

Testování přesnosti měření metodou RTK při různých vzdálenostech referenční stanice pro sledování dynamických jevů v poklesové kotlině

Roman Vala¹

Testing of the point accuracy of measurements by the RTK method at different distances of the reference station for monitoring of the dynamic effect in a subsidence basin

In the area of Technical University in Ostrava were stabilized 35 points for testing of the accuracy of RTK measurement. All points of the testing base line were located by a new digital leveling instrument Leica DNA 03 with a precise leveling line. The position of all the points was determined by classical methods (polygonal traverse) as well. Each point was focused three times by the RTK method in relation to the same reference station. The point coordinates were located against the reference station, which was gradually placed in the attached points. The results of given point coordinates were compared mutually and with coordinates acquired by a classical method.

Key words: RTK- Real Time Kinematic (RTK- kinematická metoda v reálném čase), GPS- Global Positioning System (GPS- globální systém určování polohy).

Úvod

Jelikož se v ostravsko-karvinském revíru uhlí dobývá hlubinným způsobem, je tento proces zákonitě provázen deformacemi nadloží nad vyrubanými sloje. K těmto deformacím dochází na základě pohybů jednotlivých bodů v ovlivněném prostoru [5]. Velikost a směr těchto pohybů a deformací závisí na mnoha faktorech. Jsou to geomechanické vlastnosti hornin, geologické podmínky uložení ložiska, mocnost a hloubka ložiska pod povrchem, technologie dobývání, vyplňování vyrubaného prostoru a další činitelé. Proto je třeba vlivy hlubinného dobývání na povrchu monitorovat. Ke sledování pohybů a deformací na povrchu se využívá mnoha metod. V některých oblastech mohou pohyby a deformace vykazovat značnou rychlost a intenzitu. Měření je nutné těmto okolnostem přizpůsobit a zvolit takové metody, které umožňují určení okamžité polohy bodů. Vinou velkého rozsahu poddolovaného území je připojení na dobývání neovlivněné území časově příliš náročné. Efektivní řešení tohoto problému však nabízí technologie GPS – Globální polohový systém. Ten je schopen zjistit prostorovou polohu bodů v krátkém časovém úseku a to až s milimetrovou přesností. Technologie GPS, která určuje polohu bodů na základě příjmu signálu z družic, navíc nevyžaduje přímou viditelnost mezi zaměřovanými body. V posledních letech se pro připojení bodů pozorovacích stanic na dobývání neovlivněné území používá statické metody GPS [4].

Jednou z geodetických aplikací, která i u nás prochází dynamickým rozvojem je tzv. RTK (Real Time Kinematic), tedy kinematická metoda řešení v reálném čase [2]. Toto měření automaticky určuje prostorové trojrozměrné (3D) souřadnice měřených bodů. Výpočet prostorových souřadnic měřeného bodu v reálném čase však vyžaduje použití speciální měřicí aparatury vybavené jak po hardwarové tak po softwarové stránce. Zmiňovaným speciálním vybavením aparatury se myslí především radiomodemy zajišťující přenos korekčních dat.

Základní princip metody je založen na vytvoření referenční stanice GPS, která vznikne umístěním aparatury GPS na bodě o známých souřadnicích v geocentrické souřadnicové soustavě WGS-84. Referenční stanice provádí měření ke všem viditelným družicím, změřené vzdálenosti porovnává s vypočtenými hodnotami ze souřadnic bodu, na kterém stojí a souřadnic družic. Referenční stanice převádí tento signál do jiného formátu a tento vysílá pomocí radiomodemu uživatelům ve svém okolí – rovněž v reálném čase. Přímo v roveru (pohyblivá měřicí stanice) dochází k výpočtu potřebných korekcí porovnáním signálu přijatého z referenční stanice se známými souřadnicemi stanoviště [3], [7].

