

**Slovenská technická univerzita  
v Bratislave  
Stavebná fakulta**

Študentská vedecká konferencia  
Akademický rok 2011/2012

**Čo sa skrýva za meraniami v SKPOS  
alias  
užitočný nástroj na analýzu RTK meraní**

Meno Priezvisko študenta: Bc. Karol Smolík  
Ročník a program/odbor štúdia: 1. ročník, geodézia a kartografia  
Vedúci práce: Ing. Branislav Droščák, PhD.,  
Ing. Miroslava Igondová, PhD.  
Katedra: geodetických základov

Bratislava 18. Apríl 2012

**Slovenská technická univerzita  
v Bratislave  
Stavebná fakulta**

Študentská vedecká konferencia  
konaná 18. apríla 2012  
Sekcia: globálna a fyzikálna geodézia

Čo sa skrýva za meraniami v SKPOS alias užitočný nástroj na  
analýzu RTK meraní.

What is hidden behind the measurements in SKPOS alias  
useful tool for analysis of RTK measurements.

**Autor práce:**

Ročník/stupeň štúdia:

Študijný program:

Vedúci práce:

Katedra:

**Bc. Karol Smolík**

1. ročník/ 2. stupeň štúdia

geodézia a kartografia

Ing. Branislav Droščák, PhD.,

Ing. Miroslava Igondová, PhD.

geodetických základov

**Anotácia:**

Práca sa zaoberá fungovaním Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS), popisuje jej infraštruktúru, referenčné stanice a výstupy zo spracovateľského a riadiaceho softvéru. Výsledkom práce je webová aplikácia umožňujúca správcovi siete monitorovať službu na základe sledovania vykonaných RTK meraní, napr. analýzou ich závislosti od rôznych faktorov, ako stav ionosféry, počet družíc a pod. Aplikácia prináša nové poznatky o fungovaní siete, čím napomáha ku skvalitneniu služby.

**Annotation:**

The work deals with the Slovak Real-Time Positioning Service (SKPOS), describes its infrastructure, reference stations and outputs from the processing and administrative software. The result web application allows to its administrator service monitoring, which is based on performance of RTK measurements, e.g. by analyzing their dependence on various factors such as the state of the ionosphere, number of satellites etc. The application provides us the new information about the network operation, which helps in the service quality improvement.

# Čo sa skrýva za meraniami v SKPOS alias užitočný nástroj na analýzu RTK meraní.

Bc. Karol Smolík; smolik.karol@gmail.com

## Úvod

Slovenská priestorová observačná služba so svojou infraštruktúrou permanentných staníc GNSS reprezentuje aktívne geodetické základy Slovenska a predstavuje dôležitú súčasť Štátnej priestorovej siete, ktorou je realizovaný referenčný systém ETRS89 na Slovensku. Aj z týchto dôvodov je potreba službu neustále monitorovať a kontrolovať jej kvalitu. Jedným z takýchto nástrojov na kontrolu kvality môže byť napr. výsledok tejto práce – aplikácia na monitorovanie SKPOS na základe vykonaných meraní. Základnými vstupnými dátami pre aplikáciu sú NMEA GGA správy, ktoré nám poskytujú informácie o RTK meraniach. Aplikácia umožňuje správcovi SKPOS sledovať používanie služby, monitorovať a vykonávať analýzy závislosti inicializačných časov od rôznych faktorov. Medzi tieto faktory patrí aj vplyv ionosféry, ktorej monitorovanie naberá na záujme hlavne z dôvodu očakávaného maxima v roku 2013. Aplikácia skvalitňuje službu, prináša nové skúsenosti a dôležité poznatky pre správcu siete.

## 1 SKPOS – Slovenská priestorová observačná služba

Zákon č. 423/2003 Z. z. z 22. septembra 2003, ktorým sa mení a dopĺňa zákon Národnej rady Slovenskej republiky č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii a o zmene a doplnení zákona č. 455/1991 Zb. o živnostenskom podnikaní (živnostenský zákon) v znení neskorších predpisov sa permanentná služba globálnych navigačných systémov definuje ako sieť kooperujúcich staníc, ktorá spracúva a v reálnom čase poskytuje geocentrické súradnice na presnú lokalizáciu objektov a javov.

### Infraštruktúra SKPOS

Slovenská priestorová observačná služba je vybudovaná na nasledujúcich pilieroch (web gku.sk):

- Legislatíva (zákony, smernice, štandardy, ...),
- Sieť referenčných staníc na príjem signálov GNSS umiestnených na geodetických bodoch,
- Národné servisné centrum, zriadené u správcu geodetických základov v Geodetickom a kartografickom ústave v Bratislave,
- Virtuálna privátna sieť rezortu ÚGKK SR (WPS-WAN), slúžiaca na prenos dát z referenčných staníc do Národného servisného centra.

### 1.1 Sieť referenčných staníc

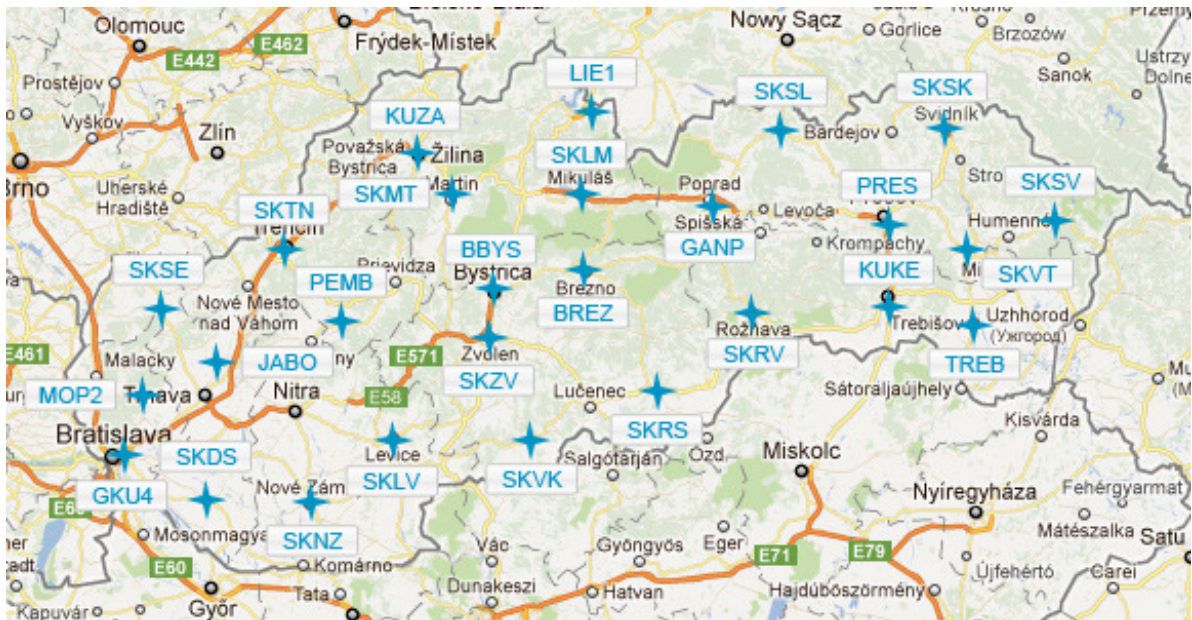
Na geodetických bodoch sú metódou nútenej centrácie pomocou centračnej tyče vysokej 38cm, prípadne 28cm osadené antény GNSS prístrojov (obr. 1). Stanice sú vybudované na nosných častiach striech budov (22 bodov) alebo na pilieroch hĺbkovou

