

GEODETICKÝ a KARTOGRAFICKÝ



**VENOVANÉ KONFERENCII GEODETICKÉ SIETE
A PRIESTOROVÉ INFORMÁCIE,**

Podbanské 24. až 26. 10. 2005

**Český úřad zeměměřický a katastrální
Úrad geodézie, kartografie a katastra
Slovenskej republiky**

9/05

Praha, září 2005
Roč. 51 (93) • Číslo 9 • str. 185–212
Cena Kč 14,—
Sk 21,60

GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ OBZOR

odborný a vědecký časopis Českého úřadu zeměměřického a katastrálního a Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Redakce:

Ing. Stanislav Olejník – vedoucí redaktor

Ing. Ján Vanko – zástupce vedoucího redaktora

Petr Mach – technický redaktor

Redakční rada:

Ing. Jiří Černohorský (předseda), **Ing. Juraj Kadlic, PhD.** (místopředseda), **Ing. Svatava Dokoupilová, Ing. Dušan Fičor, doc. Ing. Pavel Hánek, CSc., prof. Ing. Ján Hefty, PhD., Ing. Štefan Lukáč, Ing. Zdenka Roulová**

Vydává Český úřad zeměměřický a katastrální a Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky v nakladatelství Vesmír, spol. s r. o., Na Florenci 3, 111 21 Praha 1, tel. 00420 234 612 395. Redakce a inzerce: Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 9, 182 11 Praha 8, tel. 00420 286 840 435, 00420 284 041 656, fax 00420 284 041 416, e-mail: stanislav.olejnik@atlas.cz a VÚGK, Chlumeckého 4, 826 62 Bratislava, telefón 004212 43 33 48 64, linka 317, fax 004212 43 29 20 28. Sází VIVAS, a. s., Sazecká 8, 108 25 Praha 10, tiskne Serifa, Jinonická 80, Praha 5.

Vychází dvanactkrát ročně.

Distribuci předplatitelům (a jiným) distributorům v České republice, Slovenské republice i zahraničí zajišťuje nakladatelství Vesmír, spol. s r. o. Objednávky zasílejte na adresu Vesmír, spol. s r. o., Na Florenci 3, POB 423, 111 21 Praha 1, tel. 00420 234 612 394 (administrativa), další telefon 00420 234 612 395, fax 00420 234 612 396, e-mail vanek@msu.cas.cz, e-mail administrativa: vorackova@msu.cas.cz, nebo imlaufova@msu.cas.cz. Dále rozšiřují společnosti holdingu PNS, a. s., včetně předplatného, tel. zelená linka 800 17 11 81. Podávání novinových zásilek povoleno: Českou poštou, s. p., odštěpný závod Přeprava, čj. 467/97, ze dne 31. 1. 1997. Do Slovenskej republiky dováža MAGNET – PRESS SLOVAKIA, s. r. o., Šustekova 10, 851 04 Bratislava 5, tel. 004212 67 20 19 31 až 33, fax 004212 67 20 19 10, dalše čísla 67 20 19 20, 67 20 19 30, e-mail: magnet@press.sk. Predplatné rozširuje Slovenská pošta, a. s., Účelové stredisko predplatiteľských služieb tlače, Námestie slobody 27, 810 05 Bratislava 15, tel. 004212 54 41 99 12, fax 004212 54 41 99 06. Ročné predplatné 324,- Sk vrátane poštovného a balného.

Náklad 1200 výtisků. Toto číslo vyšlo v září 2005, do sazby v srpnu 2005, do tisku 30. září 2005. Otisk povolen jen s udáním pramene a zachováním autorských práv.

© Vesmír, spol. s r. o., 2005

ISSN 0016-7096
Ev. č. MK ČR E 3093

**Přehled obsahu
Geodetického a kartografického obzoru
včetně abstraktů hlavních článků
je uveřejněn na internetové adrese
www.cuzk.cz**

Obsah

Prof. Ing. Ján Hefty, PhD., Ing. Ján Vanko	
Výsledky geodetických meraní využitelných na štúdium neotektonických pohybov na území Slovenska	185
Ing. Martin Lederer, Ph.D., Ing. Otakar Nesvadba	
Využití PDA pro odečtení gravimetru LaCoste & Romberg vybaveného CPI	196

Ing. Jan Řezníček, Ph.D.	
Postup budování a současný stav České sítě perma- nentních stanic pro určování polohy – CZEPOS	200
Ing. Petr Dvořáček	
Geoportál Zeměměřického úřadu	205
pplk. Ing. Jaroslav Piroh, PhD.	
Informácie o území ako dôležitý faktor pri rozhodo- vaní v krízových situáciach	209

Výsledky geodetických meraní využiteľných na štúdium neotektonických pohybov na území Slovenska

528.4:551.24 (437.6)

Prof. Ing. Ján Hefty, PhD.,
Katedra geodetických základov SvF STU, Bratislava,
Ing. Ján Vanko,
Bratislava

Abstrakt

Opakovane merania pomocou globálneho systému určovania polohy (GPS) a veľmi presnej nivelačie z hladiska prejavov súčasnej tektoniky na území Slovenska. Epochové a permanentné merania GPS v rámci medzinárodných a národných projektov a ich výsledky pri sledovaní zmien horizontálnej polohy. Mapa recentných vertikálnych pohybov z výsledkov opakovanych nivelačí.

Results of Geodetic Measurements Applied for Study of Neo-tectonic Movements on the Territory of Slovakia

Summary

Repeated measurements using Global Positioning System (GPS) and precise levelling as well with regard to recent tectonics of Slovakia. Epoch and permanent GPS measurements within the international and national projects and their results concerning changes of horizontal position. The map of recent vertical crustal movements obtained from repreated levelling.

1. Úvod

Prejavy súčasnej dynamiky litosféry Zeme sú v súčasnosti spoľahlivo merateľné geodetickými metódami. Využiteľnosť konkrétnych techník vyplýva z presnosti, ktorú je možné pri opakovanych meraniach týchto metód dosiahnuť. Podľa veľkosti súčasných prejavov dynamiky Zeme sa požaduje relatívna presnosť geodetických meraní v intervale 10^{-9} až 10^{-8} . Názornú prestavu o takejto presnosti získane v prípade priestorovej vzdialenosť: uvedené relatívne hodnoty zodpovedajú zisteniu zmeny 1 mm na 100 km, resp. 1 mm na 1000 km. Na sledovanie geodynamických javov globálneho charakteru sú vhodné najmä technológie kozmickej a družicovej geodézie, akými sú interferometria z veľmi dlhých základní (Very Long Baseline Interferometry – VLBI), laserová lokácia družíc (Satellite Laser Ranging – SLR) a globálne navigačné družicové systémy (GNSS). Zatiaľ čo VLBI a GNSS sú metódy, ktoré dovolujú sledovať zmeny geometrického charakteru, SLR spoľahlivo zistuje ako zmeny geometrických parametrov, tak aj globálne zmeny tiažového poľa Zeme. K uvedeným kozmickým technológiám sa pričleňuje terestrická metóda absolútnych gravimetrických meraní využiteľná na sledovanie zmien veľkosti tiažového poľa Zeme.

Na sledovanie prejavov dynamiky Zeme z regionálneho hladiska sú pre územia, ktoré sa v súčasnosti nevyznačujú zvýšenou tektonickou aktivitou spojenou so silnými seismickými aktivitami, vhodné metódy využívajúce GNSS a absolútne gravimetrické merania. K nim sa svojou presnosťou pridružuje aj terestrická metóda opakovanych veľmi presných nivelačí (VPN). Výsledky tejto metódy odrážajú kumulo-

vaný efekt zmien geometrických parametrov a tiažového poľa Zeme.

Na území Slovenska je zatiaľ k dispozícii len obmedzený súbor výsledkov opakovanych geodetických meraní, ktorý by umožňoval zisťovanie prejavov neotektonických deformácií litosféry regionálneho charakteru. Z historického hladiska sa prvé poznatky získali analýzou výsledkov opakovanych meraní VPN [1, 2, 3, 4], ktoré odhalili vertikálne pohyby neotektonického pôvodu. Informácie o veľkosti súčasných horizontálnych zmien polohy bolo možné získať až po uskutočnení opakovanych meraní pomocou globálneho systému určovania polohy (GPS) v deväťdesiatych rokoch minulého storočia [5]. Opakovane gravimetrické merania pomocou absolútnych gravimetrov sa na Slovensku uskutočňujú od roku 1993 [6].

V článku sa venujeme výsledkom získaných na Slovensku z epochových a permanentných meraní GPS a z analýzy opakovanych VPN. Ide o tie metódy geodetických meraní, pri ktorých je v súvislosti s ich využitím na definovanie a realizáciu geodetických základov nevyhnutné uvážiť časový faktor. Ambíciou autorov článku nie je komplexná analýza získaných údajov z hladiska výskumu neotektonických pohybov. Snažíme sa poukázať na možnosti súčasnej slovenskej geodézie pri zisťovaní malých pohybov zemského povrchu regionálneho charakteru, ktoré ovplyvňujú ako tvorbu referenčných rámcov v geodézii, tak aj celé spektrum činností založených na znalosti presnej polohy a jej variability v čase. Z tohto dôvodu nepovažujeme za prekážku, že výsledky meraní uvedených dvoch metód, t.j. GPS a VPN sa získali v rozličných obdobiach.

2. Merania metódou GPS

Metóda GPS, ako prostriedok získavania informácií o vonkajších prejavoch dynamiky Zeme, sa na Slovensku začala využívať v roku 1992, v čase, keď sa na Slovensku získali prvé tri geodetické aparátury Trimble 4000SST. Vzhľadom na veľké množstvo úloh a projektov, na ktoré bolo treba využívať v tom čase jedinečné geodetické prístroje, bolo použitie GPS na účely sledovania polohových zmien orientované na epochové merania. Z dnešného pohľadu za dva najvýznamnejšie epochové projekty, ktoré pokračujú s určitými modifikáciami aj v súčasnosti, treba považovať Slovenskú geodynamickú referenčnú sieť (SLOVGGERENET) [7] a Stredoeurópsky regionálny geodynamický projekt (Central Europe Regional Geodynamics Project – CERGOP) [8]. Výberu epochových bodov a ich stabilizácií bola venovaná veľká pozornosť. Body sa umiestňovali najmä na rastlých skalách alebo hlbkovou stabilizáciou. Cielom bolo, aby sa zabezpečilo spojenie antény s podložím prostredníctvom adaptéra so submilimetrovou presnosťou.

Efektívnosť a výpovedná hodnota meraní GPS na geodynamické výskumy sa významne zvýši ak sa uskutočňujú kontinuálne na permanentných staniciach. Prvou takoto stanicou zriadenou na Slovensku je Modra-Piesok (MOPI), ktorá je v nepretržitej činnosti od júna 1996 [9]. Od septembra 2002 je v činnosti permanentná stanica v Gánovciach (GANP). Obe stanice sú začlenené v Permanentnej sieti európskeho referenčného rámcu (EUREF Permanent Network – EPN) [10]. Ďalšie permanentné stanice GPS, ktoré sú aktívne v súčasnosti na Slovensku – Banská Bystrica (BBYS), Rimavská Sobota (RISO) a Lomnický štít (LOMS), sú pravidelne analyzované v sieti permanentných staníc v strednej Európe [11]. V ďalšom teste uvedieme niektoré výsledky a súčasné poznatky získané z analýzy epochových a permanentných meraní GPS v ich súvislosti s prejavmi regionálnej neotektoniky.

Interpretácia zmien polohy regionálneho charakteru závisí od voľby referenčného systému použitého na vyjadrenie výsledkov opakovaného určovania geocentrických súradníc. Výsledky spracovania meraní GPS sa vzťahujú k Medzinárodnému terestrickému referenčnému systému, ktorý je realizovaný Medzinárodným terestrickým referenčným rámcom (International Terrestrial Reference Frame – ITRF). V súčasnosti sa využíva jeho verzia ITRF 2000. V takomto referenčnom rámci je pre všetky body na Slovensku charakteristický horizontálny pohyb približne 15 mm/rok smerom na sever a 20 mm/rok smerom na východ v dôsledku globálneho pohybu eurázskej litosférickej platne. Na vyjadrenie pohybov v rámci eurázskej platne je vhodné redukovať rýchlosť pohybov vztiahnuté k ITRF o globálnu zložku. Využíva sa pritom model NNR-NUVEL1A [12] získaný na základe paleomagnetickej výskumov, alebo model APKIM [13] odvodéný z analýzy výsledkov metód globálnej geodézie. Takto redukované horizontálne rýchlosť pohybov nepresahujú hodnotu niekoľkých mm/rok.

2.1 Stredoeurópsky geodynamický regionálny projekt

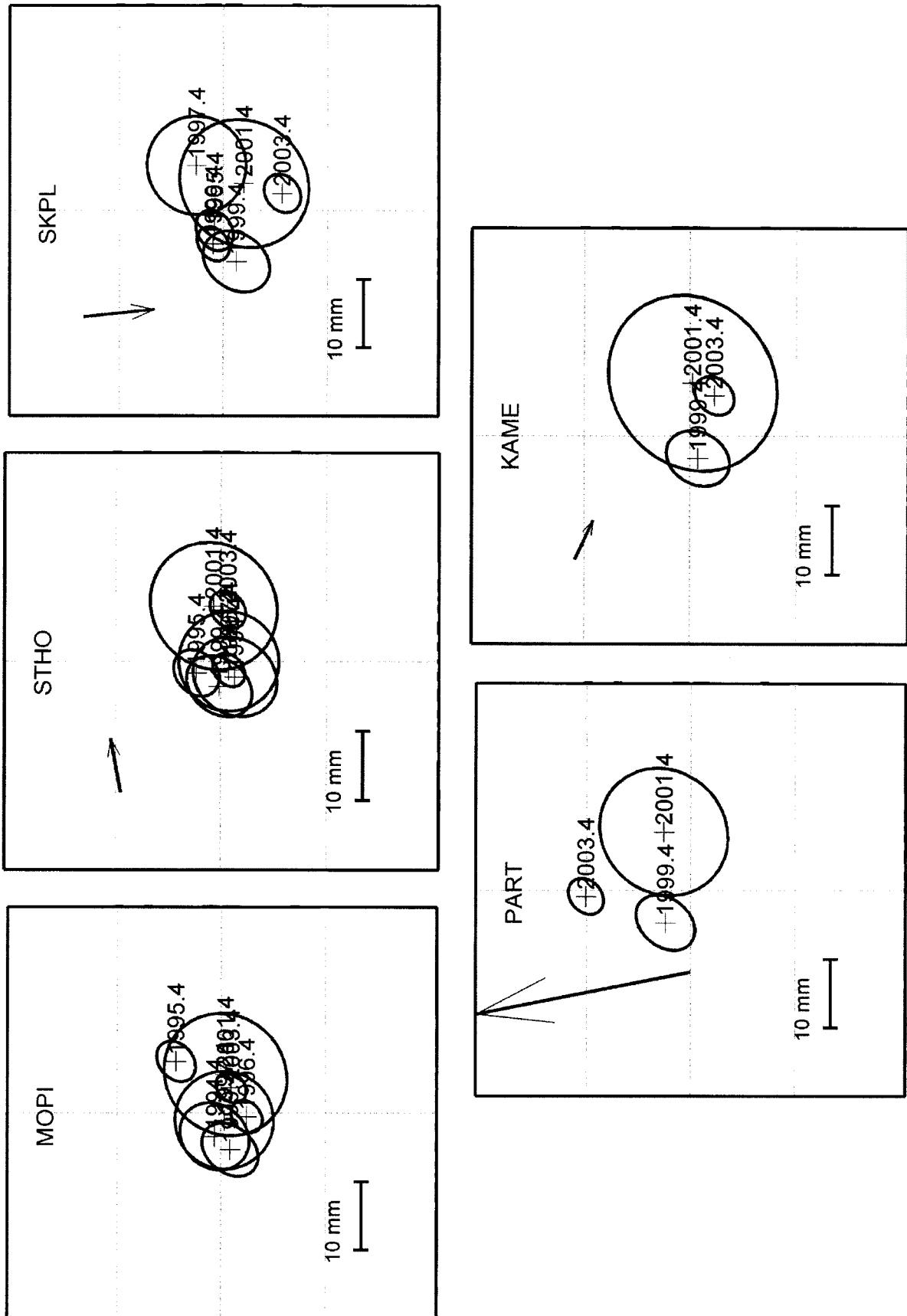
V prvej fáze projektu CERGOP realizovaného v rokoch 1994 až 1997 sa epochové merania GPS v trvaní 5 až 7 dní uskutočnili na troch bodoch na Slovensku. Každoročne sa

v medzinárodnej observačnej kampane zahrňujúcej viac ako 30 bodov Stredoeurópskej godynamickej referenčnej siete (Central European Geodynamic Reference Network – CEGRN [8]) meralo na bodoch MOPI (v roku 1996 sa MOPI zmenil na permanentnú stanicu), Skalnaté pleso (SKPL) a Strážna hora (STHO). Názov bodu Strážna hora sa neskôr zmenil na Dedinská hora. V banke údajov CERGOP a následných analýzach je nadálej vedený pod pôvodným názvom a skratkou STHO. V ďalšej fáze projektu, nazванého ako CERGOP-2/Environment [14] sa CEGRN rozšírila až na 70 bodov – na Slovensku boli zriadené dva nové body, a to Kamenica na Cirochou (KAME) a Partizánske (PART), ktoré sa merajú od roku 1999. V období od 1994 do 2003 sa uskutočnilo 7 epochových meraní, ktorých priebežná analýza je uvedená v [15]. V júni 2005 sa uskutočnilo ďalšie opakovanie meranie CEGRN a je predpoklad pokračovať v epochových meraniach CEGRN aj v nasledujúcom období.

Priebeh určovania horizontálnych súradníc na slovenských bodoch CEGRN je na obr. 1. Znázornené sú polohy v ITRF 2000 redukované o rýchlosť globálneho pohybu eurázskej platne podľa modelu APKIM. Presnosť určenia polohy v jednotlivých epochách je znázornená pomocou stredných elips chýb, ktorých rozmer vychádza zo spoločného spracovania meraní CERGOP v období od 1994 do 2003 [15]. V ľavom hornom rohu je znázornený vektor, ktorý predstavuje odhadnutú zmenu polohy zodpovedajúcu pohybu bodu počas deviatich rokov kampaní CERGOP. Bod MOPI sa v takejto interpretácii vyznačuje prakticky nulovým pohybom a odhad zmien polôh bodov STHO a SKPL je približne 10 mm počas 9 rokov. V prípade bodov PART a KAME sú naznačené zmeny výsledkom extrapolácie získané len z troch kampaní počas 4-ročného intervalu a bolo by predčasné na ich základe uskutočniť interpretáciu v súvislosti s neotektonikou.

Výsledkom spracovania opakovanych meraní GPS v sieti CEGRN sú súradnice a rýchlosť pohybov sledovaných bodoval v ITRF 2000. Na pripojenie CEGRN k ITRF 2000 sa využili merania 8 permanentných staníc Medzinárodnej služby GNSS rozmiestnených v strednej a v západnej Európe [15]. V tab. 1 uvádzame absolútne rýchlosť piatich slovenských bodov určené zo 7, resp. 3 kampaní v rokoch 1994 až 2003 vyjadrené v ITRF 2000. V tab. 2 sú uvedené redukované (relativne) rýchlosť uvedených bodov – ide o hodnoty z tab. 1 redukované o model NNR-NUVEL1A, transformované do horizontálneho súradnicového systému. Z tabuľky vyplýva, že relativne horizontálne rýchlosť bodov CEGRN okrem bodu PART sú v intervale 0,6–1,6 mm/rok (uvedené hodnoty predstavujú veľkosť vektorov pohybu vypočítané z jeho súradníc v tab. 2). O štatistickej významnosti zisteného horizontálneho pohybu možno hovoriť v prípade bodov MOPI a STHO. Pri vertikálnych zmenách ani jednu z hodnôt nemožno považovať za štatisticky preukázanú (pozri posledný stĺpec tab. 2).

Z porovnania výsledkov bodov MOPI, SKPL a STHO na obr. 1 a v tab. 2 je vidieť rozdiel, ktorý vznikol v dôsledku použitia rozličného modelu redukcie globálnych rýchlosť (APKIM, resp. NNR-NUVEL1A). Bod MOPI, ktorý v prvom prípade nevykazoval žiadny pohyb, má v druhom prípade signifikantnú horizontálnu rýchlosť. Pri bodoch SKPL a STHO voľba modelu redukcie globálnych rýchlosť ovplyvňuje smer zisteného horizontálneho pohybu. V oboch prípadoch je však zrejmé, že vzájomné horizontálne pohyby uvedených bodov CEGRN sú menšie ako 2 mm/rok.



