Ověření absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR (2021 – 2022)

Mgr. Petr Dušánek,
doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.,
Zeměměřický úřad

Abstrakt

Parametry, postupy a výsledky ověření absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR, které je od roku 2021 vytvářeno na celém území České republiky ve dvouletém intervalu s prostorovým rozlišením, charakterizovaným lineární vzdáleností mezi středy pixelů na zemském povrchu (GSD) 0,125 m, a to Zeměměřickým úřadem ve spolupráci s Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem.

Verification of Absolute Positional Accuracy of the Orthophoto CR (2021 – 2022)

Abstract

Parameters, procedures and results of the verification of the absolute positional accuracy of the Orthophoto CR, which is created from 2021 on the entire territory of the Czech Republic in a two-year interval. Its spatial resolution is characterized by a linear distance between the centres of pixels on the earth's surface (GSD) of 0.125 m. The creator is Land Surveying Office in cooperation with the Military Geographic and Hydrometeorological Office.

Keywords: *Czech Republic, orthophoto, absolute positional accuracy, GSD = 0.125 m*

1. Úvod

Fotogrammetrický produkt, označovaný jako ortofoto, ortofotomozaika nebo ortofotomapa, vzniká spojením více ortofotosnímků do bezešvé mozaiky georeferencované do požadovaného souřadnicového referenčního systému. Data jsou distribuována jako soubory ve formě dlaždic, vymezených např. sekčními čarami listů státního mapového díla. Jinou formou distribuce jsou mapové služby (WMS, WMTS).

Od počátku 21. století je tento produkt nejpoužívanějším zdrojem geoprostorových **polohových dat** o zemském povrchu a objektech na něm pro tvorbu a aktualizaci topografických a tematických map, pokrývajících **celé státní území** v měřítku 1 : 5 000 a menším. Na rozdíl od časově náročné tvorby a obnovy státních mapových děl kartografickými a polygrafickými metodami je v současné době obvyklé vytvářet aktuální ortofoto na celém státním území každé 2 – 3 roky.

Nové typy digitálních měřických kamer umožňují pořizovat letecké měřické snímky současně ve 3 pásmech viditelného spektra (R, G, B) a v blízkém infračerveném pásmu (NIR) jako rastrové záznamy s prostorovým rozlišením, které je udáváno vzdáleností sousedních vzorků (pixelů) na zemi (Ground Sample Distance – GSD), konkrétně hodnotou 0,10 – 0,25 m v roce 2022 v České republice (ČR) i v okolních státech a spolkových zemích SRN (viz **tab. 1**).

S touto hodnotou pak často souvisí i dosažení **absolutní polohové přesnosti** ortofota vzhledem k používanému polohovému souřadnicovému referenčnímu systému, jehož ověření, v případě Ortofota ČR s GSD = 0,125 m z let 2021 a 2022, je hlavním tématem tohoto článku a je podrobněji popsáno zejména v částech 4 a 5.

2. Parametry leteckého měřického snímkování pro tvorbu Ortofota ČR

Letecké měřické snímkování (LMS) pro tvorbu Ortofota ČR bylo zahájeno ve spolupráci Ministerstva obrany (MO), Ministerstva zemědělství (MZe) a Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK) v roce 2003. Současné parametry leteckého měřického snímkování pro tvorbu Ortofota ČR jsou výsledkem dvacetiletého vývoje, který reflektuje rozvoj techniky určené pro sběr geoprostorových dat a především požadavky uživatelů zabývajících se různými formami prostorové analýzy.

Během dosavadních 20 let vývoje a tvorby Ortofota ČR došlo k několika zásadním opatřením: v roce 2009 bylo zvýšeno původní GSD z 0,50 m na 0,25 m. Od roku 2010 jsou výhradně používány **digitální** letecké měřické kamery. V roce 2012 byla zkrácena původní perioda LMS ze tří na dva roky a došlo i ke změnám v zadávání veřejných zakázek. Součástí zadávací dokumentace jsou od té doby souřadnicemi a nadmořskou výškou zadaná projekční centra.

