Tvorba Souboru permanentních kontrolních bodů pro zjištění absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR od roku 2024

doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.,
Praha

Abstrakt

Autor stati navrhl soubor 905 permanentních kontrolních bodů na celém území České republiky pro zjištění absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR vzhledem k Souřadnicovému systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) ve verzi S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514). V každém čtverci, ohraničeném celými desítkami kilometrů souřadnic Y a X, byl na Ortofotu ČR identifikován přednostně povrchový znak trigonometrického bodu v ochranné betonové skruži, nebo zjištěn její geometrický střed a výjimečně též použit již existující signalizovaný vlícovací bod. Analýza přesnosti potvrdila vhodnost použití tohoto souboru pro zjišťování absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR s pozemní vzdáleností vzorků GSD = 12,5 cm a Soubor permanentních kontrolních bodů byl následně použit pro evaluaci tohoto produktu v Pásmu východ z roku 2024.

Creation of a Set of Permanent Control Points to Determine the Absolute Positional Accuracy of Orthophoto of the Czech Republic from 2024

Abstract

The author of the paper proposed a set of 905 permanent control points overall territory of the Czech Republic to determine the absolute positional accuracy of the Orthophoto of the Czech Republic with respect to the Coordinate reference system of the Unified Trigonometric Cadastral Network (S-JTSK) in the S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514) version. In each square, bounded by tens of kilometres of Y and X coordinates, the surface survey mark of the trigonometrical station in the protective concrete cliff was preferably identified on the Orthophoto of the Czech Republic, or its geometric centre was identified and, exceptionally, an already existing targeted ground control point was also used. Accuracy analysis confirmed the suitability of using this file to determine the absolute positional accuracy of the 12.5 cm ground sample distance (GSD) of the Orthophoto of the Czech Republic; therefore, this set was used for the evaluation of this product in the 2024 East zone.

Keywords: *Orthophoto of the Czech Republic, absolute positional accuracy, set of permanent control points, application to Orthophoto 2024 East zone*

1. Ortofoto ČR ve světle právních předpisů

Ortofoto České republiky (dále jen „Ortofoto ČR") je definováno především v zákoně č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění zákona č. 88/2023 Sb. [1], konkrétně v § 2 písm. k), jako georeferencované barevné ortofotografické zobrazení území České republiky vzniklé na podkladě leteckých měřických snímků. Podle § 4 odst. (1), písm. j) je tvorba a obnova Ortofota ČR zeměměřickou činností ve veřejném zájmu. Tento produkt je ve smyslu § 5 odst. (1) zveřejňován Zeměměřickým úřadem v digitální formě **bezplatně** jako otevřená data. Podle Nařízení vlády č. 159/2023 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů závazných na celém území České republiky, databází geodetických a geografických údajů a státních mapových děl vytvářených pro celé území České republiky a zásadách jejich používání [2], je podle § 3 odst. (2), písm. c) Ortofoto ČR databází geografických údajů (**obr. 1**).

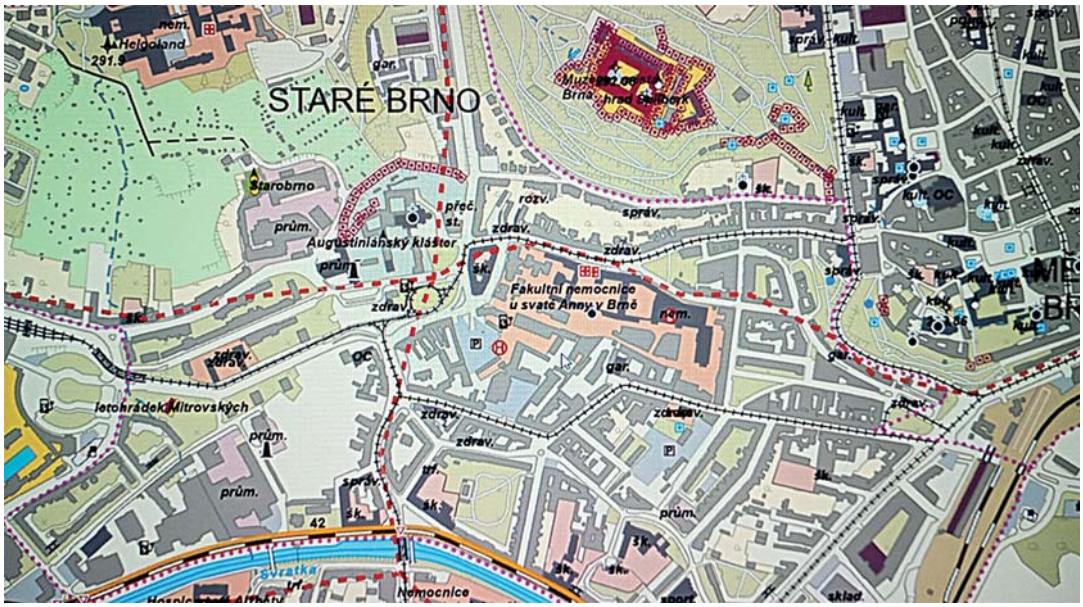
2. Hlavní oblasti využití vlastností Ortofota ČR

Na rozdíl od **ortofotomap**, které v České republice produkují na celém území státu soukromé firmy (periodicky nebo jednorázově v rozsahu kraje, povodí, města nebo chráněné lokality) a které se od Ortofota ČR liší především vybavením názvoslovím sídel a zájmových objektů, liniovými mapovými značkami komunikací, speciálními symboly a také měřítkem nebo kladem mapových listů a prostorovým rozlišením digitálního obrazu, tj. „rozměry pixelu" – přesněji vzdáleností středů sousedních pixelů na zemi (angl. zkratka GSD) od 20 cm, přes 5 cm v případě digitální technické mapy kraje až po 2 cm na zemi pro potřeby Správy železnic, s.o. Ortofoto ČR (od roku 2021 s GSD = = 12,5 cm) je primárně určeno k periodické aktualizaci polohopisu **Základní báze geografických dat** (ZABAGED® - polohopis) [3]. Její obsah je poté využit k aktualizaci sady Základních topografických map v měřítkách od 1 : 5 000 a též k aktualizaci vojenského Digitálního modelu území (DMÚ) a jeho prostřednictvím k tvorbě nově vznikajících vojenských topografických map v měřítku 1 : 50 000 podle standardů NATO (**obr. 2**).

Ortofoto ČR je využíváno i v řadě dalších „civilních" aplikací, které vyžadují větší absolutní polohovou přesnost vůči převážně používanému referenčnímu systému S-JTSK, zejména:

- je spolehlivou složkou **Digitální mapy veřejné správy (DMVS)** zaručující homogenní přesnost a aktuálnost na celém území státu,
- v případě **digitální katastrální mapy (typu DKM)**, charakterizované střední souřadnicovou chybou 0,14 m nebo 0,26 m, bude Ortofoto ČR téměř stejně přesné, takže může být použito **ke kancelářské identifikaci změn a dosud nezobrazených objektů v rámci revize katastrálního operátu**,
- v případě **katastrální mapy digitalizované (typů KMD)**,

Obr. 1 Výřez Ortofota ČR 2024 (Staré Brno) s GSD = 12,5 cm v měřítku 1 : 200



Obr. 2 Výřez ze ZABAGED® - polohopis (Staré Brno, 2025)

jejíž absolutní přesnost je i po digitalizaci vesměs sáhových map evidentně nižší (střední souřadnicová chyba je zpravidla větší než 1 m i více a s možným výskytem systematických posunů celých bloků parcel); v takovém případě je Ortofoto ČR spolehlivější a překrytím mohou být **zjištěny systematické a hrubé polohové chyby na katastrálních mapách** takto digitalizovaných a převedených do S-JTSK,

- vysoké nároky na aktuálnost a polohovou přesnost Ortofota ČR mají zejména orgány Ministerstva zemědělství při digitalizaci a správě produkčních bloků (Systém identifikace pozemků, LPIS),
- kdy se od přesnosti Ortofota ČR odvíjí přesnost určení ploch skutečně obdělávaných pozemků (**obr. 3**) a následně i výše dotací zemědělcům z fondů Evropské unie (EU),
- dalším příkladem uplatnění vyšších nároků na absolutní přesnost Ortofota ČR je jeho využití v rámci projektů komplexních pozemkových úprav (např. jako podklad pro projekt společných zařízení, rozvržení a doplnění cestní sítě a pro návrh změn druhu užívání pozemků).