stabilizáciou, spĺňajúce kritéria pre geodynamické body (5 bodov). Aktuálne rozmiestnenie staníc je znázornené na obr. 2. Stanice sú vybavené prijímačmi Trimble NetR5 alebo Trimble NetR8 a anténou Zephyr Geodetic Model 2 umožňujúcich prijímať signály L1, L2, L2C a L5 z družíc GPS a L1 a L2 z družíc GLONASS. Prístroje umožňujú priame pripojenie na rezortnú WAN sieť cez port RJ45 s vlastnou IP adresou (Ferianc a kol., 2007).



Obr. 1 Stabilizácia bodov SKPOS (Droščák, 2010)

Referenčné stanice SKPOS tvoria A triedu bodov Štátnej priestorovej siete a zabezpečujú on-line realizáciu národného referenčného súradnicového systému ETRS89. Poloha referenčných staníc je vypočítaná vedeckým softvérom Bernese. Všetky referenčné stanice boli pripojené presnou niveláciou k Štátnej nivelačnej sieti, čo umožnilo ich určenie v systéme Bpv (Droščák, 2010).



Obr. 2 Mapa referenčných staníc SKPOS (stav ku 4.4.2012)

## 1.2 Národné servisné centrum

Národné servisné centrum SKPOS zabezpečuje všetky činnosti spojené s prevádzkou služby. Teda správu referenčných staníc, ich monitorovanie, zhromažďovanie a zálohovanie

dát, sledovanie chodu spracovateľského softvéru zabezpečujúceho generovanie korekcií pre jednotlivé služby, registráciu používateľov a monitorovanie kvality služieb (Ferianc a kol., 2007).

Prevažná väčšina činnosti sa zabezpečuje pomocou riadiaceho a spracovateľského softvéru. Od spustenia služby do 10.11.2011 to bol softvér Trimble GPSNet, od nasledujúceho dňa dodnes je to softvér Trimble VRS3Net. Riadiaci softvér zabezpečuje sieťové riešenie v koncepte VRS (virtuálna referenčná stanica) – rover pošle približnú polohu zo svojho riešenia vo forme GGA správy v NMEA štandarde, riadiaci softvér vygeneruje virtuálnu referenčnú stanicu v blízkosti rovera, ktorý následne prijíma korekcie vzhľadom na túto virtuálnu stanicu. Do sieťového riešenia služby je pripojených všetkých 27 ref. staníc + vhodné stanice zo zahraničia.

## Poskytované služby

SKPOS poskytuje tri základné služby, a to: diferenciálne korekcie pre kódové merania v reálnom čase, diferenciálne korekcie pre fázové merania v reálnom čase, a dodatočné spracovanie (post-processing) kódových a fázových meraní (tab. 1).

- Služba *SKPOS-dm* zabezpečuje poskytovanie diferenciálnych korekcií pre kódové merania. Jej presnosť je na úrovni niekoľkých decimetrov. Korekcie sú generované v koncepte VRS, vo formáte RTCM 2.3.
- Služba *SKPOS-cm* zabezpečuje poskytovanie diferenciálnych korekcií pre fázové merania. Je poskytovaná prostredníctvom sieťového riešenia v koncepte VRS. Korekcie sú poskytované prostredníctvom internetového pripojenia GPRS cez protokol NTRIP. Presnosť služby: 2 - 4 cm.
- Služba *SKPOS-mm* slúži na dodatočné spracovanie kódových alebo fázových meraní. Dáta sú poskytované vo formáte RINEX 2.11. Službou je možné dosiahnuť sub-centimetrovú presnosť.

Tab. 1 Služby SKPOS (podľa gku.sk web)

Služba	Formát korekcií
<b>SKPOS-dm</b>	RTCM 2.3
<b>SKPOS-cm</b>	RTCM 2.3
	RTCM 3.1
	RTCM CMR
<b>SKPOS-mm</b>	RINEX 2.11

