

Vážení obchodní přátelé, geodetky a geodeti!

V Leica e-mailu [č.8/2020](#) jsme Vám představili nový GNSS přijímač Leica GS18 I s IMU sklonoměrnou jednotkou a fotogrammetrickou kamerou a v následném čísle 9/2020 jste se mohli dočíst o cenách a cenových akcích, které se tohoto přístroje týkají. Nyní Vám v tomto čísle přinášíme podrobné informace o **výsledcích našeho rozsáhlého testu přesnosti**, abyste měli představu, co od tohoto přístroje můžete čekat. Přeji pěkné počtení.

Za GeoTeam zastoupení Leica GEFOS a.s. Daniel Šantora



## Obsah

Obsah.....	1
Funkce GS18 I – stručná rekapitulace .....	2
Popis testu přesnosti.....	2
Lokalita a testovací body .....	2
GNSS měření.....	3
Snímkování .....	4
Měření na snímcích v Leica Captivate .....	5
Infinity – pohodlnější měření na snímcích .....	7
Infinity – orientace snímků.....	8
Infinity – tvorba mračen bodů ze snímků .....	8
Infinity – tabulka měření a odchylek.....	10
Závěrečné vyhodnocení testu .....	12
Vyhodnocení přesnosti.....	12
Časová náročnost .....	14
Ověřování a tvorba protokolů pro odevzdání výsledků do KN .....	15
Závěr.....	17

## Funkce GS18 I – stručná rekapitulace

Leica GS18 I je kompaktní GNSS přijímač se sklonoměrnou inerciální jednotkou (IMU) a fotogrammetrickou kamerou. Díky přesné RTK pozici a náklonům z IMU jsou pro kameru známé prvky vnější orientace, takže měřením na překrytových oblastech snímků je možné určovat 3D souřadnice. Pořizování snímků probíhá za chůze automaticky v rámci tzv. skupin snímků. Kamera musí být natočena kolmo ke směru chůze k oblasti, ve které chceme určovat souřadnice bodů. Určované body musí být ve vzdálenosti 2 – 10 m od přístroje, aby platila specifikace přesnosti určovaných bodů 2 – 4 cm. Trajektorie chůze kolem zájmové oblasti by měla být zakřivena do oblouku se středem ve směru oblasti zájmu.



Měření souřadnic ze snímků pak probíhá přímo v polním softwaru Leica Captivate (v kontroleru, případně v simulátoru) nebo v kancelářském softwaru Leica Infinity, kde lze ze snímků navíc generovat i 3D mračna bodů.

GS18 I je vylepšenou verzí stávajícího senzoru GS18 T a umožňuje kromě nově zavedeného fotogrammetrického určování bodů i oblíbené měření bodů s nakloněnou tyčkou, kdy pomocí přesného určení náklonů prostřednictvím IMU a známé délce tyčky dochází k přepočtu přesné pozice na hrot nakloněné tyčky.

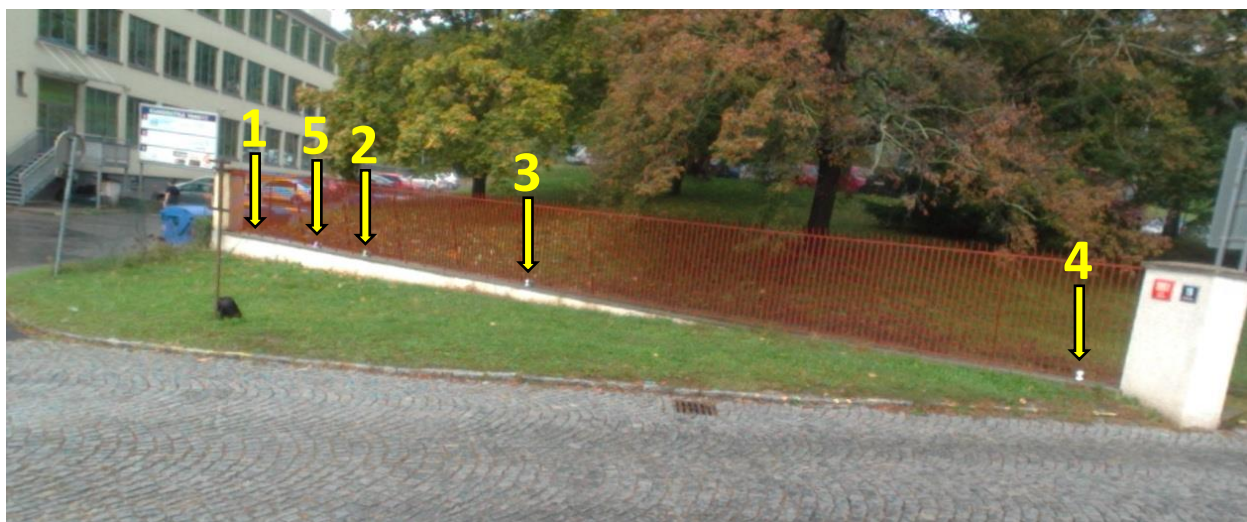
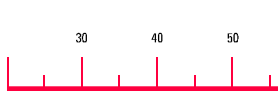
## Popis testu přesnosti

Testování bylo prováděno přístrojem Leica GS18 I ve verzi Unlimited (všechny GNSS signály) se softwarem Leica Captivate verze 5.50 a v kombinaci s polním kontrolerem CS20 LTE se softwarem Leica Captivate téže verze. Pro přesné svazkové vyrovnání fotografií, práci s mračnem a další výpočty byl použit kancelářský software Leica Infinity verze 3.4.1. Ve všech případech se jedná o první verze softwaru umožňující využití této naprosto nové a převratné technologie.



## Lokalita a testovací body

Bylo vytvořeno 5 testovacích bodů, které byly rozmístěny těsně nad podezdívkou tuhého železného plotu v lokalitě Kunderatka u sídla firmy GEFOS a.s. Pro přesnou identifikaci na snímcích byly body signalizovány kruhovými šachovnicovými terči o průměru 4,5" (11,4 cm).



## GNSS měření

Pro získání výchozích souřadnic bodů byly terče zaměřeny pomocí hrotu nakloněné tyčky přístrojem GS18 I metodou RTK s připojením k síti CZEPOS a s využitím čtyř GNSS systémů GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou. Měření bylo provedeno několikrát před a po snímkování. Výjimkou je bod č.1, který byl záhy zrušen pro nevhodné umístění a nahrazen bodem č.5.



Výsledky GNSS měření jsou v následující tabulce. Uvedeny jsou odchylky jednotlivých observací od váženého průměru, který byl vypočítán aparaturou s využitím informací o kvalitě měření:

Bod	Zdroj	Y	X	H	$\Delta Y$	$\Delta X$	$\Delta H$	GDOP	Datum a čas
<b>GPS0001</b>	<b>Průměr GNSS</b>	<b>738048,738</b>	<b>1040666,322</b>	<b>213,649</b>					
GPS0001	GNSS fix	738048,724	1040666,316	213,647	-0,014	-0,006	-0,002	2,1	15.10.2020 11:08
GPS0001	GNSS fix	738048,747	1040666,330	213,656	0,009	0,008	0,007	1,7	15.10.2020 11:10
GPS0001	GNSS fix	738048,739	1040666,322	213,643	0,001	0,000	-0,006	2,1	15.10.2020 11:12
<b>GPS0002</b>	<b>Průměr GNSS</b>	<b>738044,410</b>	<b>1040668,388</b>	<b>213,753</b>					
GPS0002	GNSS fix	738044,390	1040668,386	213,743	-0,020	-0,002	-0,010	2,2	15.10.2020 11:08
GPS0002	GNSS fix	738044,431	1040668,386	213,770	0,021	-0,002	0,017	2,1	15.10.2020 11:10
GPS0002	GNSS fix	738044,428	1040668,390	213,779	0,018	0,002	0,026	3,0	15.10.2020 11:12
GPS0002	GNSS fix	738044,398	1040668,386	213,736	-0,012	-0,002	-0,017	4,8	15.10.2020 12:06
GPS0002	GNSS fix	738044,408	1040668,391	213,745	-0,002	0,003	-0,008	4,4	15.10.2020 12:07
<b>GPS0003</b>	<b>Průměr GNSS</b>	<b>738040,063</b>	<b>1040670,398</b>	<b>213,831</b>					
GPS0003	GNSS fix	738040,065	1040670,399	213,836	0,002	0,001	0,005	2,2	15.10.2020 11:09
GPS0003	GNSS fix	738040,056	1040670,393	213,825	-0,007	-0,005	-0,006	3,9	15.10.2020 11:11
GPS0003	GNSS fix	738040,052	1040670,386	213,829	-0,011	-0,012	-0,002	3,3	15.10.2020 11:12
GPS0003	GNSS fix	738040,073	1040670,401	213,827	0,010	0,003	-0,004	5,6	15.10.2020 12:05
GPS0003	GNSS fix	738040,072	1040670,412	213,837	0,009	0,014	0,006	4,4	15.10.2020 12:07
<b>GPS0004</b>	<b>Průměr GNSS</b>	<b>738031,377</b>	<b>1040674,479</b>	<b>214,118</b>					
GPS0004	GNSS fix	738031,369	1040674,475	214,113	-0,008	-0,004	-0,005	2,6	15.10.2020 11:09
GPS0004	GNSS fix	738031,374	1040674,485	214,126	-0,003	0,006	0,008	3,5	15.10.2020 11:11