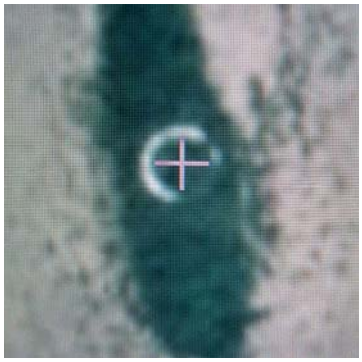
3. Zdroje adekvátně přesných geoprostorových dat a předpokládané využití Souboru permanentních kontrolních bodů pro hodnocení absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR od roku 2024

Celé území České republiky bylo v roce 2024 pokryto sítí 28 324 center trigonometrických bodů (TB), které byly ve smyslu Vyhlášky Českého úřadu zeměměřického a katas-

Obr. 3 Využití Ortofota ČR k určení ploch skutečně obdělávaných pozemků (LPIS)

Obr. 4 Trigonometrický bod s ochrannou tyčí v betonové skruži

Obr. 5 Viditelný kámen TB

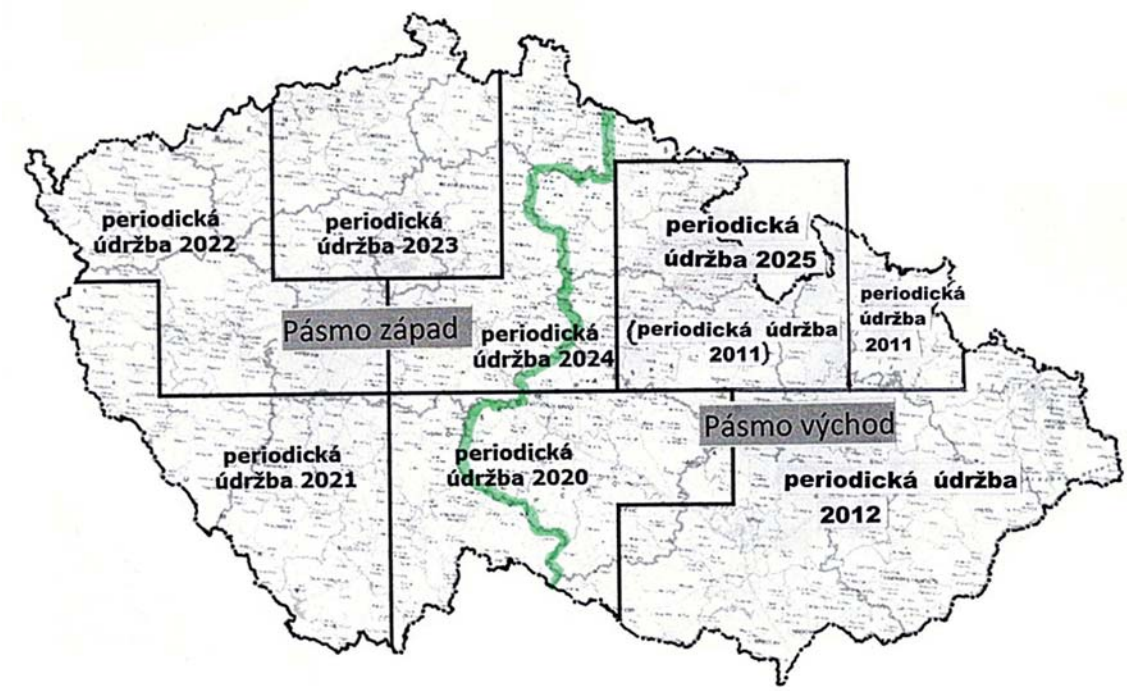


Obr. 6 Určení geometrického středu skruže kurzorem

smyslu Vyhlášky Českého úřadu zeměměřického a katastrálního č. 31/1995 Sb. [3] stabilizovány povrchovou značkou (kamenným hranolem 20 x 20 cm) a dvěma podzemními značkami. Kromě TB v lesích, na skalách a v hustě zastavěném území, byly ve 3 081 případech vybaveny v rámci výběrové údržby betonovou ochrannou skruží (**obr. 4**).

I po několika letech od poslední periodické údržby (včetně natření vrchní plochy hranolu a skruže bílou barvou a odstranění zakrývající vegetace) jsou tyto hranoly i skruže vesměs dobře identifikovatelné na Ortofotu ČR s GSD = 12,5 cm (viz **obr. 5** a **obr. 6**).

Možnost jejich identifikace je ovšem ovlivněna zejména již zmíněným zákrytem vegetací. Při rekognoskaci objektů vhodných k vyhotovení **Souboru permanentních kontrolních bodů pro zjištění absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR** autor zjistil, že v Pásmu západ bylo takto postiženo 54 TB ve skružích (8,5 %), avšak v Pásmu východ dokonce 216, tj. 29,9 % těchto objektů včetně skruží, což jistě souvisí se značnou dobou od poslední realizace periodické údržby na většině území Moravy (**obr. 7**), kde byla v letech 2013-2024 prováděna pouze tzv. dynamická údržba jednotlivých TB na základě ohlášení geodetů nebo vlastníků nemovitostí, že došlo k jejich poškození nebo zničení. V roce 2025 pokračuje Zeměměřický úřad v periodické



Obr. 7 Poslední roky periodické údržby vybraných bodů geodetických základů

údržbě vybraných bodů geodetických polohových základů ve východních Čechách a na Moravě v severní části Olomouckého kraje.

Při zvětšení příslušné části Ortofota ČR do měřítka 1 : 250 může zkušený operátor na pracovní stanici nastavit kurzor na obraz středu hranolu nebo geometrického středu skruže opakovaně s rozdíly souřadnic do 7 cm! Nastavení je prováděno 3x a poté zaznamenány buď průměrné hodnoty ze všech tří odečtů, nebo je vyloučeno odlehlé pozorování (více než 14 cm) v některé souřadnici a pak se zaznamená průměr ze zbylých dvou pozorování.

Ve druhé dekádě 21. století zcela převážilo určování prostorové polohy bodů na zemském povrchu zejména statickými i dynamickými metodami s využitím globálních navigačních družicových systémů (GNSS). Při eventuálním zhoršení mezinárodní politické situace v Evropě však může dojít k vypnutí standardní polohové služby používané civilními uživateli a zesílení tajného vojenského signálu nad Evropou používaných systémů – Navstar GPS (USA), GLONASS (Rusko) a BeiDou (Čína), přičemž i civilní evropský systém Galileo disponuje službou PRS, která umožní dostupnost signálů z jeho družic pouze nekomerčním uživatelům jako jsou armáda, policie, integrovaný záchranný systém a subjekty kritické infrastruktury určené nařízením vlády.

V takovém případě získá opět na důležitosti síť stabilizovaných trigonometrických a zhušťovacích bodů (v roce 2024 celkem 69 100 bodů) a nyní již existujících 2 380 signalizovaných vlícovacích bodů pro zhotovení Ortofota ČR i v krizových letech.

4. Tvorba Souboru permanentních kontrolních bodů pro hodnocení absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR od roku 2024