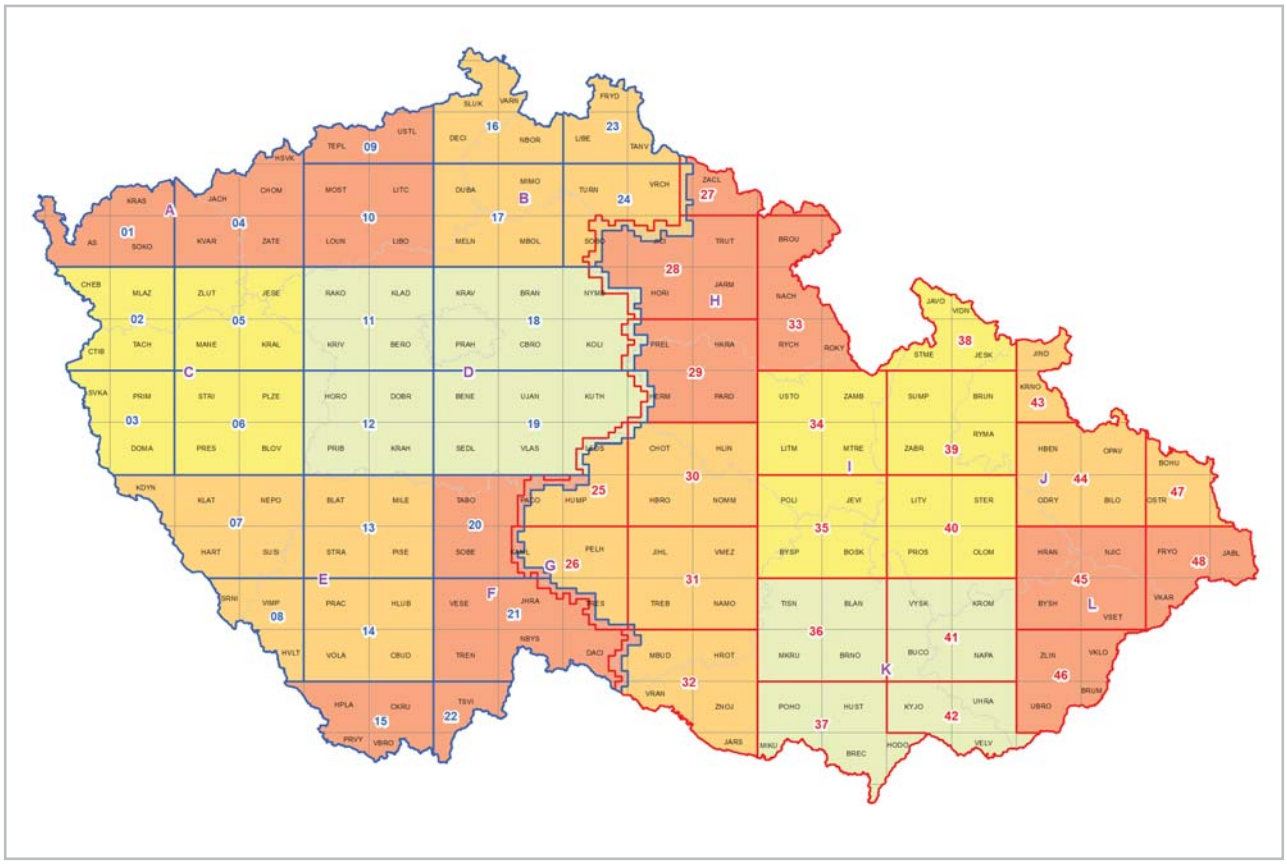
V cyklu 2016 až 2017 došlo k další změně prostorového rozlišení na GSD = 0,20 m. V roce 2020 bylo pak reagováno na požadavky krajských úřadů, aby bylo změněno rozdělení ČR na Pásmo Západ a Pásmo Východ tak, aby sledovalo hranice krajů (viz **obr. 1**) [1], [2]. Posledním zásadním zdokonalením parametrů Ortofota ČR je přechod na prostorové rozlišení GSD = 0,125 m v roce 2021. V letech 2023 až 2024 bude použito shodné zadání jako v letech 2021 až 2022.

S přechodem na rozlišení Ortofota ČR 0,125 m bylo přistoupeno ke zhuštění pole výchozích vlícovacích bodů v blocích. Byly zvoleny rozměry 80 x 80 cm signalizační geotextílie, opatřené černým kontrastním okrajem o šířce 20 cm s bílým středem o rozměru 40 x 40 cm (viz **obr. 2** a **3**). Bylo doporučeno zřizovat speciální vlícovací body, a to buď nátěrem (40 x 40 cm) na kontrastní ploše (zpravidla vozovky) nebo zaměřením kontrastních kanalizačních poklopů. I nadále je možno pole výchozích vlícovacích bodů takto doplnit a tím prodloužit dobu mezi kontrolami stavu signalizace, tj. mezi jejím vyhotovením a realizací LMS.

Vývoj parametrů digitálního LMS pro tvorbu Ortofota ČR pro standardní blok 50 x 40 km (2012 až 2022) ilustruje **tab. 2**.

Tab. 1 Parametry digitálních ortofot nejvyššího rozlišení v ČR, okolních evropských státech a vybraných spolkových zemích SRN, vyhotovené státními orgány a organizacemi

Stát/ Spolková země	Název produktu v roce 2022	Správce a distributor produktu	GSD [m]	Obory spektra	Perioda	Plocha [km²]
Česká republika	Ortofoto ČR	Zeměměřický úřad a Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad	0,125	RGB CIR	2 roky	78 870
Slovenská republika	Ortofoto-mozaika SR	Geodetický a topografický ústav Bratislava a Národné lesnícke centrum	0,20	RGB CIR	3 roky	49 035
Rakousko	Orthophoto	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen	0,20	RGB CIR	3 roky	83 871
Bavorsko	Digitale Orthophotos	Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung	0,20	RGB CIR	2 roky	70 550
Sasko	Digitale Orthophoto	Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen	0,20	RGB CIR	2 roky	18 416
Polsko	Ortofotomapa	Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa	0,25	RGB CIR	3 roky	332 575
Dolní Sasko	ATKIS Digitale Orthophotos	Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen	0,20	RGB CIR	3 roky	47 614
Severní Porýní-Vestfálsko	ATKIS Digitale Orthophotos	Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen	0,10	RGB CIR	2 roky	34 110
Sasko-Anhaltsko	ATKIS Digitale Orthophotos	Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen - Anhalt	0,20	RGB CIR	2 roky	20 452
Sársko	Digitales Orthophoto	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung	0,20	RGB CIR	1 rok	2 570
Dánsko	Danmarks Digitale Ortofoto	Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur	0,125	RGB CIR	2 roky	43 094
Slovinsko	Ortofoti DOFI	Geodetska uprava Republike Slovenije	0,25 0,50	RGB CIR	3 roky	20 273
Chorvatsko	Digitalni Ortofoto DOF5 DOF2	Državna Geodetska Uprava´ (města)	0,50 0,20	RGB CIR	3 roky	56 594
Švýcarsko	Orthofoto-mosaik SWISSIMAGE 10 cm	Bundesamt für Landestopografie Swisstopo	0,10 nížiny 0,25 hory	RGB CIR	3 roky	41 285
Francie	BD Ortho	Institut Géographique National France	0,20	RGB CIR	3 roky	343 965



