

10 rokov prevádzky SKPOS: analýza meraní používateľov

K. Smolík

Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava.
karol.smolik@skgeodesy.sk

ABSTRACT: Slovenská priestorová observačná služba (SKPOS) oslávila v roku 2016 desať rokov svojej existencie. Od začiatku jej spustenia je vykonávaná archivácia údajov popisujúcich merania používateľov využívajúcich SKPOS v reálnom čase. Po vhodnom spracovaní týchto údajov dokážeme získať množstvo užitočných informácií o kvalite meraní, ale aj o tom, ako túto kvalitu ovplyvňujú podmienky za ktorých boli merania vykonané. Na analýzu týchto údajov bola v roku 2012 na GKÚ Bratislava vyvinutá aplikácia ASMARUP. Aplikácia umožňuje vykonávať analýzy kvality meraní reprezentovaných inicializačnými časmi v závislosti od podmienok merania ako počet družíc, stav ionosféry, značka prijímača, vzdialenosť od referenčnej stanice atď. Vyhodnotením množstva meraní vykonaných počas 10-tich rokov prevádzky služby dostávame reálny obraz o kvalitatívnych možnostiach metódy RTK sieťového riešenia a o všetkých účinkoch, ktoré merania ovplyvňujú.

1 ÚVOD

1.1 Slovenská priestorová observačná služba

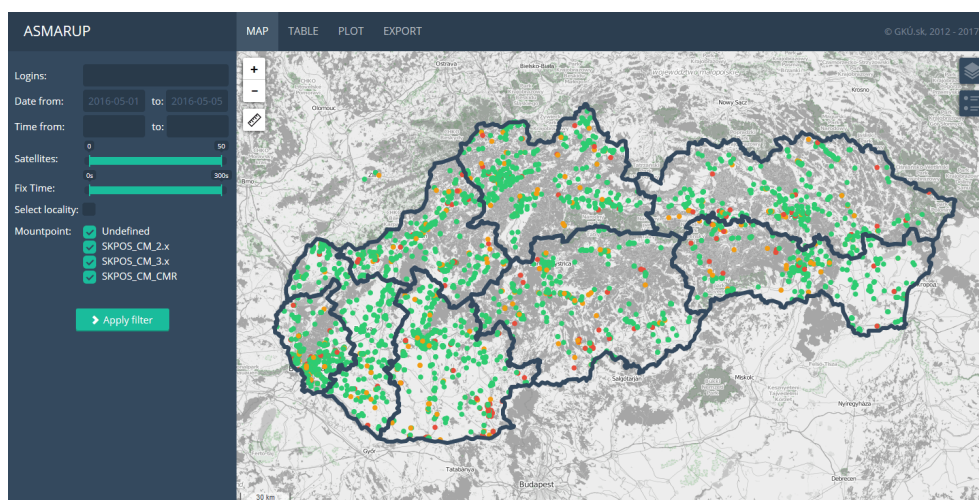
Slovenská priestorová observačná služba (ďalej SKPOS) je multifunkčný nástroj na navigáciu a presné určovanie polohy objektov a javov pomocou globálnych navigačných družicových systémov. Infraštruktúru SKPOS tvorí sieť rovnomerne rozložených referenčných staníc, národné servisné centrum a virtuálna privátna sieť. SKPOS sa za posledné roky stala najpoužívanejším nástrojom pre slovenských geodetov, ktorí potrebujú určovať súradnice v reálnom čase, alebo následne v závažných geodetických referenčných systémoch ETRS89 a S-JTSK. Najviac využívanou subslužbou je služba SKPOS_CM, ktorá je určená pre používateľov vyžadujúcich centimetrovú presnosť v reálnom čase. S nárastom používateľov a využívaním služby vzniká dopyt po kontrole kvality a analýze údajov meraní používateľov. Jedným z hlavných parametrov kvality RTK merania je inicializačný čas t.j. čas, potrebný na získanie fixného riešenia (vyriešenie ambiguit). Inicializačný čas závisí od množstva faktorov, ako počet družíc, stav ionosféry, lokality, použitej subslužby, atď. Na analýzu inicializačných časov v závislosti na týchto faktoroch bola v roku 2012 na odbore geodetických základov GKÚ Bratislava vyvinutá aplikácia ASMARUP.