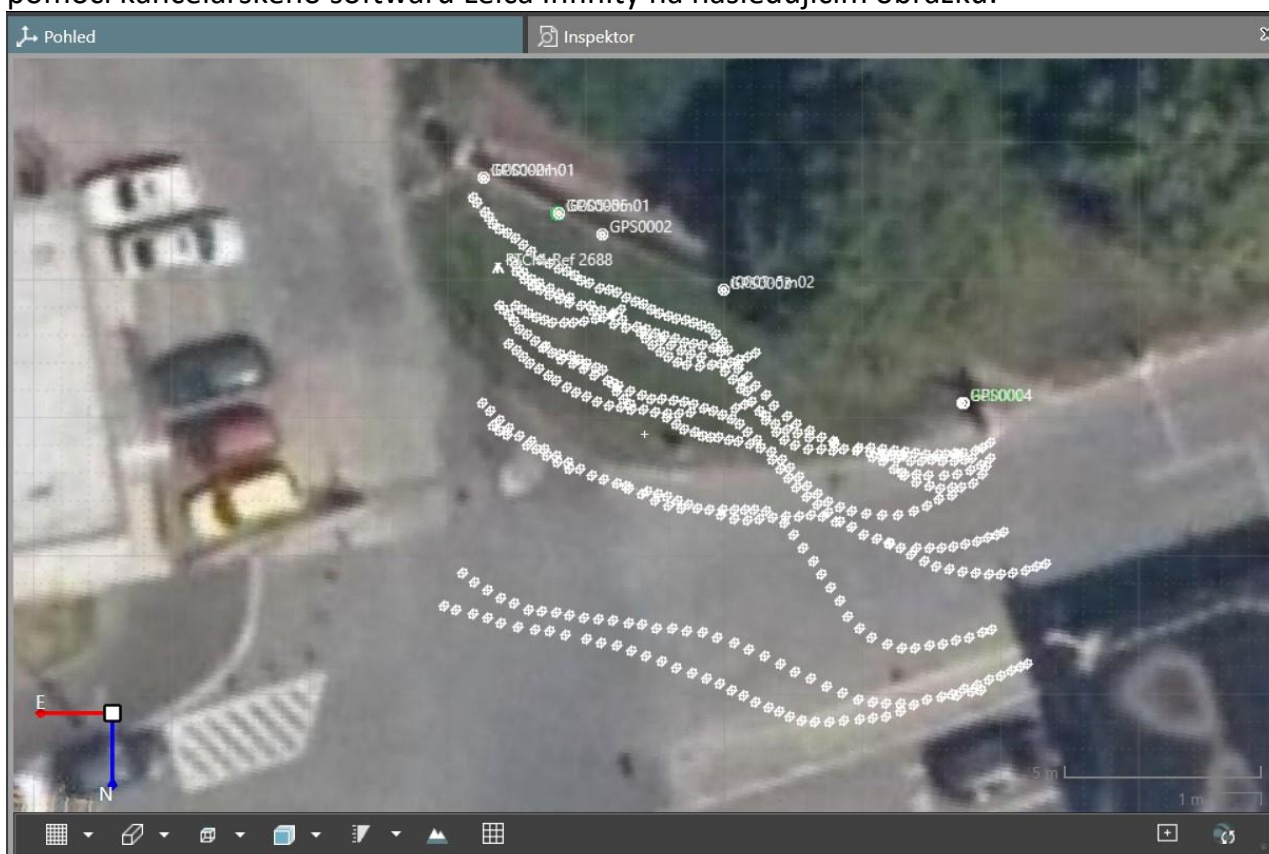
Bod	Zdroj	Y	X	H	$\Delta Y$	$\Delta X$	$\Delta H$	GDOP	Datum a čas
GPS0004	GNSS fix	738031,378	1040674,487	214,142	0,001	0,008	0,024	3,1	15.10.2020 11:12
GPS0004	GNSS fix	738031,382	1040674,474	214,094	0,005	-0,005	-0,024	4,8	15.10.2020 12:05
GPS0004	GNSS fix	738031,379	1040674,482	214,114	0,002	0,003	-0,004	4,9	15.10.2020 12:07
<b>GPS0005</b>	<b>Průměr GNSS</b>	<b>738046,017</b>	<b>1040667,622</b>	<b>213,727</b>					
GPS0005	GNSS fix	738046,027	1040667,617	213,738	0,010	-0,005	0,011	2,2	15.10.2020 11:21
GPS0005	GNSS fix	738046,017	1040667,620	213,744	0,000	-0,002	0,017	2,1	15.10.2020 11:21
GPS0005	GNSS fix	738046,025	1040667,623	213,748	0,008	0,001	0,021	1,9	15.10.2020 11:22
GPS0005	GNSS fix	738046,009	1040667,624	213,703	-0,008	0,002	-0,024	2,7	15.10.2020 12:06
GPS0005	GNSS fix	738046,014	1040667,625	213,712	-0,003	0,003	-0,015	2,9	15.10.2020 12:06

## Snímkování

Jedním z hlavních cílů tohoto testu bylo podchytit vliv vzdálenosti přístroje od určovaných bodů na přesnost těchto bodů. Vzhledem ke kritériu daným výrobcem, že určované body musí být ve vzdálenosti od přístroje 2 až 10 m, byly zvoleny skupiny snímků, tj. jednotlivé průchody v přibližných vzdálenostech od bodů:

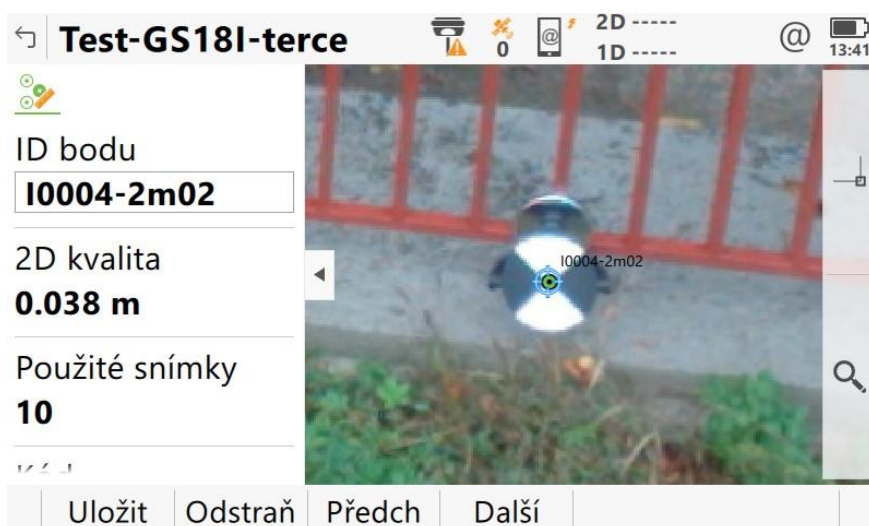
- po dvou průchodech ve vzdálenostech 2 m, 5 m a 10 m. Ve 2 m byly navíc provedeny dva velmi krátké průchody kolem jednotlivých bodů.
- po jednom průchodu ve vzdálenosti 15 m a 20 m, aby se zjistilo, k čemu dojde při nedodržení vzdálenostního kritéria pro snímkování.