Obr. 1 Priebeh určovania horizontálnych súradníc na slovenských bodoch CEGRN. Zmôzormené sú polohy v ITRF 2000 redukované o rýchlosť globálneho pohybu európskej pláne podľa modelu APKIM. V ľavom hornom rohu je vektor, ktorý predstavuje odhadnutú zmenu polohy zodpovedajúcu pohybu bodu počas deviatich rokov kampaní CERGOP

Tab. 1 Absolútne rýchlosťi pohybov piatich slovenských bodov určené v projekte CERGOP vyjadrené v ITRF 2000

Bod	Počet kampaní	v_x (mm/rok)	σ_{vX} (mm/rok)	v_y (mm/rok)	σ_{vY} (mm/rok)	v_z (mm/rok)	σ_{vZ} (mm/rok)
KAME	3	-18.0	4.0	16.7	1.7	7.9	4.8
PART	3	-19.3	3.1	15.1	1.2	10.5	3.6
MOPI	7	-14.9	1.1	17.3	0.4	10.7	1.3
SKPL	7	-16.6	1.3	16.7	0.5	7.9	1.6
STHO	7	-18.2	1.4	17.1	0.5	7.9	1.7

Tab. 2 Rýchlosťi pohybov slovenských bodov CEGRN redukované o model NNR-NUVEL1A a transformované do horizontálneho súradnicového systému

Bod	dv_n (mm/rok)	σ_{vn} (mm/rok)	dv_e (mm/rok)	σ_{ve} (mm/rok)	dv_v (mm/rok)	σ_{vv} (mm/rok)
KAME	1.3	1.1	0.5	0.8	-1.0	6.3
PART	4.6	1.0	0.9	0.7	-1.1	4.7
MOPI	1.2	0.3	-0.2	0.3	1.9	1.7
SKPL	0.5	0.4	-0.2	0.3	-0.5	2.1
STHO	1.5	0.4	0.7	0.3	-1.7	2.2

Tab. 3 Rýchlosťi pohybov bodov SGRN redukované o model NNR-NUVEL1A a transformované do horizontálneho súradnicového systému

Bod	dv_n (mm/rok)	σ_{vn} (mm/rok)	dv_e (mm/rok)	σ_{ve} (mm/rok)	dv_v (mm/rok)	σ_{vv} (mm/rok)
KAME	1.1	1.2	0.9	0.9	-0.7	8.4
PART	4.0	1.1	-0.6	0.8	-2.8	5.1
MOPI	1.0	0.4	-0.1	0.3	1.9	2.0
SKPL	0.7	0.4	0.4	0.3	-0.9	2.1
STHO	1.2	0.5	1.1	0.4	-1.9	2.7
DOMI	0.9	0.8	1.0	0.8	-1.3	5.8
KRHO	1.2	1.5	-0.9	1.2	-1.4	10.7
REPI	2.5	1.4	0.4	1.0	0.5	9.8
VADU	0.8	1.5	0.9	1.6	3.3	10.5
CHLM	0.7	1.3	0.5	1.0	-5.5	9.2
KOSI	1.5	1.2	0.9	1.1	-0.5	9.3
BRAN	2.1	1.7	0.5	1.8	-2.9	11.8
KRUZ	1.3	1.2	0.6	1.2	-5.2	8.5
KAMC	1.4	1.1	1.6	0.9	1.8	7.7
NITR	1.6	1.1	0.5	1.0	-2.0	8.2
VETE	0.9	1.8	0.3	1.4	-3.0	13.0
ZAVE	0.4	1.4	1.7	1.1	-7.7	10.4
BUKO	1.4	1.6	0.6	1.6	0.2	10.8
DONO	1.2	1.2	-0.2	0.9	-2.2	8.7
SVED	-0.3	1.5	-1.5	1.1	0.8	10.6
DLHO	1.9	1.0	1.5	0.9	-3.5	7.1
HRUS	0.8	1.4	0.9	1.0	-4.2	10.3
POLA	0.8	1.4	-1.1	1.0	-0.1	10.1
PLAS	1.8	1.4	1.3	1.1	-3.2	10.1
ROHA	1.1	1.5	0.1	1.2	0.7	9.7
SAJA	2.1	1.7	0.7	1.6	-3.4	11.7
GABC	1.7	1.5	1.0	1.1	-3.1	10.5
PLHO	-0.2	2.3	-1.1	2.1	-4.2	15.8
STAR	-0.7	1.6	0.1	1.3	-2.3	11.7
VETR	1.6	1.5	1.0	1.3	-2.7	11.1

2.2 Slovenská geodynamická referenčná sieť

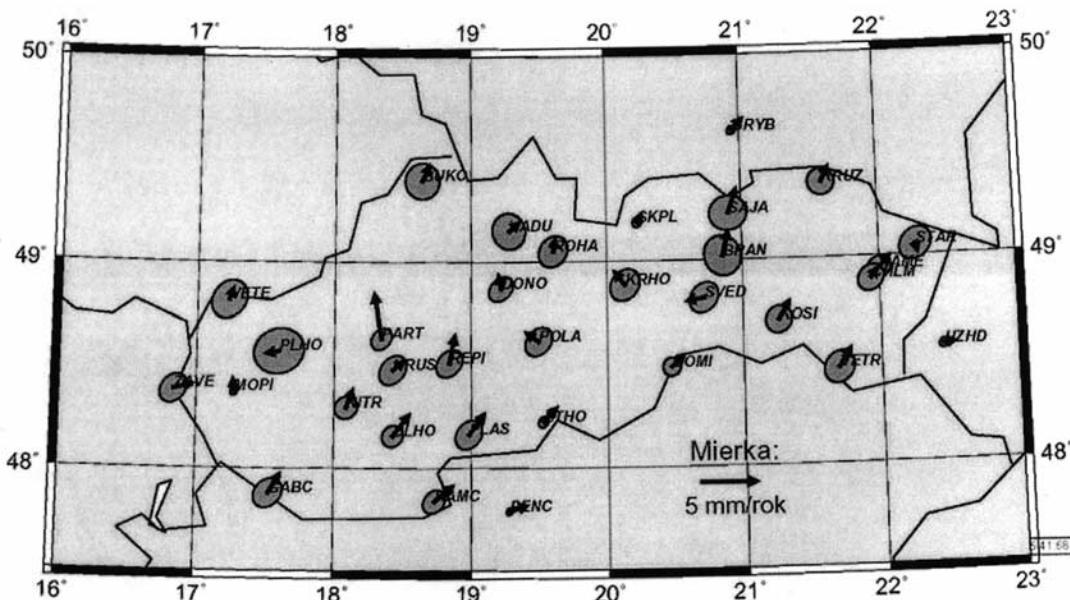
S cieľom definície kostry nových polohových geodetických základov a súčasne aj výskumu regionálnej geodynamiky Slovenska bola v roku 1993 zriadená Slovenská geodynamická referenčná sieť [7] (pôvodná skratka SLOVGERENET sa zmenila neskôr na SGRN [16]). V prvej fáze projektu SLOVGERENET pozostávala zo 17 bodov rozmiestnených na celom území Slovenska. Zmeraná bola po prvý raz v roku 1993. Postupne sa sieť rozšírila až na 48 bodov a do roku 2001 sa uskutočnilo 6 epochových kampaní SGRN. Observácie GPS na prevažnej väčšine bodov trvali 1,5 až 3 dni. Výsledky spoločného spracovanie všetkých epoch SGRN s meraniami CERGOP, miestnej geodynamickej siete TATRY a kampane WHS (World Height System) 2001, sú uvedené v [16]. Alternatívne spoločné spracovanie SGRN s CERGOP a WHS 2001 s cieľom definície zoskupenia geodynamických bodov Slovenska, ktoré vykazujú spoločné horizontálne pohybové tendencie je uvedené v [17].

Odhadnuté hodnoty rýchlosťi bodov SGRN na ktorých sa uskutočnilo 3 a viac epoch meraní sú uvedené v tab. 3. V rámci jedného modelu bolo spoločne spracovaných 13 epochových kampaní SGRN, CEGRN a kampaní WHS 2001 z obdobia 1993 až 2003 [17]. Uvedené sú odhady rýchlosťí vztižnuté k ITRF 2000, redukované o rýchlosťi globálneho pohybu eurázijskej platne pomocou modelu NNR-NUVEL1A a transformované do horizontálneho súradnicového systému. Horizontálne rýchlosťi bodov SGRN, slovenských bodov CEGRN a bodov CEGRN v Maďarsku, v Poľsku a na Ukrajine v blízkosti slovenských hraníc sú znázornené na obr. 2. Ich hodnoty sú s výnimkou bodu PART menšie ako 3 mm/rok, pričom pososi stredných elips chýb sú pre väčšinu bodov (okrem bodov

začlenených do CEGRN) v intervale 1,0 až 1,6 mm/rok. Odvodené vertikálne rýchlosťi nepresahujú intervaly príslušných stredných chýb (pozri posledné dva stĺpce tab. 3).

Zo znázornenia horizontálnych rýchlosťí na jednotlivých bodoch na obr. 2 vyplýva, že väčšina vektorov je orientovaná na severovýchod, čo poukazuje na neúplnú redukciu pohybu eurázijskej platne modelom NNR-NUVEL1A. Na veľkostach znázornených stredných elips chýb sa prejavuje skutočnosť, že na bodoch CEGRN sa uskutočnil väčší počet opakovanych meraní, ako aj to, že merania v jednotlivých kampaniach CEGRN trvali podstatne dlhšie ako v kampaniach SGRN. Kompenzáciou uvedenej skutočnosti je však významne vyššia hustota bodov SGRN, ktorá umožňuje rozšíriť poznatky o horizontálnych pohyboch na celé územie Slovenska.

Je zrejmé, že na celom Slovensku nedochádza k takým horizontálnym pohybom zemského povrchu, ktoré by sa prejavovali relatívnymi zmenami polohy väčšími ako 1 až 2 mm/rok. Výnimku tvorí niekoľko anomálne sa prejavujúcich bodov (PART, KRHO, POLA a SVED – pozri obr. 2), ktorých výsledky bude treba podrobnejšie analyzovať najmä z aspektu počtu opakovanych meraní, použitých antén GPS a overenia kvality stabilizácie. Podľa [17] možno z hľadiska horizontálnych pohybov vyčleniť na Slovensku 5 zoskupení bodov, ktoré sa vyznačujú podobnými pohybovými tendenciemi: (1) oblasť Záhorie a Malých Karpát, (2) Tríbeča, Vtáčnika a Štiavnických vrchov, (3) Veľkej Fatry, Tatier a Slovenského Rudohoria, (4) Magury, Levočských vrchov a Slanských vrchov a (5) oblasť východnej hranice Slovenska. Takéto členenie vychádzajúce z kinematiky geodetickej bodov je v súlade s geologickými a geofyzikálnymi modelmi neotektonických oblastí Slovenska [18].



Obr. 2 Horizontálne rýchlosťi pohybov bodov SGRN, slovenských bodov CEGRN a bodov CEGRN v Maďarsku, v Poľsku a na Ukrajine v blízkosti slovenských hraníc

2.3 Permanentné stanice EPN – MOPI a GANP

V EPN sú v súčasnosti začlenené dve slovenské stanice – MOPI a GANP. Štandardnými výstupmi pravidelného spracovania EPN sú súradnice a kovariánčna matica riešenia celej siete vo formáte SINEX (v roku 2005 tvorilo EPN 170 staníc [10]) získané z jednotyždňových intervalov meraní [19]. Súradnice bodov EPN v epoche merania sú vztiahnuté k aktuálnej verzii ITRF. Pretože počas činnosti EPN sa niekoľkokrát zmenila verzia ITRF, priebeh súradníc jednotlivých bodov sa vyznačuje okrem lineárneho trendu, v dôsledku pohybu eurázijskej tektonickej platne, aj skokmi v dôsledku prechodu na novú verziu ITRF. Z uvedeného dôvodu nie sú originálne časové rady súradníc bodov EPN vztiahnuté k aktuálnemu ITRF vhodné na analýzu geokinematiky.

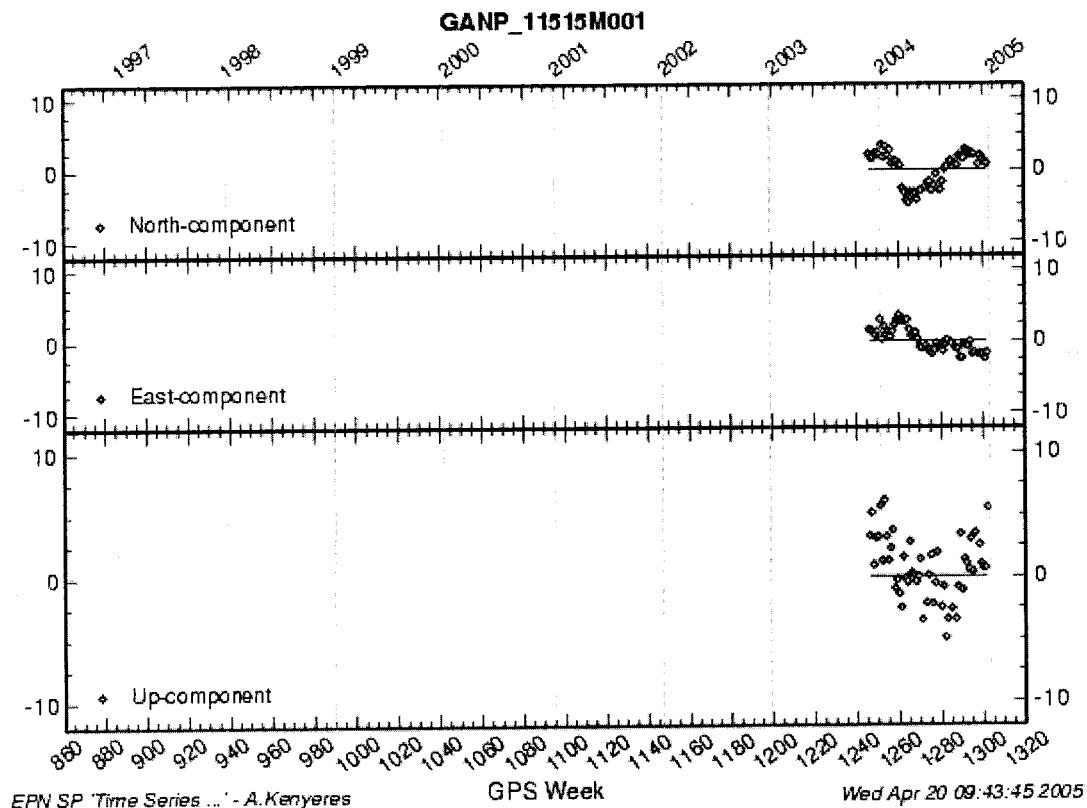
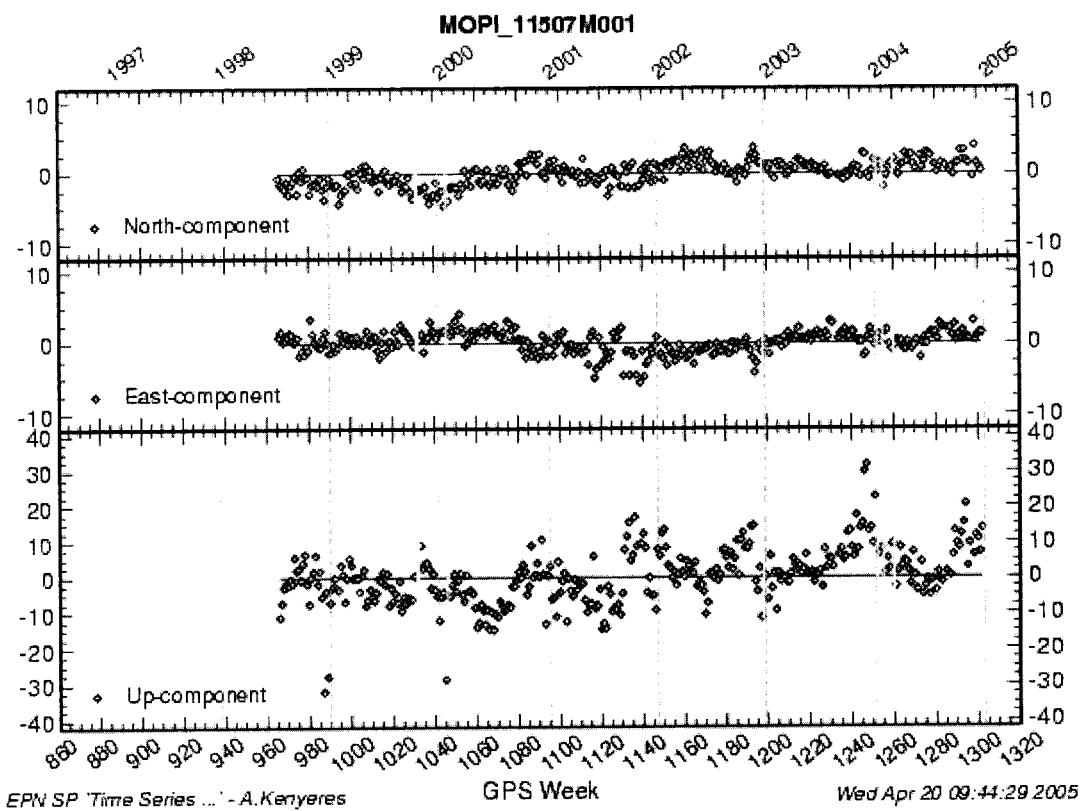
Na monitorovanie dlhodobého priebehu súradníc permanentných staníc sú v [19] publikované upravené časové rady podľa [20], v ktorých boli opravené vplyvy v dôsledku zmien referenčného rámca, eliminovaný vplyv globálneho pohybu eurázijskej tektonickej platne a odstránené skoky spôsobené známymi príčinami, ako napr. zmenu antény alebo prijímača GPS, inštalačiou ochranného krytu antény, prestabilizáciou bodu, zmenu viditeľnosti držív v dôsledku úpravy horizontu prijímača a pod. Priebeh takto upravených časových radov týždenných súradníc bodov MOPI a GANP vyjadrených v súradnicových osiach v smere na sever, na východ a v elipsoidickej výške sú na obr. 3. Časové rady pre bod MOPI majú dĺžku viac ako 6 rokov, pre bod GANP viac ako 1 rok. Zobrazené sú len tie výsledky týždenných meraní, ktoré Centrálny úrad EPN klasifikoval ako vyhovujúce pre geokinematické interpretácie [19].

Časové rady súradníc MOPI a GANP na obr. 3 ukazujú na viacero skutočností. V priebehu MOPI – zložka v smere na sever, je zrejmý trend 0,6 mm/rok, ktorý neprotirečí výsledkom odvodeným z epochových meraní (tab. 2 a 3). V zložke MOPI v smere na východ sú pozorovateľné dlhodobé zmeny – pozvoľný vzostup v rokoch 1999 a 2000, potom pokles až o 3 mm v priebehu roku 2001 a následne opäť postupný nárast až do roku 2005. Celkový trend je však -0,1 mm/rok, čo je v zhode s výsledkami v tab. 2. a 3. Zložka vo výške sa prejavuje dlhodobo vzostupným trendom a variáciami s ročnou periódou s viac ako 10 mm amplitúdou. Pre bod GANP je pre rok 2004 charakteristická výrazná ročná variácia v zložke na sever a vo výške (amplitúdy 4 mm), ako aj pokles zložky v smere na východ. Dĺžka časového radu GANP nie je však zatiaľ dostatočná na geodynamické interpretácie.

V porovnaní s epochovými meraniami sa vo výsledkoch EPN objavujú nové faktory – existencia dlhodobých nelineárnych zmien súradníc a ich sezónne variácie. Priebeh časových radov súradníc staníc EPN a ich interpretácia z hľadiska neotektoniky je však ovplyvnená aktuálnym stavom referenčných staníc a volbou podmienok pri pripájaní riešení EPN k ITRF. Tieto faktory bude treba v budúcnosti dôsledne analyzovať až potom bude možné získať relevantné informácie.

2.4 Slovenské body v sieti permanentných staníc v strednej Európe

Súčasťou projektu CERGOP-2/Environment je analýza viac ako 40 permanentných staníc v regióne strednej Európy [11]. Zo Slovenska sú do pravidelného spracovania začlenené



Obr. 3 Priebeh časových radov týždenných súradníc bodov MOPI a GANP určených v rámci EPN [19]. Uvedené zložky sú v smeroch súradnicových osí smerom na sever, smerom na východ a v elipsoidickej výške (v mm)

okrem bodov EPN MOPI a GANO aj stanice BBYS, RISO a LOMS. Ich rozloženie je na obr. 4. Cieľom uvedeného projektu je získanie poznatkov o geokinematike regionálneho charakteru s vyšším časovým rozlíšením. Preto sú výsledky pravidelných riešení produkované vo forme súradníc v jednodenných intervaloch a sú redukované o aktuálny (nie modelový) pohyb stredoeurópskej časti eurázskej platne. Časové rady horizontálnych súradníc a výšky majú relatívny charakter. Vyjadrujú rozdiel medzi zmenami polohy konkrétnej stanice a zmenami polohy barycentra vybraných staníc definujúcich regionálny referenčný rámec [21]. Spracovanie meraní sa uskutočňuje od januára 2003 (týždeň GPS 1200).

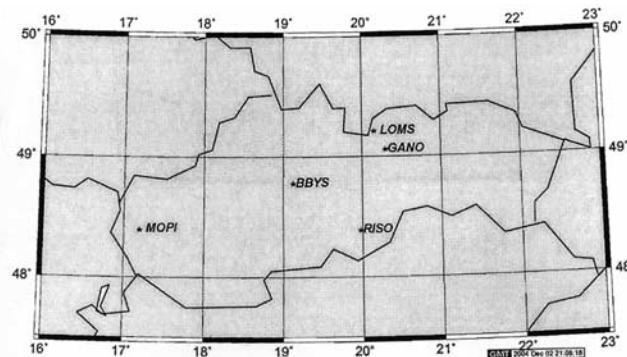
Na obr. 5 sú znázornené výsledky určovania súradníc pre každých 24 h na piatich slovenských permanentných staniciach GPS. Pre horizontálne súradnice bodov MOPI a BBYS je charakteristický ich vyrovnaný priebeh, bez výrazných zmien. Zložka vo výške MOPI sa vyznačuje relatívne veľkými sezónnymi variáciami spôsobenými pravdepodobne okolím stanice, relatívne starším typom antény (Trimble 4000ST L1/L2) a ochrannou kupolou nad anténou. Horizontálna poloha stanice GANP sa prejavuje pomerne veľkými zmenami – až 10 mm v priebehu niekoľkých mesiacov. O ich charaktere, či ide o sezónne alebo krátkodobé zmeny, sa bude možno vyjadriť až po získaní dlhších intervalov meraní. Výška GANP je stabilnejšia ako v prípade MOPI a BBYS, čo je pravdepodobne vďaka kvalitnej anténe typu choke-ring. Intervaly meraní na bodoch LOMS a RISO sú príliš krátke (0,6 roka) nato, aby ich bolo možné využiť na analýzu neotektonických prejavov. Svojím doterajším priebehom však naznačujú, že možno od nich očakávať výsledky kompatibilné s ostatnými permanentnými stanicami na Slovensku.

3. Opakovane nivelačné merania

Všeobecne uznávanou metódou na zisťovanie recentných vertikálnych (tektonických) pohybov¹⁾ je metóda opakovanych VPN. Jej prednosť oproti iným metódam spočíva v tom, že VPN môžeme presnejšie určiť rozsah, smer a hodnoty pohybov. Treba však starostlivo uvážiť, ako využiť výsledky opakovanych nivelačí, aby sa po vylúčení vplyvu chýb merania a vplyvu prírodných činitiel iných ako endogénnych mohla konštatovať reálnosť pohybu.