2 APLIKÁCIA ASMARUP

2.1 Základné parametre aplikácie ASMARUP

Aplikácia ASMARUP (skratka z angl. Application for SKPOS Monitoring and RTK User Performance) slúži na vykonávanie analýz závislosti inicializačných časov používateľov SKPOS od rôznych faktorov. Aplikácia je vytvorená pre webové prostredie v jazykoch HTML, CSS a JavaScript na strane klienta, a v jazyku PHP na strane servera. Všetky údaje sú ukladané do

databázy MySQL. Hlavné vstupy na výpočet inicializačných časov sú denné súbory obsahujúce NMEA GPGGA správy jednotlivých používateľov, log súbory z riadiaceho softvéru služby a denné modely ionosféry. Údaje z týchto vstupných súborov sa každý deň načítajú do databázy a samotná aplikácia sa podľa zadaných kritérií dopytuje na túto databázu (Smolík, 2012). Výstupy z aplikácie sú vo forme mapy, tabuľky, grafu a animácie (Obr. 1).



Obr. 1 Používateľské rozhranie aplikácie ASMARUP

3 ANALÝZA MERANÍ POUŽÍVATEĽOV

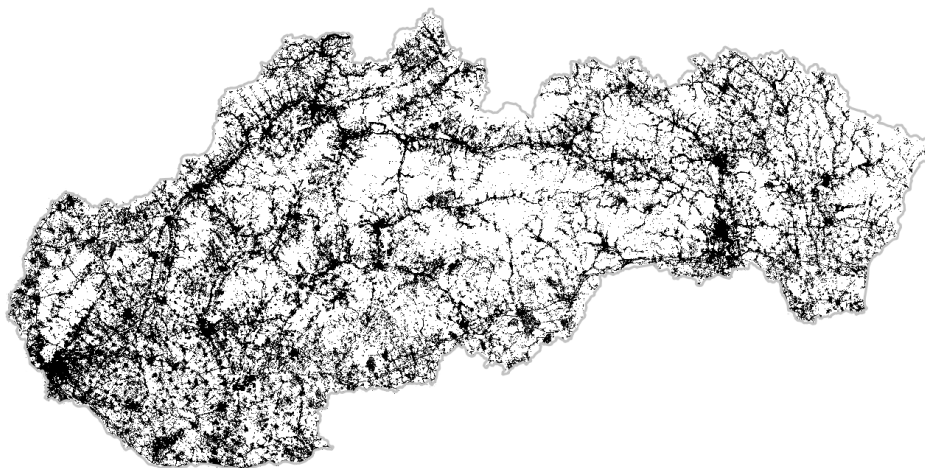
3.1 10 rokov prevádzky SKPOS

Za vyše 10 rokov prevádzky služby sa môžeme pozrieť na jej vývoj z pohľadu počtu používateľov, počtu úspešných pripojení a priemeru inicializačných časov (Tab. 1). Samotná služba SKPOS prešla počas týchto rokov svojim vývojom: nárastom referenčných staníc, začlenením zahraničných referenčných staníc do sieťového riešenia, zmenou formátu poskytovaných korekcií, zmenou riadiaceho softvéru služby, atď. Všetky tieto udalosti majú vplyv na priemerné hodnoty inicializačných časov. Na inicializačné časy ďalej vplyvajú atmosférické podmienky, a to hlavne aktivita ionosféry, ktorej vrchol bol zaznamenaný v rokoch 2013-2014, odvtedy aktivita postupne klesá.