Znovu zdůrazňuji, že se jedná o vzdálenosti velmi přibližné, a to hlavně z důvodu podmínky, že trajektorie chůze musí být zakřivena do oblouku. Trajektorie jsou znázorněny pomocí kancelářského softwaru Leica Infinity na následujícím obrázku:



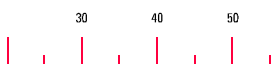
## Měření na snímcích v Leica Captivate

Polní software Leica Captivate umožňuje měřit souřadnice bodů ze snímků v kontroleru a je úplně jedno, zda se to provede podle potřeby okamžitě nebo až v klidu v kanceláři. Za zmínku také stojí možnost odsouvání souřadnic v PC simulátoru Leica Captivate, kde je tato funkce uvolněna bez nutnosti zvláštní licence. Měření probíhá vždy v rámci jednotlivých skupin snímků tak, že se klikne ve snímku na bod a software sám v rámci možností určí stejné místo na okolních max. 5-ti snímcích. Za ideálních podmínek automat provede měření ne na sousedních snímcích, ale ob snímek, aby bylo docíleno delších fotogrammetrických základen a vhodnějších úhlů protnutí paprsků na bodech. Operátor se následně může rozhodnout, zda přidá observace na další snímky, kde je určovaný bod také dobře vidět, což v případě tohoto testu bylo prováděno, takže často jsou body určovány přibližně z 20-ti a více snímků. Na následujícím obrázku je prostředí Leica Captivate pro měření bodů ze snímků:



V následující tabulce jsou zaprotokolována všechna měření ze snímků z Leica Captivate:

Bod	Zdroj	Y	X	H	m3D*	mp*	mh*		
					$\Delta Y^{**}$	$\Delta X^{**}$	$\Delta H^{**}$	$\Delta p$	abs. $\Delta H$
<b>Bod č.1</b>									
I0001-2m01	Capt. 2 m, č.1	738048,731	1040666,311	213,619	0,019	0,018	0,006		
					-0,007	-0,011	-0,030	0,013	0,030
<b>Bod č.2</b>									
I0002-2m01	Capt. 2 m, č.1	738044,421	1040668,384	213,745	0,028	0,027	0,007		
					0,011	-0,004	-0,008	0,012	0,008
I0002-2m02	Capt. 2 m, č.2	738044,420	1040668,373	213,756	0,039	0,038	0,009		
					0,010	-0,015	0,003	0,018	0,003
I0002-2m03	Capt. 2 m, č.3	738044,405	1040668,375	213,751	0,026	0,025	0,006		
					-0,005	-0,013	-0,002	0,014	0,002
I0002-5m01	Capt. 5 m, č.1	738044,433	1040668,375	213,744	0,031	0,029	0,012		
					0,023	-0,013	-0,009	0,026	0,009
I0002-5m02	Capt. 5 m, č.2	738044,436	1040668,372	213,754	0,104	0,094	0,043		



27. 10. 2020 – GS18 I – test přesnosti

Bod	Zdroj	Y	X	H	m3D*	mp*	mh*	Δp	abs.ΔH
					ΔY**	ΔX**	ΔH**		
					0,026	-0,016	0,001	0,031	0,001
I0002-10m01	Capt. 10 m, č.1	738044,460	1040668,280	213,734	0,043	0,038	0,019		
					0,050	-0,108	-0,019	0,119	0,019
I0002-10m02	Capt. 10 m, č.2	738044,373	1040668,497	213,757	0,064	0,057	0,028		
					-0,037	0,109	0,004	0,115	0,004
I0002-15m	Capt. 15 m	738044,502	1040668,334	213,753	0,067	0,056	0,038		
					0,092	-0,054	0,000	0,107	0,000
I0002-20m	Capt. 20 m	738044,425	1040668,162	213,703	0,064	0,054	0,034		
					0,015	-0,226	-0,050	0,226	0,050
I0002-kr01	Capt. krátká č.1	738044,407	1040668,377	213,723	0,032	0,030	0,010		
					-0,003	-0,011	-0,030	0,011	0,030
I0002-kr05	Capt. krátká č.5	738044,412	1040668,448	213,754	0,026	0,024	0,010		
					0,002	0,060	0,001	0,060	0,001
<b>Bod č.3</b>									
I0003-2m01	Capt. 2 m, č.1	738040,054	1040670,392	213,821	0,023	0,022	0,007		
					-0,009	-0,006	-0,010	0,011	0,010
I0003-2m02	Capt. 2 m, č.2	738040,069	1040670,392	213,837	0,040	0,039	0,010		
					0,006	-0,006	0,006	0,008	0,006
I0003-2m03	Capt. 2 m, č.3	738040,057	1040670,381	213,818	0,021	0,021	0,005		
					-0,006	-0,017	-0,013	0,018	0,013
I0003-5m01	Capt. 5 m, č.1	738040,064	1040670,371	213,812	0,027	0,025	0,011		
					0,001	-0,027	-0,019	0,027	0,019
I0003-5m02	Capt. 5 m, č.2	738040,059	1040670,356	213,814	0,041	0,038	0,016		
					-0,004	-0,042	-0,017	0,042	0,017
I0003-10m01	Capt. 10 m, č.1	738040,070	1040670,325	213,805	0,034	0,029	0,017		
					0,007	-0,073	-0,026	0,073	0,026
I0003-10m02	Capt. 10 m, č.2	738040,063	1040670,439	213,816	0,036	0,031	0,018		
					0,000	0,041	-0,015	0,041	0,015
I0003-15m	Capt. 15 m	738040,127	1040670,343	213,814	0,033	0,027	0,018		
					0,064	-0,055	-0,017	0,084	0,017
I0003-20m	Capt. 20 m	738040,029	1040670,237	213,784	0,052	0,043	0,030		
					-0,034	-0,161	-0,047	0,165	0,047
I0003-kr02	Capt. krátká č.2	738040,046	1040670,373	213,808	0,016	0,015	0,005		
					-0,017	-0,025	-0,023	0,030	0,023
I0003-kr05	Capt. krátká č.5	738040,083	1040670,426	213,824	0,022	0,020	0,009		
					0,020	0,028	-0,007	0,034	0,007
<b>Bod č.4</b>									
I0004-2m01	Capt. 2 m, č.1	738031,342	1040674,472	214,066	0,022	0,021	0,006		
					-0,035	-0,007	-0,052	0,036	0,052
I0004-2m02	Capt. 2 m, č.2	738031,377	1040674,477	214,111	0,035	0,034	0,008		
					0,000	-0,002	-0,007	0,002	0,007
I0004-2m03	Capt. 2 m, č.3	738031,369	1040674,453	214,062	0,015	0,014	0,007		
					-0,008	-0,026	-0,056	0,027	0,056
I0004-5m01	Capt. 5 m, č.1	738031,360	1040674,445	214,051	0,026	0,023	0,011		
					-0,017	-0,034	-0,067	0,038	0,067
I0004-5m02	Capt. 5 m, č.2	738031,389	1040674,470	214,079	0,015	0,014	0,006		
					0,012	-0,009	-0,039	0,015	0,039
I0004-10m01	Capt. 10 m, č.1	738031,300	1040674,386	214,044	0,061	0,054	0,029		
					-0,077	-0,093	-0,074	0,121	0,074
I0004-10m02	Capt. 10 m, č.2	738031,369	1040674,433	214,069	0,024	0,022	0,010		
					-0,008	-0,046	-0,049	0,047	0,049
I0004-15m	Capt. 15 m	738031,395	1040674,418	214,054	0,058	0,049	0,031		
					0,018	-0,061	-0,064	0,064	0,064
I0004-20m	Capt. 20 m	738031,242	1040674,343	214,042	0,025	0,021	0,013		

