

AKO SPRÁVNE TRANSFORMOVAŤ MEDZI ETRS89 A S-JTSK

HOW TO PERFORM CORRECT TRANSFORMAMTION BETWEEN ETRS89 AND S-JTSK

Branislav Droščák¹

Abstract

JTSK03 presents the new improved frame of the national geodetic reference system S-JTSK from the 1st April 2011. However, after its implementation to legislation a few misunderstandings in its definition occurred and those have to be solved. In addition to JTSK03, also former realisation with abbreviation JTSK is used for routine Cadastral usage. Nowadays it occurs more and more times that satellite technology and positioning services based on GNSS in ETRS89 are used for surveying, so this is why it is important to know correct relations between mentioned systems resp. their realisations and respect them. Presented article is focused on JTSK03 definition, describes recommended improvements of it, characterizes ETRS89 and S-JTSK relation, deals with ambiguous JTSK - JTSK03 relation according to the models developed on Geodetic and Cartographic Institute Bratislava and clarifies the issue of the correct use of reference systems in Slovakia.

Kľúčové slová

JTSK03, spresnenie definície JTSK03, transformácia ETRS89 – S-JTSK.

1 ÚVOD

S pojmom JTSK03 sa odborná ako aj laická geodetická verejnosť na Slovensku stretáva už niekoľko rokov, avšak až 1.apríla 2011 sa dostal tento pojem aj do legislatívy. Stalo sa tak vo vyhláske ÚGKK SR č.75 z 15.marca 2011, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláska ÚGKK SR č.300/2009 Z.z.. Ako už tradične býva zvykom, no tentokrát nie prax, ale samotný správca geodetických základov Slovenska - Geodetický a Kartografický Ústav Bratislava po jej zverejnení odhalil niekoľko nejasností o ktoré je ešte potrebné definíciu JTSK03 spresniť, aby sa odstránili všetky nejednoznačnosti a vyhlo sa tak všetkým prípadným komplikáciám do budúcnosti. Uvedené skutočnosti boli zistené na základe analýzy výsledkov získaných z overovania transformácie ETRS89 ↔ S-JTSK (JTSK03), o ktorú bola požiadaná časť odbornej geodetickej verejnosti. Analýzou bolo zistené, že ani jeden z výsledkov nekorešponduje so správnymi hodnotami, ale všetky sa líšia na úrovni milimetrov až centimetrov. Detailnejším skúmaním bolo ďalej preukázané, že niektoré z týchto rozdielov vyplynuli práve z nedokonalnej definície JTSK03 vo vyhláske a ostatné zrejme z nesprávneho použitia alebo zadaných vyhlásených parametrov v použitých transformačných

¹ Ing. Branislav Droščák, PhD., Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, tel.: +421 2 2081 6239, e-mail: branislav.droscak@skgeodesy.sk.

softvéroch. Cieľom článku je tak jeho čitateľovi ozrejmiť správnu definíciu JTSK03 realizácie a napomôcť mu túto novú realizáciu korektne používať.

2 ČO JE JTSK03

JTSK03 predstavuje novú presnejšiu realizáciu (referenčný rámec) národného súradnicového systému Jednotnej Trigonometrickej Siete Katastrálnej (ďalej S-JTSK). V žiadnom prípade nepredstavuje nový súradnicový systém. Ten ostáva aj naďalej definovaný rovnako ako ho v rozmedzí rokov 1919-1920 zdefinoval Ing. Josef Křovák a je charakterizovaný týmito základnými atribútmi:

- Besselovým elipsoidom 1841 so základným poludníkom prechádzajúcim observatóriom na ostrove Ferro,
- Křovákovým zobrazením – dvojitým konformným kužeľovým zobrazením vo všeobecnej polohe definujúcim výpočet pravouhlých rovinných súradníc z elipsoidických súradníc určených na Besselovom elipsoide 1841.