Tab. 1 Využitie služby SKPOS_cm počas rokov 2006 - 2017

Rok	Počet používateľov	Počet úspešných pripojení	Priemer inicializačného času
2006	116	2 094	42,3 s
2007	238	59 764	37,3 s
2008	413	111 312	34,7 s
2009	550	122 958	36,0 s
2010	571	163 659	35,3 s
2011	701	193 943	36,9 s
2012	762	177 415	32,5 s
2013	806	166 115	32,8 s
2014	984	224 593	32,5 s
2015	1120	239 607	30,7 s
2016	1278	262 650	30,7 s
2017 (do 31.05.)	1363	91 432	31,3 s
2006 - 2017	-	1 815 581	33,2 s

Od spustenia služby do testovacej prevádzky v roku 2006 počet používateľov a počet úspešných pripojení (s výnimkou roka 2013) neustále narastá (Obr. 2). Naopak, priemer inicializačných časov klesá. Čo je do určitej miery spôsobené nárastom referenčných staníc, skvalitnením prístrojového vybavenia používateľov, zlepšením aktivity ionosféry. Najväčší pokles nastal medzi rokmi 2011 a 2012. Na konci roka 2011 bol nahradený riadiaci softvér služby Trimble GPSNet za Trimble VRS³Net, prešlo sa na formát korekcií RTCM 3.1 s využitím RTCM správ 1030 a 1031, ktoré obsahujú odhady pre zostatkové chyby RTK siete. V roku 2012 sa na väčšine referenčných staníc nahradili prijímače Trimble NetR5 za novšie prijímače Trimble NetR9. Tieto zmeny sa pozitívne prejavili do priemeru inicializačného času.



Obr. 2 Úspešné prihlásenia do služby počas rokov 2006 – 2017

3.2 Závislosť dĺžky inicializačných časov od použitého mountpointu služby SKPOS_cm

Mountpoint služby predstavuje názov komunikačného kanálu, ktorý sa využíva na posielanie korekčných dát z riadiaceho softvéru používateľom služby. Používateľ si pri pripojení do SKPOS vyberie, ktorý mountpoint chce využiť. Mountpointy sa od seba líšia formátom poskytovaných korekcií t.j. obsahom a formou korekčných údajov, a množstvom prenesených údajov. V (Tab. 2) sa nachádza zoznam mountpointov služby SKPOS_CM.

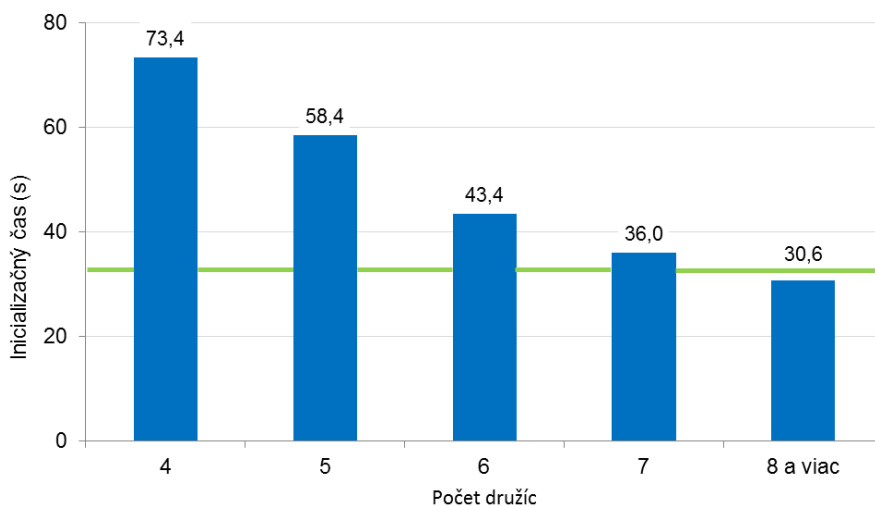
Tab. 2 Závislosť dĺžky inicializačných časov od použitého mountpointu

Mountpoint	Platnosť mountpointu	Počet inicializačných časov	Priemer inicializačného času
SKPOS_CM_23	2006 – doteraz	84 666	39,1 s
SKPOS_CM_30	2006 – 2011	439 835	34,2 s
SKPOS_CM_31	2011 – doteraz	632 068	30,9 s
SKPOS_CM_32	2016 – doteraz	1 372	24,5 s
SKPOS_CM_CM_Rplus	2012 – doteraz	176 004	38,5 s
SKPOS_CM_CM_Rx	2012 – doteraz	8 608	26,8 s