Obr. 1 Rozdělení ČR na Pásma Západ a Východ a ucelené bloky leteckého snímkování

Obr. 2 Trigonometrický bod ve skruži signalizovaný terčem

Obr. 3 Zajišťovací bod signalizovaný nátěrem na vozovce

Tab. 2 Vývoj parametrů digitálního leteckého měřického snímkování pro tvorbu Ortofota ČR pro standardní blok 50 x 40 km (2012 až 2022)

Období / Parametry LMS / Rozlišení Ortofota ČR	2012 až 2015	2016 až 2020	2021 až 2022
	0,250 m	0,200 m	0,125 m
Relativní výška letu nad střední výškou terénu [m]	3 500 [1), 2), 3)]	3 100 [2), 3), 4), 5)] / 3 200 [6)]	2 400 [4)] / 2 550 [5)]/ 2600 [6)]
Počet letových řad	16	18	24
Počet snímků v řadě (z toho mimo blok)	56 (2)	64 (2)	82 (4)
Vzdálenost sousedních letových řad (a) [m]	2 500	2 222	1 666
Vzdálenost středů snímků v řadě (b) [m]	926	806	641
Podélný překryt snímků [%]	60,8 [1), 2), 3)]	61,5 [2), 3), 4), 5)] / 60,8 [6)]	60,5 [4)] / 62,9 [5)] / 61,2 [6)]
Příčný překryt řad [%]	30,9 [1), 2), 3)]	30,7 [2), 3), 4), 5)] / 37,3 [6)]	34,1 [4)] / 37,9 [5)] / 42,1 [6)]
Rozměr pixelu v nadiru [m]	0,25 [1)] / 0,21 [2)] / 0,18 [3)]	0,19 [2)] / 0,16 [3)] / 0,14 [4)] / 0,12 [5)] / 0,14 [6)]	0,11 [4)] / 0,10 [5)] / 0,11 [6)]
Počet snímků v bloku	896	1 152	1 968
Počet snímků na celém území ČR	36 434	47 108 / 48 240 [7)]	82 109
Vysvětlivky	[1)] UC-X, [2)] UC-Xp, [3)] UC-E M1, [4)] UC-E M2, [5)] UC-E M3, [6)] DMC III [7)] Platí pro rok 2020, byla dokončena jen východní část (23 293 snímků)		

3. Postup tvorby a parametry Ortofota ČR včetně sledování jeho absolutní polohové přesnosti signalizovaných bodů v letech 2014 až 2022

Termín LMS je stanoven rámcovou obchodní dohodou na období od 25. 4. do 15. 7. příslušného roku. V případě, že dodavatel prokáže, že nebylo možno uskutečnit snímkování do 15. 7., je prodloužen termín, zpravidla o 1 měsíc. V některých meteorologicky nepříznivých letech však bylo snímkování ukončeno až na přelomu září a října. Po skončení snímkování konkrétního bloku běží lhůta na dodání dat a metadat, která je zpravidla 30 dní.

Data a metadata jsou dodána na externím přenosném disku. Zadavatel je povinen do 10 dnů provést prvotní kontrolu úplosti dodávky. Přitom je posouzena kvalita dat snímků, které jako „nestandardní" označí sám dodavatel a které vykazují závady (neostrost obrazu, přítomnost oblačnosti, prvky vnější orientace přesahující limitní hodnoty apod.). Pokud jde o závady, které zásadně neovlivní kvalitu Ortofota ČR, jsou příslušná data pouze sankcionována ve smyslu rámcové dohody. V případě, že jde o závady závažné, není příslušný blok převzat a je požadována náprava, zpravidla nové snímkování celého bloku. Data dodaná pořizovatelem jsou obrazová data v bezeztrátovém formátu tif. Snímky jsou dodány jako tříkanálové R, G, B (8 bit a 16 bit) a jednokanálové NIR (16 bit). 16bitové snímky jsou zpracovány a poté uloženy v archivu LMS.

8bitová RGB data jsou použita pro stereoskopické vyhodnocení vybraných prvků Základní báze geografických dat (ZABAGED®) a pro proces tvorby Ortofota ČR, který zahrnuje tyto operace:

Bloková aerotriangulace (AT)
při které je používán software (SW) Match-AT společnosti Inpho. Nejprve je vytvořen projekt, kde jsou data propojena s metadaty (prvky vnější orientace zjištěné palubními aparaturami GNSS/INS) a jsou zadány prvky vnitřní orientace měřických kamer. Spolu se snímky jsou do něj vloženy souřadnice vlícovacích (VB) a kontrolních bodů (KB). Následuje vyhodnocení polohy VB a KB na všech dotčených snímcích na fotogrammetrické pracovní stanici a automatické vyrovnání paprskových svazků, kdy jsou zpřesněny původní prvky vnější orientace.

Souřadnice a výšky KB pak slouží pro ověření kvality výpočtu AT a také pro zjištění absolutní polohové přesnosti signalizovaných kontrolních bodů (viz **tab. 3**).