Zákonitosť recentných vertikálnych pohybov (RVP) zemského povrchu Západných Karpát na území Slovenska sú geodetickými metódami sledované od druhej polovice päťdesiatych rokov minulého storočia. Do tohto obdobia boli tektonické pohyby skúmané prakticky len geologickými metodami, pričom prevládal názor, že tektonické pohyby majú prevažne vertikálny (zvislý) smer.

Recentné pohyby (horizontálne i vertikálne) sú chápane ako prirodzené pokračovanie dynamických tektonických procesov prebiehajúcich v súčasnej dobe vo vnútri našej planéty (je to odraz dynamických procesov vnútorných vrstiev zemského telesa), t. j. vonkajšie prejavy hlbinného života Zeme. K nim sa pridružujú ďalšie pohyby technogénne, vyvolané ľudskou činnosťou. Ide o rozsiahle poklesy zemského povrchu pod veľkými stavbami a mestami spôsobené hmotnosťou sta-



Obr. 4 Rozloženie slovenských permanentných staníc GPS analyzovaných v rámci projektu CERGOP-2/Environment

vieb. Okrem podkopaných území dochádza k poklesom zemského povrchu aj v oblastiach s vytaženou ropou a zemným plynom alebo pri rýchлом odčerpávaní podzemnej vody. Nepravidelné stavy a pohyby zemského povrchu (i skalnatých masívov) môže vyvolať aj hmotnosť vody vo vodných nádržiach.

Komplex týchto recentných pohybov ovplyvňuje a v mnohých prípadoch priamo ohrozí životné prostredie a život ľadu. Napríklad recentné pohyby poklesového charakteru menia hladiny spodných vôd a geodynamické alebo tektonické procesy v seismicky aktívnych oblastiach môžu vyvolať zemetrasenie.

Jedným z hlavných zdrojov poznatkov tohto charakteru sú výsledky opakovanych VPN, ktoré nezávisle od geologickej a geofyzikálnej metód určujú s vysokou presnosťou deformácie zemského povrchu, pravda za relatívne kratší časový interval niekoľko desiatok rokov.

Na výskum RVP zemského povrchu Západných Karpát na území Slovenska slúži Štátnej nivelačnej sieti.

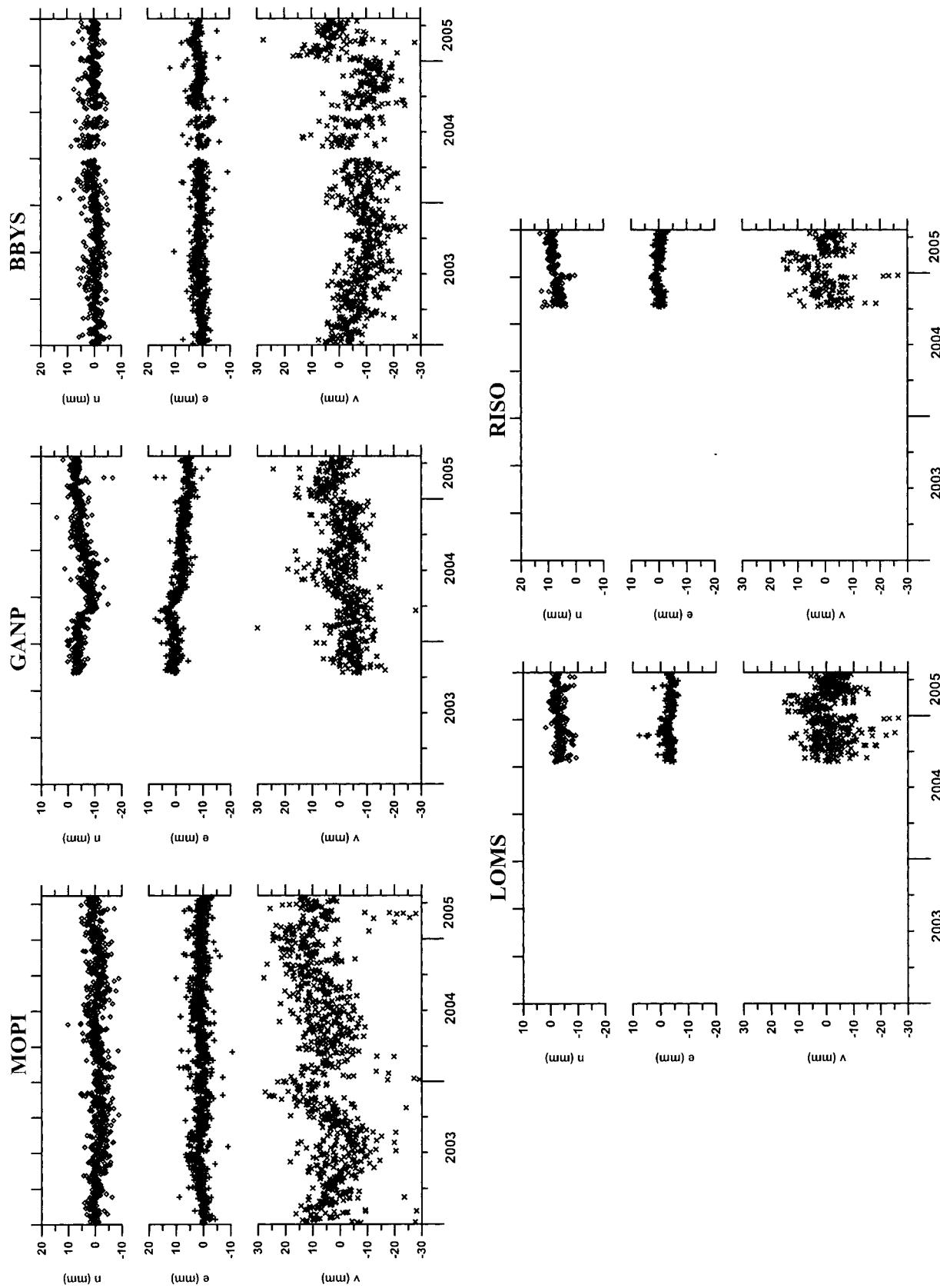
Sieť opakovanych nivelačí I. a II. rádu zhustená vybranými opakovanyimi nivelačnými tahmi II. rádu bývalej Československej jednotnej nivelačnej siete (ČSNS) nám poskytuje ďalšie údaje [22] na doplnenie a spresnenie mapy RVP zemského povrchu Západných Karpát na Slovensku publikovanej v [4].

3.1 Mapa RVP Západných Karpát na území Slovenska pre epochu 1952 až 1979

3.1.1 Geodetickej základ mapy

Geodetickej základ tvoria ČSNS z rokov 1947 až 1965 a sieť 2. československej opakovanej nivelačie z rokov 1973 až 1992. Časové intervale Δt sa pohybujú od 14 do 44 rokov. Celková dĺžka polygónových strán je 4407 km a celkový počet nivelačných bodov použitých na zostavenie mapy je 848. Priemerná vzdialenosť medzi vybranými nivelačnými bodmi je 5,2 km. Pre 1. nivelačiu (ČSNS) je stred epochy, s prihlásením na dĺžku tahov zmeraných v jednotlivých rokoch, vzťahnutý na rok 1952,2 a pre 2. nivelačiu (sieť 2. československej opakovanej nivelačie) na rok 1978,6. Stredný časový interval je 26 (26,4) rokov.

¹⁾ Recentné (súčasné) pohyby zemského povrchu sa vyčleňujú ako samostatná kategória neotektoniky a prebiehajú na všetkých mestach Zeme.



Obr. 5 Priebeh určovania horizontálnej polohy (zložka n v smere na sever, zložka e v smere na východ) a elipsoidickej výšky v na piatich slovenských permanentných stanicach. Uvedené časové rady predstavujú relatívne zmeny v rámci siete permanentných stanic [21]

Na území Slovenska je 11 základných nivelačných bodov (ZNB). Do opísanej siete sa všetky zahrnuli. Ďalej sa vybrali body stabilizované na skalách (29) a na starých dobre konsolidovaných budovách, ako sú kostoly (287), rôzne verejné budovy a rodinné domy. Pri výbere nivelačných bodov sa prihliadal na geologické a geomorfologické zvláštnosti územia a na inžiniersko-geologickú situáciu. Hustota vybraných bodov je v celej nivelačnej sieti (na celom území Slovenska) približne rovnaká.

3.1.2 Matematické spracovanie výsledkov opakovanych nivelačí a zostavenie mapy

Vyrovnanie ročných zmien prevýšení

$$v_{ij} = \frac{\Delta h_{ij}}{\Delta t}, \quad (1)$$

kde v_{ij} je ročná zmena prevýšenia medzi bodmi P_i a P_j za obdobie $\Delta t = t_2 - t_1$,

Δh_{ij} je zmena prevýšenia (${}_2h_{ij} - {}_1h_{ij}$) medzi bodmi P_i a P_j za obdobie Δt ,

sme vykonali metódou najmenších štvorcov programom WNS 1.0. Váhy p_i sme určili ako recipročné hodnoty vzdialenosť L_i v km medzi uzlovými bodmi, t. j.

$$p_i = \frac{1}{L_i}. \quad (2)$$

Z vyrovnaných hodnôt v_{ij} postupným sčítaním od ZNB Pitelová (pri Žiari nad Hronom) sme určili relatívne ročné rýchlosťi pohybov všetkých bodov siete.

ZNB Pitelová, stabilizovaný v extruzívnej brekcii tvorenej úlomkami andezitov a rvolitov, sme zvolili za východiskový preto, že je umiestnený na pevnej skale, kde vplyv netektonických procesov na pohyb bodu je nepravdepodobný. Dôležitú úlohu tu zohralo aj regionálne hľadisko, pretože leží približne v strede Slovenska a centrická poloha východiskového bodu je výhodná na odhad stredných kilometrových chýb (neistoty) v určení rýchlosťi pohybov jednotlivých bodov. Tiež bol použitý za východiskový bod vo všetkých mapách RVP Západných Karpát na území Slovenska [2, 3, 4, 23, 24]. O východiskovom bode predpokladáme, že v epoche 1952,2 až 1978,6 sa jeho poloha nezmenila ($V_0 = 0$).

Súbor údajov ročných rýchlosťi pohybov všetkých vybraných nivelačných bodov bol podkladom na vyhotovenie spresneného variantu mapy RVP Západných Karpát na území Slovenska pre epochu 1952 až 1979 (obr. 6, viz 4. str. obálky). Relatívne ročné rýchlosťi pohybov, vztiahnuté na východiskový bod Pitelová, sú znázornené izočiarami s intervalom 0,5 mm/rok. Na ľahšiu orientáciu je na mape zakreslená zemepisná sieť a vyznačenejšie mestá.

Pri zostavení mapy sme predpokladali, že rýchlosť RVP bola v časovom intervale medzi opakovými nivelačiami konštantná, teda, že ide o rovnomerný pohyb, a že na nivelačné body nevplývajú netektonické pohyby.

3.1.3 Mapa s odhadom presnosti určených pohybov

Odhady stredných chýb pre pohyby uzlových bodov, vzhľadom na východiskový bod Pitelová, sme vypočítali programom WNS 1.0. Pomocou charakteristik presnosti sme vyhotovili mapu odhadu presnosti ročných rýchlosťí RVP v mierke

1:7 000 000 (umiestnenú v pravom dolnom rohu mapy RVP na obr. 6, viz 4. str. obálky). Na mape sú izočiary spájajúce miesta s rovnakou presnosťou určených pohybov s krokom 0,1 mm/rok. Z mapy vidno, že charakteristiky presnosti kolíšu od 0,0 do 0,8 mm/rok, čo je pomerne vysoká presnosť určovaných pohybov.

3.2 Základné črty reliéfu Západných Karpát

Západné Karpaty sú mladým horským systémom, ktorý vznikol v neotektonickom období vývoja zemskej kôry. Neotektonický vývoj v Západných Karpatoch začína vrchným baderom a pokračuje aj v kvartéri [25].

Charakteristickým rysem povrchovej tvárnosti Západných Karpát je ich vnútorná členitosť, striedanie na krátke vzdialenosť dvoch protichodných foriem – horských skupín a medzi ne zaklesnených vnútrohorských depresií – kotlín. Reliéf Západných Karpát v neotektonickom období prešiel niekolkými fázami zarovnávania. V druhej polovici neotektonickej etapy, to znamená v období stredného pliocénu a kvartéra, sa v západokarpatskej oblasti individualizovali tieto morfoštruktúrne jednotky: prikarpatské depresie, stredohoria a vysoké pohoria, oddelené od seba vnútrohorskými kotlinami.

Zo západokarpatských pohorí boli najviac vyzdvihnuté Vysoké Tatry, Západné Tatry a Nízke Tatry.

Z nížin najintenzívnejšie poklesávala Podunajská nížina, kde mocnosť kvartérnych sedimentov v jej centrálnych častiach dosahuje vyše 300 m. Na diferencované poklesy najmä Podunajskej a Východoslovenskej nížiny, popri značnej mocnosti kvartérnych sedimentov, usudzujeme z nedostatku (chýbania) riečnych terás, zo zmien riečnej siete a pochovaných pieskových dún pod súčasným povrhom nížiny. Na recentné pohyby v týchto oblastiach poukazuje aj častý výskyt zemetrasení.

Príklady diferencovaného pohybu kríh na pomerne krátke vzdialenosť sa vyskytujú na úpätiach Vihorlatu, Slanských vrchov, Vtáčnika, Malých Karpát a inde. Doznievanie sopečnej činnosti v Cerovej vrchovine a v doline Hrona, ďalej časté výskytu travertínov, minerálnych prameňov a zemetrasení (o slebej intenzite) dostatočne poukazujú na živosť mladej až súčasnej tektoniky v západokarpatskej oblasti [25].

3.3 Interpretácia mapy

Možno konštatovať, že mapa pre epochu 1952 až 1979 dáva doteraz najúplnejší obraz o tendenciách a rozdelení intenzity RVP Západných Karpát na území Slovenska. Môže byť preto dobrým pokladom na skúmanie priestorového rozloženia súčasných pohybových intenzít a na interpretáciu pohybov.

Mapa ukazuje priestorovú diferencovanosť pohybov jednotlivých morfoštruktúr Západných Karpát. Na nej dve izočiary nulového pohybu

- jedna idúca od štátnej hranice s Českou republikou (v oblasti Javoríkov) južne od Žiliny, západne od Martina, ďalej cez Turčianske Teplice, východne od Handlovej, cez Hronsú Dúbravu, západne od Zvolena, východne od Krupin, cez Dudince, Demandice a východne od Šiah k štátnej hranici s Maďarskou republikou (MR),
- druhá idúca od štátnej hranice s Poľskou republikou (v oblasti západnej časti Nízkych Beskýd – Busov) cez Bardejov, Lipany, Sabinov, Prešov, Krompachy, južne od Spišskej Novej Vsi, ďalej cez Nižnú Slanú, Rožňavu, Brzotín,

Štós, západne od Turne nad Bodvou a cez Buzicu k štátnej hranici s MR, delia celé územie SR z hľadiska pohybov na tri časti, a to západnú, strednú a východnú.

Západná časť má klesajúcu tendenciu 0,0 až –6,0 mm/rok. Najintenzívnejšie poklesy sú uprostred Záhorskej nížiny v širšom regióne Malaciek (–3,4 mm/rok) a smerom na Kostolište–Jakubov–Záhorskú Ves (–5,4 mm/rok), ktoré zahŕňajú okraje Zohorsko–plaveckej depresie s kvartérnou akumuláciou hrubou vyše 60 m. V tejto oblasti je tiež tažba zemného plynu. Výrazné poklesy nachádzame na Hornonitrianskej kotlinе (–5,9 mm/rok) spôsobené technogénnymi pohybmi podkopaného územia handlovsko–nováckej uholnej panve, dalej na západnom úpäti Považského Inovca pri styku s výbežkom Podunajskej nížiny v Ratnovciach a v Sokolovciach (–1,8 mm/rok), na Myjavskej pahorkatine v Starej Turej a v Lubine (–2,0 mm/rok), ako aj na rozhraní Krupinskej planiny a Štiavnických vrchov v širšom regióne Bzovíka²⁾ (do –2,0 mm/rok). V epicentrálnej oblasti Dobrá Voda, ktorá sa v minulom storocí prejavila niekoľkými silnými zemetraseniami v rokoch 1906, 1930, 1967 a 1976 (najsilnejšie s magnitúdom 5,8 v roku 1906) [26], rýchlosť pohybov kolísala okolo –1 mm/rok. Podunajská nížina (seizmicky najaktívnejšia oblasť Slovenska) sa vyznačuje diferencovanými pohybmi 0,0 až –2,0 mm/rok. Na východ od Štúrova je náznak zdvihajúcej tendencie hrastovej štruktúry Bury a v oblasti Čifár náznak zdvihového pohybu Hronskej pahorkatiny. Hodnoty ročných rýchlosťí pohybov na Podunajskej nížine potvrdzujú skôr publikované výsledky v [27], že na Podunajské nížine existuje čiastková členitosť a nerovnomernosť pohybov jednotlivých blokov a krýh, t. j. kolísavosť pohybov. Do poklesovej zóny okrem Podunajskej a Záhorskej nížiny patria aj výrazne hrastové morfoštruktúry Malých a Bielych Karpát, Považského Inovca, Tríbeča, Pohronského Inovca, Vtáčnika, Štiavnických vrchov, južnej časti Javorníkov a Malej Fatry, Strážovských a Súľovských vrchov a Žiaru.

Stredná časť Slovenska sa vyznačuje zdvihajúcou tendenciou od 0,0 až +2,0 mm/rok. Maximum zdviho je na Starohorských vrchoch a na severnom okraji Zvolenskej kotliny v úseku Staré Hory–Ulanka–Jakub–Banská Bystrica (+0,9 až +1,7 mm/rok), na Kysuckej vrchovine v Novej Bystrici (+1,3 mm/rok) a na Oravskej Magure a v Oravskej Lesnej (+1,0 mm/rok), čo potvrdzuje skôr publikované výsledky v [2, 3, 4]. Stabilne sa správa morfoštruktúra Slovenského rudohoria, v ktorej sa prejavuje zlomovokryhová stavba, čo tiež potvrdzuje skôr publikované výsledky v [4, 28, 29]. Malé záporné pohyby sa prejavujú na Spišskej Magure (do –0,7 mm/rok), čo potvrdzuje skôr publikované výsledky v [4]. Je pozoruhodné, že na tento región poklesov sa viažu zemetrasné ohniská, ktorých intenzita nebola presne zistená [30]. A ďalej v širšej oblasti medzi Veličnou–Párnicou–Kraľovanmi–Hubovou a Liptovskou Osadou (do –0,7 mm/rok).

Vychádzajúc z priebehu nivelačnej siete konštatujeme, že táto prebieha pozdĺž dolín a kotlín, t. j. nivelačné fahy sú vedené po dopravných komunikáciách (v dolinách riek) a po-

hyby horských hrebeňov ostávajú neregistrované. Ide najmä o Vysoké Tatry, kde na základe poznatkov z geomorfológie, neotektoniky a kvartérnej geológie by sme očakávali väčšiu diferenciáciu zdvihových pohybov [22]. Z toho dôvodu sa oblasť Vysokých Tatier vyznačuje zdvihajúcou tendenciou len od 0,0 do +1,0 mm/rok.

Východná časť Slovenska má vcelku klesajúcu tendenciu od 0,0 do –1,5 mm/rok. Najintenzívnejšie poklesy sú na Východoslovenskej nížine v oblasti Hriadiok a v Oboríne (–1,1 mm/rok), ďalej v Bodrogu, v Michalovciach a na úpäti Žemplínskych vrchov v Čerhove a v Slovenskom Novom Meste (–1,0 mm/rok). Do poklesovej zóny spadajú aj Slanské a Vihorlatské vrchy³⁾ (aj keď v širšej oblasti Kolonice je náznak zdvihových pohybov), Nízke Beskydy a Bukovské vrchy.

Z mapy RVP vidieť, že vonkajšie Západné Karpaty pri styku s prikarpatskou depresiou na východe Slovenska prechádzajú v záporné pohyby (poklesy). V tejto oblasti prebieha systém zlomových porúch vyšieho rádu severozápadného–juhovýchodného smeru, ktorý v priebehu celého neogénu oddeloval akumulačnú oblasť Košickej kotliny a Východoslovenskej nížiny od horskej oblasti Karpát. Je to zároveň dôležitá seismotektonická línia na východe Slovenska [31]. Recentné pohyby v tejto oblasti popri morfologickej údajov podporuje aj častejší výskyt zemetrasných ohnísk, ktoré sa koncentrujú v regióne Humenné–Vranov nad Topľou–Strážske. Ich intenzita dosahuje 7° až 8° MSK (12 stupňovej intenzitnej stupnice Medvedev–Sponheuer–Kárník) [1].

4. Záver

Odroz prejavov neotektoniky na území Slovenska v geodetických meraniach sme dokumentovali na výsledkoch dvoch techník, t. j. v družicovom GPS a terestrickej VPN. Napriek tomu, že ide o principiálne odlišné metódy obe umožňujú zistovať pohyby geodetických bodov dosahujúce hodnoty v mm/rok.

Výsledky opakovanych epochových meraní GPS geodetických sietí CEGRN a SGRN uskutočnené od roku 1994, resp. 1993 poukazujú na existenciu zmien horizontálnej polohy sledovaných bodov v súradnicovom systéme, v ktorom je redukovaný globálny pohyb eurázskej tektonickej platne. Presnosť určenia horizontálnych rýchlosťí pohybov je 0,5 mm/rok pre body CEGRN merané od roku 1994 (MOPI, SKPL a STHO) a do 1,5 mm/rok pre ostatné body CEGRN a body SGRN merané od roku 1993. Presnosť určenia vertikálnych zmien získaných z epochových meraní GPS, ktorá je nižšia ako 2 mm/rok, zatiaľ na výskum neotektonických deformácií nepostačuje. Význam epochových meraní GPS na Slovensku spočíva najmä v relatívne veľkej hustote sledovaných bodov a v skutočnosti, že opakovane merania niektorých bodov sa uskutočňujú už od roku 1993. Nevýhodou epochových meraní je krátkodobý interval meraní (1,5 až 7 dní) a najmä zmeny prijímačov a antén GPS používaných na meraných bodoch. V súčasnosti sa merania uskutočňujú už 3. až 4. generáciou prijímačov a antén.