Zo všeobecnej definície súradnicových systémov je známe, že každý systém, aby ho bolo možné reálne používať, je potrebné fyzicky zhmotniť, pričom tejto sústave krokov hovoríme realizácia. Tá v sebe zahŕňa vykonanie terénnych meraní, spôsob výpočtu a vyrovnania súradníc bodov siete a spôsob umiestnenia vyrovnanej množiny bodov na referenčný elipsoid. Presnosť a kvalita umiestnenia vyrovnanej množiny bodov na referenčný elipsoid vždy závisela a závisí od možností doby realizácie systému. V minulosti sa na umiestnenie vyrovnanej trigonometrickej siete na referenčný elipsoid používali tzv. Laplaceove body t.j. body so známymi astronomickými súradnicami a astronomickým azimutom na najbližší bod určovanej siete, pričom rozmer siete bol definovaný na základe meraných základníc. V dnešnej dobe družicových systémov, keď určujeme súradnice bodov pomocou GNSS výrazne presnejšie, ich zároveň priamo vzťahujeme na geocentrický referenčný elipsoid GRS80, takže nutnosť využívania Laplaceových bodov a meranie základníc logicky odpadá. Túto vlastnosť využíva aj nová realizácia JTSK03, ktorá je oproti pôvodnej presnejšia a homogénnejšia.

2.1 Rozdiel medzi JTSK a JTSK03

Pôvodnú, do 31.3.2011 na Slovensku platnú realizáciu súradnicového systému S-JTSK označovanú ako JTSK, možno v zmysle postupu prác jej tvorby popísať stručne takto:

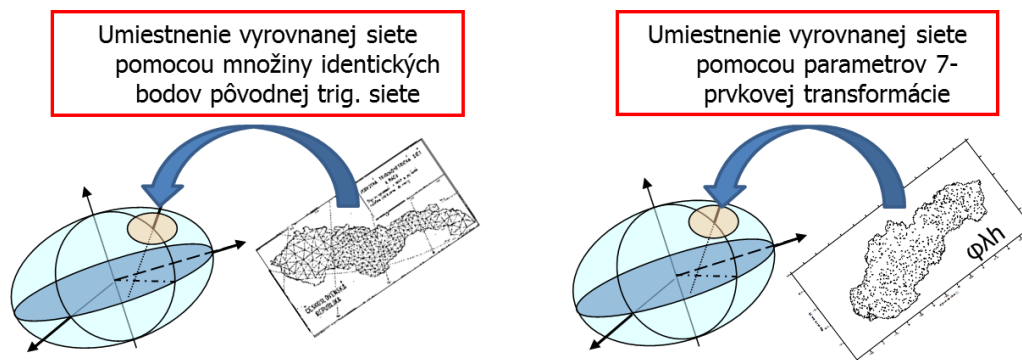
- Terénne merania: presné uhlové merania vykonané v trigonometrickej sieti 1. rádu,
- Umiestnenie vyrovnanej siete: vyrovnaná sieť bola umiestnená na Besselovom elipsoide z roku 1841 pomocou 42 bodov nachádzajúcich sa na území Čiech, ktoré boli prevzaté z vojenskej triangulácie realizovanej Vojenským zemepisným ústavom vo Viedni v rokoch 1862-1898,
- Výpočet rovinných súradníc: aplikácia zobrazovacích rovníc Křovákovej dvojitej konformnej projekcie Besselovho elipsoidu na kužeľ vo všeobecnej polohe.

Novú presnejšiu realizáciu JTSK03 je možné z rovnakého hľadiska definovať nasledovne:

- Terénne merania: presné GNSS merania vykonané na bodoch Štátnej priestorovej siete (určené elipsoidické súradnice sú vzťahnuté k elipsoidu GRS80),

- Umiestnenie vyrovnanej siete: body siete určené GNSS meraniami sú umiestnené na Besselov elipsoid 1841 pomocou odhadnutých parametrov 7-prvkovej Helmertovej transformácie vyjadrujúcej vzťah medzi elipsoidom GRS80 a Bessel 1841,
- Výpočet rovinných súradníc: aplikácia zobrazovacích rovníc Křovákovej dvojitej konformnej projekcie Besselovho elipsoidu na kužeľ vo všeobecnej polohe.