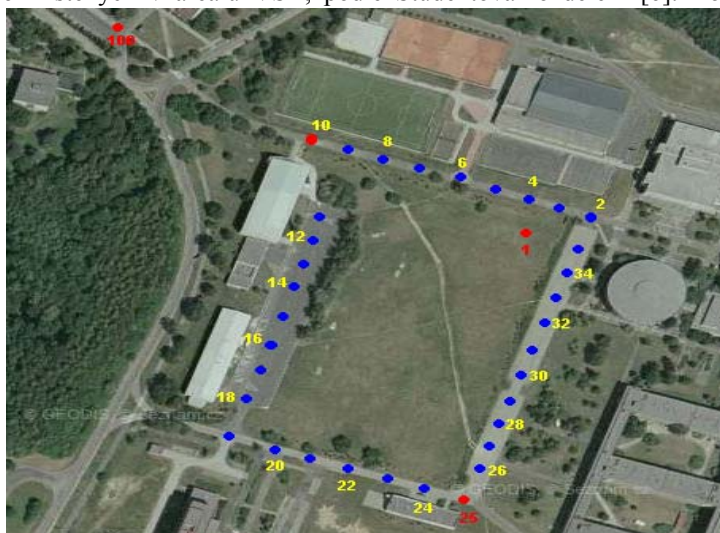
Dostupnost výsledků v reálném čase samozřejmě přináší řadu výhod. Ihned v terénu máme možnost kontroly správnosti provedeného měření. Měřená data můžeme okamžitě nejen prohlížet, ale i editovat a kontrolovat přímo v terénu a nikoliv tak činit až při postprocessingu v kanceláři. Další výhodou je možnost připojit více roverů současně na jednu referenční stanici. Jistým omezujícím faktorem měření je dosah radiomodemu. Při běžném vysílacím výkonu je maximální dosah v otevřené krajině přibližně 2 - 5 km. Problém může způsobit také rušení nebo interference signálu a to jak GPS signálu z družic, tak signálu pro přenos korekčních dat. Jev může nastat při použití jakéhokoliv vysílacího zařízení (např. vysílačky)

¹ Roman Vala, Mgr, VŠB-TU Ostrava, HGF, Institut Geodézie a Důlního Měřictví, 17.listopadu 15, 708 33, Ostrava-Poruba, roman.vala@osu.cz, vata@email.cz
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 11. 4. 2004)

v bezprostřední blízkosti měřících aparatur [1]. Při použití kinematické metody v reálném čase na větší vzdálenosti je také možné data přenášet mobilními telefony. S rostoucí vzdáleností stanic však roste nepřesnost určení korekcí a při použití mobilního telefonu pro přenos korekcí se samozřejmě patřičně zvyšují náklady.

Testování přesnosti RTK měření v závislosti na vzdálenosti od referenční stanice

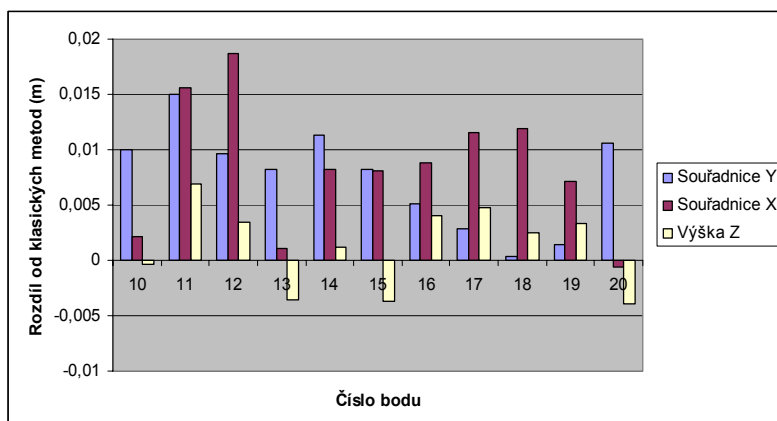
Cílem testování přesnosti bylo zjistit rozdíly v určení souřadnic bodu (především vertikální složky) metodou RTK s rostoucí vzdáleností referenční stanice a zároveň porovnání výsledků měření s klasickými geodetickými metodami. Pro účely testování RTK měření byla vybudována lokální síť 34 bodů rovnoměrně rozmístěných v areálu VŠB, podle Studentova rozdělení [6]. Body byly stabilizovány měřickými hřeby a popsány čísly 2 – 35 (obr. 1). Statickou metodou GPS bylo také zaměřeno 8 „referenčních bodů“. Čtyři body určené pro referenční stanici jsou součástí testovací základny a od zbyvajících bodů jsou ve vzdálenosti 50 - 800 m. Tyto připojené body jsou znázorněny na obrázku 1 červenou barvou a popsány čísly 1, 10, 25 a 100.