²⁾ V oblasti Bzovík – Horné Mladonice (okres Krupina) dochádza v Dolných Mladonicach k zmene známenka rýchlosťi pohybov (k veľkému gradientu rýchlosťi pohybov). Je pozoruhodné, že na tento región sa viažu zemetrasné ohniská, ktorých intenzita nebola presne zistená. Podla dennej tláče posledné zemetrasenie v oblasti Dolné Mladonice – Horné Mladonice – Čekovce (okres Krupina) bolo v roku 1999.

³⁾ V oblasti Vihorlatských vrchov nedaleko obce Remetské Hamre bolo v dňoch 21. a 22. 5. 2003 zemetrasenie. Podľa dennej tláče s magnitúdom 4,2 (podľa záznamu Národnej siete seizmických staníc). Otrasy zemského povrchu boli citelné v okruhu Sobrance–Snina–Humenné–Vranov nad Topľou–Michalovce.

Permanentné merania GPS prinášajú novú kvalitu v štúdiu regionálnych neotektonických deformácií. Kontinuálne monitorovanie polohy dovoľuje identifikovať okrem lineárnych zmien aj dlhodobé (viacročné) a sezónne zmeny. Z výsledkov doterajšej činnosti troch permanentných staníc na Slovensku (MOPI, BBYS a GANP) vyplývajú dlhodobé nepravidelné zmeny ich horizontálnych súradníc dosahujúce až 5 mm počas jedného roka (GANP), lineárne zmeny horizontálnych súradníc rádovo 1 mm/rok (MOPI a BBYS) a sezónne variácie prejavujúce sa najmä vo výške (MOPI a BBYS). Výpovedná hodnota získaných informácií je podmienená najmä metodikou analýzy a voľbou vhodného referenčného rámca. Tejto problematike bude treba v budúcnosti venovať zvýšenú pozornosť.

Z mapy RVP Západných Karpát na území Slovenska pre epochu 1952 až 1979 vyplýva, že za sledované obdobie (27 rokov) sa zistili pohyby s maximálnymi hodnotami +2,0 mm/rok (zdvihové pohyby) a -6,0 mm/rok (poklesy), t. j. celkové rozpätie pohybov je 8,0 mm/rok.

Morfoštruktúry centrálnych Karpát vykazujú zdvihy, re spektívne niektoré regióny sa správajú stabilne (pričom pohyby v strednej časti Slovenska sú určené s najvyššou presnosťou). Celkový pokles nížinných oblastí vzhľadom na horské oblasti Západných Karpát je evidentný. Registrované pohyby sú vo väčšine pomerne intenzívne, s prevládajúcimi poklesmi do stredu Panónskej panve.

Diferencované vertikálne pohyby nasvedčujú tomu, že zemský povrch Zápaných Karpát má zložitú blokovú štruktúru.

Potvrdilo sa, že opakované merania VPN môžu účinne pomôcť pri indikácii a pri overení aktivity hlbinných zlomov, ktoré významne ovplyvňujú dynamiku zemského povrchu.

Časti príspevku venujúce sa meraniam GPS vznikli na základe podpory grantu VEGA SR č. 1/1031/04.

LITERATÚRA:

- [1] VANKO, J.: Mapa recentných vertikálnych pohybov Slovenska z výsledkov 1. a 2. československej nivelačie. In: 10 rokov Výskumného ústavu geodézie a kartografie v Bratislave. Bratislava, Alfa 1980, s. 52–67.
- [2] VANKO, J.–KVITKOVIČ, J.: Recentné vertikálne pohyby zemskej kôry. [M 1:1 000 000.] In: Atlas SSR. Bratislava, SAV a SÚGK 1980, s. 21 [mapa 5].
- [3] VANKO, J.–KVITKOVIČ, J.: Recentné vertikálne pohyby zemskej kôry. In: Atlas SSR – textová časť. Bratislava, Veda 1982, s. 22 [mapa 5].
- [4] VANKO, J.: Mapa recentných vertikálnych pohybov Západných Karpát na Slovensku pre epochu 1952–1977. Geodetický a kartografický obzor, 34/76, 1988, č. 9, s. 216–222.
- [5] HEFTY, J.: Tri roky geodynamických meraní pomocou GPS na Slovensku. Geodetický a kartografický obzor, 42/84, 1996, č. 10, s. 205–212.
- [6] ZABEK, Z.–PACHUTA, A.: Measurements with Polish absolute ballistic gravimeter ZZG. Reports on Geodesy, 4(45), 1999, pp. 191–200.
- [7] PRIAM, Š.: Budovanie nových integrovaných geodetických základov Slovenska. Geodetický a kartografický obzor, 43/85, 1997, č. 2, s. 32–36.
- [8] FEJES, I.–SLEDZINSKI, J.: The Central Europe Geodynamics Project (CERGOP) main achievements 1995–1998. Reports on Geodesy, 10 (40), 1998, pp. 9–30.
- [9] HEFTY, J.: The permanent Modra-Piesok GPS station and its long-term and short-term stability. Slovak Journal of Civil Engineering, IX, 2001, No. 1–2, pp. 21–26.
- [10] BRUYNINX, C.: Status of EUREF Permanent Network. Prednesené na sympóziu EUREF. Viedeň [Rakúsko] 1. až 4. 6. 2005.
- [11] HEFTY, J.: Work-package 5 of the CERGOP-2/Environment: GPS data analysis and the definition of reference frames. Activity report September 2004 – April 2005. Reports on Geodesy, 2005 (v tlači).
- [12] DEMETS, C.–GORDON, R., G.–ARGUS, D., F.–STEIN, S.: Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions. Geophysical Research Letters, 21, 1994, No. 20, pp. 2191–2194.
- [13] DREWES, H.: Combination of VLBI, SLR and GPS determined station velocities for actual plate kinematics and crustal deformation models. In: Geodesy on the Move, Gravity, Geoid, Geodynamics, and Antarctica. Editors: Forsberg, R., Feissel, M., Dietrich, R. IAG Symposia Vol. 119. Berlin, Springer 1998, pp. 377–382.
- [14] FEJES, I.–PEŠEC, P.: CERGOP-2/Environment – a challenge for the next 3 years. Reports on geodesy, 1 (64), 2003, pp. 13–22.
- [15] HEFTY, J.: Kinematics of Central European GPS geodynamic reference network as the result of epoch campaigns during nine years. Reports on Geodesy, 2005 (v tlači).
- [16] LEITMANNOVÁ, K.–KLOBUŠIAK, M.–PRIAM, Š.–FERIANC, D.: SKTRF 2001 – referenčný rámec pre Štátu prieskorní siet. In: Geodetické referenčné systémy. Bratislava, Katedra geodetických základov SVF STU 2002, s. 137–148.
- [17] HEFTY, J.–KOVÁČ, M.: Detektia vnútropiatľových pohybov v rámci Slovenska a ich význam pre realizáciu referenčných systémov. In: Současný stav a vývoj bodových polí. Brno, VUT Ustav geodézie 2004, s. 60–68.
- [18] HÓK, J.–BIELIK, M.–KOVÁČ, P.–ŠUJAN, M.: Neotektonický charakter územia Slovenska. Mineralia Slovaca, 32, 2000, s. 459–470.
- [19] EUREF PERMANENT NETWORK: www.epncb.oma.be, www stránka obsahujúca informácie a výsledky EPN. 2005.
- [20] BRUYNINX, C.–CARPENTIER, G.–DEFRAIGNE, P.: Analysis of the coordinate differences caused by different methods to align the combined EUREF solution to ITRF. Prednesené na sympóziu EUREF. Viedeň [Rakúsko] 1. až 4. 6. 2005.
- [21] HEFTY, J.–IGONDOVÁ, M.–HRČKA, M.: Contribution of GPS permanent stations in central Europe to regional geo-kinematical investigations. Acta geodynamica et geomaterialia, 2005 (v tlači).
- [22] VANKO, J.: Vyrovanie ročných zmien prevýšení opakovanych nivelácií z územia SR a zostavenie mapy recentných vertikálnych pohybov Západných Karpát na území SR. [Etapa 4d) čiastkovej úlohy Integrovaná geodetická sieť.] Bratislava, VÚGK 1998. 5+55 s.
- [23] VANKO, J.: A rectified map of recent vertical surface movements in the West Carpathians in Slovakia. Journal of Geodynamics, Vol. 10, 1988, pp. 147–155.
- [24] KVITKOVIČ, J.–VANKO, J.: Recentné vertikálne pohyby Západných Karpát pre epochu 1951–1976. Geografický časopis, 42, 1990, č. 4, s. 345–356 + 2 mapy v prílohe.
- [25] KVITKOVIČ, J.–VANKO, J.: Recent Vertical Movements of the Earth's Crust in the West Carpathians. Geografický časopis, 32, 1980, č. 2–3, s. 171–179 + 2 mapy v prílohe.
- [26] HRAŠNA, M.: Seizimické ohrozenie Bratislav. In: Geológia a životné prostredie. Bratislava, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra 2004, s. 107–110.
- [27] VANKO, J.: Nové poznatky o dynamike zemského povrchu Podunajskej nížiny. In: Výzkum hlubinné geologickej stavby Československa. Brno, Geofyzika, n. p., 1984, s. 185–193.
- [28] KVITKOVIČ, J.–VANKO, J.: Štúdium súčasných pohybov zemskej kôry na Slovensku. Geografický časopis, XXIII, 1971, č. 2, s. 124–132.
- [29] KVITKOVIČ, J.–VANKO, J.–PLANČAR, J.: Sovremennye dvizhenija zemnoj kory Zapadnykh Karpat. In: Sovremennye dvizhenija zemnoj kory. [Tezisy dokladov II.] Moskva 1977, s. 38–40.
- [30] BROUČEK, I.: Maximálna intenzita zemetrasení. [M 1:2 000 000.] In: Atlas SSR. Bratislava, SAV a SÚGK 1980, s. 32 [mapa 20].
- [31] KVITKOVIČ, J.–VANKO, J.: Resent Crustal Movements in the Region of Eastern Slovakia. Geografický časopis, XXIV, 1972, č. 2, s. 151–161.

Využití PDA pro odečtení gravimetru LaCoste & Romberg vybaveného CPI

Ing. Martin Lederer, Ph.D., Ing. Otakar Nesvadba,
Zeměměřický úřad,
Praha

528.563

Abstrakt

Gravimetry LaCoste & Romberg (LCR) vybavené CPI (Capacitance Beam Position Indicator) umožňují přesnější odečtení než gravimetry s optickým odečítacím zařízením. Pro odečet CPI jsme využili kombinaci PDA (Personal Digital Assistant) spolu s kartou Compact Flash (DATAQ-CF2), která převádí analogový výstup CPI na digitální signál, vhodný pro další zpracování. Digitalizovaný signál je dále možno odečítat/zaznamenávat s vhodnou matematickou filtrací, která umožňuje mnoho způsobů zpracování, jak v reálném čase, tak i při pozdějším zpracování.

PDA Use for Reading the CPI of LaCoste & Romberg Gravimeter

Summary

Gravimeters LaCoste & Romberg (LCR) equipped with Capacitance Beam Position Indicator (CPI) allow more accurate reading than gravimeters with optical reading system. Using a combination of the Personal Digital Assistant (PDA) together with Compact Flash card (DATAQ-CF2) that convert analogue output of the CPI to the digital signal suitable for next modification. Digitized signal is possible to read/record with appropriate mathematical filtering that allows many ways for real-time processing or postprocessing.

1. Úvod

Pro gravimetry LCR existuje několik způsobů odečtení, jedním z nich je CPI (Capacitance Beam Position Indicator) [4], který obsahuje kapacitní můstek snímající pozici vahadla měřicího systému a předává tuto hodnotu do zobrazovacího nebo záznamového zařízení. Princip CPI je založen na laditelném kondenzátoru s malou kapacitou, regulovaném vahadlem měřicího systému. Kondenzátor je umístěn ve vakuu v termo-statovaném kontejneru spolu s měřicím systémem. Změna vahadla změní podmínky mezi párem desek kondenzátoru, což se projeví změnou poměru kapacit v obvodu.

Protože malé změny kapacity se těžko měří, využívá se k měření změny fáze rezonančního obvodu RLC vůči referenčnímu oscilátoru (obr. 1).

Po komparaci a zesílení je napětí úměrné rozdílu fáze vedeno jednak do analogového odečítacího zařízení (BEAM) a jednak do výstupního konektoru. Vlastní zesílení je možno regulovat (citlivost CPI). V našem případě je rozsah 1,2 mGal¹⁾ pokryt rozsahem napětí od -2,5 V do 2,5 V. Jestliže odečítáme napětí s přesností 1 mV dostáváme přesnost odečtu okolo 0,24 µGal, tedy mnohem lepší než při odečtu v okularu. Jedná se však o vnitřní přesnost odečtu.

Analogový výstup napětí umožňuje jenom prosté odečtení signálu CPI pomocí voltmetu. To však samo o sobě není velkým přínosem, protože signál má poměrně velký rozptyl a musí se přistoupit k tlumení. Nejčastěji se používá předrážení tlumícího obvodu RLC před voltmetr. Při tlumení ovšem vzniká zpoždění signálu, které se obtížně analyzuje.

V našem řešení jsme využili jiného principu. Signál CPI je digitalizován a následně je použito exaktě definovaných matematických filtrů pro klidný průběh signálu. Nezpracovaný signál je s frekvencí 10 Hz ukládán do datového souboru pro případné pozdější využití. To je umožněno využitím karty Compact Flash (typ II) DATAQ v kombinaci s PDA Fujitsu Siemens LOOX 610. Karta DATAQ umožňuje digitalizaci a komunikaci signálu s PDA. Pro PDA byla vytvořena aplikace CPIMeter v programovém prostředí Microsoft Windows Powered Pocket PC 2003 Software Development Kit pro operační systém Microsoft Pocket PC 2003.

2. Technické řešení

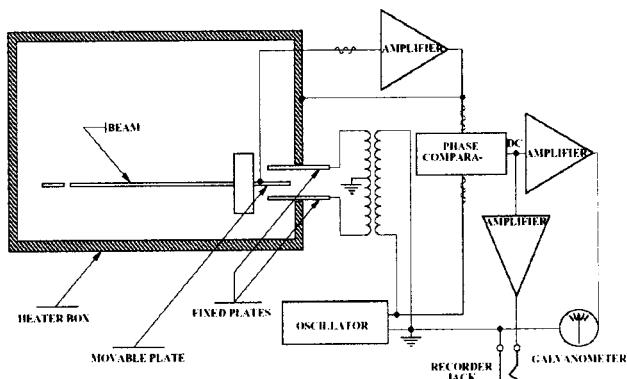
2.1 Hardwarová část

Pro programové zpracování signálu CPI a dalších údajů přímo v terénu jsme zvolili PDA FujitsuSiemens LOOX 610 [5] pracující s operačním systémem Microsoft Pocket PC, verze 4.20.0.

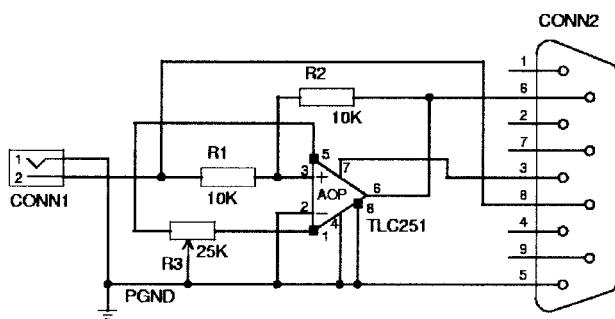
Toto PDA je vybaveno CF2 (Compact Flash) rozšiřujícím slotem, do něhož můžeme přímo vložit zařízení DATAQ-CF2 [3]. DATAQ-CF2 je multifunkční digitalizační karta (Data Acquisition Card), která kromě velmi detailní digitalizace nízkofrekvenčních analogových signálů 24 bitovým AD (Analog to digital) převodníkem Σ-Δ [1] obsahuje také DA (Digital to analog) převodníky a digitální vstupy/výstupy.

Jelikož však převodník Σ-Δ nedokáže zpracovávat přímo záporná napětí (negativní vůči zemi), byla zvolena varianta dvoukanálového odečítání, přičemž jeden kanál je invertován pomocí externího operačního zesilovače TLC251 [2], viz

¹⁾ 1 Gal = 10⁻² ms⁻².



Obr. 1 Schéma CPI, převzato z [4]



Obr. 2 Schéma invertoru založeného na operačním zesilovači TLC251

schéma zapojení na obr. 2. Invertovaný kanál je mírně posunut vůči původnímu napětí (nastavení obvodu TLC251) a vytváří se tak pásmo kolem nulových hodnot sloužící pro přepínání kanálů při přechodu nulou CPI a současně také pro kalibraci nuly (hodnota offset).

Spotřeba obvodu TLC 251 je velmi malá [2] a lze jej napájet přímo z karty DATAQ-CF2.

Po provedených laboratorních testech zapojení bylo třeba určit režim odečtu převodníku a zejména pak základní vzorkovací frekvenci. Nižší frekvence zvyšuje efektivní přesnost konverze, avšak příliš vysoké hodnoty potlačují dynamiku převodu a znemožňují detekovat vyšší frekvence v signálu CPI. Jako kompromisní byla zvolena vzorkovací frekvence 8 kHz, při níž je výstup CPI zatížen impedancí 100 kΩ. Odečtací software pak dokáže plně dosáhnout efektivního odečtu signálu CPI každých 10 ms s vnitřní přesností lepší než 0,01 mV. Výsledná hodnota vzorku je však výsledkem vyhodnocení čtyř těchto základních odečtů v kombinaci s vyhodnocením aktivního kanálu, kalibrací offsetu a odhadem vlastního šumu získané hodnoty.

2.2 Softwarová část

CPImeter je naše vlastní C++ aplikace napsaná pro operační systém Microsoft Pocket PC 2003. Aplikace obsahuje DAQ kartu, snímá datové kanály a získává vzorky signálu CPI.

Signál CPI se zaznamenává do paměti PDA včetně např. údajů o čase odečtu (přesnost 0,001 s), odhadu aktuálního šumu nebo informací o kalibraci nuly.

Zaznamenávat lze i další, uživatelem zadané informace. Především však zobrazuje měřené hodnoty a umožňuje dialog uživatele s aplikací (obr. 3).

Hodnoty signálu CPI mohou být pro účely zobrazení (odečítání) uživatelem libovolně zpracovány.

Aplikace disponuje lineárním filtrem FIR [6] s mnoha uživatelem měnitelnými parametry. Parametrem může být např. velikost okna nebo typ filtru (váhovací funkce). V případě velké změny elektrického napětí v malém časovém úseku, je filtr automaticky vymazán (auto reset), stejného efektu je možno docílit i manuálně.

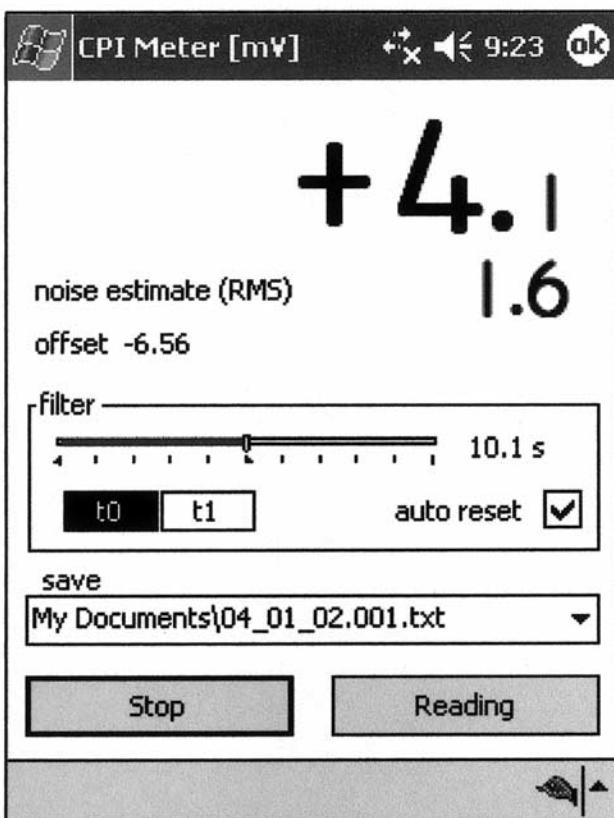
Tlačítko „Reading“ slouží k zapsání informace do datového souboru, např. hrubé čtení nebo poznámka.

V dialogovém okně aplikace (obr. 3) je také zobrazen čas, vnučená perioda filtru t_0 (možno plynule měnit), odhad střední chyby vzorku (určeno při filtrace) a aktuální (kalibrovaný) offset nuly.

3. Měření

3.1 Testovací měření

Na Geodetické observatoři Pecný (GOPE) byly provedeny první zkoušky. Bylo využito klidného prostředí, které nabízí pilíř v gravimetrické laboratoři, používaný též pro absolutní



Obr. 3 Aplikace CPImeter – dialogové okno

tíhová měření (obr. 4). Pro testovací měření byla zaručena stabilní teplota a vlhkost vzduchu.

Byly testovány možnosti záznamu, funkce filtru a chování CPI po odaretovaní. Kontinuální záznam měření (20 hodin) byl zahájen po výše uvedených zkouškách. Testovací měření daly základní náhled na chování signálu CPI, především odhalení rušivých vlivů.

Nejdříve jsme analyzovali neupravený signál CPI. Ačkoliv test byl proveden v laboratorním prostředí, ukázal se v měření permanentní semi-periodický šum. Typická amplituda parazitního signálu je okolo 10 mV (obr. 5). Velikost vlastního šumu odečtu signálu CPI je typicky 0,1 mV, pouze při prudkých změnách signálu CPI může být nepatrně vyšší.

Pro podrobnější analýzu byl vybrán detail signálu (32 768 vzorků). Protože vzorek dat je časově ekvidistantní, mohla být pro posouzení spektra rušivých frekvencí provedena rychlá Fourierova transformace (FFT). Spektrogram pro periody 0,2 až 60 s ukazuje obr. 6.

Byo prokázáno, že v dolním pásmu signálu CPI je dominantní perioda 7,8 s (obr. 6) a skupina parazitních signálů s periodami 5 s až 7 s (maximum pro 6,6 s). Možný zdroj těchto rušivých frekvencí může být zapínání a vypínání termostatu gravimetru, vlastní mechanické frekvence měřicího zařízení, či nízké frekvence obvodu CPI. V jiném prostředí je možno očekávat i jiné periody.