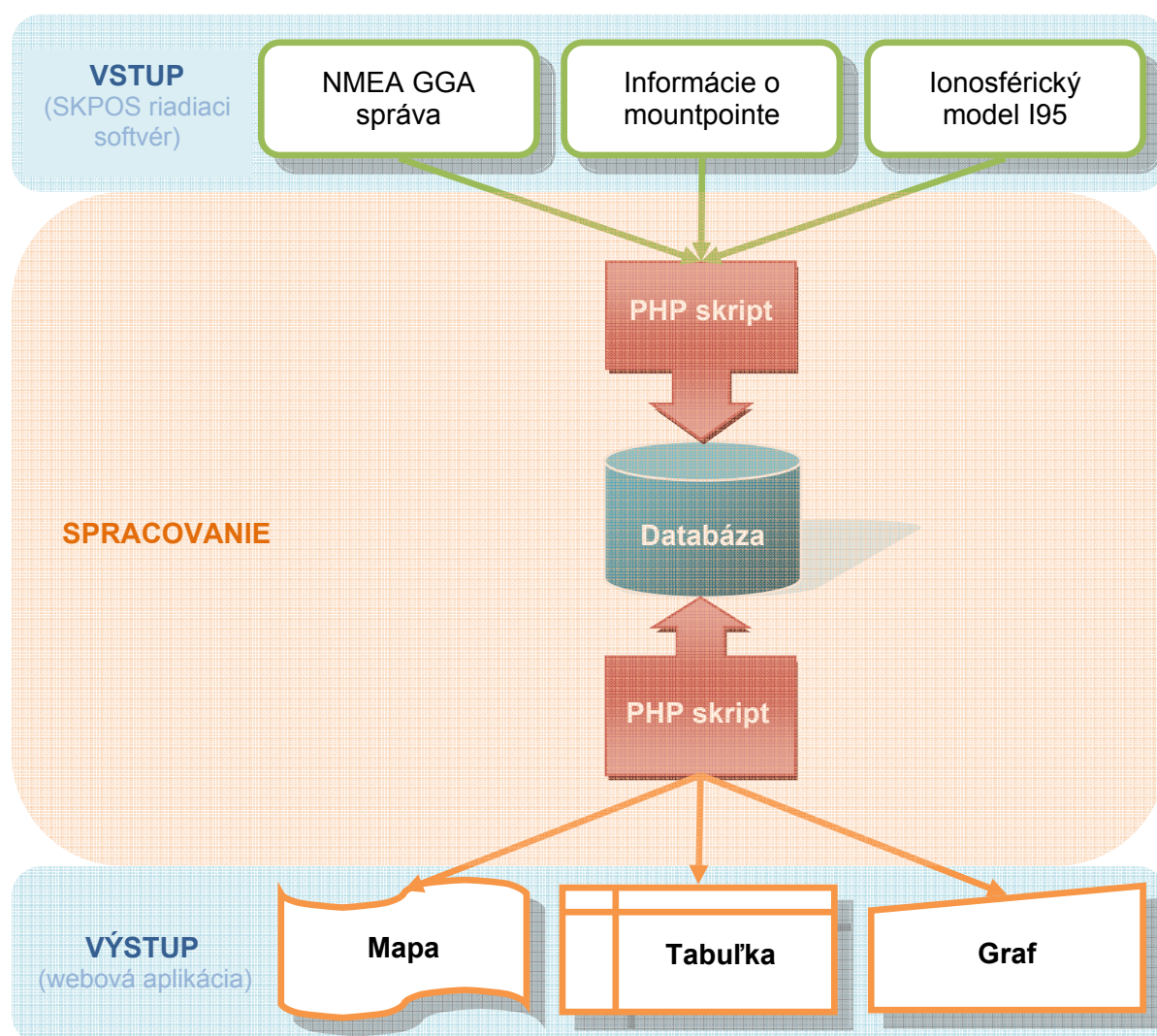
### 1.3 Virtuálna privátna sieť WPS-WAN

Z dôvodu potreby kvalitnej a stabilnej komunikácie medzi referenčnými stanicami a servisným centrom, je väčšina ref. staníc umiestnená v blízkosti Správ katastra, ktoré sú pripojené na rezortnú virtuálnu privátnu sieť (VPS). K externým stanicam je VPS vybudovaná najmä cez pevné pripojenia (Ferianc a kol., 2007).

## 2 Aplikácia – Monitoring SKPOS na základe RTK meraní užívateľov

Výsledkom práce je webová aplikácia slúžiaca pre správcu SKPOS na monitorovanie služby na základe analýzy užívateľov, ich inicializačných časov, na zobrazenie závislosti inicializačných časov od stavu ionosféry, tvorbu máp zobrazujúcich využívanie RTK meraní alebo na tvorbu grafov inicializačných časov.

Aplikácia je napísaná v programovacom jazyku PHP, rozhranie cez HTML/CSS a na ukladanie dát je využitá databáza MySQL. Aplikáciu je možné rozdeliť na dve základné časti, a to na skript na načítanie vstupných dát a ich uloženie do databázy, a samotnú aplikáciu čerpajúcu dáta z už vytvorenej a naplnenej databázy. Schéma riešenia úlohy je znázornená na obr. 3.



Obr. 3 Schéma riešenia úlohy

## 2.1 Analýza vstupných dát

Načítanie vstupných dát je zabezpečované PHP skriptom, ktorý raz denne načíta a spracuje:

- NMEA GGA správu
- Informácie o použitých mountpointoch
- Graf ionosférického modelu I95

Všetky tieto dáta sú výstupom z riadiaceho a spracovateľského softvéru SKPOS. Najdôležitejším úkonom je načítanie NMEA GGA správ. Tieto správy sú doplnené o meno užívateľa a dĺžku trvania inicializácie (obsah GGA správy je špecifikovaný v nasledujúcej kapitole 2.1.1). Skript najskôr načíta a skontroluje celý obsah správy, odfiltruje nesprávne a neúplné údaje, následne odstráni iné ako \$GPGGA správy. Potom v rámci jedného užívateľa vyhľadáva riadok, ktorý ako prvý obsahuje v časti Fix status hodnotu 4, teda moment, kedy softvér v prijímači užívateľa vypočítal ambiguity . Údaje v tomto riadku skontroluje, a ak sú správne a úplne, uloží ich do databázy.

### 2.1.1 NMEA protokol

NMEA je štandard protokolu pre komunikáciu medzi námornými elektronickými zariadeniami typu sonar, autopilot, gyrokompas, GNSS prijímač a mnoho ďalších iných prístrojov. Bol definovaný v roku 1983 a je pod správou neziskovej organizácie National Marine Electronics Association. NMEA štandard používa jednoduchý ASCII a sériový komunikačný protokol, ktorý definuje, ako sú v čase dáta prenášané od vysielateľa k prijímaču. NMEA správa pozostáva z radov údajov, tzv. viet, ktoré sú navzájom nezávislé. Pre každý typ zariadenia je zadefinovaný formát viet. Každá veta začína dvojpísmenovým prefixom, ktorý určuje, ktoré zariadenie ju využíva (pre GPS prefix GP). Nasledujú tri písmena, ktoré definujú obsah viet (napr. GGA – Inicializačné dáta). Každá veta začína znakom \$ a nesmie byť dlhšia ako 80 znakov. Údaje obsiahnuté v jednej vete sú od seba oddelené čiarkou (web [gpsinformation.org](http://gpsinformation.org)).