Výrazne nižšie hodnoty inicializačného času dosahujú mountpointy SKPOS_CM_CM_Rx a SKPOS_CM_32. Na týchto mountpointoch bolo vykonaných len 1 372 resp. 8 608 úspešných inicializácií, čo je oproti ostatným počtom veľmi malý štatistický súbor hodnôt, a preto nemôžeme stanoviť záver. Najhoršie hodnoty dosiahol mountpoint SKPOS_CM_23. Oproti ostatným mountpointom sa vyznačuje vyšším objemom prenesených dát, čo môže spôsobiť pri nestáлом internetovom pripojení nárast inicializačného času.

3.3 Závislosť dĺžky inicializačných časov od počtu použitých družíc

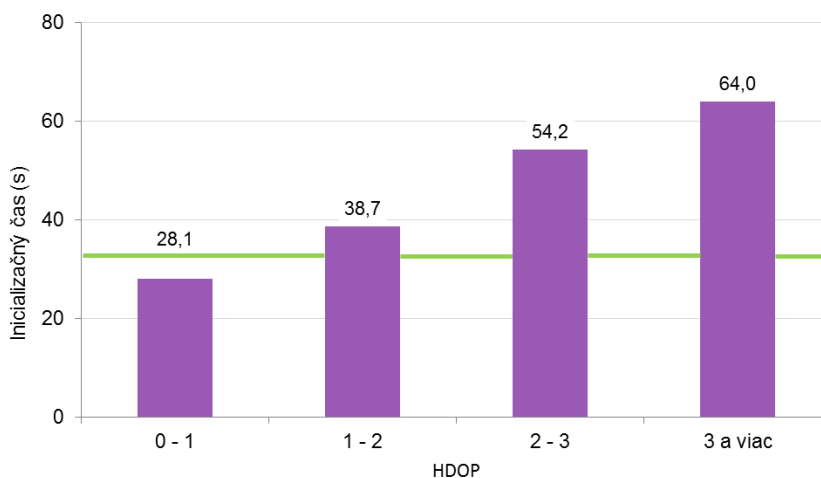
Zo skúseností s využívaním GNSS pri určovaní polohy je dobre známe, že počet použitých družíc má vplyv na spracovanie observácií. Nejedná sa pritom iba o negatívny vplyv na kvalitu určenia súradníc, ale aj o negatívny vplyv na dĺžku inicializačného času. (Droščák & Smolík, 2013). Z (Obr. 3) vyplýva, že inicializačný čas je závislý od počtu družíc, pričom nižší počet družíc negatívne vplyva na jeho dĺžku. Pri použití len 4 družíc je priemer inicializačného času 73,4 s, čo je dvojnásobne viac ako priemer za celé obdobie prevádzky SKPOS. Pri počte družíc 8 a viac sa vplyv na inicializačný čas už neprejavuje a hodnoty oscilujú okolo 30,5 s. Aj pre výsledky z tejto analýzy je podľa (ÚGKK, 2016) odporúčané využívať pri GNSS meraniach minimálne 7-8 družíc.



Obr. 3 Závislosť inicializačných časov od počtu družíc.
Zelenou líniou je znázornený priemer všetkých inicializačných časov: 33,2 s

3.4 Závislosť dĺžky inicializačných časov od HDOP

GNSS meranie je ovplyvnené nielen počtom družíc ale aj ich geometrickou konfiguráciou rozloženia v okamihu merania, tzv. faktor zníženia presnosti. Konfigurácia družíc s menšou hodnotou DOP vedie k presnejším hodnotám parametrov pri rovnakej presnosti merania (Hefty & Husár, 2003). Na (Obr. 4) je znázornená závislosť inicializačného času od faktora zníženia presnosti určenia horizontálnej polohy (HDOP).