Další testovací měření bylo provedeno na vertikální základně Hochkar v průběhu posledního týdnu května roku 2004. Toto měření mělo ukázat optimální způsob odečtu.

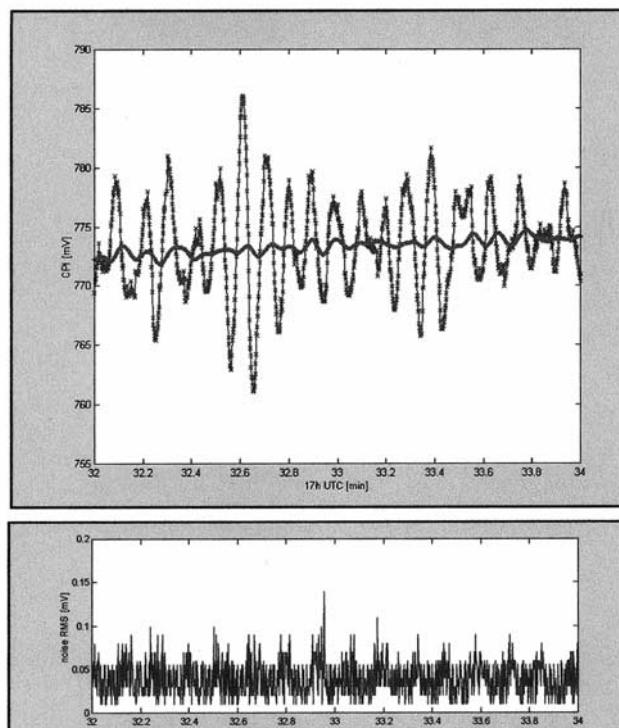
Vertikální základna Hochkar (Rakousko) se skládá ze čtyř bodů známých s vysokou přesností. Tyto body byly proměřeny čtyřnásobnou profilovou metodou, a to v pěti po sobě následujících dnech. Byly zvoleny 3 různé druhy odečtení signálu CPI:

- a) odečtení bylo zahájeno čtyři minuty po odaretovaní, následovala 3 čtení po 1 minutě [měřeny 2 denní úseky (DÚ)],
- b) jedno čtení 6 minut po odaretovaní (měřeny 2 DÚ),
- c) dvě čtení po minutě byly zahájeny čtyři minuty po odaretovaní, totéž ještě jednou (měřen 1 DÚ).

Jako nejlepší se ukázal způsob odečtu a), který byl používán i dříve. Navíc způsob odečtu c) ukázal systematický (šokový) posun čtení $14,2 \pm 3,7 \mu\text{Gal}$ po každém odaretovaní.

3.2 Měření v České gravimetrické síti

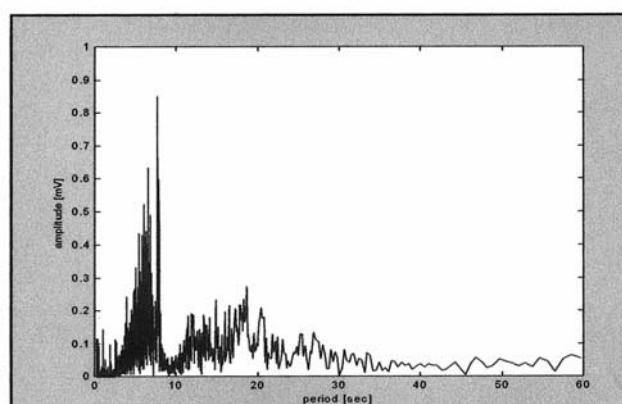
Aplikaci CPIMeter pro Gravimetr LCR 1068 G používáme pro polní měření od roku 2004. Ke klasickým listinným zápisníkům přibyla příloha v podobě txt souboru obsahující záznam nefiltrovaných dat po desetině sekundy. Na obr. 7 je příklad záznamu dat ze dne 20. 7. 2005 z měření na vertikální základně Hochkar. Jedná se asi o 11 minutový vzorek měření na prvním bodě, obsahující také kalibraci CPI.



Obr. 5 Chování signálu CPI (detail 2 minuty). Jsou viditelné dva grafy. Nahore detail záznamu spolu s výstupem filtru „to“ (perioda 18,1 s), dole je zobrazen záznam šumu



Obr. 4 Gravimetr LCR 1068 G spolu s PDA Fujitsu – Siemens L00X 610 při měření



Obr. 6 Spektrum neupraveného signálu CPI (GOPE 5. 4. 2004, 17:30–18:30)

Kalibrace CPI se provádí pomocí odečítacího šroubu. Nejprve se pro dané čtení šroubu z (malá hodnota CPI) provede odečtení CPI. Následně se provede odečtení CPI pro hodnotu odečítacího šroubu $z + 0,1$ CU respektive $z - 0,1$ CU (Counter Unit – jedna otočka šroubu). Hodnota 0,1 CU představuje přibližně hodnotu 100 μGal . Na závěr se opět kontrolně provede odečtení CPI pro úvodní nastavení šroubu z . Tím získáme převodní vztah, kterým odečtení CPI převádíme do požadovaných jednotek. Kalibrace CPI se provádí na začátku a na konci každého DÚ.

Ze záznamu (obr. 7) je prostým okem vidět mírná nesymetrie CPI pro hodnotu 0,1 CU respektive $-0,1$ CU. To ukazuje, že při převodu CPI na jednotky tříhového zrychlení s použitím jednoho lineárního koeficientu nedostaneme správné hodnoty. V praxi to znamená, že pro zápornou část a kladnou část CPI bychom měli volit jiný převodní koefi-

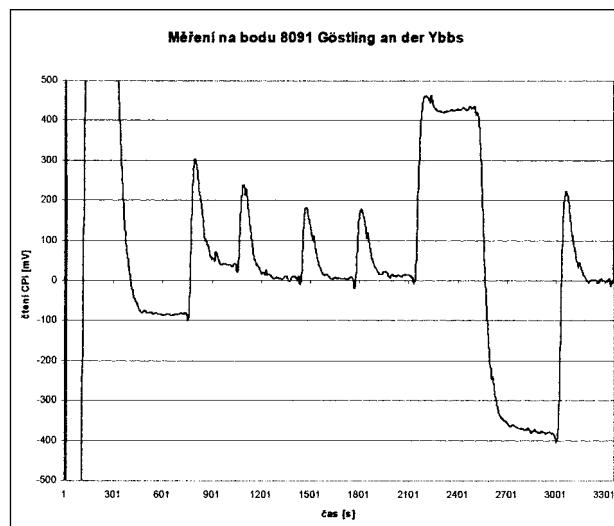
cient ϵ , který převádí jednotky signálu CPI na jednotky tříhového zrychlení ($[\text{mV}] \rightarrow [\mu\text{ms}^{-2}]$). Dále je ovšem z kalibrací prováděných na začátku a na konci měření také vidět, že dochází ke změně koeficientu ϵ nejenom v rámci denních úseků (obr. 8), ale i v průběhu jednoho DÚ, tedy prokazatelná závislost ϵ na čase. Ke změnám dochází zřejmě v důsledku změn elektrických vlastností systému CPI, a to zřejmě hlavně díky změnám vlhkosti vzduchu. Od letošního roku proto provádime spolu s měřením tříhového zrychlení také kontinuální záznam teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu (obr. 9).

Z výše uvedených skutečností je zřejmé, že současný způsob kalibrace CPI (jeden lineární koeficient ϵ pro jeden DÚ) neodpovídá skutečnému stavu. Pro převod signálu CPI na jednotky tříhového zrychlení by se mělo počítat s komplikovanější funkcí, která je závislá na čase. To by ovšem vyžadovalo provádět kalibrace i v průběhu měření, což by však znamenalo značné zpomalení při měření. Dalším problémem je současné programové vybavení, které na komplikovanější popis převodu není připraveno.

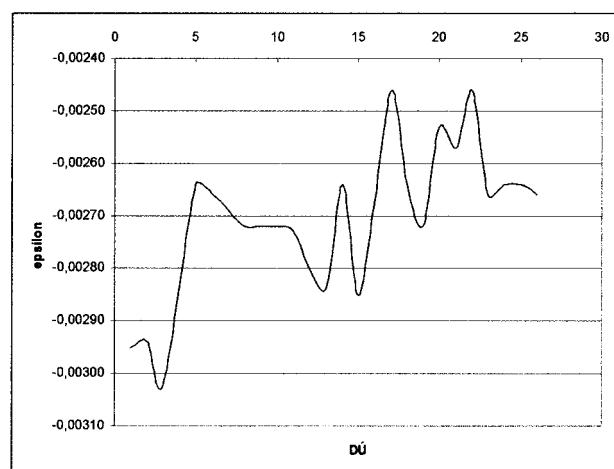
Komplexnější řešení umožní zařízení, které bude při měření zaznamenávat polohu čtecího šroubu s pomocí inkrementálního rotačního snímače polohy. Potom se může po počáteční inicializaci polohy čtecího šroubu provádět auto-kalibrace CPI přímo při každém otočení měřicího šroubu. Dále bychom tím získali přímou závislost mezi otáčením čtecího šroubu a odečtením gravimetru. Z analýzy většího objemu dat je pak možné určit případnou hysterezi měřicího systému, a to by jistě vedlo k zpřesnění měření gravimetrem LCR 1068 G. Při tvorbě nového softwaru pro zpracování měření tříhového zrychlení a vyrovnaní gravimetrických sítí je třeba s výše uvedenými skutečnostmi počítat.

3.3 Další vývoj

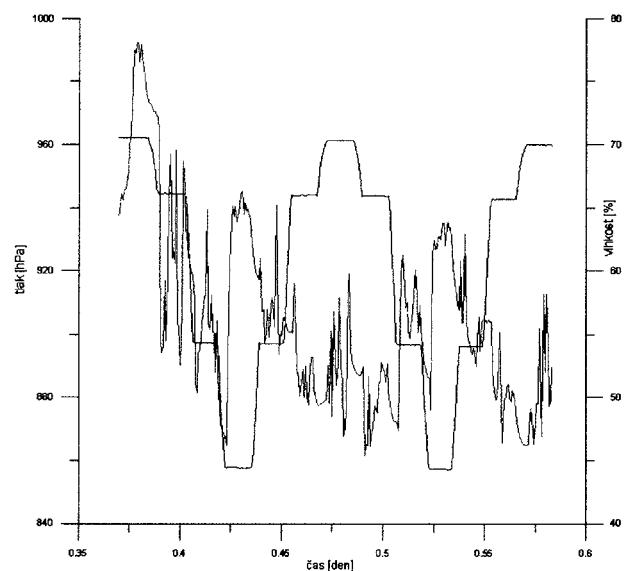
Na jaře 2005 byl gravimetr vybaven výstupem elektronických libel. Nyní tedy bude možno odečítat hodnoty signálu CPI a zároveň také výstup elektronických libel, případně pro-



Obr. 7 Grafické zobrazení části txt souboru



Obr. 8 Vývoj koeficientu ϵ v průběhu roku 2005



Obr. 9 Záznam meteorologických údajů v rámci DÚ

vádět korekci signálu CPI na základě polohy libel přímo v reálném čase.

Počítáme také se spojením elektroniky upravující signál CPI a elektronické libely v jeden fyzický celek, který bude umístěn na horní desce gravimetru. Propojení tohoto zařízení s PDA bude vyřešeno pomocí vhodného unifikovaného spoje.

V další etapě počítáme s vybavením gravimetru zařízením pro registraci polohy odečítacího šroubu. To umožní další významný krok při zlepšování přesnosti měření tříhového zrychlení gravimetrem LCR 1068 G.

4. Závěr

Odečítání signálu CPI s využitím kombinace karty DATAQ-CF2 a PDA Fujitsu Siemens LOOX 610 přispělo k jednoduchému a přesnému způsobu odečtu signálu CPI. Pro plné využití funkcí karty byl vytvořen elektrický obvod, který umožňuje kartě odečítat též záporné hodnoty elektrického napětí. Byla vytvořena aplikace CPIMeter, která zajistuje výstup, filtraci a registraci signálu. Uvedené skutečnosti vedly ke zpřesnění měření gravimetrem.

Záznam signálu CPI při testovacích měřeních a při měření v terénu umožnil jeho detailní analýzu. Podle hodnot střední chyby můžeme konstatovat, že relativní přesnost signálu CPI je okolo 0,1 mV, což odpovídá 0,03 μ Gal.

V signálu CPI byly nalezeny významné periody okolo 8 s a 6 s (můžeme čekat změny v souvislosti s prostředím).

Nelinearity měřicího systému bude řešena registrací polohy odečítacího šroubu spolu s hodnotami signálu CPI a provedením následné analýzy.

Prokázala se také změna koeficientu ϵ pro kalibraci CPI v průběhu měření. Tato změna je zřejmě způsobena změnami vlhkosti vzduchu v průběhu měření. Provádíme teď proto také kontinuální záznam meteorologických údajů, především změny vlhkosti vzduchu (obr. 9). Zpětně bychom poté mohli vysledovat případnou korelací.

Uvedené zlepšení budeme postupně zavádět do praxe a pokusíme se tím dosáhnout co nejvyšší přesnosti při měření gravimetrem LCR 1068 G.

LITERATURA:

- [1] Data sheet ADS1252 Resolution plus BurrBrown 24bit, 40 kHz analog-to-digital converter. Austin, Texas Instruments technical specifications 2000.
- [2] Data sheet TLC251, TLC251A, TLC251B, TLC251Y. LinCMOS programmable lowpower operational amplifiers. Austin, Texas Instruments technical specifications 1983 (revised 2001).
- [3] DATAQ-CF2 User Guide. Compact Flash Data Acquisition – The Portable Solution. C-cubed limited, rev. 2.21. UK, Andover 2002.
- [4] Instruction Manual. LaCoste & Romberg Modul G and D Gravity Meters. Texas, Austin, L & R Gravity Meters Inc. 1992.
- [5] Instruction Manual. Pocket LOOX 610 Answers². Fujitsu Siemens Computers GmbH 2003.
- [6] RABINER, L. R.-GOLD, B.: The Theory and Application of Digital Signal Processing. New Jersey, Prentice-Hall 1975.

Do redakce došlo: 26. 8. 2005

Postup budování a současný stav České sítě permanentních stanic pro určování polohy – CZEPOS

**Ing. Jan Řezníček, Ph.D.,
Zeměměřický úřad,
Praha**

528.344 : 629.783 CZEPOS

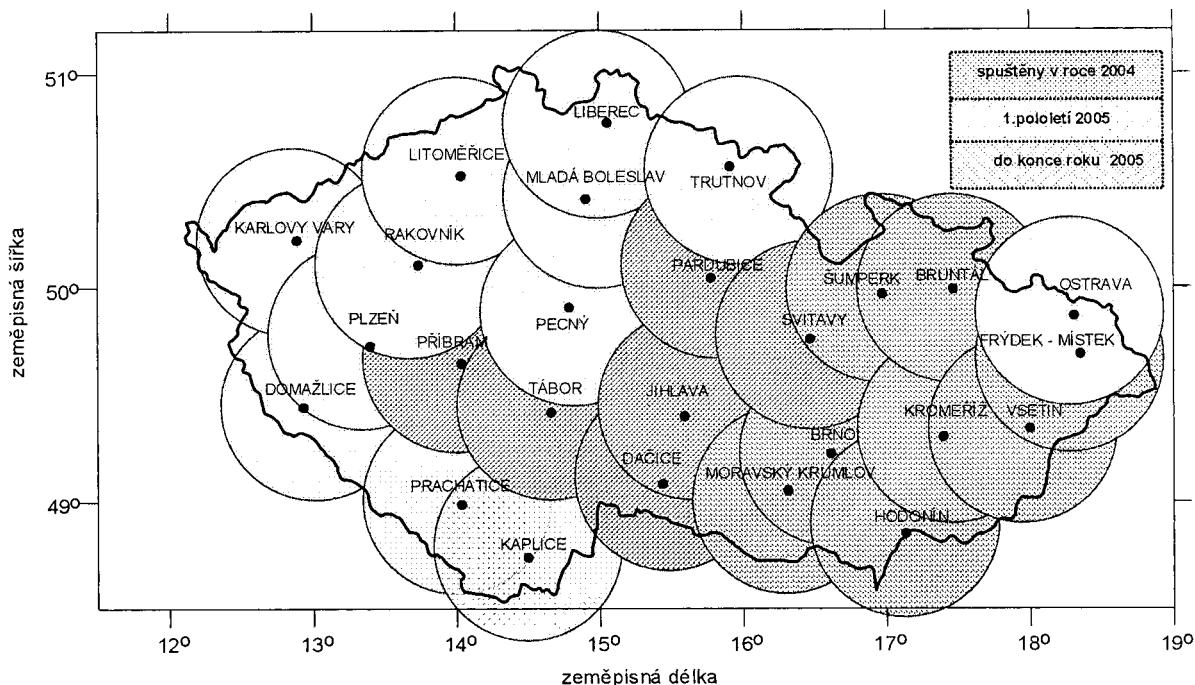
Abstrakt

Zeměměřický úřad přistoupil v roce 2004 k budování České sítě permanentních stanic pro určování polohy (CZEPOS). Síť zahrnuje 26 stanic umístěných po celém území České republiky. CZEPOS přináší uživatelům GPS (Global Positioning System) zrychlení a ekonomické zhodnocení při přesnému určování polohy. Uživatelé mohou využívat služby v reálném čase či datové produkty pro zpracování po skončení měření. Do konce roku 2006 je CZEPOS v testovacím provozu, kdy budou služby a produkty poskytovány uživatelům zdarma.

Building-up and Present-day State of the Czech Network of Permanent Stations for Positioning

Summary

Land Survey Office started to build up the Czech Network of Permanent Stations for Positioning (CZEPOS) in 2004. Complete network contains 26 stations located all over the whole territory of the Czech Republic. CZEPOS allows to GPS (Global Positioning System) users to speed up and increase economy of precise positioning. Use of real-time services as well as data products for postprocessing. CZEPOS will be in testing operation till the end of 2006; services and data will be provided free of charge to users in that period.



Obr. 1 Postup instalace CZEPOS

1. Vznik sítí permanentních stanic

Budování sítí permanentních stanic GNSS (Global Navigation Satellite System) je celosvětovým trendem, který nastal společně s rychlým rozvojem technik GNSS. Sítě permanentních stanic přináší uživatelům zrychlení a celkové ekonomické zvýhodnění při určování poloh pomocí GNSS, současně umožňují přechod od národních souřadnicových systémů k systémům mezinárodním, jako je např. ETRS (European Terrestrial Reference System) a v neposlední řadě přispívají ke sledování dynamiky zemského povrchu. Sítě nachází využití především v zeměměřictví a katastru nemovitostí, ale i v ostatních oborech, např. v dopravě, energetice, hydrologii, zemědělství, atd. Z uvedených důvodů se sítě permanentních stanic GNSS stávají součástí geodetických základů v řadě zemí. Příkladem může být síť SAPOS (Satelliten Positionierungsdienst) v sousedním Německu, či síť APOS (Austrian Positioning Service) v Rakousku.

2. Budování CZEPOS na území České republiky

Zeměměřický úřad přistoupil k budování České sítě permanentních stanic pro určování polohy (CZEPOS) v polovině roku 2004. CZEPOS bude ve své konečné podobě obsahovat celkem 26 permanentních stanic rovnoměrně rozmištěných na území České republiky ve vzájemných vzdálenostech cca 60 km. Obr. 1 ukazuje umístění stanic včetně harmonogramu jejich instalace. Prvních šest stanic bylo vybudováno a zprovozněno ještě v roce 2004. V prvním pololetí roku 2005 byl CZEPOS rozšířen na celkový počet 18 stanic, kompletní instalace sítě pak bude dokončena do konce tohoto roku.

Všechny stanice CZEPOS provádějí nepřetržitě 24 hodin denně měření GPS, které registrují každou vteřinu. Registrovaná data jsou průběžně zpracovávána v řídícím centru CZEPOS a jsou dále poskytována uživatelům. CZEPOS spravuje a provozuje Zeměměřický úřad. Jednotlivé stanice jsou umístěny na budovách katastrálních úřadů respektive jejich pracovišť. Součástí CZEPOS jsou také 3 externí stanice (Pecný, Plzeň, Ostrava), provozované vědeckými či akademickými pracovišti v rámci VESOG (Výzkumná a experimentální síť pro observace s GNSS).

3. Datové služby a produkty CZEPOS

CZEPOS poskytuje uživatelům korekční data, která umožňují z velké části eliminovat vliv systematických chyb (ionosferická a troposferická refrakce, chyba druhů družic) na přesnost určení polohy pomocí GNSS. Uživatelé mohou volit mezi několika službami a produkty CZEPOS. Volba závisí na požadované přesnosti měření, použité metodě a přístrojovém vybavení.

Služby CZEPOS umožňují příjem korekčních dat v reálném čase. Uživatel získává korekce během měření GNSS a je tedy schopen v reálném čase určovat polohu v souřadnicích. Korekce jsou poskytovány ve standardním datovém formátu RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) prostřednictvím internetu. K přenosu korekcí se využívá síťový protokol NTRIP (Network Transport of RTCM via Internet Protocol), který byl pro tyto účely vytvořen v německém spolkovém úřadu Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Frankfurt am Main. Jedná se o nadstavbu standardního internetového protokolu HTTP. Aby mohl už-

Tab. 1 Přehled služeb CZEPOS

Služba	Mount	Identifikátor	Formát korekcí	Sítové řešení	Přesnost
DGPS	CPAR1	Pardubice	RTCM 2.1	NE	decimetry
	CSV11	Svitavy	RTCM 2.1	NE	decimetry
	CJIH1	Jihlava	RTCM 2.1	NE	decimetry
RTK	CPAR0	Pardubice	RTCM 2.3	NE	centimetry
	CSV10	Svitavy	RTCM 2.3	NE	centimetry
	CJIH0	Jihlava	RTCM 2.3	NE	centimetry
RTK – FKP	FKP0C	FKP-CZEPOS	RTCM 2.3	ANO	centimetry
RTK – PRS	PRS0C	PRS-CZEPOS	RTCM 2.3	ANO	centimetry

uživatel využít služeb CZEPOS, musí mít v terénu k dispozici připojení k internetu. Nejčastěji se využívá mobilního telefonu s připojením k internetu pomocí GPRS (General Packet Radio Service). Pro příjem korekcí je dálé zapotřebí softwarový NTRIP klient a vhodný firmware přijímače, který je schopen korekce přjmout a zahrnout do výpočtu souřadnic. Většina moderních aparatur GNSS již má uvedené vybavení zabudováno.