Bod	Zdroj	Y	X	H	m3D*	mp*	mh*		
					$\Delta Y^{**}$	$\Delta X^{**}$	$\Delta H^{**}$	$\Delta p$	abs. $\Delta H$
					-0,135	-0,136	-0,076	0,192	0,076
I0004-kr03	Capt. krátká č.3	738031,299	1040674,401	214,047	0,020	0,019	0,007		
					-0,078	-0,078	-0,071	0,110	0,071
I0004-kr04	Capt. krátká č.4	738031,354	1040674,456	214,076	0,056	0,054	0,014		
					-0,023	-0,023	-0,042	0,033	0,042
<b>Bod č.5</b>									
I0005-2m02	Capt. 2 m, č.2	738046,042	1040667,606	213,716	0,048	0,046	0,014		
					0,025	-0,016	-0,011	0,030	0,011
I0005-2m03	Capt. 2 m, č.3	738046,014	1040667,593	213,710	0,037	0,036	0,011		
					-0,003	-0,029	-0,017	0,029	0,017
I0005-5m01	Capt. 5 m, č.1	738046,047	1040667,611	213,706	0,034	0,032	0,012		
					0,030	-0,011	-0,021	0,032	0,021
I0005-5m02	Capt. 5 m, č.2	738046,053	1040667,624	213,721	0,134	0,121	0,059		
					0,036	0,002	-0,006	0,036	0,006
I0005-10m01	Capt. 10 m, č.1	738046,071	1040667,599	213,711	0,053	0,048	0,023		
					0,054	-0,023	-0,016	0,059	0,016
I0005-10m02	Capt. 10 m, č.2	738045,947	1040667,784	213,728	0,069	0,062	0,029		
					-0,070	0,162	0,001	0,176	0,001
I0005-15m	Capt. 15 m	738046,126	1040667,593	213,722	0,076	0,064	0,041		
					0,109	-0,029	-0,005	0,113	0,005
I0005-20m	Capt. 20 m	738046,055	1040667,549	213,672	0,138	0,114	0,078		
					0,038	-0,073	-0,055	0,082	0,055
I0005-kr01	Capt. krátká č.1	738046,025	1040667,613	213,688	0,042	0,039	0,015		
					0,008	-0,009	-0,039	0,012	0,039
I0005-kr05	Capt. krátká č.5	738046,019	1040667,686	213,714	0,030	0,028	0,011		
					0,002	0,064	-0,013	0,064	0,013

Poznámky k tabulce:

\* m3D, mp a mh jsou odhadnuté střední chyby ve 3D, v hz poloze a ve výšce softwarem Leica Captivate na základě vyrovnání z observací na snímcích.

\*\*  $\Delta Y$ ,  $\Delta X$   $\Delta H$  jsou odchylky souřadnic určených ze snímků od průměrných GNSS souřadnic. Hodnoty jsou v tabulce pro lepší orientaci uvedeny **tučně**.

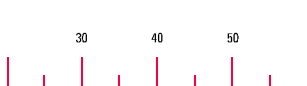
$\Delta p$  je polohová odchylka v horizontální rovině a **abs. $\Delta H$**  je absolutní hodnota odchylky ve výšce pro výpočty průměrných odchylek.

Červeně jsou vyznačena maxima pro každý zkoumaný bod.

Komentář a souhrn odchylek je uveden v kapitole „Závěrečné vyhodnocení testu“.

## Infinity – pohodlnější měření na snímcích

Leica Infinity je modulární geodetický software na podporu měření moderními přístroji Leica. V případě licencí Základ + Základní Imaging je možné v Infinity provádět měření na snímcích mnohem pohodlněji než v polním softwaru. V případě tohoto testu však byl využit i další licenční modul „Pokročilý Imaging a tvorba 3D mračen, modelů povrchů a ortofot ze snímků“, který má mnohem více možností popsaných v následujících kapitolách. Mj. tento pokročilý modul byl původně vyvinut pro kompletní zpracování snímkových letů z dronů a následně v aktuální verzi **3.4.1 (ne starší!)** optimalizován i pro zpracování snímkových skupin z GS18 I.



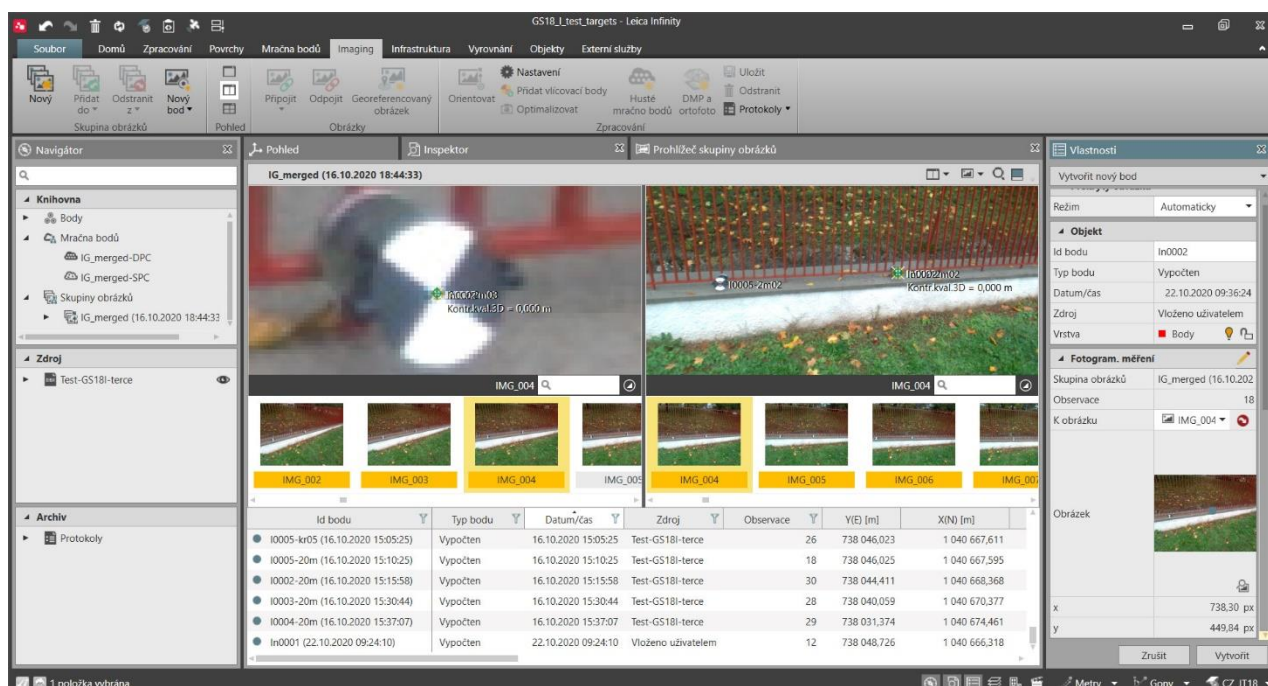
27. 10. 2020 – GS18 I – test přesnosti

## Infinity – orientace snímků

V případě, že máme pořízeno více skupin snímků s GS18 I, z nichž některé snímají stejnou oblast nebo alespoň významnou překrytovou část, lze v Infinity tyto skupiny vzájemně sloučit do jedné společné skupiny a provést novou orientaci, čili kompletní svazkové vyrovnání. To je případ tohoto testu, kde mnoho skupin snímá stále jeden a ten samý prostor, což není v praxi úplně typické. Při svazkovém převyrovnání v programu Infinity se to projevilo velmi dlouhou dobou zpracování, cca 4 hodiny strojového času. Výsledkem ovšem bylo, že se naprosto zásadně zmenšily odchylky měření na snímcích z této společné nově vyrovnané skupiny. Za normálních okolností v příp. dvou krátkých sloučených skupin trvá tento processing cca 2-3 minuty.

Důležité je také to, že toto zlepšení přesnosti se netýká jen bodů odsunutých ze snímků v Infinity, ale i těch, které byly původně měřeny v Captivate a spolu se snímky naimportovány do projektu Infinity. U takto změřených bodů se neimportují jen výsledné geodetické souřadnice, ale i souřadnice snímkové, a to umožňuje přepočítání nových geodetických souřadnic z lépe orientovaných snímků.

Na následujícím obrázku je velmi přehledné intuitivní prostředí Leica Infinity pro měření bodů ze snímků:



Takto bylo změřeno všech pět testovacích bodů, každý z cca 30 – 50 snímků v rámci sloučené velké skupiny snímků.