Z uvedených definícií je zrejmé, že základný rozdiel medzi JTSK a JTSK03 predstavuje najmä spôsob umiestnenia vyrovnanej siete (množiny bodov) na referenčný Besselov elipsoid 1841. Vyjadrenie tohto rozdielu je schematicky naznačené aj na obr.1. Výpočet rovinných súradníc z elipsoidických súradníc Besselovho elipsoidu 1841 Křovákovou projekciou ostáva pre obe realizácie (JTSK ako aj JTSK03) nezmenený.



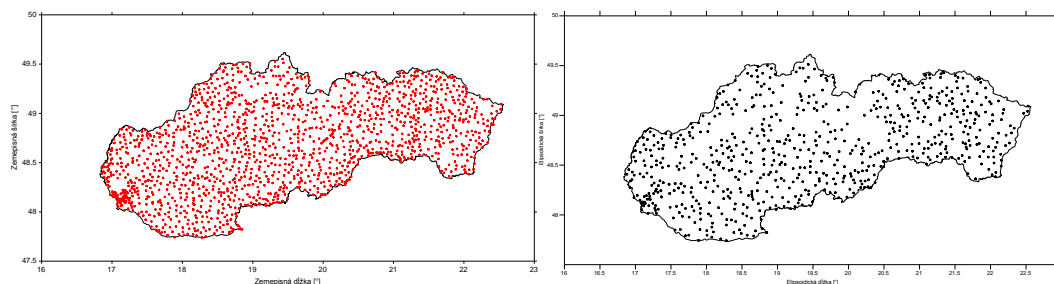
Obr. 1 Odlišný spôsob umiestnenia vyrovnanej siete bodov na Besselov elipsoid 1841 pri pôvodnej realizácii JTSK (vľavo) a pri novej realizácii JTSK03 (vpravo).

2.2 Genéza definovania JTSK03 realizácie

Definovanie JTSK03 realizácie je podľa (Klobušiak et al., 2005) úzko spojené s umožnením využívania moderných družicových technológií a s potrebou integrovania národných geodetických základov Slovenska do Európskych systémov. Tieto potreby podnietili vybudovanie Štátnej priestorovej siete (ďalej ŠPS), národného reprezentanta ETRS89 na Slovensku, ktorá bola realizovaná najmä v rokoch 2000-2006. Úlohou tak bolo pomocou družicových meraní určiť súradnice v ETRS89 všetkým bodom ŠPS a na základe identických bodov (body so súradnicami v ETRS89 aj v pôvodnej realizácii označovanej JTSK) vypočítať štandardné transformačné parametre medzi elipsoidmi GRS80 a Bessel 1841 t.j. určiť základ definície JTSK03 realizácie.

2.2.1 ŠPS – národný reprezentant ETRS89

Systém ETRS89 na Slovensku reprezentuje ŠPS so súradnicami určenými v SKTRFyyyy (Slovenský terestrický referenčný rámec), ktorý sa aktuálne zhoduje s referenčným rámcom ETRF2000 a jeho udržiavanie je zabezpečené najmä pomocou siete permanentných staníc SKPOS. Platí, že všetky body ŠPS majú určené ETRS89 (ETRF2000) súradnice, pričom 50% bodov triedy C ŠPS (viď. obr.2 vpravo) má známe aj pôvodné súradnice JTSK a práve tieto body boli použité na definovanie vzťahu medzi elipsoidmi GRS80 a Bessel 1841 reprezentujúceho JTSK03 definíciu.



Obr. 2 Množina bodov ŠPS určená v rokoch 2000-2006 (vľavo) a množina bodov ŠPS aj so súradnicami pôvodnej realizácie označovanej JTSK (vpravo).

2.2.2 Definovanie vzťahu medzi elipsoidmi GRS80 a Bessel 1841

Definovanie vzťahu medzi elipsoidmi GRS80 (na ktorý je vzťahnutý ETRS89) a Bessel 1841 (na ktorý je vzťahnutý S-JTSK), je možné od jeho počiatku až po dnešnú finálnu definíciu vo vyhláške charakterizovať ako postupnosť týchto troch krokov:

