnevno. Evidenca je vzpostavljena za celo državo. Podatki so zapisani v podatkovni zbirki Oracle Spatial. Izmenjevalna formata za izdajanje podatkov sta ASCII in SHP, po želji tudi DXF.

Od 1. 1. 2008 do dneva D se bodo podatki še vodili v starem KS, vendar bodo geodetska podjetja lahko oddajala koordinate točk tlorisa stavbe tudi v novem KS. Zato bo treba pred vnosom podatke transformirati v stari KS (nadgradnja sistema produkcije). Pri tem se lahko uporabi model transformacije z uporabo grida pomikov, ki ohranja pravokotnost stavb. Druga možnost je uporaba kompleksnega modela, ki nima omejitve glede velikosti območja pri paketnem vnosu.

Dokler se bo kataster stavb vzdrževal v starem KS, je za izdajo podatkov v novem KS treba zagotoviti programsko opremo za nadgradnjo distribucijskega okolja, ki bo omogočala sprotno transformacijo in izdajo podatkov v novem KS na zahtevo uporabnika. Za transformacijo bo uporabljen kompleksni model.

Minimalistična rešitev transformacije katastra stavb je zagotovitev podpore za transformacijo SHP-formata. Transformirane podatke se zapiše iz SHP-formata v DXF z uporabo ustreznega programskega orodja za pretvorbo med tema dvema formatoma.

Na dan D se bo s kompleksnim modelom transformiralo vse podatke katastra stavb naenkrat. Transformacija mora biti izvedena sočasno s transformacijo ZKP. Z določitvijo ustreznih kriterijev glede največjega dopustnega kotnega striženja je treba poskrbeti za ohranitev pravokotnosti stavb.

Po dnevu D se bo na željo naročnika ob izdaji podatkov (torej sprotno) podatke transformiralo v stari KS. Za polnjenje zbirke se za neko prehodno obdobje zagotovi tudi možnost sprejemanja podatkov v starem KS (podaljšek produkcije). Za transformacijo se uporabi enaka programska oprema kot za transformacijo v novi KS pred dnevom D, le da se tokrat uporabijo obratni transformacijski parametri.

#### 4.3.3 Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture

V zbirnem katastru gospodarske javne infrastrukture (v nadaljevanju ZK GJI) se vodijo zbirni podatki o objektih in omrežjih gospodarske javne infrastrukture. Podatki ZK GJI so različne položajne natančnosti (od nekaj centimetrov do nekaj metrov). Zbirka se vzdržuje dnevno.

Zbirka je vzpostavljena za celotno državo. Grafični in atributni podatki ZK GJI so zapisani v podatkovni zbirki Oracle Spatial. Izmenjevalni format za izdajanje podatkov je odvisen od vrste podatkov (običajno je to SHP za lokacijske podatke). Na željo uporabnika je možno tudi izdajanje v drugih formatih (XML, DXF). Izmenjevalni format za vpise podatkov je po obliki enak kot

izhodni.

Pred dnevom D bo za izdajo podatkov v novem KS treba zagotoviti programsko opremo za nadgradnjo distribucijskega okolja, ki bo omogočala sprotno transformacijo in izdajo podatkov v novem KS na zahtevo uporabnika. Za transformacijo se uporabi kompleksni model.

Minimalistična rešitev transformacije ZK GJI je zagotovitev podpore za transformacijo SHP-formata. Transformirane podatke se zapiše iz formata SHP v DXF z uporabo ustreznega programskega orodja za pretvorbo med tema dvema formatoma. Na dan D se bo s kompleksnim modelom transformiralo vse podatke ZK GJI naenkrat. Transformacija mora biti izvedena sočasno s prehodom ZKP in katastra stavb.

#### 4.3.4 Register zemljepisnih imen

V registru zemljepisnih imen (v nadaljevanju REZI) se vodijo zemljepisna imena. Vzdržuje se dnevno.

Podatki REZI so zapisani v podatkovni zbirki Oracle Spatial. Podatki se izdajajo v SHP-, E00- in ASCII-formatu.

Položajna natančnost zbirke je 2 metra, zato bo transformirana z enostavnim modelom transformacije (državni parametri). Specifična zahteva za programsko opremo je, da mora napis, ki so vodoravni, še naprej ohraniti vodoravne. Ker se zbirka vzdržuje sprotno, je treba za transformacijo pred dnevom D zagotoviti programsko opremo, ki bo omogočila sprotno transformacijo v novi KS (na zahtevo naročnika).