### GGA správa

GGA správy patria medzi najdôležitejšie NMEA vety, obsahujú inicializačné dáta GNSS meraní (obr. 4). Štruktúra GGA správy je zobrazená v Tab. 2.

```
$GPGGA,153725.00,4826.57313,N,01712.1181045,E,1,13,0.8,408.883,M,42.34,M,,*6F
$GPGGA,095430.00,4846.77378,N,01836.4038814,E,2,07,1.1,265.749,M,43.29,M,,*78
$GPGGA,122726.00,4911.44735,N,02027.4511912,E,4,12,1.4,665.231,M,0.00,M,,0*5F
$GPGGA,090433.00,4636.17818,N,01851.1058655,E,4,10,1.4,224.845,M,42.12,M,,*78
$GPGGA,112431.00,4447.44338,N,01712.4543127,E,1,08,1.1,321.584,M,43.65,M,,*5F
$GPGGA,153134.00,4645.62367,N,01851.6018141,E,2,19,1.5,467.487,M,42.17,M,,*6F
$GPGGA,081423.00,4555.81518,N,01887.1018123,E,5,09,1.1,312.217,M,43.42,M,,*65
```

Obr. 4 Príklad GGA správ vo formáte NMEA

Tab. 2 Štruktúra GGA správy (web aprs.gids.nl) (web gpsinformation.org)

Názov	Príklad	Popis
<b>Sentence Identifier</b>	\$GPGGA	Globálny polohový systém inicializačné dáta
<b>Time</b>	153725.00	GPS čas (hhmmss.ss)
<b>Latitude</b>	4826.5731379,N	Zem. šírka (ddmm.mmmm,N)
<b>Longitude</b>	01712.1181045,E	Zem. dĺžka (dddmm.mmmm,E)
<b>Fix Quality</b>	1	Stav inicializácie: 0 = invalid 1 = GPS fix (SPS) 2 = DGPS fix 3 = PPS fix 4 = Real Time Kinematic 5 = Float RTK 6 = estimated (dead reckoning) 7 = Manual input mode 8 = Simulation mode
<b>Satellites used</b>	13	Počet družíc
<b>HDOP</b>	0.80	Relatívna presnosť v horizontálnej polohe
<b>Altitude</b>	408.8838,M	Elipsoidická výška v metroch
<b>Height of geoid</b>	42.34,M	Výška geoidu nad elipsoidom v metroch
<b>DGPS update</b>	blank	Čas od poslednej DGPS korekcie (s)
<b>DGPS reference station id</b>	blank	ID referenčnej stanice
<b>Checksum</b>	*6F	Kontrola chýb pri prenose dát

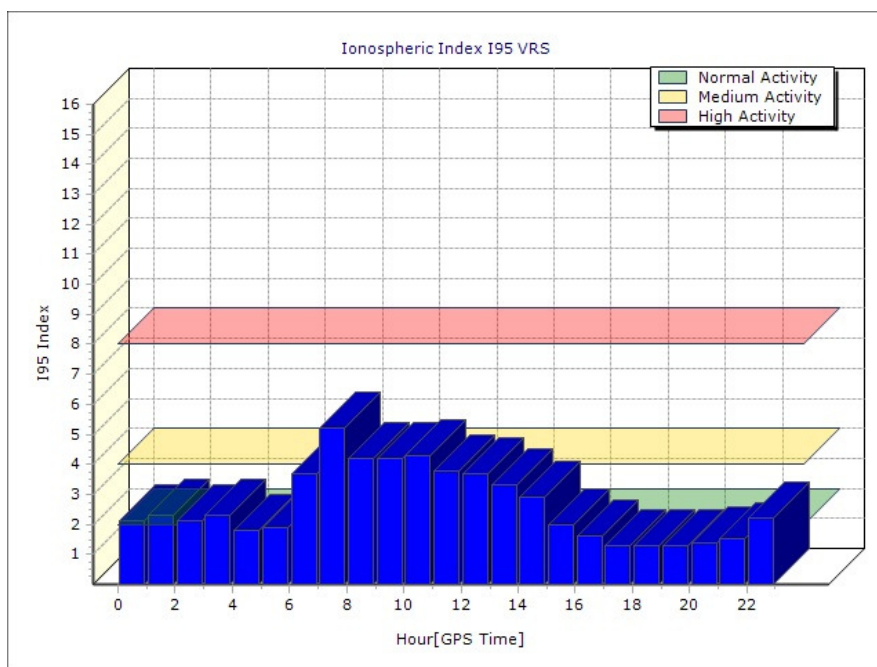
Okrem GGA správy, skript uloží do databázy aj použitú prístupovú službu (mountpoint) jednotlivých užívateľov a z riadiaceho softvéru prevezme graf ionosférického modelu I95 (obr. 5) pre celý deň s hodinovým intervalom. Tento graf zmenší a uloží do lokálneho priečinku.

### 2.1.2 Graf ionosférického modelu I95

Ionosféra je ionizovaná časť atmosféry významne ovplyvňujúca šírenie elektromagnetických signálov. Ionosféra sa nachádza vo výške približne od 70 km do 1000 km (podľa ufa.cas.cz web). Ide o disperzné prostredie, čo znamená, že prechádzajúce elektromagnetické vlnenie (družicové signály) podlieha zmenám v rýchlosti a smere jeho šírenia v dôsledku variácie elektrónov a nabitých častíc, a to rozdielne pre kódové a fázové merania. Z uvedeného vyplýva, že ionosféra negatívne ovplyvňuje absolútne aj relatívne merania. Na modelovanie a odhad reziduálnych chýb spôsobených ionosférou sa využíva model ionosférického indexu I95. Ionosférický model I95 odráža intenzitu ionosférickej činnosti, t.j. očakávaných vplyvov na určenie polohy pomocou GNSS. Do výpočtu modelu vstupuje 95% najlepších hodnôt, teda 5% najhorších hodnôt je vylúčených (Droščák, 2012).



Model I95 je generovaný riadiacim softvérom vo forme stĺpcového grafu pre celú sieť s hodinovým intervalom (obr. 5).



Obr. 5 Stav ionosféry – model I95

I95 Index:

- 0-2 – zanedbateľné ionosférické poruchy
- 2-4 – slabé ionosférické poruchy
- 4-8 – silné ionosférické poruchy
- 8 – veľmi silné ionosférické poruchy

## 2.2 Aplikácia – výstupy

Samotná aplikácia je prístupná prostredníctvom webového rozhrania v ktoromkoľvek prehliadači. Aplikácia je vyhotovená v dvoch jazykových mutáciách: v slovenčine a v angličtine. V pláne je spustenie aplikácie na intranete u správcu SKPOS, v budúcnosti je možné uvažovať o obmedzenom sprístupnení pre samotných užívateľov.

Aplikácia umožňuje správcovi siete (podľa Droščák a Smolík, 2012):

- Monitorovanie služby:
  - monitorovanie inicializačných časov SKPOS užívateľov,
  - sledovanie vplyvu ionosféry na inicializačné časy,
  - sledovanie používania služby (tvorba máp zobrazujúcich využívanie RTK meraní),
  - vyhľadávanie oblastí so slabším výkonom RTK meraní,
  - štatistické účely.
- Prezentáciu – reklamu služby:
  - grafy/obrázky pre prezentácie.