1. Odhad 4-och transformačných parametrov pomocou identických bodov (obr.2 vpravo) so známymi súradnicami pôvodnej realizácie JTSK vzťahnutými na elipsoid Bessel 1841 a súradnicami ETRS89 (ETRF2000) vzťahnutými na elipsoid GRS80 metódou transformácie na povrchu elipsoidu stotožnením normál (Klobušíak et al., 2006),
2. Výpočet súradníc JTSK03 realizácie pomocou 4-och transformačných parametrov odhadnutých v kroku 1, ale s mierkovým faktorom nastaveným ako $m=0$, pre rovnakú množinu identických bodov,
3. Odhad 7-ich parametrov Helmertovej transformácie medzi identickými bodmi s určenými súradnicami JTSK03 krokom 2 a ich známymi súradnicami v ETRS89 (ETRF2000) vzťahnutými na elipsoid GRS80, ktoré boli použité aj v kroku 1 (Klobušíak et al., 2006).

3 IMPLEMENTÁCIA JTSK03 DO LEGISLATÍVY

Znalosť transformačných parametrov medzi elipsoidmi GRS80 a Bessel 1841 predstavujúcich základ definície novej realizácie JTSK03 oprávňovala ÚGKK SR implementovať JTSK03 do legislatívy. Stalo sa tak vydaním vyhlášky ÚGKK SR č.75/2011 Z.z. z 15.marca 2011, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚGKK SR č.300/2009 Z.z., pričom dátum začiatku jej vykonávania bol zvolený na 1.4.2011.

Ešte v procese prípravy implementácie JTSK03 realizácie do legislatívy boli riešené aj viaceré nejednoznačnosti. Išlo napr. o riešenie problému spojeného s parametrami Besselovho elipsoidu 1841. Problém bol odhalený pri štúdiu literatúry, v ktorej sú publikované rôzne hodnoty jeho parametrov a pre jednoznačnosť realizácie JTSK03 bolo treba zvoliť tie správne. Za tie boli napokon zvolené hodnoty uvádzané v EPSG databáze (EPSG, 2004) t.j. pre veľkú polos elipsoidu (parameter a) je použitá hodnota 6377397,155m a pre obrátenú hodnotu sploštenia (parameter $1/f$) hodnota 299,1528128.

3.1 Definícia JTSK03 vo vyhláške

JTSK03 je v novelizovanej vyhláške ÚGKK SR č.300/2009 Z.z. definovaná v § 2 článkami 5 a 9. Článok 5 okrem iného hovorí: "... Realizácia JTSK03 má jednoznačne definovaný vzťah voči národnej realizácii ETRS89, z ktorej aj vychádza a je mierkovo homogénna s touto

národnou realizáciou. Platnou realizáciou S-JTSK súradnicového systému je JTSK03...”. Článok 9 zase vyjadruje vzťah JTSK03 k systému ETRS89 a popisuje hodnoty transformačných parametrov nasledovne: “... Globálny transformačný kľúč reprezentujúci vzťah medzi národnou realizáciou ETRS89 a JTSK03 predstavuje sedem transformačných parametrov tri translácie: $dX = -485,021$ m, $dY = -169,465$ m, $dZ = -483,839$ m, tri rotácie: $\omega X = 7,786342''$, $\omega Y = 4,397554''$, $\omega Z = 4,102655''$, mierka: $ds = 0,000000$ ppm....“.

3.2 Potreba spresnenia definície realizácie JTSK03

Ako už tradične býva zvykom, niekedy sa napriek veľkej snahe a úsiliu objavia v priebehu vyhlasovania alebo po vyhlásení nových realizácii určité nedokonalosti v ich definícii, ktoré je potrebné dodatočne spresniť resp. dodefinovať. Takáto situácia nastala aj pri vyhlasovaní novej realizácie JTSK03. Tentokrát však neboli nedostatky odhalené praxou, ale samotným správcom geodetických základov - Geodetickým a Kartografickým Ústavom Bratislava (ďalej GKÚ). Takéto skutočnosti boli odhalené na základe analýzy výsledkov overovania transformácie ETRS89 ↔ S-JTSK (JTSK03) o ktorú bola požiadaná časť odbornej geodetickej verejnosti. Výsledky tohto overovania sú uvedené v tab.1.

Tab. 1 Výsledky z testovania transformácie ETRS89 → S-JTSK (JTSK03).