Ortogonalizace leteckých měřických snímků
pro kterou je využíván SW OrthoMaster společnosti Inpho. Výsledkem jeho aplikace je převod centrální projekce do ortogonální projekce a její průmět do vztažné plochy. Vstupem jsou letecké měřické snímky (l. m. s.), u kterých byly v průběhu blokové aerotriangulace zpřesněny prvky vnější orientace. Druhým vstupem jsou parametry vztažné plochy. Velkou výhodou SW OrthoMaster je možnost použití hybridního digitálního modelu reliéfu, který je kombinací klasického rastru a vektorových linií. V případě Ortofota ČR jde o digitální model reliéfu 4. generace (DMR 4G) doplněný o 3D vektory mostovek. Díky tomu nedochází k polohovým posunům ortofota na vyšších mostních konstrukcích. Ortogonalizované l. m. s. mají již rozlišení výsledného Ortofota ČR. Překreslení ortofotosnímků neprobíhá na celé ploše obrazu, ale jen ve středních částech, které

Tab. 3 Určení absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR vůči Souřadnicovému referenčnímu systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) vyhodnocením polohy kontrolních bodů signalizovaných terčem nebo nátěrem, které nevstoupily do transformačního klíče blokové aerotriangulace a nejsou v blízkosti vlícovacích bodů

Absolutní polohová přesnost v Pásmu Západ					Absolutní polohová přesnost v Pásmu Východ				
Rok	**Pixel [m]**	**Počet KB**	**m_p [m]**	**m_H [m]**	**Rok**	**Pixel [m]**	**Počet KB**	**m_p [m]**	**m_H [m]**
					2014	0,25	628	0,179	0,255
2015	0,25	667	0,246	0,268	2016	0,20	437	0,158	0,208
2017	0,20	462	0,141	0,198	2018	0,20	476	0,183	0,191
2019	0,20	482	0,122	0,178	2020	0,20	253	0,157	0,177
2021	0,125	171	0,103	0,109	2022	0,125	156	0,104	0,085

tak vytvářejí souvislou ortofotomozaiku. Ortofoto ČR pokrývá celé státní území s přesahem 100 m za státní hranice.

Barevné vyrovnání
Pro tuto operaci je využíván SW OrthoVista společnosti Inpho. Pokud to vyžaduje situace, provede se nejprve manuální barevné vyrovnání mezi snímky pocházejícími z různých snímkových letů v rámci jednotlivého bloku. Následně je pak provedeno automatické barevné vyrovnání mezi jednotlivými bloky. Před dokončením Ortofota ČR dochází ještě k barevnému vyrovnání celého zpracovávaného Pásma. Pro tento automatický proces je používán algoritmus Global Tilting Adjustment, který umožní částečně odstranit rozdílné radiometrické vlastnosti obrazů pořízených při různé úrovni slunečního svitu. Rozdíly vzniklé pořízením l. m. s. v různém vegetačním období ovšem zůstávají patrné.

Vytvoření a editace švů, export bezešvé mozaiky Ortofota ČR v kladu listů Státní mapy 1 : 5 000
Po barevném vyrovnání ortogonalizovaných l. m. s. následuje automatické vytvoření tzv. švů, což jsou linie, které vymezují jaká část ortogonalizovaného snímku bude použita ve výsledném ortofotu. Algoritmus Feature Detection, který je použit pro odvození švů, poskytuje velmi kvalitní výsledky.

Aby se předešlo průběhu švů přes budovy, jsou od roku 2018 do procesu automatického generování švů zahrnuty polygony budov a některých dalších objektů, obsažených v ZABAGED® (s přesahem 5 m), kudy nelze vésti šev. I tak je nutno v některých místech švy ještě manuálně upravit tak, aby byl vizuální vjem výsledné ortofotomozaiky co nejlepší.

Retuše ortofota
Ortofoto ČR, zpracované převážně automatizovanými postupy, je z měřického hlediska kvalitní, avšak zůstávají v něm drobné estetické nedostatky, které je třeba odstranit v programu Photoshop. Jde především o likvidaci odlesků na vodních plochách.

Vyhodnocení absolutní polohové přesnosti na trigonometrických bodech v ochranných skružích
Po dokončení Ortofota ČR je produkt přidán do archivu LMS a distribuován uživatelům – jednak formou souborových dat, ale především prostřednictvím mapové služby (WMS, WMTS). Po uveřejnění nové verze Ortofota ČR je vyhodnocena jeho absolutní polohová přesnost vůči polohovému referenčnímu systému, kterým je Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), a vyhodnoceno jeho celkové homogenní „usazení" na celém státním území. K tomuto účelu jsou využívány na Ortofotu ČR zřetelně zobrazené trigonometrické body v ochranných skružích, jejichž souřadnice jsou zjištěny z Databáze bodových polí. Skruž o průměru 2 m je osazena vcelku centricky vůči kameni trigonometrického bodu (TB), aby nad ním mohl být umístěn stativ s měřickým přístrojem. Výhodou takto vybavených bodů je jejich velký počet a poměrně rovnoměrné rozmístění na celém území ČR (viz **obr. 4**). Výsledky každoročního vyhodnocení absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR tohoto typu od roku 2014 jsou uvedeny v **tab. 4** [3].