Po spustení aplikácie sa nám zobrazí užívateľské rozhranie (obr. 6), kde je nutné vybrať určité nastavenia podľa toho, čo chceme monitorovať. Minimálne je potreba vybrať časové obdobie, teda dátum od – do. Ďalej je možnosť filtrovať výstupy podľa:

- užívateľa
- času (od – do)
- inicializačného času (od – do)
- počtu satelitov (od – do)
- prístupových služieb (mountpointov)



Obr. 6 Užívateľské rozhranie aplikácie

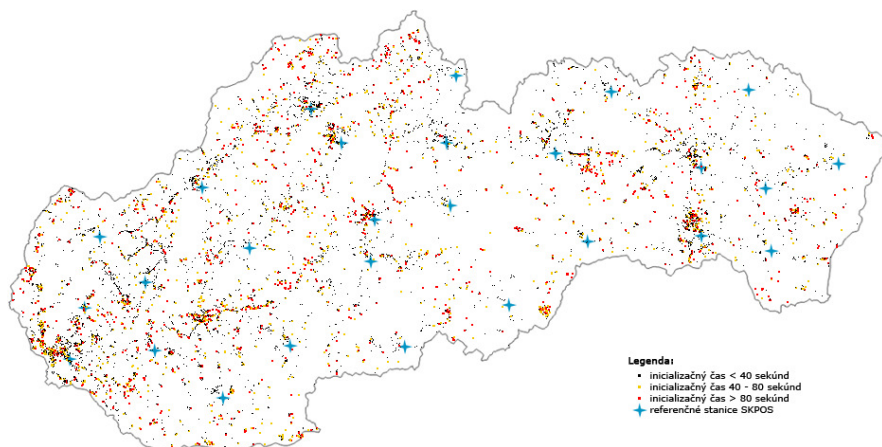
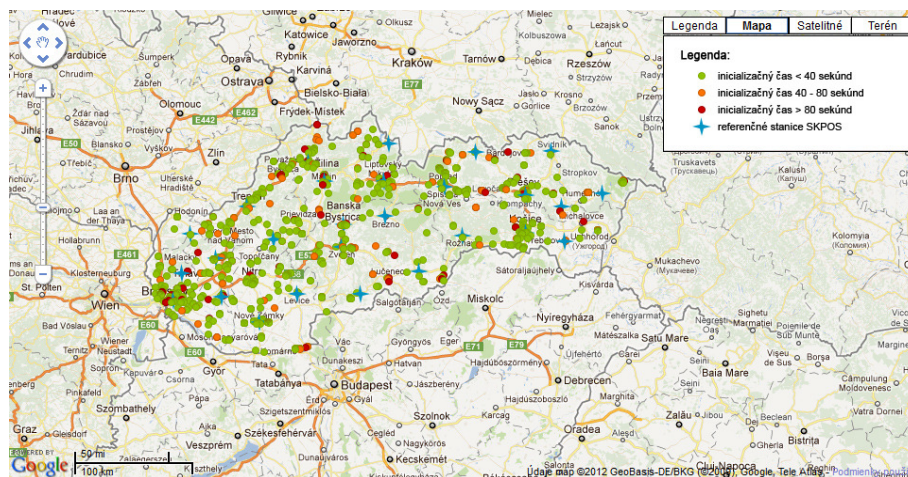
Aplikácia umožňuje 3 typy výstupov, ktoré sú filtrované podľa zadaných nastavení:

- mapu prístupov RTK užívateľov
- tabuľku s informáciami
- graf inicializačných časov + štatistické informácie + graf ionosféry I95

### 2.2.1 Mapa zobrazujúca využívanie RTK meraní

Podľa zadaných kritérií sa zobrazí dynamická alebo, pre väčšie množstvo dopytov, statická mapa využívania RTK meraní (obr. 7). Teda mapa zobrazujúca polohu užívateľov v momente, keď začali prijímať RTK korekcie. Dynamická mapa je založená na Google Maps API a okrem štandardnej mapovej vrstvy obsahuje aj satelitnú a terénnu vrstvu. V mape je možnosť zobrazenia referenčných staníc SKPOS, napr. na sledovanie závislosti inicializačných časov od vzdialenosti k referenčným staniciam. Prístupy sú znázornené farebnou škálou podľa inicializačných časov:

- ● - inicializačné časy 0-40 sekúnd
- ● - inicializačné časy 40-80 sekúnd
- ● - inicializačné časy nad 80 sekúnd



Obr. 7 Dynamická a statická mapa využívania RTK meraní v SKPOS

## 2.2.2 Tabuľka s informáciami o užívateľoch a ich meraniach

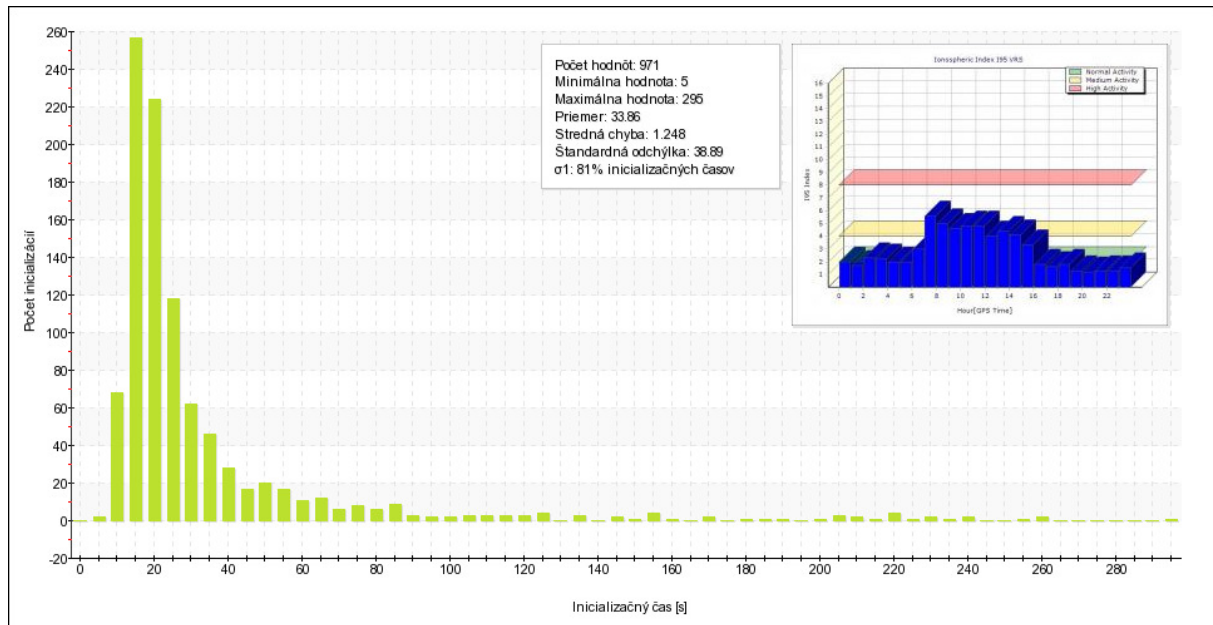
Tabuľka poskytuje všetky informácie z NMEA GGA správ a informácie o mountpointoch (obr. 8). V tabuľke je možno vyhľadávať a zoraďovať podľa jednotlivých prvkov v hlavičke.