Obr. 1. Ukázka rozmístění bodů lokální sítě v areálu VŠB-TU Ostrava.

Fig. 1. Illustration of the placement of points in the local network in the area of the Technical University of Ostrava.

Pro zbylé čtyři referenční body jsem využil a rovněž staticky zaměřil již existující trigonometrické body ve vzdálenostech 2 - 20 km od areálu VŠB. Současně byl vytvořen transformační klíč pro transformaci naměřených souřadnic bodů ze systému WGS 84 do lokálního souřadného systému JTSK. Tento klíč byl určen z bodů, které jsou pravidelně rozmístěny okolo základny (areálu VŠB). Pro měření byla použita GPS aparatura od firmy Leica SR 530 s anténami AT 502. Všechny body testovací základny byly v rámci testování nového digitálního nivelačního přístroje Leica DNA 03 zaměřeny přesným nivelačním pořadem. Poloha všech bodů testovací základny byla určena také klasickými metodami – polygonometricky a rajónem. Poté byl každý bod zaměřen metodou RTK vůči stejné referenční stanici. Doba observace na každém zaměřovaném bodě byla 3 sekundy. Stabilita a svislost výtyčky s anténou byla v době observace kontrolována na libele, která je součástí vybavení roveru. Referenční stanice byla postupně umísťována na vzdálenější již připojené body. Výsledky určených souřadnic bodů metodou RTK jsou porovnávány mezi



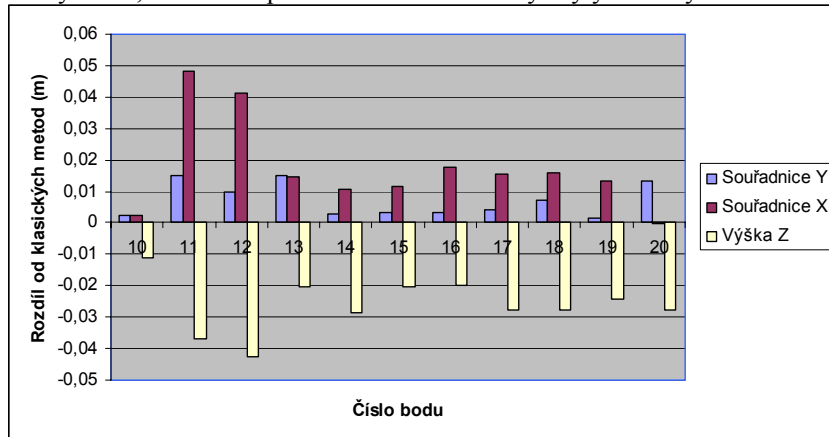
sebou i se souřadnicemi získanými klasickou metodou. Výšky bodů jsou porovnávány s přesnou nivelací provedenou již zmíněným digitálním přístrojem Leica DNA 03.

Obr. 2. Graf přesnosti RTK měření (Referenční bod 1).

Fig. 2. Diagram of the accuracy of the RTK measurement (the reference station 1).