Obr. 4 Závislosť inicializačných časov od HDOP.
Zelenou líniou je znázornený priemer všetkých inicializačných časov: 33,2 s

Z (Obr. 4) je jasne preukázateľná závislosť inicializačného času od faktora zníženia presnosti určenia horizontálnej polohy. Pri hodnotách HDOP 3 a viac sa závislosť už neprejavuje a dosahuje konštantné hodnoty. Pri meraniach je preto odporúčané podľa (ÚGKK, 2016) nastaviť maximálne prípustné hodnoty HDOP na 2 – 3, čo pomôže nielen k presnejším výsledkom ale aj k rýchlejšej inicializácii.

3.5 Závislosť dĺžky inicializačného času od výrobcu prijímača

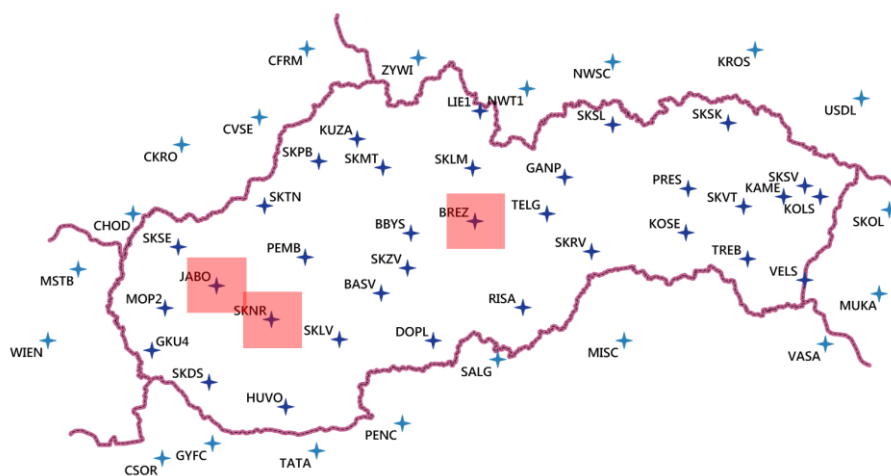
V októbri 2015 bola spustená elektronická registrácia používateľov do SKPOS. V rámci tejto registrácie majú používatelia možnosť priradiť k svojmu účtu výrobcu prijímača. Táto položka je nepovinná, v čase písania príspevku využilo túto možnosť 60% používateľov. Tieto údaje nám, správcom služby, slúžia na štatistické účely. V (Tab. 3) sú uvedení len výrobcovia, ktorých počet úspešných meraní do SKPOS presiahol hodnotu 50 000. U všetkých výrobcov prijímača hodnoty oscilujú okolo celkového priemeru 33,2 s. Môžeme preto jednoznačne usúdiť, že vplyv používania rozličných značiek prijímačov na dĺžku inicializácie v SKPOS je veľmi nízky, až zanedbateľný.

Tab. 3 Závislosť dĺžky inicializačného času od výrobcu prijímača

Výrobca prijímača	Počet inicializačných časov	Priemer inicializačného času
Výrobca 1	274 548	27,3 s
Výrobca 2	50 452	28,2 s
Výrobca 3	341 764	32,0 s
Výrobca 4	54 042	35,6 s
Výrobca 5	260 790	35,9 s

3.6 Závislosť dĺžky inicializačného času od zhustovania siete

Služba SKPOS prešla od svojho spustenie vývojom a z pôvodných 21 referenčných staníc sa rozrástla na súčasných 34 na území Slovenska a 19 referenčných staníc situovaných v priľahlom zahraničí. Jedným z hlavných cieľov tohto zhustovania bolo vyplniť prázdne miesta v sieti a tým zlepšiť podmienky merania v týchto regiónoch. Vytypovali sme 4 lokality o veľkosti 10 x 10 km okolo referenčných staníc, ktoré v priebehu prevádzky SKPOS pribudli do siete (Obr. 5).