ETRS89 (ETRF200)			S-JTSK (JTSK03)		GEOTECH		Geodis		Geoteam		Ornth		Geotronics		
φ [°''"]	λ [°''"]	h [m]	y (m)	x (m)	Δy (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δx (m)	
475609.610206	173200.756215	161.345	544051.099	1303273.088	0.007	0.000	-0.001	-0.002	0.003	-0.001	0.007	-0.003	0.000	0.001	
481850.520713	173332.968563	200.635	538507.048	1265299.907	0.007	0.000	-0.002	-0.003	0.018	0.013	0.007	-0.003	0.000	0.001	
481839.078237	194900.944616	276.525	371624.343	1279082.589	0.008	0.000	0.003	-0.001	0.016	-0.003	0.008	-0.004	0.000	0.001	
492037.626143	192338.742539	784.915	394761.737	1162374.558	0.008	0.000	-0.003	-0.002	0.018	0.000	0.008	-0.004	0.000	0.001	
...	
485638.430060	220148.142309	217.464	205125.923	1217097.705	0.009	0.001	0.003	0.005	0.004	0.004	0.009	-0.003	0.001	0.002	
490002.811475	201327.966269	739.674	336847.889	1204404.014	0.007	0.000	-0.001	0.004	0.002	-0.009	0.007	-0.003	0.000	0.001	
490028.783317	191625.949976	628.694	406183.427	1198991.212	0.008	0.000	-0.003	0.002	0.008	-0.004	0.008	-0.003	0.000	0.001	
485108.774214	215102.164118	168.594	218656.482	1226776.987	0.009	0.000	0.002	-0.003	0.007	-0.001	0.009	-0.004	0.001	0.001	
483824.044535	205401.512909	747.864	289523.154	1247222.463	0.008	0.000	0.004	0.003	0.011	0.019	0.008	-0.003	0.000	0.001	
					Priemer	0.008	0.000	0.000	0.001	0.009	0.004	0.008	-0.003	0.000	0.001
					Max.hodnota	0.009	0.001	0.005	0.006	0.019	0.020	0.009	-0.003	0.001	0.002

Z tab.1 je zrejmé, že ani jeden z výsledkov nekorešponduje so správnymi hodnotami, ale všetky sa líšia na úrovni niekoľkých milimetrov až centimetrov. Hlbšou analýzou bolo zistené, že niektoré z týchto rozdielov vyplynuli práve z nedokonalnej definície JTSK03, ale väčšina z nesprávneho použitia alebo zadefinovania vyhlásených parametrov. Analýzou tak boli odhalené skutočnosti, o ktoré je potrebné definíciu JTSK03 realizácie rozšíriť alebo ktoré časti definície si vyžadujú úpravu. Tie možno charakterizovať nasledovne:

- potreba doplnenia a zverejnenia matematických vzťahov definujúcich JTSK03 realizáciu kvôli zabezpečeniu jednoznačnosti,
- nutnosť zadefinovania druhej (spätnej) sady transformačných parametrov 7-prvkovej Helmertovej transformácie definujúcej smer ETRS89 → S-JTSK (JTSK03).

4 NAVRHOVANÉ ÚPRAVY V DEFINÍCII JTSK03

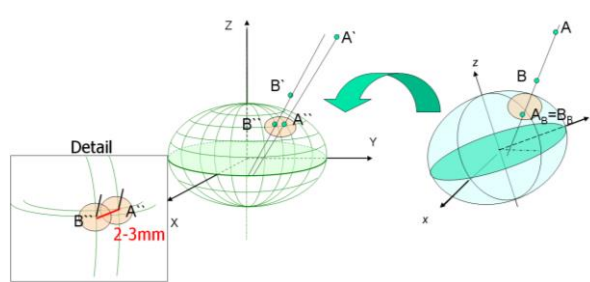
4.1 Potreba doplnenia matematických vzťahov definujúcich JTSK03

Základný matematický vzťah vyjadrujúci väzbu medzi ETRS89 a S-JTSK (JTSK03) je definovaný klasickou Helmertovou 7-prvkovou transformáciou, ktorú zapisujeme ako