Obr. 1 graficky znázorňuje rozdíly mezi naměřenými hodnotami metodou RTK s použitím radiomodemu vůči referenční stanici č. 1 umístěné uvnitř testovací základny a klasickými geodetickými metodami. Bod č.1 je od zaměřovaných bodů ve vzdálenosti 30 - 300 m. Ze zdrojových dat tohoto grafu vyplývá, že rozdíly v poloze (souřadnicích X a Y) se pohybují od 1 do 2 cm a dosahují maximálních hodnot

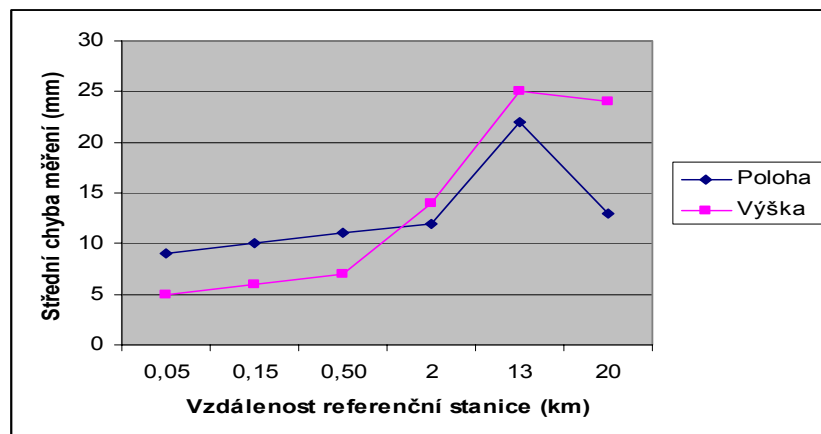
1,8 cm. Je nutno podotknout, že body č. 11 a 12 mají omezený obzor ze západu sportovní halou a vysokými stromy z jihovýchodu (obr. 1). Z těchto důvodů byly roverem při jejich zaměření přijímány signály pouze z 5 z 9 možných družic. Ačkoliv je obecně známo, že GPS měření jsou méně přesná pro určování výšek, testováním byly zjištěny velmi zajímavé hodnoty. Na všech deseti určovaných bodech nepřekročil rozdíl ve výšce 0,7 cm od přesné nivelace a vždy byly rozdíly menší než rozdíly v poloze. Toto bylo



pravděpodobně způsobeno vychýlením výšky s roverem při observaci od přesné vertikální pozice.

Obr. 3. Graf přesnosti RTK měření (Referenční bod 26 vzdálený 20 km)
Fig. 3. Diagram of the accuracy of the RTK measurement (the reference station 26, being 20 km apart).

Obr. 2 opět graficky znázorňuje rozdíly mezi hodnotami naměřenými metodou RTK a hodnotami naměřenými klasickými metodami, tentokrát s využitím referenčního bodu č. 26 vzdáleného 20 km od zaměřovaných bodů. Pro přenos korekcí na tuto vzdálenost byl použit GSM modem Siemens M 20. Z grafu vyplývá, že rozdíly v poloze (souřadnicích X a Y) se pohybují do 2 cm a dosahují maximálních hodnot 4,8 cm. To se ovšem opět jedná o již zmíněné body č. 11 a 12, kde byly přijímány signály pouze z pěti z devíti možných družic. Srovnání s přesnou nivelací vypovídá o rozdílech maximálně 4,1 cm ve výšce (č. 11 a 12) a to na vzdálenost 20 km. Mimo body č. 11 a 12 se rozdíly v poloze pohybovaly vždy do 2 cm.



Výškové srovnání již ukazuje větší rozdíly a to maximálně 2,8 cm.

Obr. 4. Vývoj střední chyby jednoho měření v závislosti na vzdálenosti od referenční stanice.
Fig. 4. Development of the standard error of one measurement in relation to the distance from the reference station.

Z obrázku 3 je patrné, že pro referenční stanice vzdálené 50 - 500 m od zaměřovaných bodů, s použitím radiomodemu, se střední chyby měření nápadně shodují. Střední chyby ve výšce v těchto případech dosahují hodnot 6 mm, což je méně než u polohy, což může být způsobeno stabilizací antény na měřící tyči rukou. S rostoucí vzdáleností dosahovaly střední chyby v poloze 25 mm a to u referenční stanice vzdálené 13 km od zaměřovaných bodů. Při měření s využitím nejvzdálenější referenční stanice, byly přijímány po většinu času signály z 10 družic, což se pozitivně projevilo v přesnosti měření a tím i snížení hodnoty střední chyby měření. Ze zdrojových dat vyplývá, že při RTK měření na vzdálenost 13 i 20 km od referenční stanice, se dosahuje podobných výsledků přesnosti.