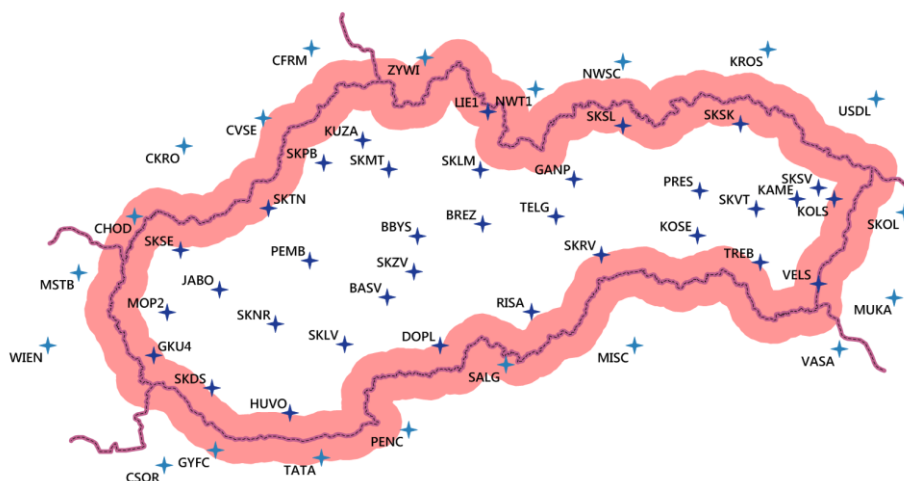
Obr. 5 Testované lokality v okolí staníc JABO, SKNR a BREZ

Pre tieto lokality sme určili priemer inicializačných časov pred a po zapojení stanice do siete (Tab. 4). Z výsledkov je evidentné, že zhustenie siete malo veľmi pozitívny vplyv na priemernú dĺžku inicializácie v týchto lokalitách.

Tab. 4 Závislosť inicializačného času od zhust'ovania siete

Referenčná stanica	Počet inicializačných časov	Priemer inicializačného času	Počet inicializačných časov	Priemer inicializačného času
	Pred zapojením stanice do siete		Po zapojení stanice do siete	
BREZ	2 126	48,7 s	9 970	35,7 s
JABO	4 426	34,8 s	16 398	26,2 s
SKNR	28 191	33,9 s	21 823	24,4 s

Ďalej sa môžeme pozrieť na lokality situované pozdĺž štátnej hranice do vzdialenosti 10 km. (Obr. 6). Väčšina zahraničných staníc sa zapojila do siete 1.10.2013. V (Tab. 5) sú uvedené inicializačné časy pre lokalitu pozdĺž hranice pred a po pripojení zahraničných referenčných staníc. Inicializačný čas klesol v týchto lokalitách o 5 sekúnd, čo výrazne napomáha meraniu v týchto lokalitách, kde je často problém s nekvalitným internetovým pokrytím.



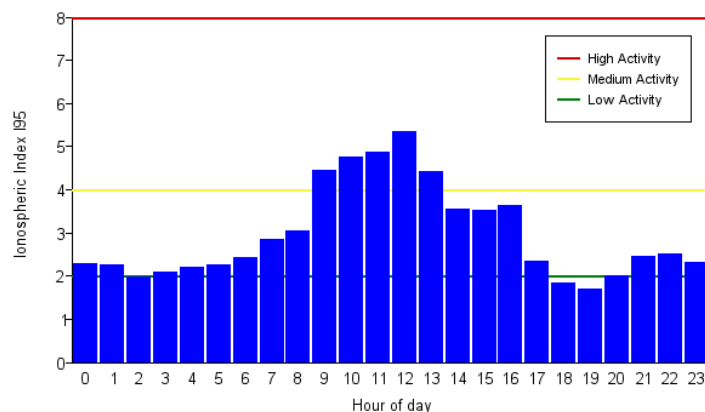
Obr. 6 Testovaná lokalita pozdĺž štátnej hranice

Tab. 5 Závislosť inicializačného času od zhust'ovania siete v pohraničných oblastiach