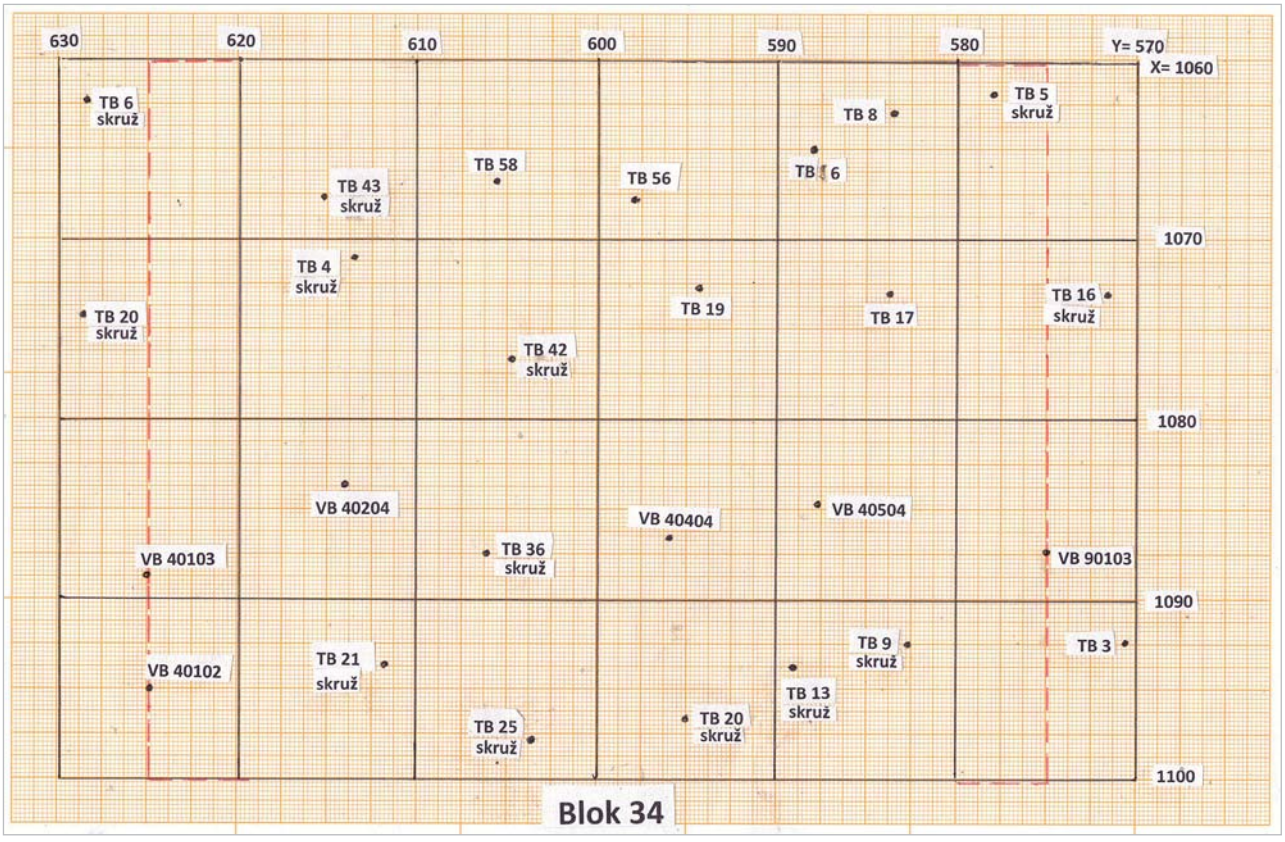
V roce 2024 byl autorem tohoto článku vytvořen soubor **905 permanentních kontrolních bodů** (PKB) na celém území České republiky tak, že v každém čtverci, vymezeném celými desítkami km souřadnicového systému S-JTSK (**obr. 8**), byl vybrán jeden **permanentní kontrolní bod**, přednostně pak TB s viditelným kamenem v ochranné skruži, nebo i pouhá dobře viditelná ochranná skruž, jejíž excentricita byla zjištěna měřením na Ortofotu ČR v Pásmu západ z roku 2023 nebo v Pásmu východ z roku 2022. Tyto skruže však byly použity jako PKB pouze v případě, že na ortofotu zjištěná excentricita vůči kameni TB byla *menší než 15 cm*.

Při výběru PKB byla vždy dána přednost **TB s kamenem viditelným na ortofotu**, případně **geometrickému středu ochranné skruže** (obojí jsou vesměs dobře viditelné na Ortofotu ČR s GSD = 12,5 cm, i když např. od poslední periodické údržby základního polohového bodového pole na Moravě (kromě kraje Vysočina) uplynulo již 12-13 let a nátěr kamenů TB a skruží byl obnoven v dalších letech jen na určitých TB v rámci jejich požadované dynamické údržby. V případě PKB, nyní zvoleného jako geometrický střed skruže, se uvádějí i souřadnice a výška kamene TB, protože v dalších letech může být jeho zakrytí vegetací odstraněno při periodické údržbě.

Pouze v případech, kdy v příslušném čtverci nebyl žádný vhodný TB, byl zvolen jako PKB *vlícovací bod* stabilizovaný měřickým hřebem na vozovkách 2. a 3. třídy (**obr. 9**) a signalizovaný před leteckým měřickým snímkováním bílým nástřikem čtverce 40 x 40 cm a geodeticky zaměřený metodou GNSS-RTK. Nikdy však nebyly zvoleny *vlícovací body typu Check points použité v rámci výpočtů blokových automatických aerotriangulací*. Těmito opatřeními je dosaženo zcela nezávislého zjištění absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR s GSD = 12,5 cm od roku 2024.

Tvorba úplného Souboru 905 permanentních kontrolních bodů, pokrývajícího celé území České republiky, trvala 6 měsíců. Jeho struktura v rámci Pásma západ (bloky 1 až 24) a Pásma východ (bloky 25 – 48) je zřejmá z **obr. 10**.

Výběry permanentních kontrolních bodů a určení jejich souřadnic na Ortofotu ČR v Pásmu východ (2022) a v Pásmu západ (2023) v systému S-JTSK / Krovak East



Obr. 8 Volba permanentních kontrolních bodů v bloku 34 Pásma východ

Obr. 9 Signalizace vlícovacího bodu na kontrastní (zpravidla živičné) vozovce

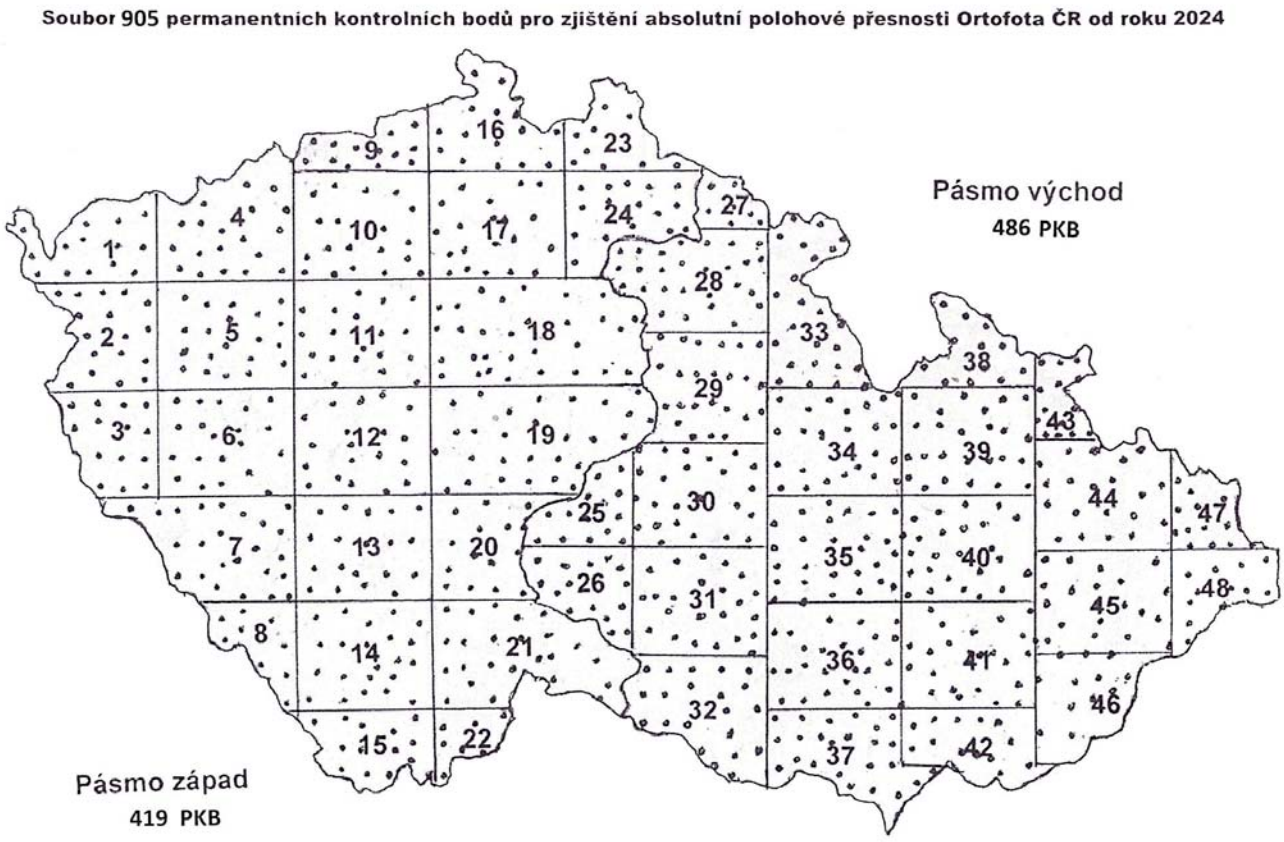
North – (EPSG::5514) byly realizovány na stolním počítači Optiplex 90 tak, že byly na Geoportálu ČÚZK (geoportal. cuzk.gov.cz) zvoleny: Datové sady – Ortofoto ČR – prohlížet data s přidáním vrstvy Bodová pole a zvětšením obrazu do měřítka 1 : 30 240 (**obr. 11**).