- CZEPOS poskytuje v reálném čase tyto služby:
- DGPS (diferenční GPS),
 - RTK (Real Time Kinematics),
 - RTK – PRS (Pseudo Reference Station),
 - RTK – FKP (Flächenkorrekturparameter).

Službu DGPS využijí především uživatelé, kteří provádějí sběr dat pro geografické informační systémy a dále uživatelé využívající CZEPOS pro navigaci. Příjem korekcí DGPS je možný z libovolné stanice CZEPOS. K využití postačí levnejší přijímač umožňující pouze kódová měření a schopný přijímat korekce DGPS. Dosažitelná přesnost je řádově v decimetrech.

Vyšším nárokům na přesnost odpovídá služba RTK. K využití je zapotřebí přesná dvoufrekvenční aparatura umožňující kódová i fázová měření. Dosažitelná přesnost je řádově v centimetrech, závisí však na vzdálenost stanoviska uživatele od zvolené referenční stanice. Obecně platí, že s rostoucí vzdáleností se snižuje přesnost určení polohy. Maximální přípustná vzdálenost stanoviska od stanice závisí na parametrech aparatury udaných výrobcem (obvykle desítky km). Příjem korekcí RTK je možný z libovolné stanice CZEPOS.

Zatímco služba RTK poskytuje korekce vždy pouze z jedné zvolené stanice, další služba RTK – FKP již k výpočtu korekcí využívá data ze všech stanic sítě (takzvané sítové řešení). Dosahuje proto přesnějších výsledků než služba RTK. Výhodou je, že v případě RTK – FKP již prakticky nezáleží na vzdálenosti stanoviska uživatele od referenční stanice, nachází-li se uživatel uvnitř sítě a jsou-li vzdálenosti mezi referenčními stanicemi dostatečně blízké. Obě výše uvedené podmínky jsou v případě CZEPOS splněny. Uživa-

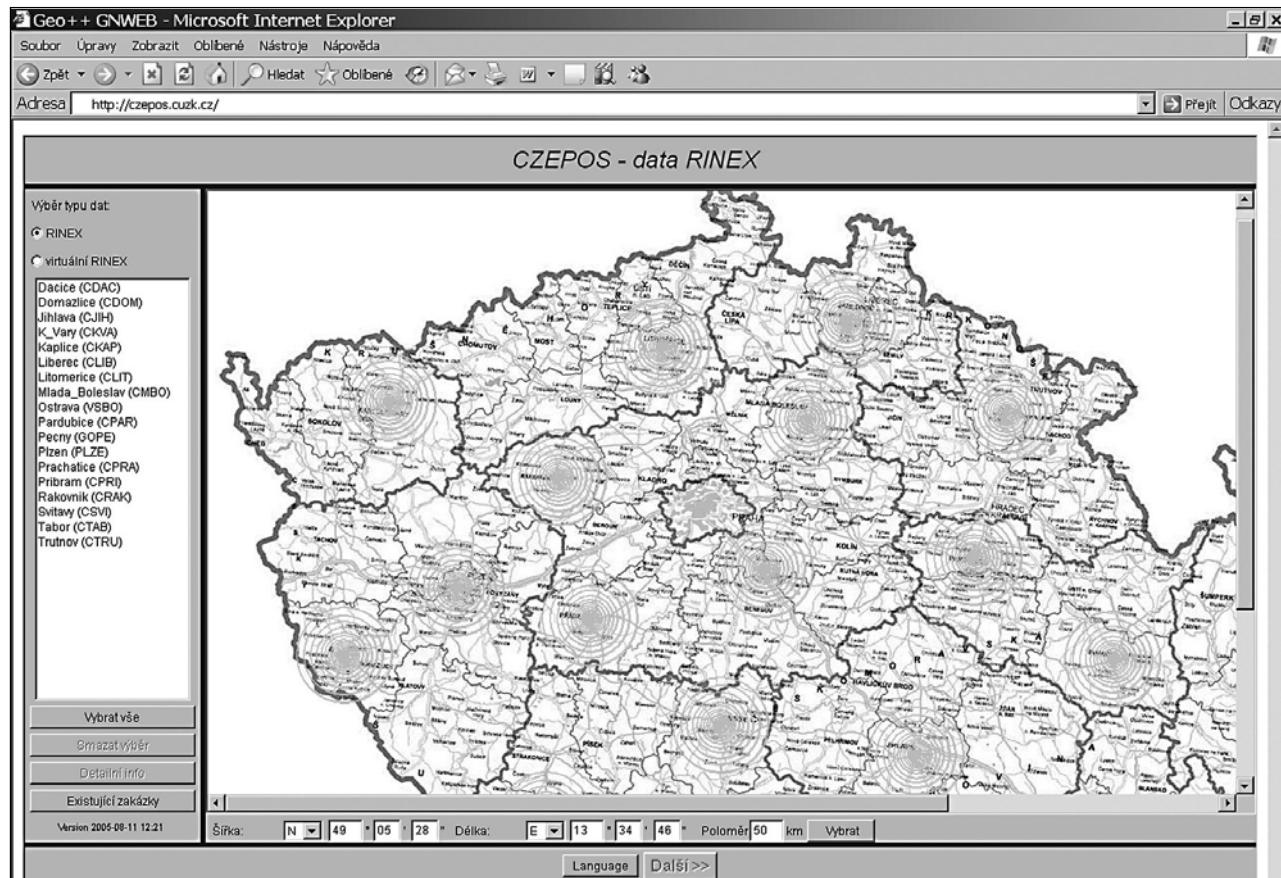
tel získává korekce ze zvolené stanice CZEPOS (systém automaticky zvolí stanici umístěnou nejbliže stanoviska uživatele) doplněné o tzv. plošné parametry určené na základě sítového řešení. Dosažitelná přesnost je řádově v centimetrech.

Obdobnou službou RTK – FKP je služba RTK – VRS. V tomto případě dostává uživatel korekce generované z tzv. pseudo-referenční stanice. Jedná se o virtuální stanici, která je umístěna zhruba 5 km od stanoviska směrem k nejbližší referenční stanici. Přesnost je stejná jako v případě RTK-FKP, jedná se pouze o jiný způsob implementace sítového řešení.

Pro příjem služeb CZEPOS musí uživatel nastavit svůj NTRIP klient. Nejprve je třeba nastavit internetovou adresu serveru CZEPOS, který vysílá korekce (tzv. NTRIP caster) ve tvaru: czepos.czuzk.cz, a příslušný port: 2101. Dále je třeba nastavit uživatelské jméno a heslo. To přiděluje jednotlivým uživatelům administrátoři CZEPOS Zeměměřického úřadu. Způsob registrace je přehledně popsán na webových stránkách <http://czepos.czuzk.cz>. Po úspěšném spojení klientské aparatury se serverem CZEPOS obdrží uživatel zdrojovou tabulkou, která obsahuje seznam všech dostupných služeb, přičemž každá služba má přiřazen přistupový bod (mount point nebo také mount). Po zvolení přistupového bodu je uživatel spojen se službou a může přijímat korekce. Přehled služeb CZEPOS ukazuje tab. 1. V případě DGPS a RTK jsou v tabulce uvedeny pouze ukázky pro tři stanice sítě, ve skutečnosti má každá ze stanic vlastní mount, který je složen z identifikátoru stanice a příslušného čísla 0 nebo 1.

Kromě služeb v reálném čase umožňuje CZEPOS stažení datových produktů pro zpracování po skončení měření (post-processing). Uživatel nejprve provede observace GNSS, následně stáhne korekční data a vypočte pozici pomocí vhodného softwaru. K získání korekčí je zapotřebí pouze přístup k Internetu, aparatura nemusí být pro příjem korekčí vybavena.

Registrovaní uživatelé získají data pro postprocessing z internetového serveru CZEPOS (obr. 2) na adrese: <http://czepos.czuzk.cz>. Data jsou serverem generována ve standardním textovém formátu RINEX (Receiver Independent Exchange). Uživatel může data stáhnout ze zvolené referenční stanice



Obr. 2 Stažení produktů pro postprocessing

v rozsahu zadaném časovým intervalom (od–do) a zadaným krokem záznamu (standardně 15 s). S přesnou dvoufrekvenčním aparaturou lze dosáhnout centimetrové až milimetrové přesnosti. Přesnost závisí na vzdálenosti stanoviska observátora od referenční stanice a současně na délce měření. Vyšší přesnosti lze dosáhnout také užitím dat z více stanic sítě. Data RINEX lze použít také pro zpracování měření provedených jednofrekvenčním aparaturou umožňující fázová měření. Dosažitelná přesnost je potom do 100 mm.

Dalším datovým produktem CZEPOS je virtuální RINEX. Princip využití a získání produktu je obdobný jako v případě dat RINEX z jednotlivých stanic. Virtuální RINEX je však generován pro virtuální stanici o souřadnicích zadaných uživatelem. Korekční data jsou systémem generována ze všech stanic sítě na základě síťového řešení, virtuální RINEX proto umožňuje získat přesnějších výsledků než RINEX z jednotlivých stanic sítě.

Pro svoji přesnost využijí postprocessing především geodeti při zpracování výsledků určování polohy bodů, data lze využít také pro vědecké účely.

4. Technické vybavení CZEPOS

Všechny stanice CZEPOS (vyjma tří externích stanic) jsou vybaveny jednotrnými typy přijímačů a antén. Přijímače Leica GRX 1200 Pro (obr. 3a) zajišťují kontinuální sběr dat v intervalu 1 s, zálohování dat na kartu compactflash přijímače a distribuci dat na centrální servery CZEPOS prostřednictvím zabudovaného ethernet portu. Přijímače jsou

instalovány společně se záložním zdrojem UPS (Uninterruptible Power Supply), který chrání přijímač proti výpadkům elektrického proudu a současně proti případnému přepětí z počítačové sítě.

Antény Leica AT504 Choke Ring (obr. 3b) jsou připevněny k pevným částem budov. Jsou umístěny tak, aby umožnily stálý kvalitní příjem družicového signálu GPS (maximální zakrytí horizontu je 5°). Konstrukce antén s prvky Dorne & Margolin, choke ring potlačuje efekt vícecestného šíření signálu (multipath) a zaručuje stabilitu fázového centra antény. Antény jsou opatřeny ochranným krytem (radomem). Anténní konstrukce je připojena k hromosvodu budovy, anténní svod mezi anténou a přijímačem je zabezpečen bleskojistkou připojenou k ekvipotenciálnímu systému budovy.

CZEPOS je spravován v řídícím centru umístěném v Zeměměřickém úřadě v Praze. Data z permanentních stanic jsou přenášena do řídícího centra prostřednictvím virtuální privátní sítě (VPN) instalované mezi katastrálními úřady.

Chod CZEPOS je zajišťován pomocí tří serverů. Hlavní server obsahuje dva softwarové produkty: prvním z nich je Leica GPS Spider, který provádí kontrolu a vzdálenou správu permanentních stanic a současně také stahování dat pro postprocessing z jednotlivých stanic, jejich zálohu a distribuci na webový server. Druhým z produktů je Geo++ GNSMART, který zajišťuje příjem korekcí v reálném čase z jednotlivých stanic a současně provádí vlastní výpočet síťového řešení. Služby v reálném čase poskytuje server s NTRIP casterem, produkty pro postprocessing pak poskytuje webový server.



Obr. 3a Přijímač, stanice Pardubice



Obr. 3b Anténa, stanice Pardubice

5. Využití a další vývoj CZEPOS

CZEPOS se stává novou moderní složkou geodetických základů České republiky vedle stávajících klasických geodetických základů polohových, výškových a tříhodnotových. Nachází široké uplatnění zejména v zeměměřictví a katastru nemovitostí (zaměřování nebo vytyčování vlastnických hranic, určování souřadnic geodetických bodů, mapování, atd.).

Do konce roku 2006 bude CZEPOS v testovacím provozu, během kterého budou služby a produkty poskytovány uživa-

telům zdarma. Během testovacího provozu provede Zeměměřický úřad podrobné testování všech dostupných služeb CZEPOS na území České republiky jehož výsledkem budou charakteristiky přesnosti sítě.

Harmonogram prací na dokončení CZEPOS je pevně daný, nicméně služby a produkty CZEPOS se budou dále rozvíjet na základě požadavků uživatelů, aby bylo možné pokrýt potřeby co možná nejširšího okruhu uživatelů z různých oborů.

Do redakce došlo: 25. 8. 2005

Geoportál Zeměměřického úřadu

Ing. Petr Dvořáček,
Zeměměřický úřad,
Praha

528.9:681.3.01/07:912.43

Abstrakt

Zeměměřický úřad začal nabízet svoji produkci geografických podkladů prostřednictvím internetového Geoportálu. Zájemci mají v současné době možnost získat na Geoportálu komplexní informace o poskytovaném státním mapovém díle, o základní bázi geografických dat ZABAGED®, ortofotomapách a o dalších produktech. V Obchodním modulu si nyní může uživatel systému potřebná data sám vyhledat a cestou internetu i objednat. Geoportál dále nabízí pomocí modulu Mapové služby poskytování vzdáleného on-line přístupu k datům Zeměměřického úřadu, což je zárukou toho, že uživatel této služby má možnost pracovat s nejaktuálnějšími rastrovými i vektorovými daty s jednoznačně definovaným datovým modelem a legendou.

Geoportal of Land Survey Office

Summary

Land Survey Office began to offer its production of geographic data by Internet Geoportal. Customers have possibility to receive information about base maps, Fundamental Base of Geographic Data (ZABAGED®), orthophotos and other products. In Sales modul user can search and order all data by means of Internet. Geoportal offer Map services – on-line access to data of Land Survey Office. It is a guarantee to work with actual version of data and comprehensively unambiguously defined data model.

1. Úvod

Do věcných působností Zeměměřického úřadu (ZÚ), stanovených zákonem č. 359/1992 Sb., o zeměměřických a katastrálních orgánech, ve znění pozdějších změn, a vyplývajících ze statutu ZÚ, patří mj. správa základních státních mapových děl a správa základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®). Prakticky z toho vyplývá, že ZÚ je povinen poskytovat veřejnosti mapy, v poslední době ve stále větší míře i digitální data, jakož i další geografické podklady, které vznikají v ZÚ. Vzhledem k využitajícím nárokům uživatelů se ZÚ rozhodl vybudovat moderní systém pro poskytování svých produktů pomocí internetu. V roce 2005 byl uveden do provozu internetový Geoportál ZÚ.

2. Důvody pro vytvoření Geoportálu ZÚ

Zeměměřický úřad souhrnně nabízí své produkty v Katalogu produkce ZÚ. Největší část nabídky zahrnuje širokou škálu produktů, které se označují jako geografické podklady. Jedná se o tyto skupiny produktů:

- základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®),
- státní mapové dílo v tištěné a digitální podobě,
- vektorové soubory správních a katastrálních hranic s databází,
- ortofoto České republiky,
- databáze GEONAMES,
- archivní dokumenty a mapy.

Největšími uživateli jsou orgány státní správy, zejména pak krajské úřady a některá ministerstva, případně organizace jimi zřizované. Tito velcí odběratelé používají produkty ZÚ pro řešení nejrůznějších úloh v rámci jejich působnosti, například pro budování vlastních GIS (Geografický informační systém) pro tvorbu vlastních prezentací, projektů nebo mapových děl. Dalšími význačnými uživateli jsou subjekty z řad právnických osob, které používají geografické podklady pro nejrůznější komerční účely, ať už se jedná o projekční práce, tvorbu map, logistiku, prezentaci atd. Konečně existuje i řada drobných uživatelů, kteří chtějí užívat produkty ZÚ pro vlastní potřebu, pro studium apod.

Je zřejmé, že se jedná o širokou škálu uživatelů, kteří mají na poskytované produkty převážně velmi odlišné požadavky. Navíc se jedná často o uživatele, kteří mají o nabízených produktech málo nebo jen neúplné informace. Vzhledem ke svému jinému odbornému zaměření, případě nedostatku zkušeností, se pak mohou při volbě potřebných geografických podkladů spíše orientovat nebo obtížně shánějí potřebné informace. Zeměměřický úřad v uplynulých letech řadu kroků, jejichž cílem bylo zpřehlednění nabídky a poskytnutí dostatku informací o nabízených produktech. Byly vydány například informační letáky, tištěný Katalog produkce, podrobné aktuální informace jsou poskytovány také prostřednictvím internetu na adresě <http://www.cuzk.cz/>. Uživatelé si dále mohli zjišťovat řadu informací v souvislosti s objednáváním individuálními telefonickými dotazy nebo e-mailem. Uvedená opatření přinesla jistý efekt, ale nejednalo se o systémové řešení, které by do budoucna postačovalo.

Se využitím počtem objednávek se zároveň začaly objevovat problémy v jejich zpracování a evidenci. Obtíže při vyřizování nastávaly tehdy, pokud se jednalo o objednávku, kde bylo potřebné vyhledat pro rozsáhlé a nepravidelně ohrazené území (např. plocha okresu, koridor podél komunikace apod.) příslušné výdejní jednotky (mapové listy). V takovém případě se musely pracně vyhledávat v kladech listů desítky, někdy i stovky jednotlivých nomenklatur. Samozřejmě se to občas neobešlo bez chyb, které musely být, mnohdy v časové tísni, opravovány.

Vzhledem k naznačeným obtížím se na ZÚ začaly intenzivně hledat cesty, jak zlepšit poskytování informací o nabízených produktech a jak zjednodušit proces vyřizování objednávek. Současně se hledaly možnosti on-line poskytování dat prostřednictvím internetu. Na základě studia množství domácích i zahraničních řešení bylo rozhodnuto vybudovat tento systém ve spolupráci s některým renomovaným dodavatelem informačních technologií. V průběhu roku 2004 bylo proto vypsáno výběrové řízení na dodávku komplexního řešení pro poskytování „Mapových služeb“, jak byl tento projekt tehdy nazván.

Jádrem zadání byl požadavek na vytvoření systému, který by byl schopen umožnit objednávání souborových dat a ma-



Obr. 1 Úvodní okno Geoportálu ZÚ

pových služeb v prostředí internetu a zároveň dovoloval poskytování on-line mapových služeb pro publikování vybraných dat cestou internetu. Zvláštní důraz byl kladen na bezpečnost technologického řešení. Systém měl být orientován na to, že hlavní využití bude v oblasti státní správy a samosprávy, především pak při využití v GIS krajských úřadů. Z toho také vyplýval speciální požadavek, a sice kompatibilita se systémy ESRI, na jejichž platformě jsou GIS na krajských úřadech budovány. Současně však byl kladen požadavek na nutnost zabezpečit poskytování dat i těm uživatelům, kteří jsou vybaveni jinou technologií, např. GeoMedia firmy Integraph.

Předloženým podmínkám výběrového řízení nejlépe vyhovovala nabídka firmy Integraph ČR, spol. s r. o., se kterou byla následně uzavřena smlouva na dodávku řešení „Mapových služeb“. V druhé polovině roku 2004 se tak mohly naplně rozjet práce na přípravě nového systému. Na implementaci projektu se podíleli významným podílem zaměstnanci ZÚ. Dobrou spoluprací s dodavatelem tak byly vytvořeny předpoklady pro zahájení první etapy testovacího provozu již koncem roku 2004. V této první fázi byl odzkoušen a od 1. února 2005 také uveden do plného provozu objednávkový modul, v té fázi určený zprvu jen pro objednávání analogových map a digitálních geografických podkladů. Souběžně s tím probíhaly práce na implementaci modulu pro poskytování on-line mapových služeb. Projekt poskytování komplexních internetových služeb byl v plně

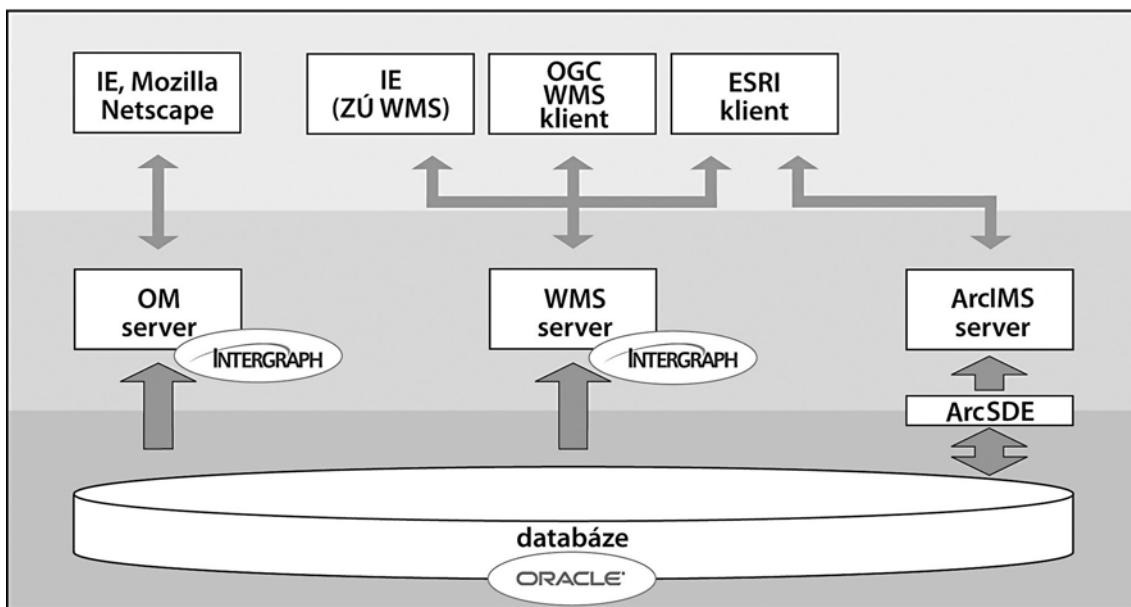
zamýšlené podobě zprovozněn pro externí uživatele 1. června 2005 pod názvem „Geoportál ZÚ“.

3. Struktura Geoportálu ZÚ

Geoportál ZÚ je sada služeb a klientů, zpřístupňující uživatelům data z datového úložiště. Geoportál ZÚ je přístupný na internetové adrese <http://geoportál.cukz.cz/>. Uživatel má k dispozici dva základní moduly – Obchodní modul a Mapové služby (viz obr. 1). Architektura řešení geoportálu je znázorněna na obr. 2.