Užívateľ	Dátum	Čas (SEČ)	Inicializačný čas [s]	Počet satelitov	MountPoint
uzivatel1	15.11.2011	7:09:01	22	13	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	9:17:00	22	14	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	9:37:24	21	9	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	10:20:11	22	14	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	10:21:29	12	16	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	10:39:54	32	14	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	11:11:47	22	14	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	11:19:43	22	14	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	11:21:43	23	12	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	11:29:26	22	15	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	11:30:33	22	15	SKPOS_CM_2.3
uzivatel1	15.11.2011	11:32:19	33	15	SKPOS_CM_2.3
uzivatel2	15.11.2011	11:38:07	13	15	SKPOS_CM_3.0
uzivatel2	15.11.2011	11:39:12	17	15	SKPOS_CM_3.0
uzivatel2	15.11.2011	11:41:02	12	14	SKPOS_CM_3.0
uzivatel2	15.11.2011	11:46:37	22	15	SKPOS_CM_3.0
uzivatel2	15.11.2011	11:51:12	22	14	SKPOS_CM_3.0

Obr. 8 Tabuľka s informáciami o užívateľoch

## 2.2.3 Graf inicializačných časov

Pre vybrané kritériá sa vytvorí graf znázorňujúci inicializačné časy a ich početnosť. Ak je vybrané obdobie jeden deň, do grafu sa preberie aj graf ionosférického modelu I95. Z hodnôt sa vypočítajú a zobrazia štatistické údaje ako: minimálna a maximálna hodnota, priemer, stredná chyba a štandardná odchýlka.



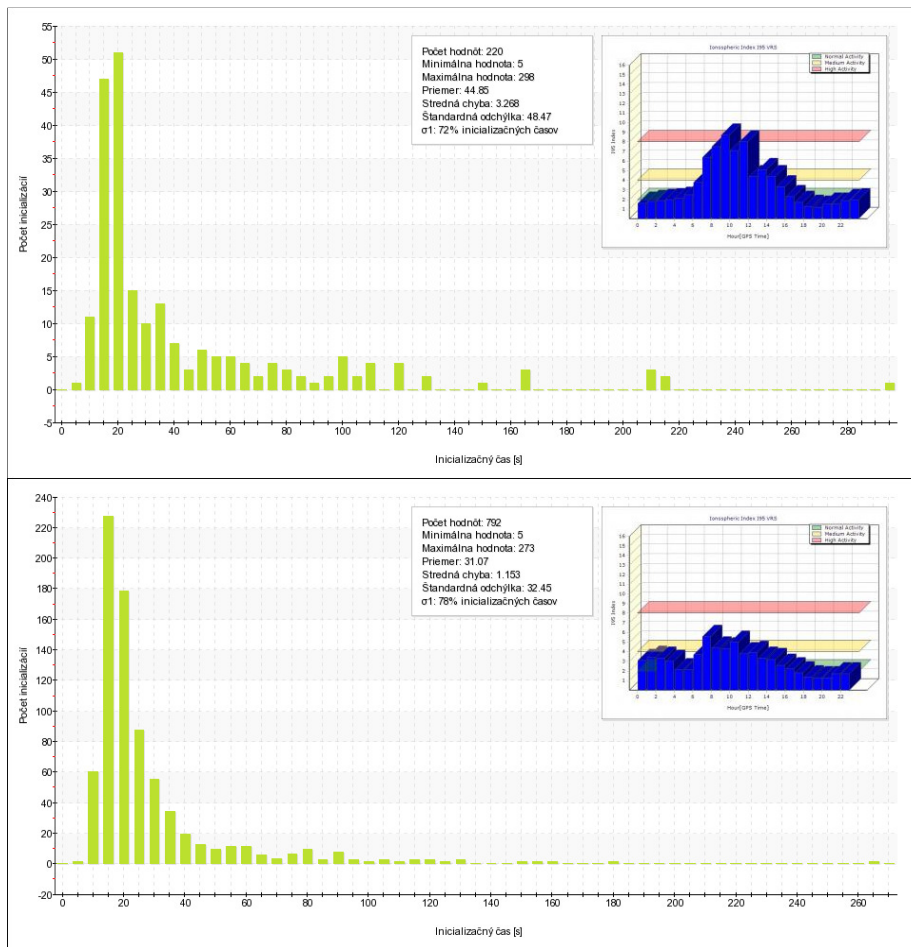
Obr. 9 Graf inicializačných časov + graf ionosférického modelu I95

## 3 Použitelnosť v praxi

V nasledujúcej kapitole popíšem niektoré možnosti využitia aplikácie v praxi. Vo všetkých uvažovaných prípadoch sa analýzy vykonávajú na reprezentatívnej vzorke dát za mesiac november 2011 – tento mesiac bol poznačený zvýšeným vplyvom ionosféry, čo malo za následok globálne zvýšenie inicializačných časov.