Ve druhé polovině roku 2024 bylo tak prohlédnuto 1 498 TB a 340 již existujících signalizovaných a geodeticky zaměřených vlícovacích bodů, a to tak, že na zvětšeném okolí těchto bodů do měřítka 1 : 236 již byl viditelný vlastní kámen TB nebo kurzor na monitoru vyplnil vnitřek obrazu skruže (**obr. 6**) a tak umožnil registrovat již uvedené souřadnice.

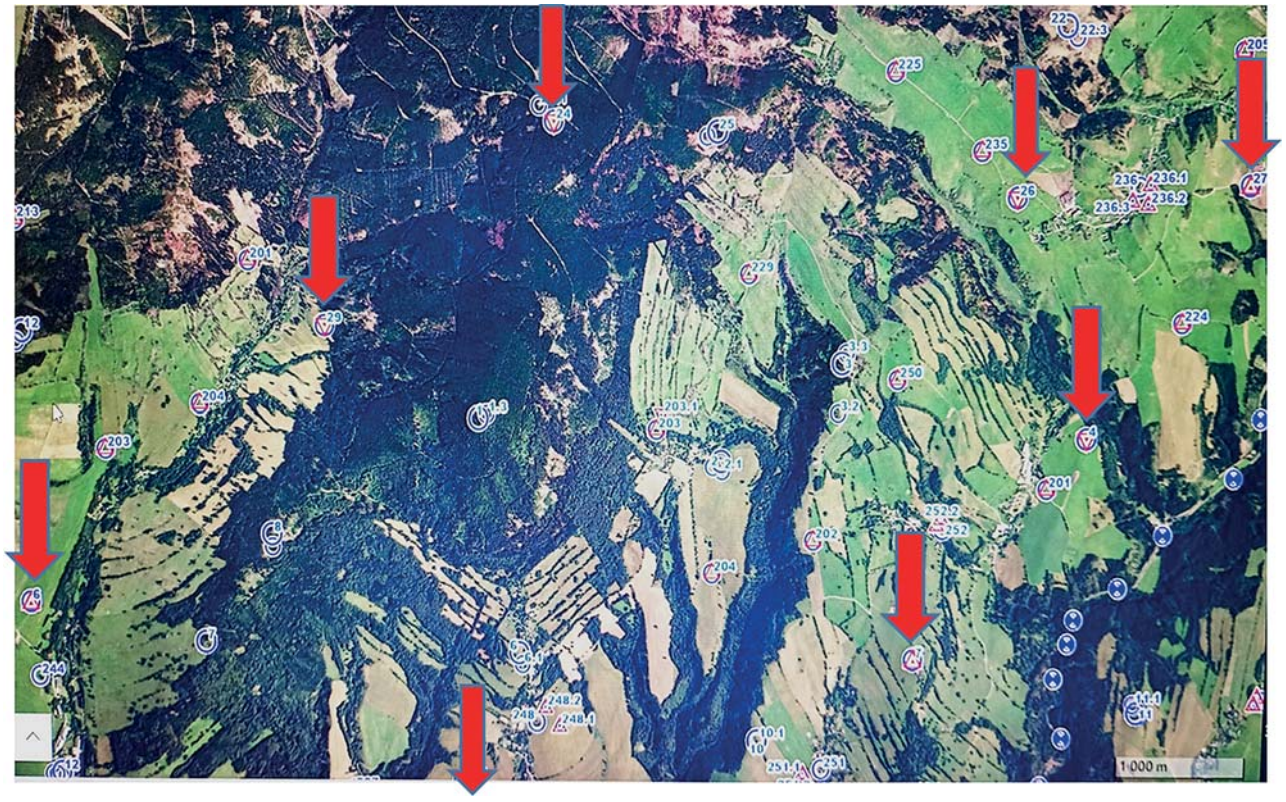
Vedle grafické dokumentace, jejíž ukázky jsou zřejmé z **obr. 8** a **10**, jsou hlavními součástmi díla tabulky ve formátu Excel, obsahující souřadnice permanentních kontrolních bodů (**tab. 1**). Barevně jsou rozlišeny TB s viditelným kamenem, geometrické středy skruží TB a použité vlícovací body, které nebyly použity jako Czech points v rámci blokové aerotriangulace. Údaje, shromažďující permanentní kontrolní body v kategoriích trigonometrický bod, geometrický střed skruže a vlícovací bod, jsou přehledně uvedeny v **tab. 2**.

Výsledná **střední polohová chyba PKB na celém území České republiky** byla vypočtena jako zvážený aritmetický průměr středních polohových chyb TB, geometrických středů skruží a vlícovacích bodů v Pásmu západ i Pásmu východ Ortofota ČR, kde váhou byl vždy počet těchto bodů (**tab. 3**). Výsledná hodnota $\mathbf{m_p}$ **= 0,093 m** představuje 74 % GSD = 0,125 m a 50 % polohové přesnosti nesignalizovaných a dobře identifikovaných bodů Ortofota ČR v letech 2022 a 2023, deklarované v Technické zprávě [8].

Vytvořený Soubor permanentních kontrolních bodů může být tedy využit pro věrohodné ověření absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR od roku 2024 i pro řešení lokálních stížností jeho uživatelů v případech nalezení hrubých polohových chyb, ovšem při respektování vlastností ortofota, které je polohové správné, pokud bod leží na „rostlém terénu" reprezentovaném digitálním modelem reliéfu (DMR 4G), nikoliv na střeše, koruně stromu, kostelní věži nebo vrcholu stožáru vysokého napětí!



Obr. 10 Rozmístění permanentních kontrolních bodů na území ČR



Obr. 11 Ortofoto ČR s vyznačením bodů základních bodových polí

Tab. 1 Permanentní kontrolní body v Pásmu východ v systému Krovak (East, North - EPSG 5514)

Region	Blok	Druh a číslo KB	JTSK_Y_neg	JTSK_X_neg	H_BPV
I	34	TB 5 (křížek v kameni) geometrický střed skruže	-1061800.08 -1061800.13	-578390.91 -578390.83	580.16 580.46
I	34	TB 16 (křížek v kameni) geometrický střed skruže	-1073152.91 -1073152.80	-571139.70 -571139.75	633.58 633.88
I	34	VB 90103 měřický hřeb, nástřik	-1088207.92	-575338.61	306.09
I	34	TB 13 křížek v kameni	-1092948.49	-570354.86	353.05
I	34	TB 8 křížek v kameni	-1062102.27	-582426.37	555.87
I	34	TB 16 křížek v kameni	-1064769.18	-587354.89	541.84
I	34	TB 17 křížek v kameni	-1073420.59	-582599.58	735.10
I	34	VB 40504 měřický hřeb, nástřik	-1085032.31	-588131.09	428.24
I	34	TB 9 (křížek v kameni) geometrický střed skruže	-1092062.06 -1092062.96	-582150.58 -582150.58	470.65 470.95
I	34	TB 13 (křížek v kameni) geometrický střed skruže	-1094083.80 -1094083.72	-589510.20 -589510.28	385.25 385.55
I	34	TB 57 křížek v kameni	-1068410.88	-598079.47	416.33
I	34	TB 19 křížek v kameni	-1072998.57	-594240.88	487.19
I	34	VB 40404 měřický hřeb, nástřik	-1086477.75	-596591.29	428.24
I	34	TB 20 (křížek v kameni) geometrický střed skruže	-1096853.13 -1096853.11	-595121.40 -595121.44	578.77 579.07
I	34	TB 58 křížek v kameni	-1067321.73	-605847.27	384.08
I	34	TB 42 (křížek v kameni) geometrický střed skruže	-1077490.91 -1077491.03	-604737.02 -604737.02	431.93 432.23
I	34	TB 36 (křížek v kameni) geometrický střed skruže	-1087538.29 -1087538.37	-606076.73 -606076.76	517.65 517.95

Tab. 2 Údaje o Souboru permanentních kontrolních bodů pro zjištění absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR od roku 2024