Počet inicializačných časov	Priemer inicializačného času	Počet inicializačných časov	Priemer inicializačného času
Pred zapojením zahraničných staníc		Po zapojení zahraničných staníc	
138 911	39,3 s	133 377	34,4 s

3.7 Závislosť dĺžky inicializačného času od aktivity ionosféry

Zo skúsenosti vieme, že aktivita ionosféry negatívne ovplyvňuje GNSS meranie. Na kompenzáciu tohto vplyvu bola vyvinutá metóda sieťového RTK, ktorá sa využíva pri meraniach pripojených do SKPOS. Riadiaci softvér SKPOS produkuje pre každú hodinu hodnotu aktivity ionosféry pomocou modelu i95. Dá sa tak jednoducho určiť do akej miery aktivita ionosféry ovplyvňuje dĺžku inicializačného času. Hodnoty modelu i95 nadobúdajú hodnoty blízke 0 pre nízku aktivitu a pre hodnoty 8 a viac pre vysokú aktivitu ionosféry (Obr. 7).



Obr. 7 Ionosférický model i95 pre jeden deň

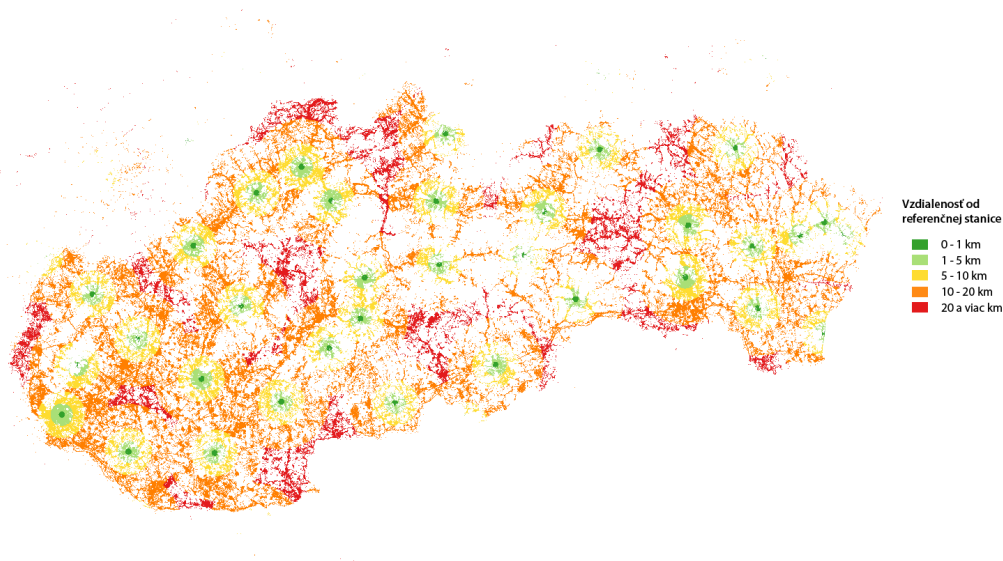
V (Tab. 6) sú uvedené hodnoty inicializačných časov kategorizované do troch skupín, pre nízku, strednú a vysokú aktivitu ionosféry. Z hodnôt môžeme jednoznačne určiť, že aktivita ionosféry vplyva na inicializačný čas, ale až pre hodnoty vysokej aktivity t.j. hodnoty modelu i95 8 a viac.

Tab. 6 Závislosť dĺžky inicializačného času od aktivity ionosféry

Aktivita ionosféry Model i95	Počet inicializačných časov	Priemer inicializačného času
0 – 4	1 581 920	30,1 s
4 – 8	231 165	33,2 s
8 a viac	2 823	45,2 s

3.8 Závislosť dĺžky inicializačného času od vzdialenosti merača od referenčnej stanice

Pri metóde RTK klesá presnosť s narastajúcou vzdialenosťou pohybujúceho sa prijímača od referenčného. Metóda je teda spoľahlivá pri dĺžkach základnice do cca 20 kilometrov, vzhľadom na rozdielne rozloženie hmôt v atmosfére a odlišné podmienky medzi miestom referenčného a pohybujúceho sa prijímača. SKPOS využíva metódu sieťového RTK, ktorá do určitej miery kompenzuje stratu kvality pri meraniach s väčšou dĺžkou základnice. Na overenie, ako vplyva vzdialenosť od referenčnej stanice na inicializačný čas, sme pre každé meranie pripojené do SKPOS určili vzdialenosť k najbližšej referenčnej stanici (Obr. 8).