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{dvoj}} = \begin{pmatrix} d_x \\ d_y \\ d_z \end{pmatrix} + (1 + ds) \cdot \begin{pmatrix} \cos(\omega_y) \cdot \cos(\omega_z) & \cos(\omega_x) \cdot \sin(\omega_z) + \sin(\omega_x) \cdot \sin(\omega_y) \cdot \cos(\omega_z) & \sin(\omega_x) \cdot \sin(\omega_z) - \cos(\omega_x) \cdot \sin(\omega_y) \cdot \cos(\omega_z) \\ -\cos(\omega_x) \cdot \sin(\omega_z) & \cos(\omega_x) \cdot \cos(\omega_z) - \sin(\omega_x) \cdot \sin(\omega_y) \cdot \sin(\omega_z) & \sin(\omega_x) \cdot \cos(\omega_z) + \cos(\omega_x) \cdot \sin(\omega_y) \cdot \sin(\omega_z) \\ \sin(\omega_y) & \sin(\omega_x) \cdot \cos(\omega_y) & \cos(\omega_x) \cdot \cos(\omega_y) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{def}} \quad (1)$$

pričom zdroj predstavuje zdrojový a cieľ cieľový súradnicový systém vyjadrený v karteziánskych geocentrických súradniciach (XYZ) a parametre d, ω, ds predstavujú transformačné parametre. Do výpočtu karteziánskych geocentrických súradníc (XYZ) používaných vo vzťahu (1) vstupujú aj hodnoty elipsoidických výšok (viď. (2)). Keďže výšky bodov častokrát nepoznáme, alebo ich poznáme iba približne, môže nám táto neistota v extrémnych prípadoch spôsobiť v rovine JTSK03 realizácie až niekoľkomilimetrové rozdiely (viď. obr.3). Kvôli zabezpečeniu jednoznačnosti transformácie ETRS89 ↔ S-JTSK (JTSK03) pod úrovňou milimetrov je preto potrebné pridať k transformačnému vzťahu (1) poznámku definujúcu akou formou je potrebné karteziánske súradnice počítať a to nasledovne:

$$\begin{array}{lcl}
 X = (N + \cancel{H}) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\lambda) & & X = (N) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\lambda) \\
 Y = (N + \cancel{H}) \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\lambda) & \longrightarrow & Y = (N) \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\lambda) \\
 Z = (N \cdot (1 - e^2) + \cancel{H}) \cdot \sin(\varphi) & & Z = (N \cdot (1 - e^2)) \cdot \sin(\varphi)
 \end{array} \quad (2)$$



Obr. 3 Vplyv nepoznania elipsoidických výšok na výslednú polohu bodu v rovine JTSK03 realizácie.

4.2 Reverzibilita Helmertovej transformácie

Pre Helmertovu 7-prvkovú transformáciu definovanú vzťahom (1) platí, že ide o jednosmerný transformačný vzťah t.j. že nemá oficiálne definovaný inverzný vzťah. Matematickým spôsobom je síce možné jeho inverziu vypočítať (viď. vzťah 4), ale nadobudnutý tvar už nepredstavuje pravý zápis Helmertovej transformácie, a tak ho aj dostupné transformačné softvéry v takomto tvare neponúkajú. V súčasnosti ale Helmertova transformácia predstavuje jeden zo základných štandardov pri definovaní vzťahov medzi rôznymi súradnicovými systémami. Napr. v prípade Slovenska je nim definovaný vzťah S-JTSK → ETRS89 (v tomto smere bol odhadnutý viď. (Klobušiak et al., 2006) a nie tak ako je to uvedené omylom v novele vyhlášky ÚGKK SR č.300/2009Z.z.), ale keďže v bežnej praxi potrebujeme pracovať v oboch smeroch, je potrebné spomenutý nedostatok reverzibility Helmertovho vzťahu vyriešiť. Korektný postup výpočtu transformačných parametrov Helmertovej 7-prvkovej transformácie pre smer ETRS89 → S-JTSK (JTSK03) na základe transformačných parametrov odhadnutých pre smer S-JTSK (JTSK03) → ETRS89 uvedených v (Klobušiak et al., 2006) je nasledovný: Vychádzajme z maticového zápisu Helmertovho vzťahu

$$\mathbf{X}_{GRS80} = \mathbf{T} + (1 + m) \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{X}_{Bessel1841} \quad (3)$$