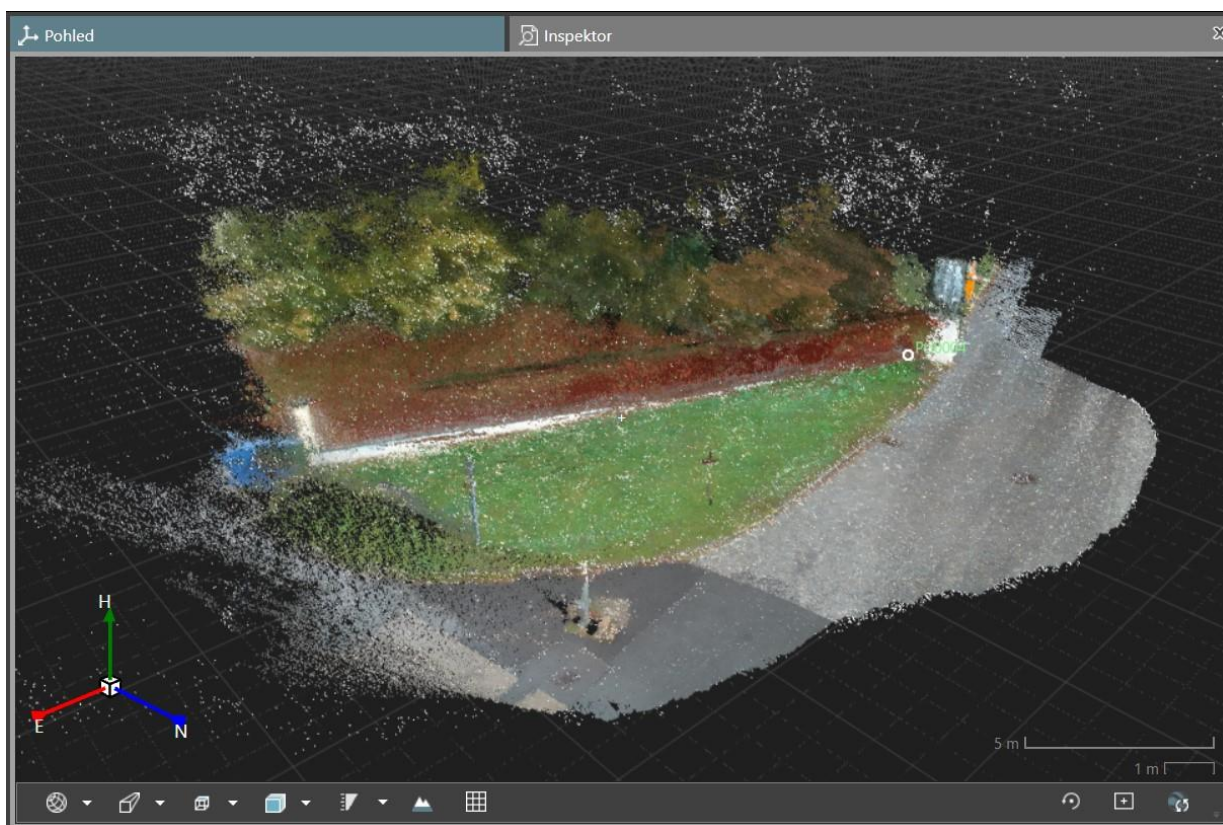
## Infinity – tvorba mračen bodů ze snímků

Je-li v Infinity spočítána orientace, je možné ze skupiny snímků spočítat 3D mračno bodů metodou "Dense Image Matching", stejně jako je to obvyklé při tvorbě modelů a ortofot z leteckých snímků. Zde se opět projevila ona netypická extrémní situace, kdy



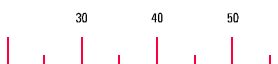
27. 10. 2020 – GS18 I – test přesnosti

přes 500 snímků snímá jeden nevelký prostor, což poskytuje mnoho společných překrytů na velkém počtu snímků, a to se opět projevilo na čase potřebného k vygenerování mračna bodů, jež zabralo 9,5 h pro plné rozlišení mračna. V běžné praxi při dvou sloučených krátkých skupinách bude processing trvat cca 15-20 minut. Nicméně proces byl úspěšně dokončen a na následujícím obrázku je sejmutá obrazovka z Infinity s mračnem bodů:



V Infinity lze následně z 3D mračen bodů manuálně odsouvat jednoduchým klikáním do mračna nové měřené objekty – body, line a plochy. Takto bylo také kontrolně změřeno všech pět testovacích bodů:

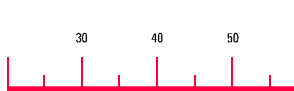




## Infinity – tabulka měření a odchylek

V následující tabulce je souhrn měření bodů provedených v Leica Captivate opravených o novou společnou orientaci snímků získanou na základě svazkového vyrovnání všech skupin v programu Infinity, měření prováděné přímo ze snímků v Leica Infinity a měření prováděné z mračna bodů:

Bod	Zdroj	Y	X	H	m3D*	mp*	mh*		
					$\Delta Y^{**}$	$\Delta X^{**}$	$\Delta H^{**}$	$\Delta p$	abs. $\Delta H$
<b>Bod č.1</b>									
I0001-2m01	Capt. 2 m, č.1	738048,726	1040666,319	213,646	0,000	0,000	0,000		
					-0,012	-0,003	-0,003	0,012	0,003
In0001	Infinity	738048,726	1040666,318	213,645	0,000	0,000	0,000		
					-0,012	-0,004	-0,004	0,013	0,004
Pcl0001	Mračno	738048,728	1040666,319	213,645	--	--	--		
					-0,010	-0,003	-0,004	0,010	0,004
<b>Bod č.2</b>									
I0002-2m01	Capt. 2 m, č.1	738044,409	1040668,379	213,751	0,001	0,001	0,000		
					-0,001	-0,009	-0,002	0,009	0,002
I0002-2m02	Capt. 2 m, č.2	738044,409	1040668,378	213,752	0,000	0,000	0,000		
					-0,001	-0,010	-0,001	0,010	0,001
I0002-2m03	Capt. 2 m, č.3	738044,410	1040668,379	213,752	0,001	0,001	0,000		
					0,000	-0,009	-0,001	0,009	0,001
I0002-5m01	Capt. 5 m, č.1	738044,410	1040668,379	213,755	0,001	0,001	0,000		
					0,000	-0,009	0,002	0,009	0,002
I0002-5m02	Capt. 5 m, č.2	738044,410	1040668,378	213,753	0,003	0,003	0,001		
					0,000	-0,010	0,000	0,010	0,000
I0002-10m01	Capt. 10 m, č.1	738044,408	1040668,378	213,753	0,002	0,002	0,001		
					-0,002	-0,010	0,000	0,010	0,000
I0002-10m02	Capt. 10 m, č.2	738044,413	1040668,375	213,753	0,002	0,001	0,000		
					0,003	-0,013	0,000	0,013	0,000
I0002-15m	Capt. 15 m	738044,408	1040668,367	213,750	0,002	0,002	0,001		
					-0,002	-0,021	-0,003	0,021	0,003
I0002-20m	Capt. 20 m	738044,411	1040668,368	213,743	0,003	0,003	0,001		
					0,001	-0,020	-0,010	0,020	0,010
I0002-kr01	Capt. krátká č.1	738044,410	1040668,379	213,752	0,001	0,000	0,000		
					0,000	-0,009	-0,001	0,009	0,001
I0002-kr05	Capt. krátká č.5	738044,409	1040668,377	213,750	0,001	0,001	0,000		
					-0,001	-0,011	-0,003	0,011	0,003
In0002	Infinity	738044,410	1040668,379	213,752	0,000	0,000	0,000		
					0,000	-0,009	-0,001	0,009	0,001
Pcl0002	Mračno	738044,410	1040668,378	213,755	--	--	--		
					0,000	-0,010	0,002	0,010	0,002
<b>Bod č.3</b>									
I0003-2m01	Capt. 2 m, č.1	738040,057	1040670,386	213,827	0,001	0,001	0,001		
					-0,006	-0,012	-0,004	0,013	0,004
I0003-2m02	Capt. 2 m, č.2	738040,057	1040670,387	213,827	0,001	0,001	0,000		
					-0,006	-0,011	-0,004	0,013	0,004
I0003-2m03	Capt. 2 m, č.3	738040,057	1040670,387	213,828	0,000	0,000	0,000		
					-0,006	-0,011	-0,003	0,013	0,003
I0003-5m01	Capt. 5 m, č.1	738040,059	1040670,387	213,829	0,001	0,001	0,000		
					-0,004	-0,011	-0,002	0,012	0,002
I0003-5m02	Capt. 5 m, č.2	738040,059	1040670,387	213,829	0,001	0,001	0,000		
					-0,004	-0,011	-0,002	0,012	0,002