Minimalistično rešitev predstavlja zagotovitev programske opreme za enostavno transformacijo, ki bo podpirala transformacijo podatkov v formatu SHP. Transformirane podatke se iz formata SHP zapiše v E00 in DXF z uporabo ustreznega programskega orodja za pretvorbo med tema dvema formatoma.

Za ureditev podatkov v REZI po transformaciji bo treba definirati novo razdelitev na liste. Napise bo treba znova urediti glede na novo razdelitev, saj so položaji imen prilagojeni robovom listov (podvajanje imen na robovih in početerjanje imen na vogalih sosednjih listih). Druga rešitev pa bi bila urediti register tako, da ne bo več odvisen od delitve na liste, saj je dokončno pozicioniranje imen stvar kartografskega oblikovanja.

Na dan D se bo z enostavnim modelom transformacij transformiralo celoten sloj REZI v novi KS. Po dnevu D se bo na zahtevo naročnika izdajalo podatke tudi v starem KS.

## 5 PRIMER TRANSFORMACIJE V NOVI KS – TRANSFORMACIJA ORTOFOTA

Eden izmed razlogov, da je ortofoto prva zbirka geodetske uprave, ki je bila transformirana v novi državni KS, je Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (Ur. list RS, št. 8/07, str. 719), ki dopušča tudi možnost določitve koordinat ZK-točk na ortofotu – po 1. l. 2008 torej na ortofotu, ki je geolociran v novem KS. Transformacija ortofota je bila predmet letošnjega projekta (Berk idr., 2007a).

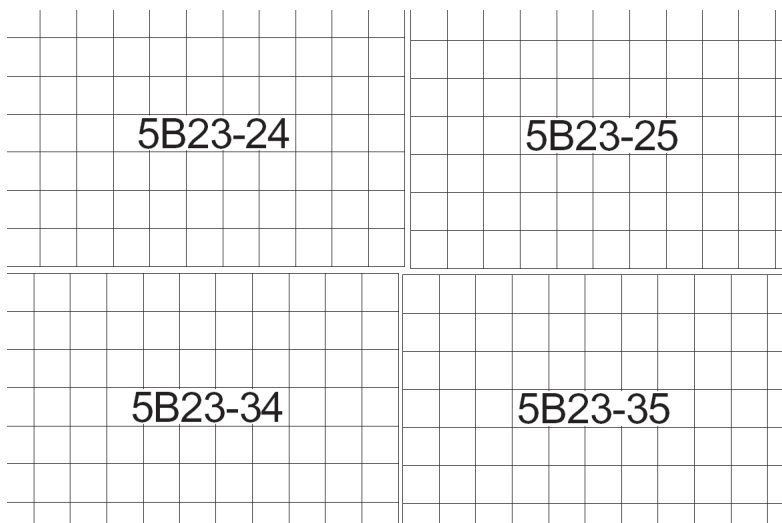
Celotna zbirka se vodi datotečno, in sicer podvojeno v formatih TIF in MrSID (Multi-Resolution Seamless Image Database). Vsaka datoteka predstavlja območje lista temeljnega topografskega načrta v merilu 1 : 5000 (TTN 5). Vsaki rastrski datoteki (\*.tif ali \*.sid) pripada še tako imenovana geolokacijska datoteka (\*.tfw ali \*.sdw). V zbirki se lahko razen zaradi podvojenih formatov vodenja datoteke nanašajo na isto zemljepisno območje tudi zaradi:

- različnega leta snemanja,
- različnega tipa posnetka (sivinski, barvni, infrardeči) in
- različne velikosti celice rastra.

Transformacija ortofota je bila izvedena z novim geolociranjem posameznih listov. Spremenile so se torej samo geolokacijske datoteke (nova izhodišča listov), medtem ko so same rastrske datoteke ostale nespremenjene. Transformacija je bila tako izvedena za 7007 različnih listov ortofota oziroma zaradi podvojenih formatov vodenja za 14014 geolokacijskih datotek.