Závěr

Skutečná přesnost jakékoliv metody měření je závislá na dodržení technologického postupu tj. eliminace hrubých chyb a omezení vlivu systematických chyb. Analyzovaná přesnost výšky odpovídá běžným podmínkám měření. Měření s referenční stanicí vzdálenou několik metrů od testovací lokální sítě zajistilo maximální přesnost RTK korekcí a rozdíly ve výškách zaměřovaných bodů ve srovnání s přesnou nivelací byly minimální. Výškové odchylky se nacházely v intervalu do 0,7 cm a lze tudíž jakýkoliv bod v okolí referenční stanice zaměřit během 3 sekund s minimálně touto přesností. Jak již bylo zmíněno střední chyby ve výšce při vzdálenostech do 500 m dosahovaly hodnot 6 mm. S rostoucí vzdáleností přesnost měření klesá,

nicméně i na vzdálenost 20 km lze touto metodou zaměřit jakýkoliv bod s přesností 3 - 4 cm. Přesná nivelace je zřejmě přesnější pro měření výšek bodů než metoda RTK, ale tato metoda by mohla být velmi vhodná pro měření poklesů na velkých pozorovacích stanicích s poklesy v řádech cm. V takových oblastech mohou pohyby a deformace vykazovat značnou rychlost i intenzitu a proto se tato metoda nabízí jako efektivní řešení. V současné době se ukazuje jako velmi škodlivá nerovnoměrnost dobývání vyvolána přestávkami na konci týdne při velkých denních postupech porubních stěn (5 - 10 m), která způsobuje zvětšení důlních škod na objektech neustálým zrychlováním a zpomalováním pohybu povrchu. Prokázání velikosti tohoto nerovnoměrného pohybu vyžaduje jednodenní interval měření v zájmovém území. Měření na poddolovaném území však vyžaduje připojovat měření na nepoddolované území, k čemuž je měření metodou GPS velmi vhodné. Přijatelná přesnost metody RTK pak umožňuje zaměřit větší počet bodů pozorovací stanice v krátkém časovém intervalu a její využití je velmi efektivní při zkoumání dynamických vlivů poddolování na povrch. Z výsledků testu RTK je patrné, že tato metoda není vhodná pouze pro mapování a vytyčování, při budování a doplňování bodových polí, ale i pro sledování pohybů a deformací (poklesů). Měření vůči referenční stanici vzdálené x km od zaměřovaných bodů nám např. umožní umístit referenční stanici mimo poddolované území a zaměřovat svislé pohyby i vodorovné posuny v reálném čase.

Literatura

- [1] Gerdan, G., Coombe, L., Takac, F.: The effects of RF interference, multipath and signal obstruction on the GPS observables. *A technical report prepared for The State Data Center-Number SDC95/1. Melbourne.*
- [2] Jindra, D.: GPS v dnešní geodetické praxi. *Zeměměřič plus, 1, č. 3, 1999.*
- [3] Langley, B.: RTK GPS. *GPS World, 9, č.9.1998.*
- [4] Schenk, J.: Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině, *Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 176 s. ISBN 80-248-1059-X.*
- [5] Novák, J.: Vlivy poddolování a ekologie hornické krajiny, *učební texty, Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 1988.*
- [6] Bohm, J., Radouch, V., Hampacher, M.: Teorie chyb a vyrovnávací počet, *Praha, Geodetický a kartografický podnik Praha, 1990, ISBN 80-7011-056-2.*
- [7] Bureš, J., Kratochvíl, R., Švábenský, O., Weigel, J.: Testování metody RTK na VUT v Brně, *příspěvek na konferenci Družicové metody v geodézii, Brno, 2006, ISBN 80-86433-35-8*