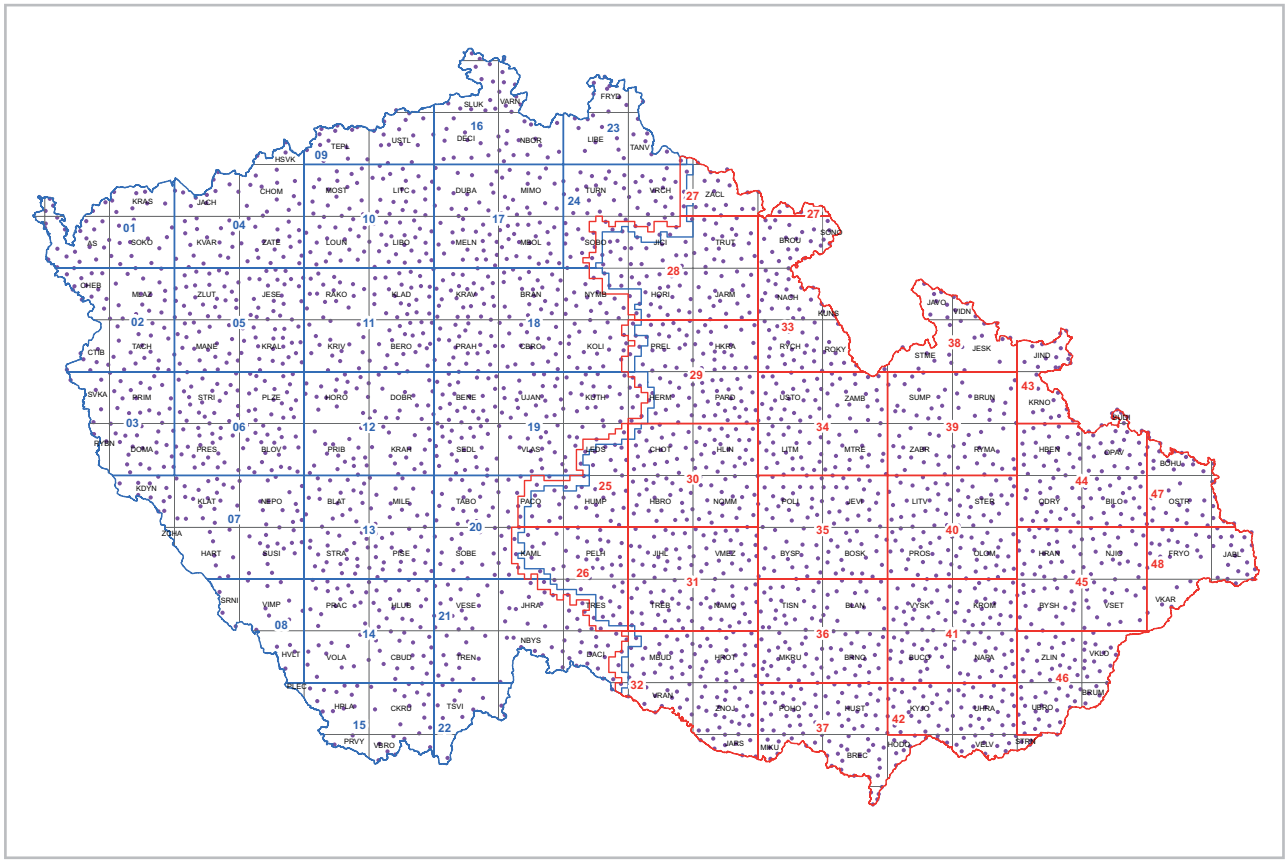
4. Výběr lokalit a geodetické určení nesignalizovaných kontrolních bodů

Při ověření přesnosti Ortofota ČR s rozlišením 0,125 m na zemi, byla sledována dvě hlediska:

1) absolutní polohová přesnost produktu na celém území státu vzhledem k S-JTSK, a to analýzou dosažené přesnosti na terčem nebo nátěrem **signalizovaných** trigonometrických, zhušťovacích, vlícovacích a kontrolních bodech (viz část 2 a 3),
2) **reálně dosažitelná** absolutní polohová přesnost určení objektů dobře identifikovatelných na Ortofotu ČR, avšak uměle nesignalizovaných, kterých je pro uživatele naprostá většina.

Hodnoty m_p, uvedené v **tab. 3** a **4** totiž necharakterizují reálně dosažitelnou absolutní polohovou přesnost Ortofota ČR, protože v takovém případě by všechny body a objekty zájmu musely být uměle signalizovány terči nebo nátěrem, což je v případě cca jedné poloviny území ČR každoročně, organizačně a ekonomicky neproveditelné.

Proto byla v letech 2021 a 2022 provedena analýza reálně dosažitelné absolutní polohové přesnosti dobře identifikovatelných, avšak uměle nesignalizovaných bodů, a to na základě vyhodnocení 248 KB ve 13 lokalitách