Bod	Zdroj	Y	X	H	m3D*	mp*	mh*	Δp	abs.ΔH
					ΔY**	ΔX**	ΔH**		
I0003-10m01	Capt. 10 m, č.1	738040,057	1040670,388	213,828	0,001	0,001	0,000		
					-0,006	-0,010	-0,003	0,012	0,003
I0003-10m02	Capt. 10 m, č.2	738040,061	1040670,388	213,828	0,001	0,001	0,000		
					-0,002	-0,010	-0,003	0,010	0,003
I0003-15m	Capt. 15 m	738040,058	1040670,382	213,825	0,001	0,001	0,000		
					-0,005	-0,016	-0,006	0,017	0,006
I0003-20m	Capt. 20 m	738040,059	1040670,377	213,822	0,002	0,002	0,001		
					-0,004	-0,021	-0,009	0,021	0,009
I0003-kr02	Capt. krátká č.2	738040,058	1040670,388	213,828	0,000	0,000	0,000		
					-0,005	-0,010	-0,003	0,011	0,003
I0003-kr05	Capt. krátká č.5	738040,058	1040670,388	213,827	0,001	0,001	0,000		
					-0,005	-0,010	-0,004	0,011	0,004
In0003	Infinity	738040,058	1040670,388	213,828	0,000	0,000	0,000		
					-0,005	-0,010	-0,003	0,011	0,003
Pcl0003	Mračno	738040,063	1040670,389	213,826	--	--	--		
					0,000	-0,009	-0,005	0,009	0,005
<b>Bod č.4</b>									
I0004-2m01	Capt. 2 m, č.1	738031,372	1040674,463	214,079	0,002	0,002	0,001		
					-0,005	-0,016	-0,039	0,017	0,039
I0004-2m02	Capt. 2 m, č.2	738031,374	1040674,470	214,085	0,001	0,001	0,000		
					-0,003	-0,009	-0,033	0,009	0,033
I0004-2m03	Capt. 2 m, č.3	738031,374	1040674,468	214,084	0,001	0,001	0,000		
					-0,003	-0,011	-0,034	0,011	0,034
I0004-5m01	Capt. 5 m, č.1	738031,375	1040674,468	214,084	0,001	0,001	0,000		
					-0,002	-0,011	-0,034	0,011	0,034
I0004-5m02	Capt. 5 m, č.2	738031,374	1040674,468	214,084	0,001	0,001	0,000		
					-0,003	-0,011	-0,034	0,011	0,034
I0004-10m01	Capt. 10 m, č.1	738031,374	1040674,467	214,085	0,001	0,001	0,000		
					-0,003	-0,012	-0,033	0,012	0,033
I0004-10m02	Capt. 10 m, č.2	738031,375	1040674,469	214,083	0,001	0,001	0,000		
					-0,002	-0,010	-0,035	0,010	0,035
I0004-15m	Capt. 15 m	738031,374	1040674,462	214,083	0,003	0,003	0,001		
					-0,003	-0,017	-0,035	0,017	0,035
I0004-20m	Capt. 20 m	738031,374	1040674,461	214,082	0,002	0,002	0,001		
					-0,003	-0,018	-0,036	0,018	0,036
I0004-kr03	Capt. krátká č.3	738031,374	1040674,470	214,084	0,000	0,000	0,000		
					-0,003	-0,009	-0,034	0,009	0,034
I0004-kr04	Capt. krátká č.4	738031,375	1040674,470	214,084	0,001	0,001	0,000		
					-0,002	-0,009	-0,034	0,009	0,034
In0004	Infinity	738031,374	1040674,469	214,084	0,000	0,000	0,000		
					-0,003	-0,010	-0,034	0,010	0,034
Pcl0004	Mračno	738031,371	1040674,471	214,082	--	--	--		
					-0,006	-0,008	-0,036	0,010	0,036
<b>Bod č.5</b>									
I0005-2m02	Capt. 2 m, č.2	738046,024	1040667,615	213,712	0,000	0,000	0,000		
					0,007	-0,007	-0,015	0,010	0,015
I0005-2m03	Capt. 2 m, č.3	738046,023	1040667,615	213,711	0,001	0,001	0,000		
					0,006	-0,007	-0,016	0,009	0,016
I0005-5m01	Capt. 5 m, č.1	738046,024	1040667,616	213,714	0,001	0,001	0,000		
					0,007	-0,006	-0,013	0,009	0,013
I0005-5m02	Capt. 5 m, č.2	738046,023	1040667,611	213,711	0,002	0,002	0,001		
					0,006	-0,011	-0,016	0,013	0,016
I0005-10m01	Capt. 10 m, č.1	738046,023	1040667,608	213,711	0,001	0,001	0,000		
					0,006	-0,014	-0,016	0,015	0,016

Bod	Zdroj	Y	X	H	m3D*	mp*	mh*		
					$\Delta Y^{**}$	$\Delta X^{**}$	$\Delta H^{**}$	$\Delta p$	abs. $\Delta H$
I0005-10m02	Capt. 10 m, č.2	738046,027	1040667,608	213,714	0,002	0,002	0,001		
					<b>0,010</b>	<b>-0,014</b>	<b>-0,013</b>	<b>0,017</b>	<b>0,013</b>
I0005-15m	Capt. 15 m	738046,025	1040667,612	213,712	0,004	0,004	0,001		
					<b>0,008</b>	<b>-0,010</b>	<b>-0,015</b>	<b>0,013</b>	<b>0,015</b>
I0005-20m	Capt. 20 m	738046,025	1040667,595	213,704	0,004	0,004	0,001		
					<b>0,008</b>	<b>-0,027</b>	<b>-0,023</b>	<b>0,028</b>	<b>0,023</b>
I0005-kr01	Capt. krátká č.1	738046,023	1040667,615	213,712	0,001	0,001	0,000		
					<b>0,006</b>	<b>-0,007</b>	<b>-0,015</b>	<b>0,009</b>	<b>0,015</b>
I0005-kr05	Capt. krátká č.5	738046,023	1040667,611	213,708	0,001	0,001	0,000		
					<b>0,006</b>	<b>-0,011</b>	<b>-0,019</b>	<b>0,013</b>	<b>0,019</b>
In0005	Infinity	738046,023	1040667,615	213,711	0,001	0,000	0,000		
					<b>0,006</b>	<b>-0,007</b>	<b>-0,016</b>	<b>0,009</b>	<b>0,016</b>
Pcl0005	Mračno	738046,018	1040667,613	213,702	--	--	--		
					<b>0,001</b>	<b>-0,009</b>	<b>-0,025</b>	<b>0,009</b>	<b>0,025</b>

Poznámky k tabulce:

\* m3D, mp a mh jsou odhadnuté střední chyby ve 3D, v hz poloze a ve výšce softwarem Leica **Infinity** na základě vyrovnání z observací na snímcích a svazkového vyrovnání všech snímků v rámci jedné společné skupiny.

\*\*  $\Delta Y$ ,  $\Delta X$   $\Delta H$  jsou odchylky souřadnic určených ze snímků v Infinity z nové převyrované skupiny od průměrných GNSS souřadnic. Hodnoty jsou v tabulce pro lepší orientaci uvedeny **tučně**.

$\Delta p$  je polohová odchylka v horizontální rovině a **abs. $\Delta H$**  je absolutní hodnota odchylky ve výšce pro výpočty průměrných odchylek.

Červeně jsou vyznačena maxima pro každý zkoumaný bod.

Komentář a souhrn odchylek je uveden v kapitole „Závěrečné vyhodnocení testu“.