Pásmo západ					Pásmo východ				
Blok	**PKB**	**TB**	**skruž**	**VB**	**Blok**	**PKB**	**TB**	**skruž**	**VB**
1	14	9	2	3	**25**	14	3	6	5
2	16	7	6	3	**26**	15	3	7	5
3	14	5	6	3	**27**	10	4	2	4
4	19	9	4	6	**28**	23	6	6	11
5	20	9	9	2	**29**	23	7	7	9
6	20	12	2	6	**30**	27	6	10	11
7	21	7	2	12	**31**	24	7	11	6
8	9	3	2	4	**32**	26	6	12	8
9	10	4	4	2	**33**	21	14	2	5
10	20	6	5	9	**34**	26	7	13	6
11	20	9	3	8	**35**	27	5	14	8
12	18	7	6	5	**36**	24	5	14	5
13	20	9	5	6	**37**	22	9	7	6
14	20	11	4	5	**38**	12	5	4	3
15	13	5	1	7	**39**	24	6	15	3
16	17	8	7	2	**40**	23	7	15	1
17	20	7	6	7	**41**	25	5	14	6
18	28	13	0	15	**42**	17	3	10	3
19	28	9	5	14	**43**	12	6	0	6
20	16	2	0	14	**44**	19	0	12	7
21	23	5	10	8	**45**	27	2	18	7
22	6	4	0	2	**46**	15	4	5	6
23	11	6	0	5	**47**	13	5	5	3
24	16	6	6	4	**48**	17	7	3	7
Celkem	**419**	**172**	**96**	**151**	**Celkem**	**486**	**130**	**218**	**138**

Tab. 3 Vlastnosti Souboru permanentních kontrolních bodů pro kontrolu absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR od roku 2024

Parametry tvorby Souboru PKB	**Pásmo západ**	**Pásmo východ**
Počet regionů (oblastí)	6 (A - F)	6 (G - L)
Počet bloků blokové AAT	24 (1 - 24)	24 (25 - 48)
Počet posuzovaných TB a VB	761	737
Počet využitých TB a VB jako PKB	419 (55 %)	486 (65,9 %)
z toho s viditelným kamenem TB	172 TB (41,0 %)	133 TB (27,1 %)
pouze s viditelnou skruží s exc. max. 0,15 m	95 TB (22,8 %)	212 TB (43,6 %)
Počet VB jako PKB z celkového počtu VB v Pásmu ……..	152 (30,0 % PKB), tj. (12,2 % všech VB)	141 (29,0 % PKB), tj. (12,2 % všech VB)
Celkový počet VB pro vyhotovení Ortofota ČR	1 242 (rok 2023)	1 158 (rok 2022)
Počet TB zcela zakrytých vegetací	54 (14,5 %)	216 (38,8 %)
Počet excentrických skruží (více než 0,15 m)	25 (6,7 %)	145 (40,6 %)
Střední polohová chyba **TB** na Ortofotu ČR	$\mathbf{m_p = 0{,}092\ m}$ (rok 2023)	$\mathbf{m_p = 0{,}107\ m}$ (rok 2022)
Střední polohová chyba **VB** na Ortofotu ČR	$\mathbf{m_p = 0{,}087\ m}$ (rok 2023)	$\mathbf{m_p = 0{,}087\ m}$ (rok 2022)
Střední polohová chyba **středů skruží** (SO)	$\mathbf{m_p = 0{,}087\ m}$ (rok 2023)	$\mathbf{m_p = 0{,}096\ m}$ (rok 2022)
Střední polohová chyba PKB Střední souřadnicová chyba PKB	$\mathbf{m_p = 0{,}089\ m}$ $\mathbf{(m_{xy} = 0.063\ mm)}$	$\mathbf{m_p = 0{,}096\ m}$ $\mathbf{(m_{xy} = 0{,}068\ mm)}$
Rok poslední periodické údržby TB (vždy několik bloků)	2020, 2021, 2022, 2023, 2024	2011, 2012, 2020 (Vysočina), 2025
Výpočet Střední polohové chyby Souboru PKB pro Ortofoto ČR jako zvážený aritmetický průměr středních chyb TB, SO a VB, kde váhou je počet bodů	0,092*172 + 0,087*95 + 0,087*152 + 0,107*133 + 0,096*212 + 0,087*141 = 84,163 : 905 $\mathbf{m_p = 0{,}093\ m\ (m_{xy} = 0{,}066\ mm)}$	

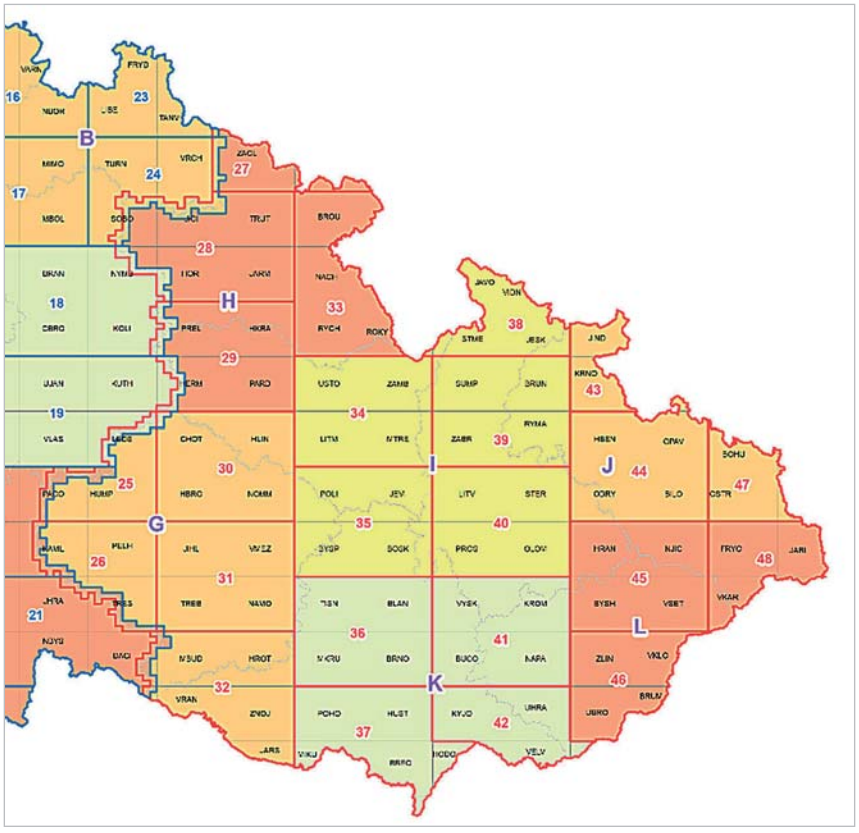
5. Určení absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR 2024 v Pásmu východ

Digitální barevné letecké měřické snímky pro vyhotovení Ortofota ČR 2024 v Pásmu východ byly pořízeny soukromými firmami, které uspěly ve veřejné soutěži vyhlášené Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním, zahrnující řadu náročných podmínek pro její splnění. Na žádost Ministerstva zemědělství (MZe), které se podílí na nákladech akce, lze tyto záznamy pořizovat pouze v období od 25. 4. do 15. 7., výjimečně pak do 15. 8., pokud včasné letecké snímkování prokazatelně znemožní výskyt oblačnosti nad některými snímkovými bloky. Důvodem je potřeba resortu MZe na Ortofotu ČR identifikovat a zjistit skutečnou výměru v tom roce pěstovaných zemědělských plodin, podle nichž je pak přidělována zemědělcům dotace z fondů EU. Přitom MZe požaduje dodání výsledného produktu do konce října téhož roku!

Důležitou roli v procesu plánování parametrů leteckého měřického snímkování (LMS), přebírání a kontrole pořízených snímků a při jejich následném zpracování hraje Zeměměřický odbor Pardubice Zeměměřického úřadu. Na dalším zpracování jím převzatých geoprostorových dat se z cca 25 % podílí i Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce. Celý proces tvorby Ortofota ČR je následně dokumentován v Technické zprávě, která je spolu s výslednými digitálními daty Ortofota ČR vystavena na Geoportálu ČÚZK v 1. čtvrtletí následujícího roku k bezplatnému využití pro všechny uživatele a zájemce.

K hromadnému a velmi efektivnímu zpracování obrazových dat, získaných v příslušném roce, jsou obě pracoviště vybavena vysoce výkonným softwarem MATCH-AT, používající operační systém Microsoft Windows 10 Professional, verze 10.1, který vyžaduje jen minimum zásahů operátorem a přitom umožňuje zpracovat najednou až 40 000 snímků, pořízených i více digitálními kamerami, automatický výběr spojovacích bodů mezi nimi při současném využití dat palubními aparaturami GNSS a IMU v celých blocích (25 – 48) pokrývajících území Pásma východ (**obr. 12**).