Obr. 4 TB na území ČR osazené ochrannými skružemi

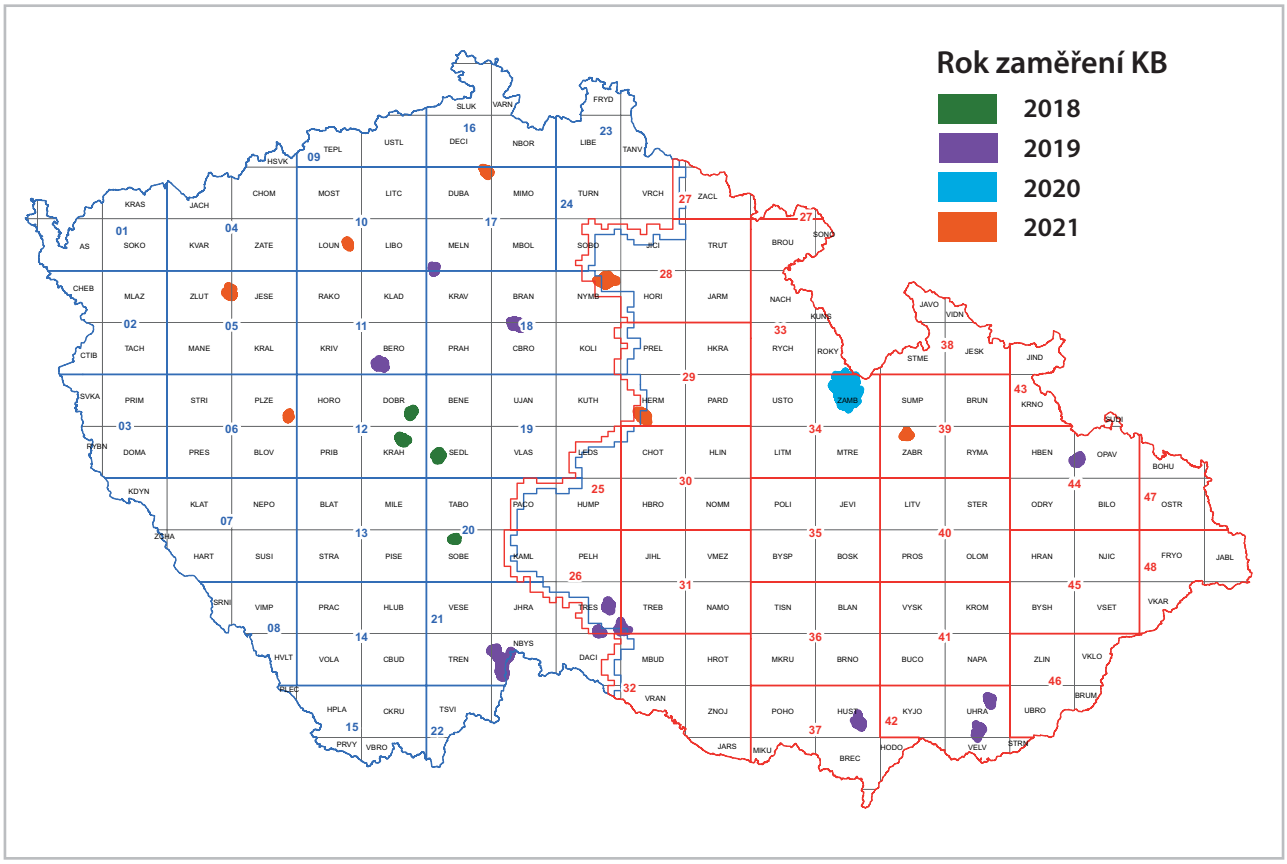
Tab. 4 Určení absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR vzhledem k S-JTSK porovnáním polohy TB se středem ochranné skruže

Absolutní polohová přesnost v Pásmu Západ				Absolutní polohová přesnost v Pásmu Východ			
Rok	**Pixel [m]**	**Počet TB**	**m_p [m]**	**Rok**	**Pixel [m]**	**Počet TB**	**m_p [m]**
				2014	0,25	1 037	0,179
2015	0,25	998	0,280	2016	0,20	1 261	0,158
2017	0,20	1 022	0,218	2018	0,20	1 270	0,183
2019	0,20	960	0,202	2020	0,20	1 152	0,157
2021	0,125	1 123	0,191	2022	0,125	1 335	0,104

v 6 krajích Pásma Západ a 240 KB v 18 lokalitách v 7 krajích Pásma Východ (viz **obr. 5**).

K tomuto účelu byly zejména využity KB zaměřené v letech 2018 až 2021 speciální geodetickou četou Zeměměřického úřadu [4] ve 24 lokalitách pro jiný úkol (ověření absolutní polohové přesnosti vybraných typů bodových a liniových objektů ZABAGED®). Tyto KB byly určeny geodeticky stejným postupem a se stejnou přesností jako výchozí VB a KB pro Ortofoto ČR (tj. technologií GNSS-RTK se střední souřadnicovou chybou menší než 0,06 m).

Jako nejvhodnější KB se ukázaly středy betonových poklopů kanalizace na asfaltových vozovkách a rohy prvků vodorovného značení silničních komunikací, paty jednoduchých betonových nebo dřevěných sloupů vedení vysokého napětí (VN), patky stožárů vedení velmi vysokého napětí (VVN), pokud nebyly zarostlé trávou nebo křovím, a ničím nezakryté rohy domů a zdí v úrovni terénu; z linio-



Obr. 5 488 KB zaměřeno geodeticky ve 31 lokalitách a 13 krajích

Obr. 6 KB (rohy domů) zakryté střešním pláštěm a identifikovatelné s ohledem na dráhu letu

vých prvků pak pouze body v ose železniční koleje nebo konce přerušované čáry dobře viditelné osy silnice.

V případě využití rohů domů jako KB se ukázala jejich poměrně vysoká „ztrátovost" (až 65 %) v důsledku zákrytu na snímcích střešním přesahem nebo „sklopeným" perspektivním obrazem vyšší budovou. Velmi totiž záleží na poloze a relativní výšce dráhy letu snímkujícího letounu (viz **obr. 6**). I v případě staveb bez střešního přesahu, jako

jako jsou panelová sídliště a výškové budovy, může „ztrátovost" dosáhnout až 50 % v důsledku sklopení perspektivního obrazu nebo hlubokého vrženého stínu.