## Závěrečné vyhodnocení testu

### Vyhodnocení přesnosti

Přesnost všech posuzovaných metod shrnuje následující tabulka:

Vzdálenost bodů	Zdroj výp. souř.	$\phi \Delta p$	$\phi \Delta H$	max. $\Delta p$	max. $\Delta H$
2 m	Captivate	<b>0,029</b>	<b>0,022</b>	0,110	0,071
	Infinity	0,011	0,013	0,017	0,039
5 m	Captivate	<b>0,031</b>	<b>0,022</b>	0,042	0,067
	Infinity	0,011	0,013	0,013	0,034
10 m	Captivate	<b>0,094</b>	<b>0,025</b>	0,176	0,074
	Infinity	0,013	0,013	0,017	0,035
15 m	Captivate	<b>0,092</b>	<b>0,021</b>	0,113	0,064
	Infinity	0,017	0,015	0,021	0,035
20 m	Captivate	<b>0,166</b>	<b>0,057</b>	0,226	0,076
	Infinity	0,022	0,019	0,028	0,036
Měření na snímcích v Infinity	Infinity	0,010	0,012	0,013	0,034
Identifikace v mračně v Infinity	Infinity	0,010	0,014	0,010	0,036

## Poznámky k tabulce:

- **Vzdálenost bodů:** přibližná průměrná vzdálenost přístroje od určovaných bodů během průchodů při pořizování skupin snímků. Tato vzdálenost významně kolísá vzhledem k požadavku na průchod po zakřivené trajektorii.
- **Zdroj výpočtu souřadnic:**
  - **Captivate:** Souřadnice získané ihned po odsunutí ze snímků v polním softwaru Leica Captivate, tj. z jednotlivých nasbíraných skupin bez jejich společného převyrovnění v Leica Infinity.
  - **Infinity:** U bodů měřených v polním softwaru Captivate se jedná o souřadnice po vyrovnání jedné společné skupiny snímků, do které byly zahrnuty všechny pořízené skupiny snímků. Případně se jedná o měření přímo na snímcích či v mračnu v programu Leica Infinity po vyrovnání skupin snímků.
- **$\sigma\Delta p$ ,  $\sigma\Delta H$ :** Průměrné odchylky od průměru GNSS měření.
- **max. $\Delta p$ , max. $\Delta H$ :** Maximální odchylky od průměru GNSS měření.

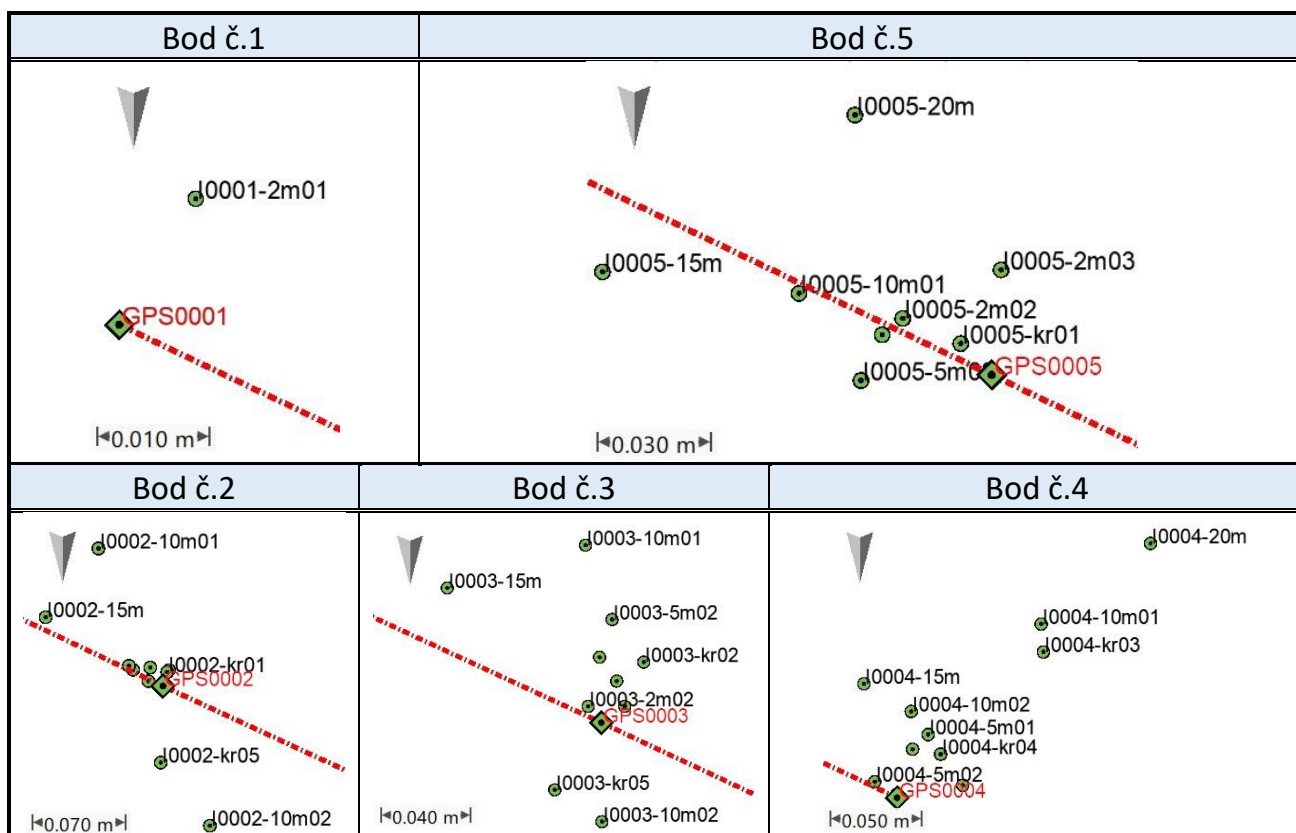
Z tabulky výše vyplývá, že pokud budeme chtít měřit body s polohovou přesností do 4 cm ze skupin snímků pořízených s GS18 I, měli bychom se s přístrojem pohybovat od 2 m do cca 7-8 m od určovaných bodů. Výrobce udává vzdálenost do 10 m, ovšem při požadavku na zakřivenou trajektorii je pohyb na hranici 10 m značně rizikový, protože tato vzdálenost se již těžko odhaduje a snadno překročí, k čemuž určitě došlo při průchodech označených v tabulce vzdáleností „10 m“. Maximální výrobcem udávané vzdálenosti 10 m lze tedy dle zjištění v rámci testování důvěřovat, ale je nutné ji považovat za limitní. Vzdálenosti 15 m a 20 m jsou daleko za kritérii, které uvádí výrobce pro sběr přesných dat, a byly pořízeny pouze pro zajímavost, co se v těchto případech děje s přesností pořízených dat.

Co se týče přesností v poloze a výšce, tak mnohem náchylnější na vznik chyb je při výpočtu v programu Leica Captivate poloha než výška. Nejspíše je to tím, že pro IMU jednotku je nejnáročnější úkol určení natočení přijímače kolem svislé osy.

Úplně jiná situace je po sloučení více skupin, které pokrývají stejné území, do jedné skupiny, u které se pak provede nové společné svazkové vyrovnání v programu Leica Infinity. Výsledkem je homogenní model, ve kterém již tolik nezáleží na tom, z jak vzdálených snímků se body odsouvají. Jediné, co zde ovlivňuje přesnost je, že ze vzdálených snímků se body hůře identifikují kvůli rozlišení snímků. Po společném vyrovnání je přesnost podstatně lepší, což je také patrné z tabulky. Ještě zopakuji, že dochází k zásadnímu zlepšení přesnosti i u fotogrammetricky měřených bodů v Leica Captivate, protože skrze snímkové souřadnice dochází k novému výpočtu geodetických souřadnic bodů z nového modelu po vyrovnání.

Následující tabulka graficky znázorňuje polohu jednotlivých měření v Leica Captivate. Vyplývá z ní, že větší chyby se vyskytují spíše na okrajích jednotlivých skupin snímků a navíc vykazují tendenci vyšších hodnot ve směru od přístroje. Tento trend je vidět

zejména u bodu č.4. Uprostřed skupin snímků jsou chyby menší a mají více nahodilý charakter:



## Časová náročnost

Pro posouzení produktivity práce je nutné zmínit, jak je sběr skupin snímků a odsouvání souřadnic časově náročné.

Před snímkováním se v Captivate spouští aplikace GS snímky > Skupina snímků, kdy dochází k inicializaci kamery, což je otázka pár vteřin a provádí se během snímkování pouze jednou při vstupu do této aplikace. Pak je již možné stisknout tlačítko Start a rozejít se.