Vypočtené parametry těchto bloků shrnuje **tab. 4** [8], obsahující nejdůležitější výstupy provedených výpočtů ve všech blocích. Například: dále podrobněji sledovaný blok číslo 34 pokrývalo 1 976 digitálních obrazových záznamů,



Obr. 12 Pásmo východ

zhotovených 2 kamerami UltraCam Eagle M3 z průměrné absolutní (nadmořské) výšky letu 3 102 m, a to při dosažení GSD = 11 cm uprostřed snímků.

Z **obr. 13**, jenž je součástí grafických výstupů MATCH-AT, lze pak vyčíst, že blok 34 obsahuje 54 vlícovacích bodů, přičemž 7 dalších bylo použito jako Check points pro určení střední polohové chyby blokové aerotriangulace m_p = 0,111 m. „Prach" na tomto obrázku představuje 95 277 spojovacích bodů, vytvořených automaticky mezi zčásti se překrývajícími snímky v téže řadě i se snímky v řadách sousedních.

Tato hodnota ještě nepředstavuje **absolutní** polohovou přesnost Ortofota ČR v Pásmu východ, protože bloková automatická aerotriangulace MATCH-AT vychází z původních snímkových souřadnic a je řešena ve 3D s tím, že výsledné geodetické souřadnice vlícovacích bodů i kontrolních Check points jsou výsledkem protínání paprsků ze všech snímků kde se tento bod vyskytuje a které nejsou zatíženy následnými operacemi při tvorbě ortofota (ortogonalizací snímků a jejich montáží do ortofota).

Požadované střední souřadnicové chybě VB m_{XY} = +/- 0,06 m odpovídá střední polohová chyba m_p = 0,085 m. Určitý podíl na této hodnotě má střední polohová chyba transformace ze systému ETRS89 do S-JTSK vyplývající z povinného užití transformačního klíče ETJTZU 2019, jehož střední polohová chyba je 0,036 m, takže po aplikaci zákona hromadění středních chyb vychází hodnota m_p = 0,077 m a jí odpovídající střední souřadnicová chyba m_{XY} = +/- 0,054 m potvrzující správnost požadavku na geodetické určení VB.

Aby byly permanentní kontrolní body použity pro **hodnocení absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR 2024 v Pásmu východ**, byla přijata tato opatření:

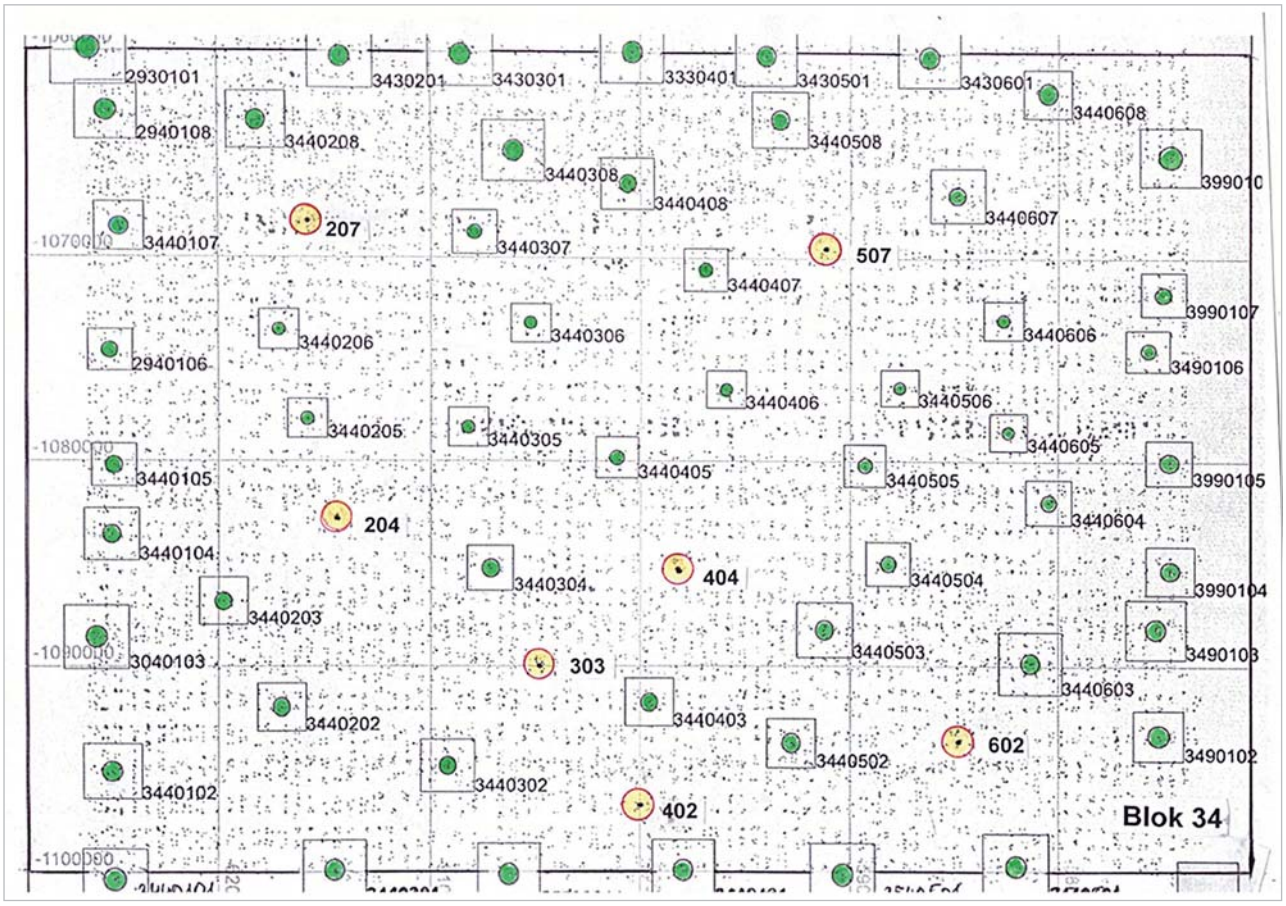
1) Počet permanentních kontrolních bodů (PKB) v jednotlivých blocích (24 – 48) je vždy **nejméně o jeden větší** než počet Check points v rámci blokové automatické aerotriangulace.
2) Plocha polygonu vzniklá propojením PKB po obvodu každého bloku je vždy větší než plocha vzniklá podobným propojením Check points (**obr. 14**).

Z průběhu frekvenční křivky, znázorňující počet středních **polohových** chyb v závislosti na jejich velikosti a která má typické asymetrické rozdělení, vychází skutečný výskyt těchto chyb v počtu 39 % do velikosti v **tab. 5** uvedených aritmetických průměrů, v počtu 86,5 % do velikosti jejich dvojnásobné hodnoty a v počtu 99 % do velikosti jejich 2,5násobné hodnoty. To znamená, že z 228 využitých PKB dosáhne 89 v závěru **tab. 5** uvedené střední polohové chyby, dalších 108 pak maximálně jejího dvojnásobku a jen 2 PKB jejího trojnásobku. 77 % zjištěných středních polohových chyb bude přitom menší než GSD = 0,125 m.