KB na vybraných **liniových prvcích** (ose silnic a železniční tratě), které nebyly opatřeny signálním terčem nebo nátěrem, byly definovány rozměřením šířky vozovky nebo pomocí rozchodky (**obr. 7**). Tento bod byl pak geodeticky zaměřen polární metodou z blízkého vhodného stanoviska určeného metodou GNSS-RTK. Poloha takového bodu na Ortofotu ČR byla určena tak, že v blízkosti jeho očekávané polohy byla nastavena geodetická souřadnice té souřadnicové osy v S-JTSK, která byla bližší kolmici na liniový prvek, a kurzor pak ve směru druhé souřadnice umístěn do osy liniového prvku. Tento postup se 3x opakoval a jako výsledek byl uveden aritmetický průměr nebo jedno (odlehlé) měření bylo případně vyloučeno.

5. Výsledky ověření reálné absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR (2021 až 2022)

Počet TB, opatřených ochrannou skruží a jejich obrazem, identifikovatelným na Ortofotu ČR na celém státním území, je pozoruhodný (více než 2000!). Zeměměřický odbor Pardubice Zeměměřického úřadu proto každoročně vyhodnocuje polohu všech takto identifikovaných bodů v Pásmu Západ nebo Pásmu Východ a vytváří tak cennou statistiku, která jednak dokazuje, že absolutní polohová přesnost se zvyšuje se zvyšujícím rozlišením Ortofota ČR, i když ne zcela lineárně a data v **tab. 4** pak potvrzují, že produkt Ortofoto ČR je korektně ortogonalizován na celém státním území vůči polohovému referenčnímu systému, kterým je S-JTSK.

Podobně je vytvářena statistika terčem nebo nátěrem signalizovaných KB, které nevstupují do výpočtu blokové aerotriangulace ve 48 blocích, na které je rozděleno území ČR. Hodnoty uvedené v **tab. 3** charakterizují vysokou přesnost určení polohy terčem nebo nátěrem signalizovaných bodů, které nejsou v blízkosti VB.

Výsledky fotogrammetrického určení polohy 488 nesignalizovaných KB na Ortofotu ČR s GSD = 0,125 m z let 2021 a 2022 jsou uvedeny v **tab. 5** a **6**. Vyhodnocení provedl v celém rozsahu jeden fotogrammetr s dlouholetou praxí, který byl členem geodetické čety a tak osobně zvolil a poznal všechny KB.

Výpočtem pomocí zvážených aritmetických průměrů, kde váhou byl počet kontrolních bodů v jednotlivých lokalitách, byla zjištěna **celková charakteristická střední polohová chyba m_p = 0,251 m a odpovídající střední souřadnicová chyba m_{xy} = 0,176 m** pro dobře identifikovatelné, ale uměle **nesignalizované** objekty (tj. podrobné body mapování) typu: roh budovy v úrovni terénu, střed kruhového poklopu kanalizace, patka jednoduchého sloupu VN, střed patky ocelového stožáru vedení VN a VVN a vnitřní roh paty zábradlí silničního mostu nebo železničního mostku v úrovni komunikace, pokud byla vozovka na ortofotu korigována jejím 3D polygonem.

6. Závěry

V případě Ortofota ČR dochází k pravidelnému vyhodnocování jeho absolutní polohové přesnosti. Z procesu transformace v blokové aerotriangulaci jsou vynechány vybrané vlícovací signalizované body jako body kontrolní.

Obr. 7 Určení osy železniční koleje pomocí rozchodky

Z **tab. 3** je patrné, že střední polohová chyba na těchto KB dosahuje zhruba velikosti pixelu Ortofota ČR. Vyhodnocením zbytkových chyb na VB, použitých pro transformaci v rámci automatické aerotriangulace (AAT), jsou identifikovány případné lokální anomálie způsobené především chybami v prvcích vnější orientace.

Tab. 4 dokumentuje vyhodnocení absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR pomoci TB v ochranných skružích. Tyto body jsou sice hůře identifikovatelné než VB signalizované geotextilií nebo nátěrem na kontrastním podkladu, ale i tak centrické umístění ochranných skruží vzhledem k TB zajišťuje snadnou identifikaci a porovnání zjištěných souřadnic v S-JTSK se souřadnicemi z Databáze bodových polí. Významnou přidanou hodnotu tohoto postupu lze spatřovat v tom, že jde o rozsáhlé a prostorově homogenní pole KB na celém území ČR. Vyhodnocení přesnosti Ortofota ČR na TB v ochranných skružích potvrzuje, že nedochází k jeho lokálním deformacím v důsledku místních nehomogenit referenčního systému S-JTSK.