Časově nejnáročnější je proces ihned po ukončení každé skupiny snímků. Po stisku tlačítka Stop nebo po automatickém zastavení snímkování se automaticky rozbíhá proces, kdy Captivate na pozadí tvoří na významných kontrastech snímků spojovací body a na základě této poměrně velké množiny snímkových observací provádí svazkové vyrovnání. Pokud je vyrovnání úspěšné, což při zachování základních podmínek pro snímkování je pravidlem, tak se musí skupina snímků ještě uložit stiskem tlačítka „Ulož“. Čas potřebný pro tyto dvě operace vyrovnání + uložení závisí na délce skupiny snímků. Při použití kontroleru CS20 LTE se přibližně jedná o časy:

Délka skupiny snímků v sekundách	Přibližný čas operací vyrovnání + uložení
Do 15 s	20 s
Těsně pod 30 s	40 s
Nad 30 s	2 min 30 s
60 s	až 6 min

Z tabulky výše je patrné, že čas pro vyrovnání skupiny snímků v kontroleru CS20 LTE skokově narůstá po 30 s, tj. po 60-ti snímcích. Časově nejefektivnější je tedy sbírat skupiny snímků s délkou chůze do 30 sekund. Námi zjištěný doporučený časový interval pro snímkové skupiny je od 10 s do 30 s. Dolní mez je stanovena vzhledem k již dříve zmíněnému rozložení chyb ve vodorovné poloze u příliš krátkých skupin. Dle informací zjištěných u výrobce jsou tyto procesní časy výrazně kratší při použití polního tabletu CS35. Ten však nebyl v tomto testu nasazen.

## Ověřování a tvorba protokolů pro odevzdání výsledků do KN

Měření s využitím kamery s Leica GS18 I je principiálně založeno na kombinaci dvou metod:

- GNSS s využitím IMU
- Průřezová fotogrammetrie

Tvorba GNSS protokolů je již dlouho vyhláškou přesně definována. Ovšem specifikum snímkování s GS18 I je, že vykazované GNSS informace se nevztahují přímo k určovaným bodům, ale k ohniskům kamery v době pořízení každého snímku. GNSS protokol vytvořený přes formátovou masku v Leica Captivate pro předání výsledků měření na Katastrální úřady vypadá následovně:

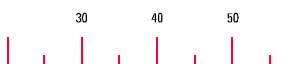
Bod GNSS (třída PR=průměr, ME=měření):

Bod	Třída	Y	X	H	H.ant	Datum	Čas	GDOP	PDOP	3Dkv	Sat	RTK	poz.	Mountp.	Podtrida
GPS0001	PR	738048.74	1040666.32	213.65	15.10.20	11:12:10	0.01	0+0	NIC						
GPS0001	ME	738048.72	1040666.32	213.65	1.80	15.10.20	11:08:32	2.1	1.5	0.02	8+4	5	MAX3C-MSM	GNSS	fix
GPS0001	ME	738048.75	1040666.33	213.66	1.80	15.10.20	11:10:38	1.7	1.1	0.02	9+4	5	MAX3C-MSM	GNSS	fix
GPS0001	ME	738048.74	1040666.32	213.64	1.80	15.10.20	11:12:10	2.1	1.5	0.02	8+4	5	MAX3C-MSM	GNSS	fix

Bod ze snímků:

I0001-2m01 ME 738048.73 1040666.31 213.62 15.10.20 12:42:22 0.02 0+0 Imaging

U bodů ze snímků lze přímo vykázat tyto relevantní informace: souřadnice, výšku, odhad kvality (střední chyby) a podtřidu, která má hodnotu „Imaging“, podle které se pozná, že byl bod určen měřením ze snímků. Chybí údaje o družicích a uvedený čas se týká doby odsunutí souřadnic ze snímku, nikoli času pořízení snímkové skupiny.



Je tedy třeba vykázat i pořizování jednotlivých skupin snímků. To lze prozatím v Leica Infinity po přepočtu orientace:

## Informace o skupině obrázků

Id skupiny obrázků:	IG-2m-1 (15.10.2020 11:19:42)	Senzor:	Leica Geosystems AG
Počet obrázků:	62	Model kamery:	AR0135 Camera
Šířka obrázku:	1280 px	EXIF ohnisková vzdálenost:	3,100 mm
Výška obrázku:	960 px	Velikost pixelu:	0,004 mm
Celková velikost obrázku:	0,08 Gpx	Průměrná velikost pixelu na terénu (GSD):	0,16 cm/px

## Přehled výsledků

### Obecné

Orientovaná pozice kamery:	62 / 62
Medián spojovacích bodů na snímek:	106
Střední 3D chyba vřícovacích bodů:	-
Střední 3D chyba kontrolních bodů:	-
nMAD pro Control Points:	- px
nMAD pro Check Points:	- px

### Tolerance kontrolních bodů

Stř. chyba Y(E):	-
Stř. chyba X(N):	-
Stř. chyba horizontální:	-
Stř. chyba výšky:	-

## Vnitřní orientace

Zdroj kalibrace: Neznámý

## Konstanty kamery

Parametr	Počáteční [mm]	Kalibrováno [mm]	Rozdíl [mm]
Konstanta kamery X	3,149	3,153	-0,004
Konstanta kamery Y	3,161	3,167	-0,006

## Hlavní bod

Parametr	Počáteční [px]	Kalibrováno [px]	Rozdíl [px]
Hlavní bod X	657,00	657,13	-0,13
Hlavní bod Y	468,00	468,37	-0,37

## Vnější orientace

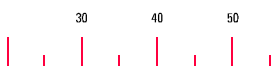
### Obecné informace

Celkový počet bodů 3D vazby:	16 735	Průměrný počet spojovacích bodů na snímek:	104
Počet vřícovacích bodů:	0	Minimální počet spojovacích bodů na snímek:	64
Počet kontrolních bodů:	0	Maximální počet spojovacích bodů na snímek:	139
Střední chyba projekce spojovacích bodů:	0,96 px		

## Standardní odchylka absolutní pozice kamery

Parametr	Y(E) [m]	X(N) [m]	Orto.Výšky [m]	Omega [gon]	Fí [gon]	Kappa [gon]
Průměr	0,001	0,001	0,001	0,02080	0,05642	0,02905
Stř.ch.	0,000	0,000	0,000	0,00437	0,00575	0,00434





27. 10. 2020 – GS18 I – test přesnosti

Tento protokol je velmi rozsáhlý a orientovaný na fotogrammetrii. Pro budoucí použití pro katastr je do něj potřeba přidat GNSS údaje. Na tomto se již usilovně pracuje jak na komunikační lince GEFOS – Leica Geosystems, tak zjišťováním konkrétních požadavků od ČÚZK. Dosavadní legislativní „vakuum“ v této oblasti je způsobeno tím, že nejen pro Katastr nemovitostí se jedná o úplně novou metodu měření.

Po konzultacích s odborníky z ČÚZK a katastrálních úřadů dáváme dohromady požadavky na výrobce, aby speciálně pro náš trh vytvořil XSL styl pro export potřebných údajů rovnou z polního softwaru Leica Captivate.

Dále proběhla konzultace o možnostech ověřování bodů dvojným měřením tak, jak to stanoví vyhláška. Prozatím byly předběžně konzultovány dvě možnosti:

- 1) Projití dvou snímkových skupin s časovým odstupem, jak to stanoví vyhláška pro GNSS body s dvojným určením souřadnic bodů z těchto nezávislých skupin
- 2) Ověření skupiny snímků pomocí vybraných identických bodů určených ze snímků a zároveň GNSS měřením v jiném čase, čímž by se daná skupina prohlásila za správnou a použitelnou pro odsouvání bodů.

## Závěr

GS18 I umožňuje zaměření nepřístupných bodů přímo na kontroleru až do vzdálenosti 10 m s přesností, která vyhovuje požadavkům kladeným na podrobné body v katastru nemovitostí. Jako nejefektivnější se jeví pořizování skupin snímků v délce 15-30 sekund. Zpracování měření v Infinity vede k dalšímu zpřesnění pořizovaných dat a umožňuje i generování mračna bodů pro další vyhodnocení. Senzor GS18 I dále rozšířil možnosti využití a zvýšil produktivitu GNSS technologie.

Těším se na Vaše případné komentáře a náměty a hlavně Vám přeji hodně zdraví a pevné nervy potřebné pro překonání současné situace.

Daniel Šantora

GEFOS a.s.

Obchodní zastoupení Leica Geosystems pro ČR

Kundratka 17, 180 82 Praha 8, Czech Republic

Web: <http://www.gefos-leica.cz>

<http://www.leica-geosystems.com>