Osnova postopka je bil kompleksni model transformacije. Za vsak list ortofota so bili transformirani vsi štirje vogali. Iz razlik med koordinatami štirih vogalov lista v starem in novem KS so bili določeni po štirje pari pomikov lista (po y- in x-oseh). Izračunana sta bila srednja pomika (aritmetični sredini) iz starega v novi KS in na podlagi teh še novo izhodišče lista.

Poleg nove geolokacijske datoteke (z identičnim imenom) je bila za vsak list tvorjena tudi datoteka s poročilom o transformaciji, ki vsebuje:



**Slika 4:** Primer ujemanja ortofota na stičišču štirih listov po transformaciji; prikazana je velikost celic rastra.

- koordinate sredine leve zgornje celice rastra v starem KS,
- koordinate vseh štirih vogalnih točk rastra v starem KS,
- koordinate vseh štirih vogalnih točk rastra v novem KS (trikotniška transformacija),

- pomike iz starega v novi KS (po obeh koordinatnih oseh) za vse štiri vogalne točke rastra,
- srednja pomika iz starega v novi KS (po obeh koordinatnih oseh),
- odstopanja vogalnih točk v novem KS (trikotniška transformacija: samo oba srednja pomika) ter
- koordinate sredine leve zgornje celice rastra v novem KS (upoštevaje samo oba srednja pomika).

Natančnost transformacije ortofota v novi KS je glede na ocenjeno natančnost uporabljene transformacije in glede na dobljena odstopanja na vogalih listov po izvedenih optimalnih pomikih v povprečju boljša od 10 cm, tudi v najslabšem primeru pa špranja med sosednjima listoma ne presega 20 cm; glej sliko 4.

Transformacija ortofota je primer minimalistične rešitve, ki pa je glede na resolucijo in natančnost zbirke povsem zadovoljiva začasna rešitev. Pojavijo se sicer špranje ali prekrivanja med sosednjimi listi, kar pa je v praksi neopazno. Dokončna rešitev bo prehod na ciklično izdelavo ortofota neposredno v novem KS – tudi z razrezom na liste v skladu z novo razdelitvijo.

## 6 ZAKLJUČEK

Prva ugotovitev, ki jo je vredno ponoviti, je, da lahko transformacijo med starim in novim KS v Sloveniji izvajamo neposredno med obema ravninskima KS, kar je precejšnja poenostavitev. Prispevek poskuša pokazati, kako je problem transformacije podatkovnih zbirk povezan predvsem z nehomogeno natančnostjo starega KS. Z ravninsko podobnostno transformacijo, ki jo tu označujemo z enostavnim modelom transformacije, je na nivoju države dosegljiva približno metrska natančnost transformacije. Za boljšo natančnost je za transformacijo treba uporabiti model, ki omogoča lokalno prilagajanje merila. Ker takšen model zahteva določitev bistveno večjega števila parametrov transformacije, je zanj uporabljena oznaka kompleksni model. Primer takšne transformacije je trikotniška transformacija. Glede na dosedanje izkušnje je s trikotniško transformacijo dosegljiva približno decimetrska natančnost transformacije.

Kateri model uporabiti za transformacijo posamezne podatkovne zbirke, je odvisno od natančnosti lokacijskih podatkov te zbirke, pa tudi od njene povezanosti z ostalimi zbirkami. Glede časa izvedbe transformacije posamezne zbirke je ključen način vzdrževanja in vodenja podatkovnih zbirk. Za zbirke, ki se vodijo datotečno in vzdržujejo paketno, se transformacija lahko izvede časovno neodvisno in kot samostojen projekt. Za zbirke, ki se vodijo združeno v produkcijskem okolju in ki se vzdržujejo sprotno (dnevno), pa je edina rešitev hkratna transformacija na nek izbrani dan D. Pri opisanih rešitvah za posamezne zbirke so tudi nekatere izjeme in specifične zahteve, ki so posledica zakonodaje (npr. za zemljiški kataster) ali pa specifičnih lastnosti zbirk.

Ključni datum, ki ga bo treba določiti, je tako imenovani dan D, ki bo razdelil potek izvedbe na tri ključna obdobja: prehodno obdobje pred dnevom D, sam dan D ter prehodno obdobje po dnevom D.