### 3.1 Monitorovanie vplyvu ionosféry na RTK merania

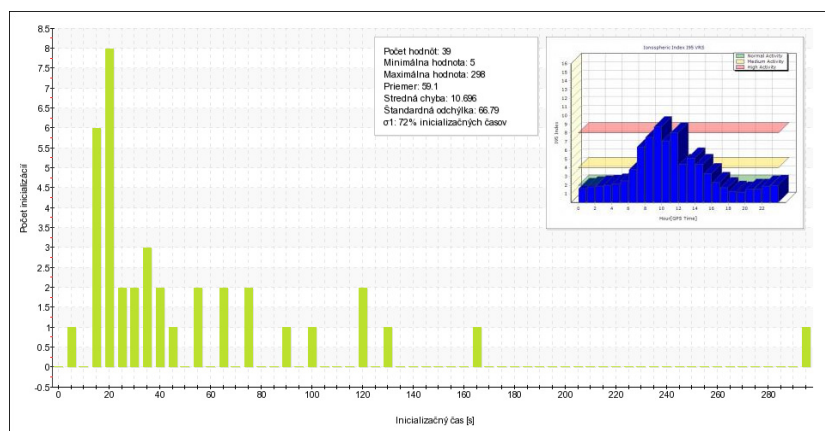
Ako už bolo spomenuté v kapitole 2.1.2 slnečná aktivita spôsobuje poruchy v ionosfére, ktoré výrazne ovplyvňujú všetky GNSS merania. Tomuto faktoru sa v poslednej dobe venuje zvýšený záujem, keďže sa blížíme k novému maximu slnečnej aktivity, ktorého vrchol sa predpokladá v roku 2013. Okrem ostatných prejavov, zvýšený stav ionosféry negatívne ovplyvňuje inicializačný čas potrebný na fixáciu, t.j. čas potrebný na vyriešenie ambiguit od spustenia merania (Droščák, 2012). Na overenie reálnosti tohto predpokladu je možné použiť vytvorenú aplikáciu, kde porovnáme hodnoty inicializačných časov pre dni s rozdielnym stavom ionosférickej aktivity. Za deň s vysokými hodnotami ionosférickej aktivity bol zvolený deň 12.11.2011 a za deň s priemernými hodnotami ionosféry deň 22.11.2011. Grafy inicializačných časov a stavov ionosféry pre jednotlivé dni sú zobrazené na obr. 9.



Obr. 9 Inicializačné časy a stav ionosféry pre 12.11.2011 (hore) a 22.11.2011 (dole)

Z obr. 9 je zrejmé, že vyslovený predpoklad o vplyve ionosféry na RTK merania je správny. Priemerná hodnota inicializačného času z vysokým stavom ionosférickej aktivity je väčšia (45s) ako hodnota s priemerným stavom ionosféry (31s).

Na grafe ionosférickej aktivity pre deň 12.11.2011 je vidno, že najvyššie hodnoty ionosféry boli dosiahnuté v rozmedzí 9 – 10 hodiny. V aplikácii obmedzíme výber hodnôt času od 9 do 10 hodiny a vygenerujeme graf (obr. 10).

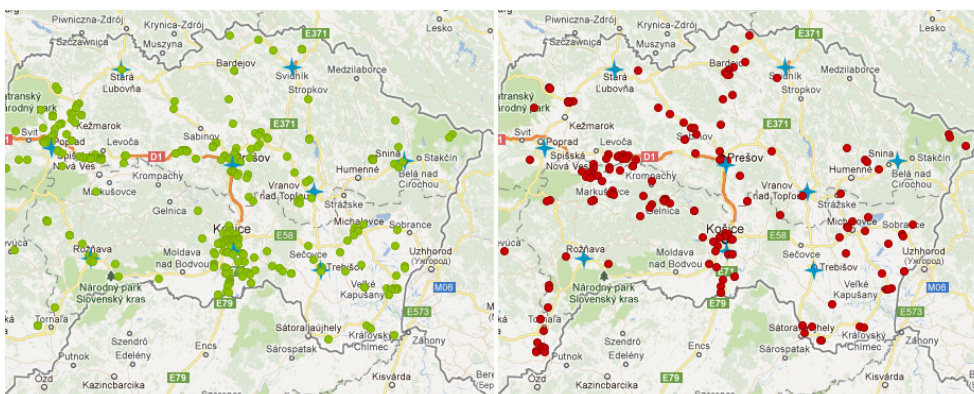


Obr. 10 Inicializačné časy pre deň 12.11.2011 a hodiny 9 – 10

Priemerná hodnota inicializačných časov obmedzená pre jednu hodinu s najvyšším vplyvom ionosféry je výrazne vyššia (59s) ako priemerná hodnota za celý inkriminovaný deň (45s). Táto skutočnosť takisto potvrdzuje vyslovený predpoklad.

### 3.2 Vplyv vzdialenosti RTK merania od referenčných staníc na inicializačné časy

Ďalším možným využitím aplikácie je analýza vplyvu vzdialenosti RTK merania od referenčných staníc na inicializačné časy. Vyslovme predpoklad, že merania s nižšími inicializačnými časmi sa nachádzajú bližšie k referenčným staniciam ako merania s vyššími inic. časmi. Pre lepšiu grafickú názornosť výsledkov sa obmedzíme na územie východného Slovenska. Na obr. 11 vľavo sú zobrazené RTK merania za mesiac november 2011, ktorých inic. časy sú menšie ako 15s a v pravo RTK merania za totožné obdobie s inic. časmi väčšími ako 200s. Referenčné stanice sú znázornené modrou hviezdou.



Obr. 11 Vplyv vzdialenosti RTK užívateľov od ref. staníc na inicializačné časy

Vyslovený predpoklad nemôžeme jednoznačne prijať, ale z obr. 11 je možné pozorovať určitú závislosť, t.j. merania s nízkymi inic. časmi sa nachádzajú vo väčšej miere v blízkosti referenčných staníc ako merania s vysokými inic. časmi.

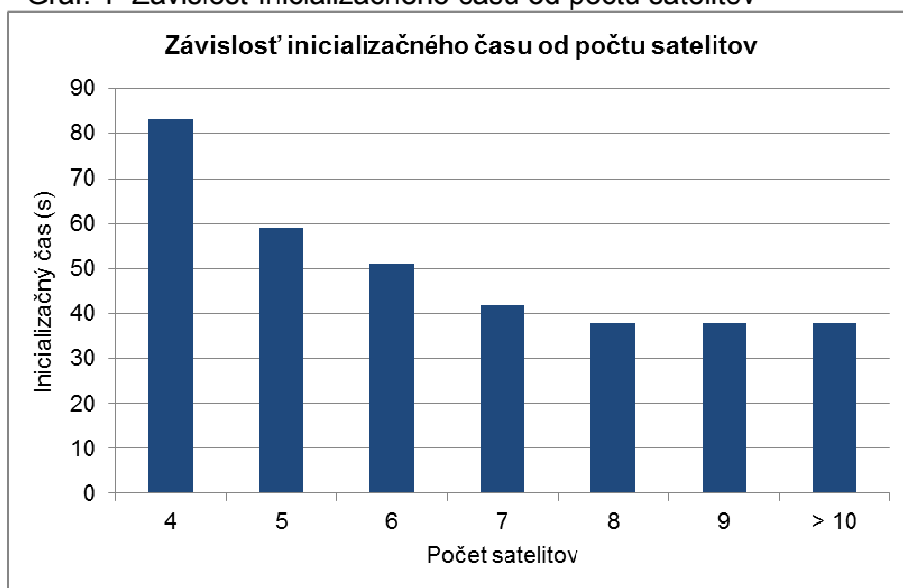
### 3.3 Závislosť inicializačného času od počtu satelitov

Túto závislosť môžeme jednoducho zanalyzovať a to tak, že postupne obmedzíme výstupy z aplikácie na príslušný počet satelitov. Tab. 3 a Graf 1 obsahujú priemerné hodnoty inicializačných časov a početnosť RTK meraní pre určitý počet satelitov. Údaje sú generované pre sledované obdobie mesiaca november 2011, kde celkový priemer inic. časov bol 40s.