Obchodní modul ZÚ je určen k objednávání produktů poskytovaných ZÚ. Má podobu dnes již obvyklého internetového obchodu. Zákazník vybírá z předložené nabídky datových souborů, analogových map, mapových služeb a sestavuje prostřednictvím virtuálního nákupního košíku objednávku. Obchodní modul je propojen s mapovou aplikací, která zobrazuje mapové podklady pro definici zájmového území a pro navigaci. Díky tomu je možná přehledná orientace v kladech mapových listů, respektive v segmentech rastrových map. Zákazník je tak schopen (s pomocí řady funkcí pro výběr) sám vybrat příslušné mapové listy i z rozsáhlého území, tj. vyřešit úlohu, která dříve zabrala množství času i zkušeným operátorem v ZÚ.

Aplikace funguje také jako systematická informační základna o geografických podkladech z produkce ZÚ. Zájemce



Obr. 2 Architektura řešení Geoportálu ZÚ

má možnost dozvědět se informace o obsahu, rozsahu i ceně jednotlivých produktů a služeb, a to prostřednictvím metadat, připojených ke všem položkám nabídky. Po zvolení možnosti nahlédnout na metadata se nejprve otevírá grafický náhled na příslušný produkt a k němu je přiřazen stručný výpis nejzákladnějších parametrů – kód produktu, název a popis produktu, základní výdejní jednotka a cena a v případě datových souborů i datový formát. V případě potřeby podrobnějších informací je možné si otevřít stránku s komplexními metadaty, strukturovanými podle standardu pro informační systémy veřejné správy (ISVS). Až potud je Obchodní modul přístupný zcela volně, k přístupu není po uživateli žádána registrace.

Registrace uživatelů je vyžadována až pro objednávání produktů. Jedná se o bezplatnou registraci, která slouží pro přípravu konkrétních objednávek. Po registraci nebo opětovném přihlášení uživatele pomocí jména a hesla lze přejít na výběr dat. Ten se provádí nad přehlednou mapou, kterou lze zvětšovat a pak se nad ní podle potřeby pohybovat. K zadání výběru lze použít různých funkcí. Mapové listy či datové segmenty se mohou zadávat označováním jednotlivých výdejních jednotek v kladu, zadáním seznamu mapových listů, případně ohraničením prostorové oblasti (obdélníkem, nepravidelným polygonem, souřadnicemi). V košíku se připravuje seznam, který je součástí objednávky odesílané ke zpracování do ZÚ (obr. 3). Zákazník je informován o přijetí objednávky e-mailem, další postup vyřízení se děje již uvnitř ZÚ až do chvíle, kdy zákazník – budoucí uživatel, obdrží k podpisu smlouvu o užití. Po podepsání smlouvy obdrží uživatel objednaná data poštou, může si je vyzvednout osobně, v případě menších objemů dat také cestou přenosu v příloze e-mailu nebo stažením ze serveru.

Druhá část Geoportálu, modul **Mapové služby ZÚ**, je orientována na velké uživatele, zejména z oblasti státní správy a samosprávy, pro které je výhodné využít výhody on-line přístupu k datům ZÚ při práci s profesionálními aplikacemi GIS nebo při zapojení dat ZÚ jako podkladu pro mapové servery, poskytující kombinované mapové služby. Hlavní výhodou Mapových služeb ZÚ je možnost přístupu k nejaktuálnějším georeferencovaným bezevším datům. Poskytováním této služby je uživatel zbaven starostí o data, neboť

ta jsou uložena na serveru ZÚ, kam je průběžně ukládána nejnovější verze jednotlivých datových sad po jejich aktualizaci. V případě vektorových dat je také k dispozici odborně připravený datový model s legendou pro zobrazení. Tímto opatřením lze garantovat optimální a jednotnou vizuální podobu těchto dat, zejména (ZABAGED®).

V současné době jsou v rámci Mapových služeb ZÚ poskytovány následující datové sady (obr. 4):

- ZABAGED®,
- vektorový soubor správních a katastrálních hranic,
- rastrová data RZM 10 (Základní mapa ČR 1:10 000),
- rastrová data RZM 50 (Základní mapa ČR 1:50 000),
- rastrová data MČR 500 (Mapa ČR 1:500 000),
- ortofoto ČR – starší černobílé i barevné, dokončované v letošním roce v rámci 2. cyklu snímkování území republiky.

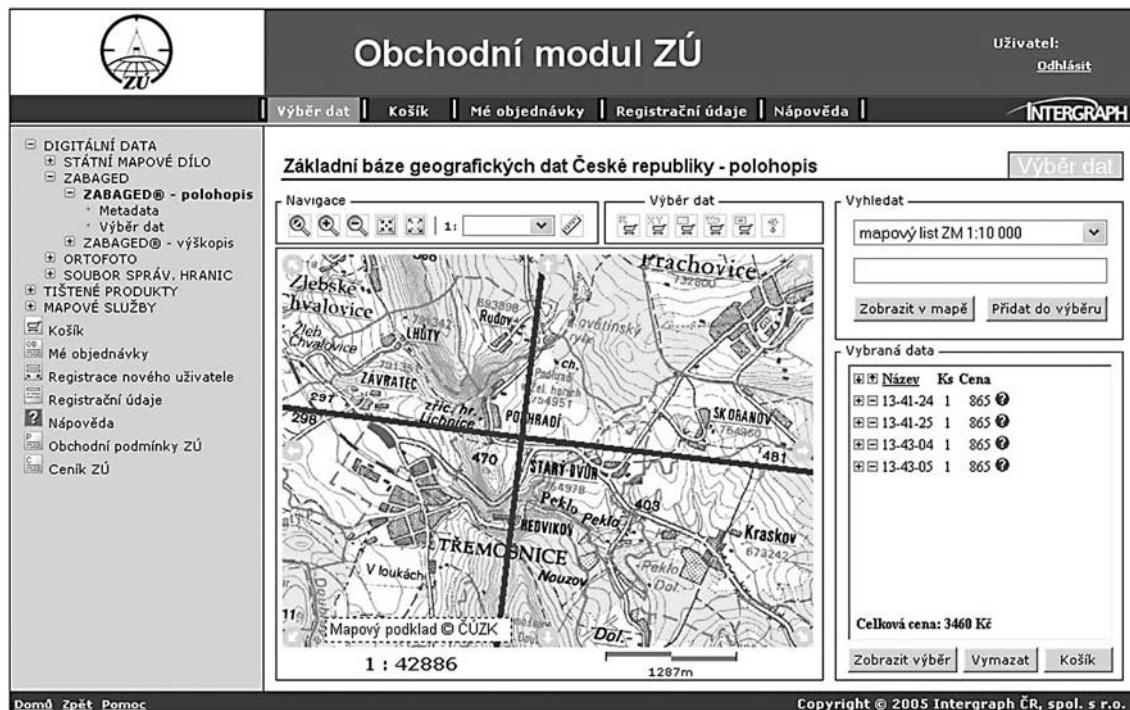
Pro uživatele jsou k dispozici dva druhy mapové služby (viz obr. 2):

- WMS služba dle specifikace OpenGIS WMS 1.1,
- ArcIMS služba (Image Service a Metadata Service) pro uživatele, kteří chtějí využívat možnosti, jež poskytuje pro GIS aplikace platforma ESRI.

Mapová služba neumožňuje stahování souborových dat po síti, jedná se vždy o vzdálený přístup. Efektivní využití závisí především na příjemcově vybavení softwarem pro GIS. Avšak i uživatel Mapové služby ZÚ, který nemá potřebný aplikační software, může tento službu využívat, a to pomocí WMS klienta, který umožňuje prohlížet data v prostředí Internet Explorer, do něhož je implementován speciálně vytvořený GeoProhlížeč ZÚ. Ten vedle prohlížení nabízených datových sad ve zvoleném měřítku nabízí také jednoduché funkce pro práci nad těmito daty, jako je měření vzdálenosti a ploch, zobrazení souřadnic libovolného bodu v S-JTSK.¹⁾ Poskytuje rovněž možnost vyhledání určitého objektu podle konkrétního zadání (územní celky, obce, mapové listy, geodetické body, vybrané objekty komunikační sítě).

Používání Mapové služby ZÚ je zpoplatněno. Zpřístupnění mapových služeb si může zájemce objednat prostřednictvím Obchodního modulu ZÚ. Podle svých konkrétních

¹⁾ Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální.



Obr. 3 Okno pro výběr mapových listů



Obr. 4 Okno pro vstup do vybraných datových sad mapové služby

požadavků si může budoucí uživatel objednat zpřístupnění libovolné datové sady, která je v nabídce mapových služeb. Samozřejmě může zvolit i libovolnou kombinaci datových sad. Dále si může zvolit území a konečně i dobu, po kterou požaduje mapovou službu využívat.

4. Zkušenosti z provozu Geoportálu ZÚ, výhledy jeho rozvoje

Po několikaměsíčním provozu Geoportálu ZÚ se již do značné míry stačily projevit přínosy, které byly při pracech na projektu předpokládány. Především se ukázalo, že uživatelé mají k dispozici nástroj, který jim poskytuje široké možnosti pro získání informací o produktech ZÚ. Zájemci o produkci ZÚ se mnohem lépe orientují v aktuální nabídce a mají možnost samostatně si objednat potřebná data nebo služby prostřednictvím Obchodního modulu ZÚ. Zřetelně se to projevilo mohutným zvýšením počtu objednávek oproti stejnemu období v předchozím roce. Operátorem v ZÚ umožňuje tento nápor zvládnout jak efektivní nástroj pro správu uživatelů a objednávek, tzv. administrátorský modul, tak i skutečnost, že objednávky přicházejí ze systému více připravené a nejsou tolik nutné dříve obvyklé konzultace se zákazníky.

V oblasti poskytování mapových služeb se projevují přínosy systému pomaleji, nicméně první uživatelé oceňují možnosti, které jim jsou nabízeny prostřednictvím těchto služeb. Přispívá k tomu i obchodní politika, která se začala uplatňovat současně se startem Geoportálu ZÚ. Především se jedná o to, že uživatel si může vybrat podle svých potřeb i možnosti, jak široký přístup chce mít k nabízeným datům. Má možnost volby z jednotlivých datových sad, které mohou být vybrány jen z požadovaného prostoru a po nezbytně nutné době. V případě dobré naplánovaného užití pro určitou konkrétní práci tak uživatel může ušetřit výraznou část nákladů na pořízení dat. Například tyto služby již použil uživatel pro zpracování předprojektové přípravy, kdy vydávání prostředků na pořízení licencí na vlastní užívání dat bylo neefektní. V prvních měsících provozu se přistoupilo také co nejdříve k testování možností poskytování mapových služeb pro mapové servery a dále jako forma distribuce dat pro potřeby obcí.

Přínosy provozu Geoportálu se neprojevují jen na straně

vnějších uživatelů. Pozitivní dopady běhu tohoto nového systému mají odraz i uvnitř ZÚ. Správa dat poskytovaných uživatelům je mnohem přehlednější a vyřízení objednávek je lépe kontrolovatelné. Na základě statistik, které je možné prostřednictvím Geoportálu zpracovávat, se mohou vytvářet analýzy poskytování dat a tím lépe plánovat další směry, kterými se má ubírat správa dat a státního mapového díla.

Současný stav Geoportálu ZÚ nelze samozřejmě pokládat za konečný. Průběžně je systém upravován, doplňován a rozvíjen. Momentálně jsou nejaktuálnější úpravy, které směřují k tomu, aby práce s Geoportálem byla pro uživatele jednodušší a aby celý systém byl skutečně co nejsrozumitelnějším prostředkem pro získání informací o nabízené produkci. Proto jsou například prováděny dílčí úpravy uživatelského rozhraní, pracuje se na přípravě alespoň částečně cizojazyčné (anglické) verze, doplňuje se rovněž nápověda jednotlivých modulů. Pro snadnější orientaci v mapových službách byl zaveden GeoProhlížeč WMS Demo, který umožňuje bezplatně vyzkoušet volně přístupnou WMS službu. Užitečným zdrojem informací je také nejnověji otevřená a průběžně doplňovaná metadatová služba, přístupná pomocí nástroje GeoProhlížeč Metadata. Uživatel se může interaktivním dotazováním nad přehledovými mapami s klady mapových listů dozvědět detailní informace o jednotlivých datových souborech.

S dalším rozvojem bude Geoportál aktualizován a obohacován o další zdroje informací a o další náplň z produkce ZÚ. Budou se doplňovat sestavy metadat a dále se budou rozšiřovat nebo obměňovat datové sady. Jedním z plánovaných úkolů do budoucna je například zpřístupnění některých archivních mapových souborů, konkrétně se jedná zejména o naskenované císařské otisky map stabilního katastru."

5. Závěr

Uvedením Geoportálu do provozu dostali uživatelé k dispozici nástroj pro efektivní získávání geografických podkladů z území České republiky. Zeměměřický úřad tak svým dílem přispívá k naplňování cílů, jež jsou obsaženy v programech národní geoinformační strategie.

Do redakce došlo: 25. 8. 2005

Informácie o území ako dôležitý faktor pri rozhodovaní v krízových situáciach

pplk. Ing. Jaroslav Piroh, PhD.,
Topografický ústav Banská Bystrica

528:007

Abstrakt

Možnosti využívania informácií o území v krízových situáciach. Význam informácií o území pri riešení krízových situácií a ich následkov. Poukazuje sa na veľmi dôležitý atribút informácií o území, a to ich aktuálnosť, geografická presnosť a spoľahlivosť. Stručné informácie o Vojenskom informačnom systéme o území.

Land Information as an Important Factor in the Solving of Crisis Situations

Summary

Possibilities of exploitation of geographic information in crisis situation. Importance of geographic information in the crisis and during the solution of crisis consequences. As the most important attributes of geographic information are actuality, geography accuracy and credibility. Brief information concerning the Military Geographic Information System (respecting land information) in Slovak Defence Forces.

1. Úvod

„Bez informácií o území nemožno plánovať bojové operácie, nemožno viesť ozbrojený zápas, nemožno zásobovať vojská, ani dosiahnuť optimálny výsledok boja“. Túto pravdu poznali už starí vojvodcovia a rešpektujú ju aj súčasní generáli. Hoci sa oblast krízového manažmentu nezaoberá ozbrojeným bojom, jej pôsobnosť je svojou podstatou vojenskej činnosti veľmi blízka. V oblasti informácií o území možno povedať, že je takmer totožná.

Všetky udalosti a javy, ktoré okolo nás vznikajú, rozvíjajú sa a zanikajú v čase, sú nerozlučne spojené s konkrétnym, reálnym a jedinečným miestom. Priestoru, v ktorom sa tento proces odohráva, hovoríme geografický prostor. Všetky dôsledky, ktoré v krízovej oblasti nastali, majú zas spätný vplyv na tento geografický priestor a spravidla ho aj menia. Taktiež všetky opatrenia, ktoré treba vykonať na záchranu ľudí a majetku, sú limitované geografickými možnosťami. Geografické podmienky každú krízovú situáciu výrazne ovplyvňujú, a tooko vo fáze vývoja krízy samotnej, tak aj vo fáze jej riešenia. Celý proces krízového riaadenia je o to zložitejší, že charakter geografického priestoru sa v čase, pod vplyvom krízových faktorov dynamicky vyvíja.

Pri rozhodovaní v krízovej situácii je preto znalosť globálnych i lokálnych geografických väzieb mimoriadne dôležitá. Je potrebné poznať polohu objektov a javov v geografickom priestore, vlastnosti týchto objektov, ako aj ich súvislosti a vzájomné možné interakcie. Je mimoriadne dôležité poznat konfiguráciu terénu, rozmiestnenie potenciálnych zdrojov ohrozenia, ako aj prekážok, ktoré im stojia v ceste, charakter médiá, jeho účinky i vlastnosti šírenia súce typické pre každú ohrozujúcu látku, ale v konkrétnych geografických podmienkach sa ich správanie môže znásobiť, alebo redukovať. Jeden z najvýznamnejších faktorov, ktoré limitujú správnosť rozhodovania, je aktuálnosť geografických informácií (GI). Na ich pozadí sa totiž odohráva celý proces rozvoja krízovej situácie, ako aj jej samotné riešenie. V prípade neznanosti GI, infraštruktúry a reliéfnych podmienok, môžu byť rozhodnutia ústredných orgánov štátu, ako aj lokálnych orgánov neefektívne, ba v niektorých prípadoch aj kontraproduktívne.

Nástup nových technológií priniesol aj do oblasti informácií o území nové možnosti. Vstup informačných technológií do oblasti geodézie, kartografie a geografie spôsobil prudký nárast možností v oblasti zberu a spracovania informácií o území, a súčasne otvoril obrovský priestor a nevídane možnosti v oblasti ich interpretácie, modelovania a celkového využitia. Nástup digitálnych technológií v súčasnosti podporuje rozvoj simulácie javov v geografickom priestore, ktoré sa dajú veľmi účinne využívať na modelovanie potenciálnych udalostí, ktoré by mohli nastáť v krízových situáciách.

V dôsledku týchto okolností vznikol nový multidisciplinárny odbor – geo-informatika, ktorá zahŕňa celý rad ďalších vedných oblastí (geodézia, teória chýb, letecké snímkovanie, diaľkový prieskum Zeme, digitálna fotogrammetria, spracovanie obrazu, geografické modelovanie, trojdimenzionálne modelovanie, navigácia, technológie globálneho systému určovania polohy, matematická kartografia, informatika, kybernetika, programovanie, počítačová grafika, imageprocessing, desktop publishing, či bezpečnosť informačných systémov).

Význam informácií o území aj z tohto pohľadu v poslednej dobe ešte viac narastol.

2. Nová filozofia v poskytovaní informácií o území v ozbrojených silách a v krízovom manažmente

Velitelia na strategickom, taktickom i operačnom stupni, manažéri krízových situácií, podobne ako desiatky používateľov z iných oblastí, ktorí pro svojom plánovaní, riadení a rozhodovaní pracujú s informáciami o území, používali a používajú aj dnes v masovom nasadení klasické papierové topografické mapy (TM). Táto forma poskytovania informácií o území je zaužívaná a bežná. Štandardnou sa môže nazývať v prevádznej miere používateľských aktivít a nedá sa očakávať útlm používania tejto klasickej formy. Ozbrojené sily (OS) Slovenskej republiky (SR) sú pritom jedným z používateľov, ktorí kladú na informácie o území vyššie požiadavky ako ostatní používateľia.

Z teoretickej kartografie vieme, že obraz objektívnej reality znázornený na papieri je len určitým kompromisom. Je prienikom používateľských potrieb jednotlivých záujmových skupín používateľov. Pri dodržaní súčasných, veľmi dobre vypracovaných a osvedčených zásad kartografickej interpretácie, výsledkom práce kartografov je mapa komplítatom, ktorý celý okruh používateľov uspokojuje s vysokou účinnosťou [4]. Vojenskí používateľia, ktorí s pomocou máp riešia veľmi rozmanité a zložité úlohy, sú so súčasnými TM do vysokej miery spokojní.

Do života OS SR a do krízového manažmentu však v posledných rokoch vstúpili a nadálej vstupujú nové faktory, ktoré sa premietajú aj do výcviku vojsk a života, a teda aj do oblasti topograficko-geodetického zabezpečenia.

V súvislosti so vstupom do NATO a so stále narastajúcimi hrozobami svetového terorizmu sa prirodzené zmenila filozofia zabezpečenia obrany krajiny. OS SR sa stali integrálnou súčasťou aliancie a majú tam svoje miesto. Teroristické hrozby, hroziace živelné pohromy a iné, svojim charakterom nevojenské ohrozenia, sú v zmysle súčasnej vojenskej doktríny ďalším možným priestorom činnosti OS SR a krízového manažmentu.

Z pohľadu geografickej podpory je dôležité, aby používateľia mali k dispozícii také informácie o území, ktoré sa vyznačujú vysokou aktuálnosťou, polohovou presnosťou a pokrývajú územie, kde budú špeciálne jednotky nasadené, nech je to kdekoľvek.

Významom faktorom je dramatický vstup výpočtovej techniky do bojových zariadení a palebných komplexov ale aj do procesu velenia a rozhodovania v krízových situáciách. V oblasti operačného umenia sme v dôsledku zavádzania nových zbraňových a navigačných systémov svedkami úplne nových podmienok výcviku i plánovania operácií. Velitelia sa musia rozhodovať v časovej tiesni a často na základe informácií, ktoré sa rýchlo v čase menia. Ceny bojových komplexov a navigačných systémov, ktoré vstupujú do procesu rozhodovania, sa vyčíslujú v desiatkach až stovkách miliónov korún. Každé odpálenie munície v mieri v rámci výcviku, ktoré neprinesie požadovaný efekt je stratou, ktorú na svojich pleciach nesie štát. Každé neúspešné odpálenie munície v bojovej činnosti znamená nielen neúspech v boji, ale aj vlastné ohrozenie z vyzradenia svojej pozície. Rozhodovanie veliteľov a štábov musí byť preto ako v mieri, tak aj vo vojne vysoko efektívne. To je možné len vtedy, ak sa opiera o presné, aktuálne a hodnotené informácie, informácie o území z toho nevynímajúc. Z tohto pohľadu je kvalita informácií o území popri ďalších informáciách dôležitým faktorom na správne rozhodnutie.

Táto skutočnosť kladie na spracovateľov informácií o území nové nároky a výrazne zvyšuje význam a dôležitosť ich práce.

Výsledkom činnosti topografov bolo v minulosti vyhotoviť TM, spravidla z vlastného územia. Spolupráca s inými krajinami sa obmedzovala na výmenu tlačových podkladov so susednými štátmi. Zabehnuté a odskúšané metódy práce, ako i zásady zobrazenia, kartografický jazyk a technologické postupy boli dostatočnou zárukou toho, že používateľ bol s ponúknutým produktom spokojný.

Dnes to už však nestačí. Medzinárodná spolupráca sa realizuje formou medzinárodnej deľby práce pri tvorbe a aktualizácii veľkých mapových diel, formou sprostredkovania a vzájomného si poskytovania produktov. Efekt práce vojenských topografov už nespočíva v tom či máme územie štátu pokryté mapami. Dôležité je, aby jednotka, ktorá odchádza plniť svoje poslanie mala k dispozícii také informácie o území, ktoré jej umožnia efektívne splniť úlohu [3]. Je pritom jedno, či svoju úlohu bude plniť v SR pri evakuácii obyvateľov alebo v mierovej misii kdekoľvek na svete.