Pre inverznú transformáciu potom platí

$$\mathbf{X}_{Bessel1841} = (1 + m)^{-1} \cdot \mathbf{R}^{-1} \cdot (\mathbf{X}_{GRS80} - \mathbf{T}), \quad (4)$$

ktorý po roznásobení prejde na tvar

$$\mathbf{X}_{Bessel1841} = -(1+m)^{-1} \cdot \mathbf{R}^{-1} \cdot \mathbf{T} + (1+m)^{-1} \cdot \mathbf{R}^{-1} \cdot \mathbf{X}_{GRS80} \quad (5)$$

Ak teraz vyjadríme jednotlivé členy vzťahu (5) nasledovnými substitúciami

$$\mathbf{T}_{reverzne} = -(1+m)^{-1} \cdot \mathbf{R}^{-1} \cdot \mathbf{T} \quad \mathbf{R}_{reverzne} = \mathbf{R}^{-1} \quad m_{reverzne} = (1+m)^{-1} - 1 \quad (6)$$

dostaneme priamo vzťahy pre výpočet reverzných transformačných parametrov. Po dosadení známych hodnôt parametrov pre smer S-JTSK (JTSK03) → ETRS89 môžeme vypočítať druhú sadu tzv. reverzných transformačných parametrov, ktoré platia pre smer ETRS89 → S-JTSK (JTSK03). Takto získané hodnoty sú uvedené na obr.4, na ktorom sú pre porovnanie zobrazené aj hodnoty pre opačný smer a chybné hodnoty uvádzané vo vyhláske.

	ETRS89 (ETRF2000) ↓ S-JTSK (JTSK03)	Vyhláška 300/2009Z.z.	S-JTSK (JTSK03) ↓ ETRS89 (ETRF2000)
Translácia v smere osi X	-485,014055 m	-485,021 m	485,021 m
Translácia v smere osi Y	-169,473618 m	-169,465 m	169,465 m
Translácia v smere osi Z	-483,842943 m	-483,839 m	483,839 m
Rotácia osi X:	7,78625453"	7,786342"	-7,786342"
Rotácia osi Y:	4,39770887"	4,397554"	-4,397554"
Rotácia osi Z:	4,10248899"	4,102655"	-4,102655"
Parameter zmeny mierky:	0,000000 ppm	0,000000 ppm	0,000000 ppm

Obr. 4 Správne hodnoty transformačných parametrov medzi ETRS89 a S-JTSK.

4.2.1 Pár poznámok k správne použitiu transformačných parametrov

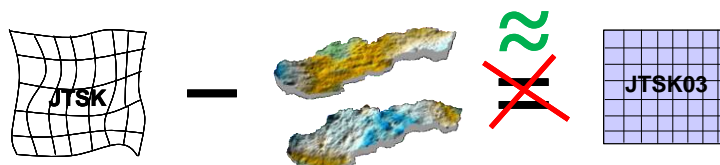
Používanie iba jednej sady transformačných parametrov a otáčanie znamienok pre opačný smer sa neodporúča, nakoľko nezabezpečí jednoznačnosť prevodu tam a späť.

Používanie parametrov uvedených vo vyhláske pre definovaný smer spôsobuje voči skutočným hodnotám systematickú chybu dosahujúcu v rovine JTSK03 8 resp. 1 mm pre jednotlivé súradnicové zložky. To preukázali aj výsledky z overovania (tab.1).

Niektoré bežne dostupné softvéry a rovery ponúkajúce Helmertovu transformáciu majú v sebe zabudovanú automatickú možnosť výpočtu súradníc pre zvolený smer. V každom prípade je však vždy keď je to možné, kvôli správnosti používať a vkladať iba správne hodnoty parametrov (obr.4) pre požadovaný smer.