Tab. 3 Závislosť inicializačného času od počtu satelitov

Počet satelitov	Priemer inic. časov (s)	Početnosť hodnôt
4	83	53
5	59	452
6	51	1 216
7	42	2 090
8	38	2 613
9	38	1 740
> 10	38	9 825

Graf. 1 Závislosť inicializačného času od počtu satelitov



Túto závislosť môžeme jednoznačne potvrdiť pri RTK meraniach s príjmom signálu do 8 satelitov, kde inicializačné časy s narastajúcim počtom satelitov výrazne klesajú. Od príjmu 8 satelitov a viac, nadobúdajú inic. časy konštantné hodnoty a spomínaná závislosť sa už neprejavuje.

### 3.4 Závislosť inicializačného času od prístupovej služby (mountpointu)

SKPOS umožňuje zasielanie korekcií vo formáte CRM, RTCM 2.3 a RTCM 3.1, ktorý je rozšírený o správy 1030 a 1031. Tieto správy obsahujú extra informácie o zvyškových sieťových chybách, a tak napomáhajú k eliminácii negatívneho vplyvu spôsobeného aktivitou ionosféry (Droščák, 2012). Tab. 4 obsahuje priemerné hodnoty inicializačných časov a početnosť RTK meraní pre jednotlivé formáty korekcií. Rozdiely medzi formátmi sú zanedbateľné, čo svedčí aj o tom, že nie všetky GNSS prijímače prijímajúce korekcie vo formáte RTCM 3.1 naozaj pracujú a využívajú obsah správ 1030 a 1031.

Tab. 4 Závislosť inicializačného času od mountpointu

Mountpoint	Priemer inic. časov (s)	Početnosť hodnôt
SKPOS_CM_2.3	44	1 853
SKPOS_CM_3.0	41	11 970
SKPOS_CM_CMR	36	3 543

### 3.5 Vplyv terénu na inicializačný čas

Okrem už spomínaných faktorov ovplyvňuje dĺžku inicializačného času aj pohyb v území s veľkým množstvom zákrytov (lesný porast, zastavané územie). Túto skutočnosť môžeme prostredníctvom aplikácie jednoducho vizuálne overiť. Na obr. 12 vľavo je

znázornený zatienený prístup (lesný porast) a vpravo nezatienený prístup. Okrem zníženia počtu satelitov zatienený prístup spôsobil aj nárast inicializačného času (108s) oproti nezatienenému prístupu (28s).



Obr. 12 Terénne prekážky pri prijíme 4 satelitov (vľavo) a 20tich (vpravo)

### 3.6 Prezentácia výstupov

V neposlednom rade môžu byť výstupy z aplikácie využívané na prezentačné a reklamné účely. Takýmto príkladom je mapa využívania RTK meraní za mesiac november 2011 (Príloha č. 1). Na mape je zaujímavé, že už za relatívne krátke obdobie jedného mesiaca, sú merania sústredené v blízkosti väčších miest (Bratislava, Košice, ...) alebo sú merania sústredené okolo záujmových území napr. výstavba rýchlostnej cesty R1.



## **Záver**

Uvedené informácie a výsledok práce – aplikácia na monitoring SKPOS na základe meraní užívateľov poskytuje správcovi SKPOS nové poznatky a skúsenosti s monitorovaním RTK meraní. Aplikácia bude prístupná správcovi pomocou intranetu, no v budúcnosti je možné uvažovať o obmedzenom prístupnení pre samotných užívateľov, čím by sme im dali priestor na analýzu a monitoring vlastných meraní. Vo vývoji budeme naďalej pokračovať a obohacovať aplikáciu o ďalšie vstupné dáta, napr. veľmi zaujímavým poznatkom by boli informácie o typoch prijímačov jednotlivých užívateľov.

**PodĎakovanie:** Touto cestou by som sa chcel poďakovať Geodetickému a kartografickému ústavu Bratislava, a konkrétne Ing. Branislavovi Droščákovi, PhD. za poskytnutie reálnych dát a umožneniu pracovať na tomto projekte.

## Zoznam použitej literatúry:

Droščák, B.: *Prvé skúsenosti s monitorovaním vplyvu ionosféry na RTK merania v SKPOS*. Medzinárodný seminár Družicové metody v geodézii a katastru, Brno, 2012.

Droščák B.: *Skúsenosti z monitorovania stability staníc SKPOS*. Seminár družicové technológie a súčasná geodézia, Ústav geodézie Fakulty stavební VUT v Brne, 2010.

Droščák, B. - Smolík, K.: *New application for SKPOS users monitoring. 14<sup>th</sup> Eupos SQII WG*, Bratislava, 2012.

Ferianc, D. - Leitmannová, K. - Šalátová, E.: *SKPOS - Slovenská priestorová observačná služba*. XIII. medzinárodné slovensko-poľsko-české geodetické dni, Liptovský Ján, 2007.

Ferianc, D. Klobušiak, M. - Leitmannová, K. - Šalátová, E.: *SKPOS - Nová služba na určovanie presnej priestorovej polohy v reálnom čase*. Seminár Aplikace družicových měření v geodézii, Ústav geodézie Fakulty stavební VUT v Brne, 2007.

<http://aprs.gids.nl/nmea/> - informácie o NMEA protokole

<http://www.gku.sk> – informačné stránky Geodetického a kartografického ústavu Bratislava

<http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm> - informácie o NMEA protokole

<http://www.ufa.cas.cz/html/climaero/topics/cionosphere.html> - informácie o ionosfére

# Prílohy

**Príloha č. 1:** Mapa využívania RTK meraní za mesiac november 2011

# Mapa využívania RTK meraní za mesiac november 2011