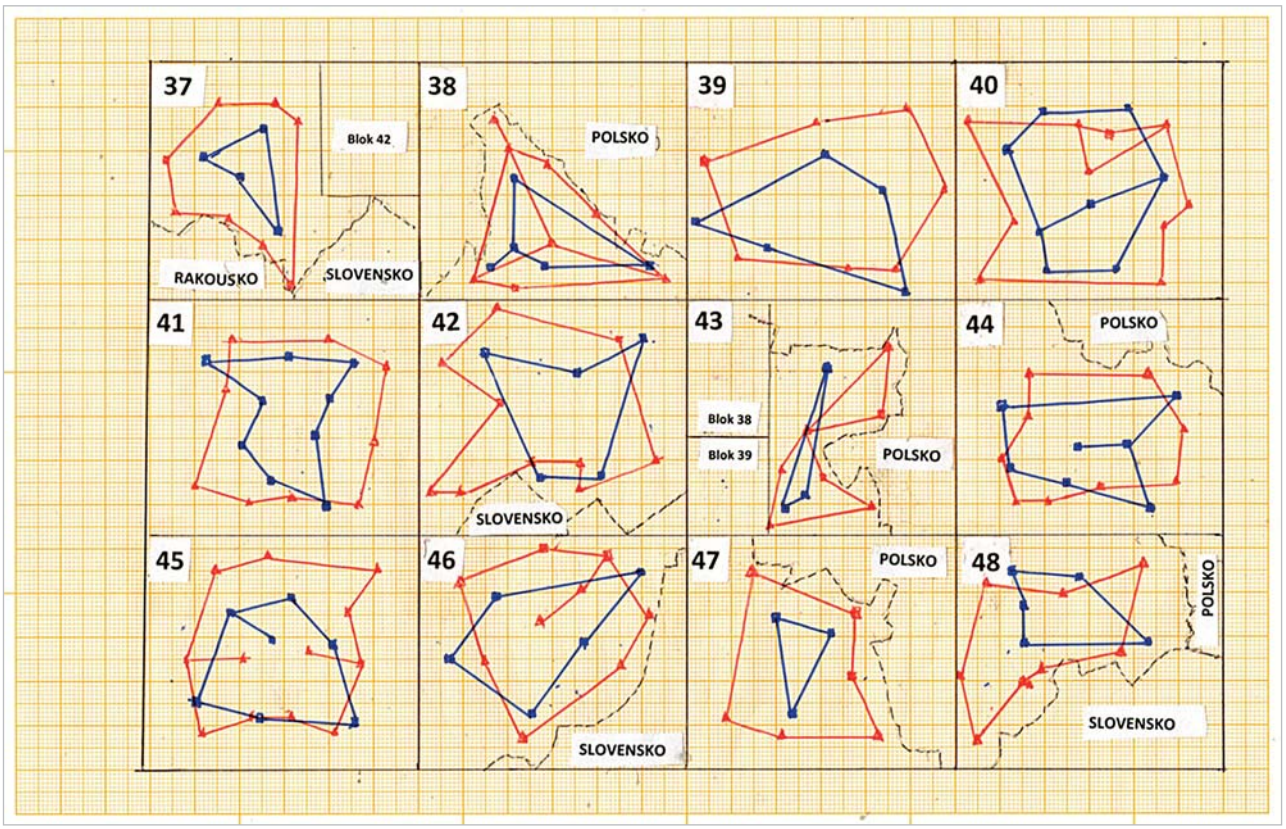
K určení absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR 2024 v Pásmu východ bylo použito celkem 228 PKB, z toho 94 kamenů TB, 83 geometrických středů skruží s excentricitou **do 15 cm** a 51 geodeticky určených vlícovacích bodů. Výsledná polohová chyba vůči S-JTSK pak byla **0,0664 m** (**tab. 5**). V části **geometrické středy skruží** však byly porovnávány souřadnice na Ortofotu 2024 s jejich souřadnicemi PKB určenými na Ortofotu 2022, jejichž střední polohová chyba byla **0,096 m**. TB a vlícovací body se však porovnávají s jejich přesnými geodetickými souřadnicemi. Když se v této části oba údaje spojí ve smyslu zákona hromadění středních chyb, obdržíme výslednou **absolutní polohovou přesnost 0,077 m**, což je cca 0,6 rozměru pixelu. Stejnou veličinu stanovil zeměměřický odbor ZÚ pomocí 146 Check points v blocích 25 – 48 hodnotou **0,072 m** avšak polygon spojující Check points v každém bloku je vždy menší než obdobný polygon spojující použité PKB.

Tab. 4 Parametry leteckého měřického snímkování a blokové aerotriangulace Ortofota ČR 2024 v Pásmu východ

Blok	Počet snímků	Počet kamer	Počet řad	Průměrná absolutní výška letu	Průměrná nadmořská výška terénu	Check Points			
						n	RMSE (x)	RMSE (y)	m_p
25	1 166	1	25	3 104 m	516 m	5	0,0637 m	0,0263 m	0,0872 m
26	1 371	1	24	3 191 m	600 m	6	0,0228 m	0,0427 m	0,0484 m
27	759	2	15	3 385 m	772 m	4	0,0778 m	0,0447 m	0,0897 m
28	2 318	1	32	2 920 m	337 m	8	0,350 m	0,0400 m	0,0531 m
29	1 941	1	34	2 855 m	266 m	6	0,0720 m	0,0434 m	0,0840 m
30	1 967	2	31	3 142 m	538 m	8	0,0346 m	0,0391 m	0,0522 m
31	1 968	1	26	3 132 m	538 m	9	0,0409 m	0,0365 m	0,0548 m
32	2 117	1	37	2 968 m	381 m	5	0,0537 m	0,0211 m	0,0577 m
33	1 785	1	38	3 164 m	514 m	7	0,0780 m	0,0596 m	0,0982 m
34	1 976	2	30	3 102 m	470 m	7	0,0928 m	0,0612 m	0,1112 m
35	1 968	2	29	3 113 m	510 m	8	0,0509 m	0,0951 m	0,1078 m
36	1 968	2	27	2 927 m	342 m	8	0,0376 m	0,0540 m	0,0658 m
37	1 823	2	34	2 800 m	203 m	4	0,0214 m	0,0389 m	0,0444 m
38	1 116	1	22	3 339 m	662 m	5	0,0608 m	0,0505 m	0,0790 m
39	1 980	2	36	3 264 m	632 m	5	0,0789 m	0,0843 m	0,1132 m
40	1 968	1	24	3 048 m	340 m	8	0,0535 m	0,0344 m	0,0636 m
41	1 968	2	24	2 906 m	284 m	8	0,0585 m	0,0486 m	0,0761 m
42	1 307	2	32	2 901 m	283 m	5	0,0238 m	0,0630 m	0,0673 m
43	706	1	23	3 045 m	403 m	3	0,1242 m	0,0232 m	0,1263 m
44	2 011	2	29	3 037 m	384 m	7	0,0392 m	0,0253 m	0,0467 m
45	1 967	1	25	3 082 m	418 m	7	0,0491 m	0,0263 m	0,0548 m
46	1 373	1	29	3 085 m	436 m	5	0,0359 m	0,0479 m	0,0599 m
47	904	1	23	2 841 m	267 m	3	0,0762 m	0,0253 m	0,0803 m
48	1 221	2	26	3 275 m	602 m	5	0,0404 m	0,0322 m	0,0516 m
24 bloků							prostý aritmetický průměr		**0,0739 m**
váha = počet Check points v bloku (n)						**n = 146**	**zvážený aritmetický průměr**		**0,0717 m**



Obr. 13 Zobrazení VB Check points a spojovacích bodů v bloku 34

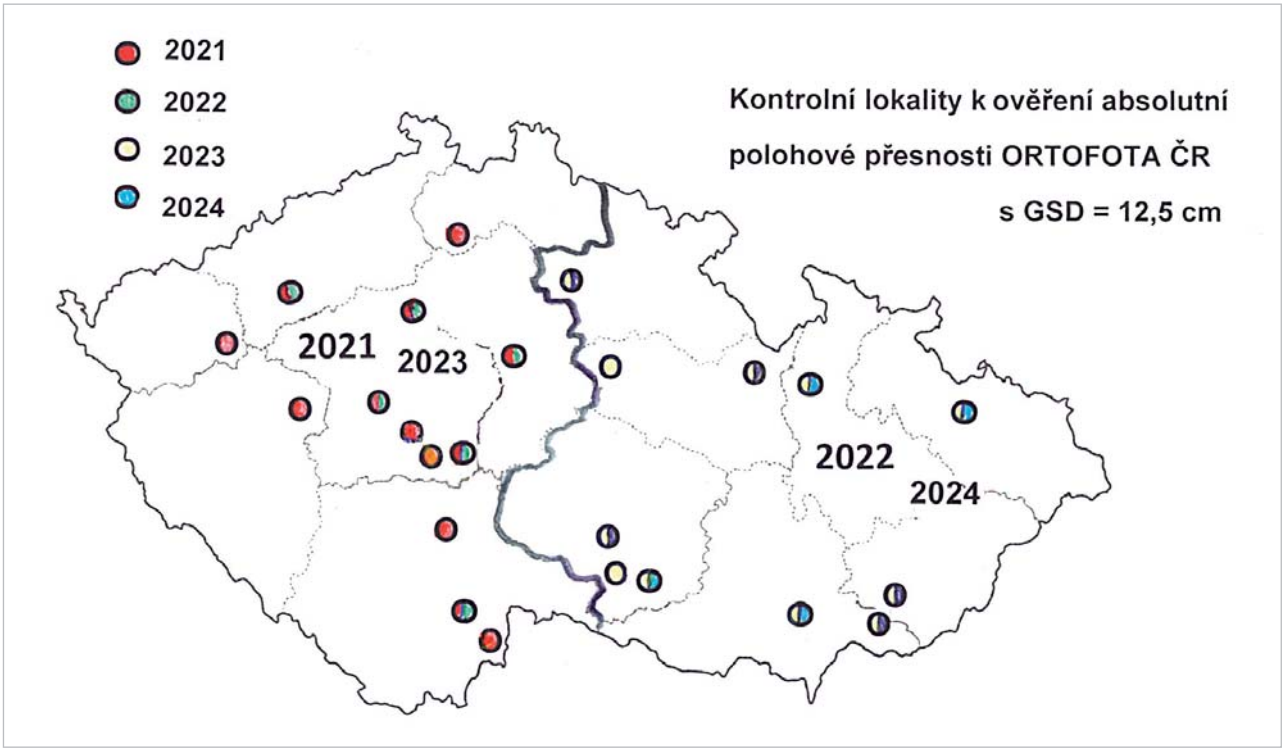


Obr. 14 Volba konfigurace PKB vůči použitým Check points

Tab. 5 Výpočet absolutní polohové chyby na permanentních kontrolních bodech, rok 2024