V prispevku je podana idejna rešitev izvedbe transformacij podatkovnih zbirk. Ključne naloge, ki jih bo za doseg tega cilja treba še izvesti, pa so:

- zagotovitev programske opreme za enostavni in kompleksni model transformacije (in podpora različnim formatom prostorskih podatkov),
- ustrezna zgotovitev veznih točk, kjer se bo za to pokazala potreba,
- definiranje nove razdelitve na liste načrtov in kart,
- nadgradnja produkcijskega okolja z možnostjo vnašanja podatkov v različnih KS (namestitvev programske opreme in spremembe procesa vzdrževanja podatkov),
- nadgradnja distribucijskega okolja z možnostjo izdajanja podatkov v različnih KS (namestitvev programske opreme in spremembe procesa izdajanja podatkov),
- **priprava ustreznih pravnih podlag za pretvorbo prostorskih podatkov v novi KS,**
- izvedba transformacije zbirk, ki se vzdržujejo paketno (samostojni projekti),
- izvedba transformacije vseh podatkovnih zbirk, ki se vzdržujejo sprotno (na dan D),
- ureditev nekaterih zbirk prostorskih podatkov zaradi prehoda na nov KS ter
- **nadgradnja spletnih vmesnikov in servisov distribucijskega okolja.**

Vse opisano se nanaša le na prehod na nov horizontalni KS. Sledil bo še prehod na nov višinski KS. Prispevek se omejuje na transformacijo prostorskih podatkov, ki jih vodi geodetska uprava. Vedeti pa je treba, da bodo transformacijo v novi KS morali izvesti tudi vsi drugi, ki vodijo lastne prostorske podatkovne zbirke. V zvezi z zamenjavo KS nas torej čaka še veliko dela.

## LITERATURA IN VIRI:

Berk, S. (2001). *Možnosti transformacije katastrskih načrtov grafične izmere v državni koordinatni sistem. Geodetski vestnik*, 45(1 & 2), 91–105

Berk, S., Janežič, M., Kete, P., Mesner, N., in Radovan, D. (2007a). *Razvoj ortofota v novem koordinatnem sistemu. Končno poročilo projekta. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.*

Berk, S., Janežič, M., Kete, P., Mesner, N., Radovan, D., in Rosulnik, P. (2007b). *Opredelitev postopkov pretvorbe podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije v nov državni koordinatni sistem. Končno poročilo projekta. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.*

Graves, M. (2001). *The OS's new Coordinate Transformation for Great Britain – GPS to OSGB36 National Grid Transformation. Geomatics World*, 34–36.

Mesner, N., Berk, S., Radovan, D., Pegan Žvokelj, B., Ravnihar, F., Korošec, M., Mozetič, B., Komadina, Ž., Logar, M., Triglav, J., Stopar, B., Ferlan, M., Pavlovčič Prešeren, P., in Kozmus, K. (2007). *Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije, Geodetski inštitut Slovenije ter Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.*

Radovan, D., Berk, S., Fegic, J., Ipša, A., Klanjšček, M., Mesner, N., Vrenko, D., Ambrožič, T., Bogatin, S., Jaklič, S., Kogoj, D., Koler, B., Kozmus, K., Kuhar, M., Liseč, A., Marjetič, A., Pavlovčič Prešeren, P., Savšek - Safič, S., Sterle, O., in Stopar, B. (2006). *Razvoj OGS 2006: prehod na nov koordinatni sistem. Končno poročilo projekta. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.*

Stopar, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Kuhar, M., Koler, B., Petrovič, D., Savšek - Safič, S., Pavlovčič Prešeren, P., Kozmus, K., Ferlan, M., Kosmatin Fras, M., Sterle, O., Mesner, N., Pegan Žvokelj, B., Rojc, B., Karničnik, I., Radovan, D., Berk, S., in Oven, K. (2005). *Zasnova protokola prehoda nacionalne geo-informacijske infrastrukture v evropski koordinatni sistem in raziskava njegovih posledic za različne državne resorje in evidence. Končno poročilo raziskovalnega projekta št. V2-0979 ciljnega raziskovalnega programa Konkurenčnost Slovenije 2001–2006. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo in Geodetski inštitut Slovenije.*

*Strategija osnovnega geodetskega sistema (2004). Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.*

**Prispelo v objavo: 7. november 2007**

**Sprejeto: 14. november 2007**

**Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.**

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: sandi.berk@geod-is.si

**Marjana Duhovnik, univ. dipl. inž. geod.**

Geodetska uprava Republike Slovenije, Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: marjana.duhovnik@gov.si