3. Dôvody a východiská rozvoja Vojenského informačného systému o území

Pod tlakom okolností, ktoré byli popísané v časti 2, sa postupne sformovali konkrétné požiadavky na topograficko-geodetické zabezpečenie OS SR. Ide hlavne o nasledujúce:

Kompatibilita

Nevyhnutnou súčasťou prípravy vstupu SR do NATO bolo zabezpečiť plnú kompatibilitu mapových diel, analógových i digitálnych produktov. Dosiahnuť ju v súradnicových systémoch, v klade mapových listov i v obsahu jednotlivých špeciálnych máp znamenalo preorientovať sa na tvorbu úplne nových máp. Pôvodné normy používané v krajinách bývalej Varšavskej zmluvy museli byť nahradené normami STANG, platnými v krajinách NATO [3].

Simulácie

Prudký vývoj výpočtovej techniky a zvýšenie jej výkonusu na sústavné znižovanie rozpočtu na výcvik vytvorili silný tlak na rozvoj simulácií a modelovania vo vojenstve v SR. Vysoké vojenské školy a výskumné ústavy začali tieto technológie implementovať do výučby a do svojich projektov. To vytváralo dopyt po digitálnych informáciach o reliéfe i o objektoch na zemskom povrchu. Prax tak sformovala kvalitatívne ďalšiu úplne novú požiadavku – potrebu informácií o území a o reliéfe v digitálnom tvaru, a to tak, aby ich bolo možné použiť okrem iných oblastí využitia i pri procese výcviku na trenažéroch a simulátoroch.

Prostriedky velenia

Velitelia začínajú používať moderné nástroje velenia a rozhodovania, ktoré sa bez digitálnych informácií o území nezaobídú. Vysoká aktuálnosť a polohová presnosť týchto informácií s väzbou na satelitné navigačné technológie začína byť samozrejmosťou. Analýzy dohľadnosti, vyhodnotenie sklonov terénu, modelovanie terénu, hľadanie optimálneho riešenia porovnávaním namodelovaných alternatív a ďalšie aplikácie, ktoré zefektívňujú rozhodovanie, vytvárajú potrebu digitálnych informácií o reliéfe i zemskom povrchu, začínajú byť dnes bežne žiadane.

Kvalita a množstvo údajov

Bez ohľadu na produkt, na mierku alebo formu poskytovanej informácie o území, je pri rozhodovaní v ozbrojenom zápase alebo v krízovej situácii vždy požadovaná vysoká aktuálnosť, spoľahlivosť a dôveryhodnosť. Pri rozmanitosti produktov, množstve mierok a pri rozsahu územia, ktoré je predmetom záujmu, je veľmi ťažké tieto vysoké parametre udržať permanentne na požadovanej výške. Klasický prístup by vyžadoval nepretržité navyšovanie prostriedkov a personálu.

Na topografické zabezpečenie sa začal teda sústredovať zvýšený tlak. Topografický ústav (TOPÚ) v Banskej Bystrici (B. B) sa ocitol v pozícii, kedy nutne potreboval nové riešenia, nové prístupy, kvalitatívne vyšší spôsob i organizáciu práce. Hľadanie takého riešenia, založeného na netradičnej filozofii, sa preto stalo nutnosťou.

Požiadavky na nový nástoj, ktorý mal fungovať v oblasti zberu, spracovania a distribúcie informácií o území, boli sice vysoké, ale formulované veľmi zodpovedne. Tento nový nástroj, musel umožniť plnenie zložitejších úloh s menším počtom ľudí. Súčasne mal byť navrhnutý tak, aby bol schopný pri vzniku nových používateľských potrieb umožniť efektívne využitie svojich schopností a bez dramatických zásahov rozbehnúť riešenie novej úlohy. Nemohol byť preto založený na klasických kartografických technológiach a na kartografickom vyjadrovaní pomocou máp. Musel to byť informačný systém – Vojenský informačný systém o území (VISÚ).

Pri jeho návrhu sa vychádzalo zo seriózneho prieskumu aktuálnych používateľských potrieb, z poznania aktuálnych technických podmienok, ale aj z predpokladov jeho ďalšieho vývoja. Významným faktorom bola zahranično-politickej orientácia vlády SR. Profesionálny záber pri tvorbe projektu riešenia VISÚ bol preto veľmi široký. Vychádzalo sa z toho, že tvorba životoschopného a fungujúceho geografického informačného systému (GIS) vyžaduje už v procesu návrhu systému (ale i jeho ladenia) integráciu vedomostí a skúseností z viacerých vedných disciplín.

TOPÚ B. B. si cieľavedome vyprofiloval a rozvinul odborné pracoviská tak, aby pokrývali svoju činnosťou všetky požadované klúčové odbornosti. Pri formovaní svojho riešenia sme teda mohli použiť okrem poznatkov svetovej vedy aj vlastné skúsenosti zo všetkých uvedených oblastí. Veľmi aktívne pracovné kontakty s akademickou pôdou, vojenskými i civilnými vysokými školami, vedeckovýskumnými pracoviskami i používateľmi tomuto prístupu výrazne napomáhali. Aktívna a nepretržitá komunikácia s budúcimi používateľmi bola a stále je miestom celého riešenia.

4. Filozofia riešenia, princípy a prístupy pri tvorbe VISÚ

VISÚ nie je chápáný ako niekoľko počítačov prepojených do siete ale ako „organizované spojenie techniky, programového vybavenia, údajov personálu, technologických postupov, kontrolných mechanizmov, komunikačných tokov a riadiacich mechanizmov, ktorých cieľom je zber, spracovanie, skladovanie, ochrana a distribúcia informácií o území v požadovanej kvalite, podrobnosti a forme“ [1]. Riešenie spočíva v kategorickej oddelení jednotlivých technologických etáp, ktoré sa v klasických technológiach pri tvorbe máp prelínajú. Ide o technologický blok zberu a spracovania GI, blok ich skladovania, manažmentu a ochrany a blok vizualizácie a využitia.

Základné princípy, ktoré boli pri návrhu VISÚ dôsledne rešpektované a ostávajú v platnosti aj do budúcnosti, sa dajú popísať takto:

Poznanie potrieb používateľa

Uspokojenie potrieb používateľa sa dá dosiahnuť len na základe dôkladného poznania jeho potrieb. Avšak podmienky, v ktorých používateľ plní svoje odborné úlohy, ale aj jeho samotné potreby sa v čase menia a vyvíjajú [4]. Používateľ často rieši nové a netradičné úlohy, ktoré si vyžadujú často nové a netradičné vstupy. Tak sa menia i jeho potreby a jeho požiadavky na kvalitu, množstvo a formu informácií o území, ktoré potrebuje na svoje rozhodovanie. Nepretržitý kontakt s používateľom je preto jedným z prvých principov, ktoré boli pri návrhu VISÚ dôsledne rešpektované a ostáva v trvalej platnosti i pri jeho ďalšom rozvoji. Princíp poznania potrieb používateľa vychádza z teórie hodnotovej analýzy [9] a je vedecky podložený.

Architektúra systému

Ak cieľom riešenia VISÚ je sprístupniť široké možnosti a služby, ktoré TOPÚ B. B. poskytuje, desiatkam až stovkám používateľom v rezorte Ministerstva obrany (MO) SR, potom hovoríme o masovom zavedení systému. Z hľadiska nákladov i funkčnosti riešenia bolo vhodné zvoliť architektúru klient – server. Toto riešenie využíva možnosť zriadiť malý počet nákladných serverovských pracovísk, ktoré disponujú vysokým výpočtovým výkonom a sú schopné produkovať požadované výrobky a služby. Na strane klienta sa dá umiestniť veľké množstvo relatívne lacných klientských pracovísk, ktoré sú schopné komunikovať so servermi a využívať ich služby.

Informačné minimum

GI sú vo VISÚ uložené v Centrálnej priestorovej báze údajov (CPD). Ich podrobnosť, polohová presnosť a vlastnosti sa odvíjajú od charakteru úloh, ktoré sú s podporou týchto informácií riešené, teda od používateľských potrieb. Informačné minimum je definované tak, aby vyhovovalo tým najprísnejším požiadavkám. Treba mať však na pamäti, že vzťah medzi bohatostou obsahu a polohovou presnosťou na jednej strane a ekonomickými zdrojmi na strane druhej je eksponenciálna funkcia. Dôležitým limitujúcim kritériom je tiež dostupnosť alebo zistiteľnosť niektorých údajov. Také informačné minimum, ktoré bude ešte finančne reálne ale adekvátnie požiadavkám je treba preto stanoviť veľmi zodpovedne. V každom prípade ide o kompromis. Ten se však musí odvíjať od dôkladného poznania používateľských potrieb. Používateľ používal dodnes TM, a preto mu VISÚ musí poskytovať najmenej také množstvo informácií aké je obsiahnuté v TM.

Informačné minimum pre VISÚ je úroveň mapy 1:25 000 a lepšie. To znamená, že GI uložené v CPD sú s podrobnosťou vojenskej TM mierky 1:25 000, ale s vyššou polohovou presnosťou a s bohatšou atribútovou vybavenosťou, nezaťažené kartografickými úpravami.

Informačné zdroje a metódy zberu informácií o území

Volba informačných zdrojov je tiež závislá na potrebách používateľov. Kedže aktuálnosť je na použitie v oblasti obrany

a bezpečnosti štátu najvyšším kritériom, je potrebné zvoliť také informačné zdroje, ktoré poskytnú najaktuálnejšie a najspoloahlivejšie informácie. A tými sú letecké a satelitné snímky. Od typu informačného zdroja sa potom odvíja aj technológia ich spracovania, extrahovania grafických informácií a tých atribútov, ktoré je možné z týchto informačných zdrojov získať. Ako doplnkové, ale nie menej dôležité informačné zdroje sú zoznamy, registre, pasporty a bázy údajov správcov a vlastníkov jednotlivých objektov a systémov [8].

Na napĺňanie CPD zvolil TOPÚ B. B. ako prioritný informačný zdroj letecké meračské snímky (LMS), ako metódou digitálnu fotogrametriu pre územie SR, satelitné snímky a digitálne metódy ich spracovania pre zahraničné územie.

Efektívna distribúcia

Ak ide o analógový produkt, na klasickom nosiči ako je papier alebo film, možné je len fyzické doručenie. V prípade digitálneho produktu existujú dve cesty ako dopraviť produkty na miesto využitia, a to: fyzicky na veľkokapacitnom médiu alebo elektronicky, prostredníctvom počítačovej siete. Dôležitým princípom na efektívne fungovanie VISÚ je taký elektronický prenos údajov, ktorý rešpektuje reálne prenosové rýchlosť analógovej telefonickej siete. Komunikácia klientov so serverovou časťou musí byť teda navrhnutá tak, aby umožňovala v reálnych podmienkach spojenia spoloahlivo prenášať GI i výsledky poskytovaných služieb. Tieto obmedzenia sú dané súčasnými reálnymi podmienkami, o ktorých sa dá predpokladať, že sa budú v budúcnosti vylepšovať.

Ochrana a bezpečnosť údajov a systému

Bezpečnosť celého systému musí byť navrhnutá tak, aby sa minimalizovala možnosť znehodnotenia, straty, neoprávnejnej modifikácie či zneužitia informácií zo systému, alebo jeho služieb. Súčasťou bezpečnosti je prirodzene aj dosiahnutie vysokej dostupnosti služieb systému.

Štandardizácia

Jednotný výklad objektov, javov a ich vlastností je základným predpokladom na efektívne fungovanie každého GIS. Tak ako spracovateľ, tak i všetci používatelia musia vnímať pod tým istým objektom a pod tou istou vlastnosťou to isté. V žiadnom prípade nesmie dôjsť k mylnému alebo dvojitému výkladu akejkoľvek skutočnosti. Len tak sa dá efektívne komunikovať a predísť nedorozumeniam. Kódovanie objektov a ich atribútov musí vychádzať z normy, ktorá by mala byť všetkými zúčastnenými stranami akceptovaná. Pretože informácie uložené v CPD budú používané i na tvorbu plne štandardizovaných produktov (pretože sa predpokladá úzka spolupráca s vyspelými armádami sveta), ako základ na kódovanie topografických objektov, bola použitá medzinárodná uznaná norma DIGEST (Digital Geographic Exchange Standard). Na jej základe bol vypracovaný Harmonizovaný katalóg topografických objektov, ktorý bol rozpracovaný a prispôsobený na územie SR. Pod dohľadom pracovnej skupiny pre GIS pri Rade vlády SR pre informatiku sa tento materiál stále rozvíja a racionálne dopĺňuje na základe námetov zástupcov jednotlivých rezortov. Tento materiál by sa mal v blízkej budúcnosti stať celonárodným štandardom na výmenu priestorových informácií v SR. V súčasnosti je štandardom na výmenu geografických údajov v rezorte MO SR.

5. Súčasný stav VISÚ, jeho perspektívy a budúcnosť

VISÚ prebehol ako prototyp úspešne všetkými testami a skúškami v roku 2001. Overovanie v praxi ukázalo, že je to životaschopný a moderný nástroj, ktorý pomáha pri riešení denných úloh veliteľom a štábom pri plnení ich povinností. V súčasnosti sú vyriešené technické otázky fungovania celého systému i komunikácie a zvládnuté sú technológie zberu GI a ich spracovania [7].

Najväčšia úloha, ktorá sa v súčasnosti a v najbližšej dobe bude v rezorte MO SR plniť, je prvotné naplnenie CPD. Funkciu informačného zdroja v tomto procese plnia aktuálne LMS a kľúčovou metódou je digitálna fotogrammetria. V druhom rade to bude rozbehnutie systematickej aktualizácie geografických a popisných údajov. To všetko s presnosťou, s vernostou a s aktuálnosťou, ktorá je už definovaná projektovou dokumentáciou.

V priebehu hľadania najvhodnejších riešení v oblasti prvotného napĺňovania CPD však veľmi jasné kontúry nadobudol fakt, že rozsah prác, ktoré je treba vynaložiť na jeho prvotné naplnenie, vysoko prevyšuje možnosti jednej organizácie či rezortu. Prvotné naplnenie CPD je tak náročné na čas, na personál, na technológie i na prostriedky, že úzka medzirezortná spolupráca sa stáva nutnosťou. Takáto spolupráca pri zbere informácií o území, a potom aj ich spoločné využívanie sa ukažujú ako veľmi efektívne. Na základe dohody medzi TOPÚ B. B. a Geodetickým a kartografickým ústavom Bratislava boli v roku 2005 zasúladené postupy a technológie, ktoré smerujú k spoločnému napĺňovaniu CPD a základnej bázy geografického informačného systému (ZB GIS). Obidva pojmy (CPD a ZB GIS) v tejto súvislosti sa stávajú takmer identickými. Veľmi významným faktorom v procese napĺňovania CPD – ZB GIS je vstup privátneho sektora do tohto procesu, ktorý umožní výrazne zrýchliť zber geografických údajov pre CPD – ZB GIS.

Budúcnosť ďalšieho rozvoja VISÚ treba vidieť najmä v týchto oblastiach:

V oblasti zberu informácií to bude snaha posilňovať čo najširšiu medzirezortnú spoluprácu, pričom hlavná pozornosť bude zameraná na koordináciu krokov pri napĺňovaní CPD – ZB GIS na medzirezortnej úrovni. Okrem LMS sa dá predpokladať, že vzhľadom na narastajúcu kvalitu satelitných snímok a vzhľadom na ich rastúcu informačnú schopnosť sa začnú presadzovať aj satelitné snímky, ako jeden z prioritných informačných zdrojov.

V oblasti správy údajov sa budú ďalej zdokonalovať bezpečnostné a ochranné mechanizmy a nástroje prístupu k informáciám.

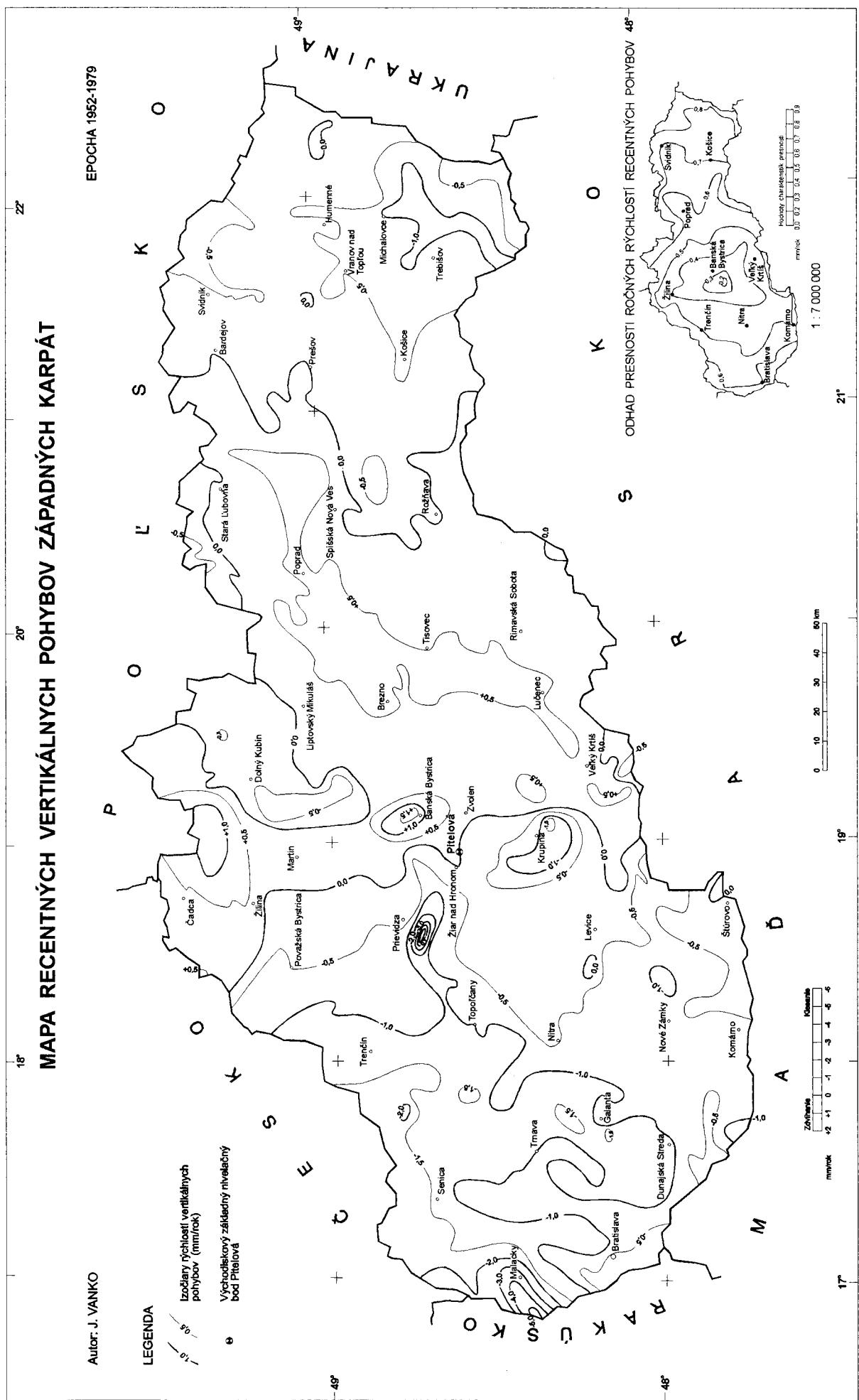
V oblasti využitia informácií o území sa bude stále rozširovať sortiment poskytovaných technológií a služieb. Poskytovanie GI i služieb sa predpokladá opraveným používateľom aj mimo rezort MO SR. Táto skutočnosť bola čiastočne rozbehnutá v závere roka 2004, kedy MO SR uvoľnilo na verejnú použitie niektoré zo svojich produktov. Spolu s rozvojom internetových technológií sa budú masívne využívať technológie on-line poskytovania geografických údajov a vo väzbe na satelitnú navigáciu sa budú rozširovať mobilné navigačné a mobilné GIS.

LITERATÚRA:

- [1] ADAMJÁK, M.: Vojenský informačný systém o území. In: Vojenský informačný systém o území a prax – Zborník referátov Banská Bystrica, TOPÚ 2002, str. 9–16.
- [2] KUSENDOVÁ, D.: Geografické informačné systémy na Slovensku – vývoj, súčasný stav a riešenia. In: Vojenský informačný systém o území a prax – Zborník referátov Banská Bystrica, TOPÚ 2002, s. 117–131.
- [3] MIKLUŠ, M.: Ozbrojené sily SR a Vojenský informačný systém o území. In: Vojenský informačný systém o území a prax – Zborník referátov Banská Bystrica, TOPÚ 2002, s. 147–158.
- [4] MIKLOŠÍK, F.: Časová podmienenosť kvality a objektivnosť práce ve vojenské kartografii. [Doktorská disertačná práce.] Brno 1987. 292 s. – VAAZ.
- [5] PIROH, J.: Geografické informačné systémy a dátá. Vojenský geografický obzor – sborník geografické služby AČR, 2001, č. 3, s. 30–32.
- [6] PIROH, J.: Informácie o území a prepočiad dôľašieho vývoja ich obsahu a formu v podmienkach vojenstva. In: Geoinformatika v službách Armády SR – Zborník referátov. Banská Bystrica, TOPÚ 1998, s. 233–243.
- [7] PIROH, J.: VISU ako tretí register štátneho informačného systému. In: Štátny informačný systém a Armáda SR. Banská Bystrica, TOPÚ 1999, s. 169–175.
- [8] TUČEK, J.: Prvotné zdroje údajov pre GIS (aj na Slovensku). In: Vojenský informačný systém o území a prax – Zborník referátov. Banská Bystrica, TOPÚ 2002, s. 261–281.
- [9] VLČEK, R.: Příručka hodnotové analýzy. 2. vyd. Praha, SNTL 1986. 302 s.

Do redakcie došlo: 8. 7. 2005

Lektorovala:
Ing. Jana Faixová Chalachanová, PhD.,
Katedra geodetických základov
SvF STU, Bratislava



(k článku Hefty, J. – Vanko, J.: Výsledky geodetických meraní využitelných na štúdium neotektonických pohybov na území Slovenska)