Obr. 8 Merania používateľov so znázornenou vzdialenosťou od referenčnej stanice

V (Tab. 7) sú zatriedené merania používateľov do piatich kategórií podľa vzdialenosti od referenčnej stanice. Priemer inicializačného času sa pre jednotlivé kategórie líši minimálne a môžeme povedať, že vzdialenosť od referenčnej stanice má zanedbateľný vplyv na dĺžku inicializačného času. Metóda sieťového RTK teda dostatočne kompenzuje vplyv väčšej vzdialenosti od referenčnej stanice na dĺžku inicializácie.

Tab. 7 Závislosť dĺžky inicializačného času od vzdialenosti merača od referenčnej stanice

Vzdialenosť od referenčnej stanice	Počet inicializačných časov	Priemer inicializačného času
0 – 1 km	61 063	32,5 s
1 – 5 km	285 775	30,3 s
5 – 10 km	417 950	30,5 s
10 – 20 km	810 989	33,9 s
20 km a viac	239 802	35,4 s

4 ZÁVER

Od prvého spustenia služby SKPOS sa začalo s archivovaním údajov o meraní používateľov vo forme NMEA správy, ionosférického modelu a log súboru z riadiaceho softvéru služby. Tieto archivované údaje nám, správcovi služby SKPOS, poskytujú pri vhodnom spracovaní množstvo užitočných informácií o prevádzke služby. Kvôli automatizovanému spracovaniu týchto údajov bola v roku 2012 vyvinutá aplikácia ASMARUP, ktorá denne spracuje vyše milión záznamov o meraniach používateľov. Po 10 ročnej prevádzke služby tak vieme veľmi podrobne analyzovať všetky merania s využitím SKPOS a určovať závislosť inicializačného času od rôznych faktorov. Analýzou 10 ročných údajov bol potvrdený:

- pozitívny vplyv upgradu riadiaceho softvéru služby a výmeny prijímačov na ref. staniaciach na dĺžku inicializácie,
- pozitívny vplyv zhustovania siete a pripojenie zahraničných referenčných staníc na dĺžku inicializácie,
- negatívny vplyv používania mountpointu SKPOS_CM_23 pravdepodobne kvôli zvýšenému objemu dát na dĺžku inicializácie,
- negatívny vplyv nízkeho počtu observovaných družíc na dĺžku inicializácie,
- negatívny vplyv nevhodnej konfigurácií družíc na dĺžku inicializácie,
- zanedbateľný vplyv použitej značky prijímača na dĺžku inicializácie,
- negatívny vplyv aktivity ionosféry na dĺžku inicializácie,
- zanedbateľný vplyv vzdialenosti od referenčnej stanice na dĺžku inicializácie.

LITERATÚRA

Droščák, B. & Smolík, K. 2013. Skúsenosti z analýzy inicializačných časov používateľov SKPOS aplikáciou ASMARUP. In *Geodetický a kartografický obzor*, 2013, číslo 11. ISSN 1805-7446.

Hefty, J. & Husár, L. 2003. *Družicová geodézia: Globálny polohový systém*. Slovenská technická univerzita v Bratislave. ISBN 80-227-1823-8.

Smolík, K. 2012. Čo sa skrýva za meraniami v SKPOS alias užitočný nástroj na analýzu RTK meraní. In *Študentská vedecká konferencia 2011/2012*, Slovenská technická univerzita v Bratislava, Stavebná fakulta.

ÚGKK 2016. *Smernica na vykonávanie geodetických meraní prostredníctvom Slovenskej priestorovej observačnej služby*. ISBN 978-80-89831-03-6.