5 PÔVODNÁ REALIZÁCIA JTSK

Faktom je, že napriek implementácii JTSK03 do legislatívy je pôvodná realizácia S-JTSK označovaná ako JTSK ešte stále používaná v katastri nehnuteľností. Pre tento účel je preto potrebné poznať vzťah JTSK voči platnej realizácii JTSK03. Tu nastáva čiastočne problém, lebo je známe, že vzťah medzi realizáciami JTSK a JTSK03 sa nedá určiť jednoznačne. To je zrejmé aj z obr.5, na ktorom je táto približnosť vyjadrená správne opravou znamienka „rovná sa“.



Obr. 5 Rovnica zobrazujúca vzťah medzi JTSK a JTSK03.

Jednou z možností, ktorou postupoval aj GKÚ pri výpočte (dnes už vieme že iba približného) vzťahu JTSK-JTSK03 bolo modelovanie rozdielov získaných na identických bodoch do pravidelnej mriežky (Klobušiak et al., 2005). Výsledkom bolo vytvorenie digitálnych modelov reziduálnych zložiek (ďalej DMRZ). Presnosť vytvorených DMRZ bola odhadnutá na základe testovania na úrovni cca 4 cm, ktorá platí na úrovni trigonometrickej siete, nie na úrovni podrobných bodov Katastra nehnuteľností. Pre tieto skutočnosti neboli modely DMRZ vyhlásené za referenčné a preto ani nie sú definované vo vyhláške ÚGKK SR č. 300/2009 Z.z. Vytvorené DMRZ modely sú dostupné v Autorizovanej webovej transformačnej službe rezortu (AWTS web) a slúžia širokej verejnosti práve na približnú transformáciu údajov medzi realizáciami JTSK a JTSK03. Pozor, v žiadnom prípade neslúžia na transformáciu prác odovzdávaných na Správy Katastra!

6 ZÁVER

Na základe prezentovaných informácií možno jednoznačne vysloviť nasledovné závery týkajúce sa novej realizácie JTSK03, ako aj pre katastrálne účely stále používanej pôvodnej realizácie JTSK. Pre možnosť korektného a jednoznačného používania JTSK03 realizácie je nutné:

- doplniť do vyhlášky ÚGKK SR č.300/2009 Z.z. druhú sadu transformačných parametrov pre smer ETRS89 → S-JTSK (JTSK03) a opraviť znamienka a smer pre dnes uvádzané parametre,
- vytvoriť dokument definujúci realizáciu JTSK03 so všetkými potrebnými informáciami a tento distribuovať širokej geodetickej verejnosti,
- šíriť informácie a naďalej učiť odbornú, ale aj laickú geodetickú verejnosť a vyrastajúcu generáciu zememeračov správne používať JTSK03.

Pre presné práce v pôvodnej realizácii označovanej JTSK predstavuje aktuálne jediný správny prístup tvorba a využívanie vlastných lokálnych transformačných kľúčov (modelov), pre ktoré je nutné vykonávať meranie identických bodov (túto filozofiu odporúča aj rezort). Nesprávny, pohodlnejší, a tým pádom aj častejšie využívaný prístup, predstavuje napr. používanie AWTS služby na JTSK – JTSK03 transformácie, alebo rôznych predpripravených „lokálnych“ kľúčov vytvorených pre veľké územia.

LITERATÚRA

AWTS web: <http://awts.skgeodesy.sk/>.

EPSG, 2004: *Coordinate conversion and transformations including formulas*. Guidance Note number 7, part 2. EPSG, october 2004. <http://www.epsg.org/guides/docs/G7-2.pdf>

Klobušiak M., Leitmannová K., Ferienc D., 2005: Realizácia záväzných transformácií národných referenčných súradnicových a výškového systému do Európskeho Terestrického Referenčného Systému 1989. In. CD zborník referátov „*Geodetické siete a priestorové informácie*“, SSGK pri GKÚ a TOPU Banská Bystrica, 24-26.10.2005, Podbanské.

Klobušiak M., Leitmannová K., Ferienc D., 2006: S-JTSK a ETRS89: odhad transformačných parametrov metódou transformácie na povrchu elipsoidu stotožnením normál. In. zborník referátov z odbornej konferencie s medzinárodnou účasťou „*GPS+GLONASS+Galileo: nové obzory geodézie*“. KGZ SvF STU, 8.november.2006, Bratislava.