Tab. 5 Absolutní polohová přesnost nesignalizovaných KB v Pásmu Západ (2021)

Kraj	K. ú.	blok LMS	KB	Převažující typy KB	m_{xy} [m]	m_p [m]
Liberecký	Sosnová	17	7	osa žel. trati, vyznačená osa silnice	0,193	0,273
Karlovarský	Chyše	5	24	osa žel. trati, vyznačená osa silnice, stožár VN	0,207	0,292
Ústecký	Chlumčany	10	18	rohy mostu, vyznačená osa silnice, stožár VN	0,151	0,213
Plzeňský	Hrádek	6	20	osa žel. trati, železniční přejezd	0,168	0,237
Středočeský	Kosova Hora	19	22	roh budovy v úrovni terénu	0,171	0,298
	Nový Knín	12	12	roh budovy v úrovni terénu	0,176	0,249
	Hříměždice	12	10	roh budovy v úrovni terénu	0,273	0,386
	Tetín	11	26	stožár VN, vyznačená osa silnice	0,136	0,193
	Nové Ouholice	18	20	stožár VN, osa silnice III. třídy	0,149	0,210
	Mochov	12	19	stožár VN, osa silnice III. třídy	0,136	0,192
Jihočeský	Staňkov	21	15	roh budovy v úrovni terénu	0,198	0,280
	Žíteč	21	24	roh budovy v úrovni terénu	0,186	0,263
	Libějice	20	31	stožár VN	0,233	0,329
Celkem	**13 k. ú.**		**248 KB**		**0,165**[1)]	**0,233**[1)]

[1)] Zvážený aritmetický průměr, váhou je počet bodů v jednotlivých k. ú.

Tab. 6 Absolutní polohová přesnost nesignalizovaných KB v Pásmu Východ (2022)

Kraj	K. ú.	blok LMS	KB	Převažující typy KB	m_{xy} [m]	m_p [m]
Královéhradecký	Kopidlno	28	19	osa žel. trati, stožár VN, železniční mostek	0,140	0,198
Pardubický	Ronov n. Doubr.	29	11	osa silnice, most	0,229	0,325
	okolí Jablonné nad Orlicí (8 k. ú.)	34	62	přehradní hráz, most, osa silnice, osa žel. trati, železniční přejezd, stožár VN	0,156	0,220
Vysočina	Nová Říše	31	18	roh budovy v úrovni terénu	0,202	0,286
	Velký Pěčín	26	19	roh budovy v úrovni terénu, osa žel. trati	0,173	0,244
	Mysliboř	26	14	roh budovy v úrovni terénu	0,199	0,281
Olomoucký	Sudkov	39	30	osa žel. trati, osa silnice, železniční přejezd, stožár VN	0,134	0,190
Jihomoravský	Bořetice	37	27	roh budovy v úrovni terénu, osa žel. trati	0,126	0,178
	Louka nad Vel.	42	12	roh budovy v úrovni terénu	0,227	0,322
Zlínský	Podolí nad Olš.	42	18	roh budovy v úrovni terénu	0,244	0,346
Moravskoslezský	Branka u Opavy	44	10	roh budovy v úrovni terénu	0,198	0,280
Celkem	**18 k. ú.**		**240 KB**		**0,182**[1)]	**0,258**[1)]

[1)] Zvážený aritmetický průměr, váhou je počet bodů v jednotlivých k. ú.

Ortofoto ČR je hlavním zdrojem informací pro periodickou aktualizaci ZABAGED®. V roce 2022 byl zahájen již její 6. cyklus, který trvá v průměru 4 roky. Zakončen byl také proces systematického zpřesnění polohy budov, zahájený v roce 2017 s cílem zejména dosáhnout absolutní střední polohové chyby m_p = 1,00 m rohů budov a podobných stavebních objektů, jejichž souřadnice byly vesměs převzaty z digitálních katastrálních map.

Kromě periodické aktualizace ZABAGED® je Ortofoto ČR používáno k tvorbě a aktualizaci státních mapových děl středních měřítek (nově zejména základních topografických map v měřítku 1: 5 000 a menším), jako základní zdroj prostorových informací pro potřeby obrany státu a krizového řízení a rovněž jako základní zdroj prostorových informací pro vybraná témata Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství (INSPIRE).

Produkt Ortofoto ČR je plně využitelný v celé škále územně orientovaných agend veřejné správy a v resortu ČÚZK již tradičně k aktualizaci ZABAGED® a od roku 2017 i v rámci kancelářské přípravy revize katastru, kdy katastrální úřady zjišťují mj. evidentní nesoulady mezi údaji katastru (zejména zobrazenými v katastrálních mapách) a skutečným stavem v terénu, ovšem s ohledem na platné právní vztahy k nemovitostem. Ty se pak ověřují či napravují pochůzkou v terénu a případným geodetickým měřením.

Po nabytí účinnosti novely zákona č. 200/1994 Sb., zákonem č. 88/2023 Sb., bude Zeměměřický úřad zveřejňovat údaje databáze (ZABAGED®), **Ortofota ČR**, státního mapového díla, databázového souboru geografického názvosloví a Databáze bodových polí **bezplatně jako otevřená data**, čímž naplní Směrnici Evropského parlamentu a Rady č. 2019/1024 ze dne 20. 6. 2019 o otevřených datech a opakovaném použití informací veřejného sektoru. Opatření se týká poskytování těchto produktů **v digitální formě**.

LITERATURA:

[1] Výroční zpráva za rok 2021. Zeměměřický úřad, leden 2022, 61 s.
[2] Výroční zpráva za rok 2022. Zeměměřický úřad, leden 2023, 51 s.
[3] Technická zpráva k ortofotografickému zobrazení území ČR - Ortofoto České republiky. Zeměměřický úřad a Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, únor 2023, 21 s.
[4] ŠÍMA, J.: Ověření polohové přesnosti Ortofota ČR na celém státním území (2017-2018). Geodetický a kartografický obzor, 65/107, 2019, č. 11, s. 253-258.

Do redakce došlo: 6. 2. 2023

Lektoroval:
Ing. Václav Šafář, Ph.D.,
Vysoká škola báňská,
Technická univerzita Ostrava