Blok	Permanentní KB			Střed kamene TB			Geometrický střed skruže			Vlícovací bod		
	n	m_P *(m)*	$n*m_P$	n1	m_{TB} *(m)*	$n1*m_{TB}$	n2	m_{OS} *(m)*	n2*m	n3	m_{VB} *(m)*	n3.*m
25	8	0,065	0,5200	3	0,0586	0,1757	2	0,0540	0,108	3	0,0430	0,129
26	8	0,085	0,6800	3	0,0417	0,1251	2	0,0305	0,060	3	0,028	0,085
27	6	0,085	0,5100	4	0,0356	0,1424	1	0,0510	0,051	1	0,061	0,061
28	9	0,075	0,6750	4	0,0650	0,2600	2	0,044	0,088	3	0,081	0,243
29	14	0,055	0,7707	5	0,0576	0,2880	5	0,066	0,330	4	0,061	0,244
30	15	0,063	0,9450	4	0,0687	0,2748	9	0,0627	0,5640	2	0,0525	0,105
31	11	0,0457	0,5027	7	0,0440	0,3070	4	0,049	0,1960	0	0	0
32	8	0,078	0,6240	4	0,0337	0,1348	4	0,0366	0,1466	0	0	0
33	18	0,082	1,3940	13	0,0792	1,0296	4	0,0319	0,1276	1	0,050	0,050
34	8	0,073	0,5840	4	0,1025	0,4100	2	0,0730	0,1460	2	0,0680	0,1360
35	10	0,085	0,8500	2	0,0280	0,1640	5	0,0970	0,4850	3	0,1455	0,4365
36	10	0,065	0,6500	3	0,0537	0,1610	3	0,0757	0,2270	4	0,0667	0,2668
37	7	0,083	0,5810	3	0,0897	0,2760	2	0,0905	0,1810	2	0,0650	0,1300
38	8	0,065	0,5200	4	0,0912	0,3648	3	0,0687	0,2061	1	0,1000	0,1000
39	7	0,0623	0,6270	3	0,0547	0,1640	2	0,0340	0,0680	2	0,1020	0,2040
40	11	0,057	0,6030	5	0,1087	0,5433	3	0,0533	0,1630	3	0,0423	0,1270
41	9	0,067	0,6660	2	0,0985	0,1970	3	0,1030	0,3090	4	0,0530	0,2120
42	10	0,083	0,8300	2	0,187	0,3740	6	0,0678	0,4070	2	0,1175	0,2350
43	7	0,086	0,6020	5	0,1020	0,5100	0	0	0	2	0,0460	0,0920
44	9	0,074	0,6660	1	0,071	0,0710	5	0,074	0,3700	3	0,0740	0,2220
45	12	0,065	0,7800	0	0	0	12	0,0650	0,7800	0	0	0
46	9	0,054	0,4860	5	0,0446	0,2230	1	0,100	0,100	3	0,0320	0,0960
47	6	0,049	0,2940	3	0,0433	0,1330	1	0,0580	0,058	2	0,0515	0,1030
48	8	0,063	0,5040	5	0,0635	0,3175	2	0,0430	0,0860	1	0,0640	0,0640
24	**228**	1,6650	15,8175	**94**	1,2513	6,6460	**83**	1,4287	5,2583	**51**	1,4630	3,3412
BL	**PKB**	**0,0694**	**0,0664**	**TB**	**0,0790**	**0,0707**	**OS**	**0,0621**	**0,0634**	**VB**	**0,0697**	**0,0635**

Vysvětlivky: *černě – prostý aritmetický průměr* *červeně – zvážený aritmetický průměr, kde váhou je počet PKB v příslušném bloku*



Obr. 15 Kontrolní lokality k ověření absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR s GSD = 12,5 cm

6. Určení absolutní polohové přesnosti nesignalizovaných bodů na Ortofotu ČR v Pásmu Východ v roce 2024

Závěrečnou částí kontroly absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR 2024 ve vztahu k referenčnímu systému S-JTSK bylo určení střední polohové chyby **nesignalizovaných** kontrolních bodů, které byly zaměřeny technologií GNSS-RTK speciální četou Zeměměřického úřadu v letech 2019-2021 ve 24 lokalitách (**obr. 15**). V Pásmu východ byly užity zejména nezakryté rohy domů v úrovni terénu, paty jednoduchých sloupů v extravilánech, středy železničních přejezdů pokrytých ocelovými deskami s mezerou uprostřed a jistou identifikací osy koleje, případně i rohy betonových můstků v úrovni komunikace.

Pro kontrolu absolutní polohové přesnosti těchto bodů byly použity vybrané kontrolní body z 9 zkušebních lokalit v Pásmu východ, přičemž řada rohů domů, zaměřených v letech 2019 a 2020 byla zakryta střešním pláštěm v důsledku použití odlišných letových drah ke snímkování pro Ortofoto ČR s GSD = 20 cm než pro snímkování od roku 2021 s GSD = 12,5 cm. Počet užitých nesignalizovaných kontrolních bodů dosáhl za těchto podmínek jen celkového počtu 67 (viz **tab. 6**), avšak zjištěná střední polohová chyba m_p = 0,157 m dobře identifikovatelných nesignalizovaných bodů přesto dává nejlepší výsledek (v roce 2022 to bylo 0,195 m při počtu 11 zkušebních lokalit s celkem 240 kontrolními body).

I tak lze pro nesignalizované **bodové objekty** na Ortofotu ČR s GSD = 12,5 cm při takovém jejich počtu **orientačně** aplikovat vhodnou frekvenční křivku počtu středních polohových chyb, kdy do 38 % KB se má vyskytovat zjištěná střední polohová chyba 15,6 cm, do 86,5 % její dvojnásobek a pouze v 6,5 % její 2,5 násobek. V daném případě vycházejí z **tab. 6** hodnoty 46,3 %, 86,6 % a 6,4 %, což je významná shoda s teorií.

Tab. 6 Střední polohové chyby nesignalizovaných kontrolních bodů na Ortofotu ČR 2024

Lokalita	Číslo KB	Druh KB	$X_{KB} - X_{OR}$	$Y_{KB} - Y_{OR}$	m_P
Mysliboř okres Jihlava	521	RD	0,20 m	0,06 m	0,209
	523	RD	0,08 m	0,06 m	0,100
	529	RD	0,08 m	0,13 m	0,152
	530	RD	0,11 m	0,05 m	0,121
	532	RD	0,04 m	0,03 m	0,50
	533	RD	0,08 m	0,06 m	0,100
Kopidlno okres Jičín	2505	PS	0,11 m	0,10 m	0,149
	2506	RM	0,10 m	0 m	0,100
	2507	RM	0,08 m	0,10 m	0,128
	2508	RM	0,04 m	0,17 m	0,175
	2509	RM	0,05 m	0,02 m	0,054
Nová Říše okres Jihlava	325	RD	0,07 m	0 m	0,070
	308	RD	0,27 m	0,01 m	0,270
	309	RD	0,02 m	0,06 m	0,062
	357	RD	0,05 m	0,01 m	0,051
	360	RD	0,22 m	0,29 m	0,364

*Pokračování **tab. 1** na s. 227*

Lokalita	Číslo KB	Druh KB	$X_{KB} - X_{OR}$	$Y_{KB} - Y_{OR}$	m_P
Sudkov okres Šumperk	2005	PS	0,04 m	0,05 m	0,064
	2101	ŽP	0,05 m	0,15 m	0,158
	2107	ŽP	0,01 m	0,26 m	0,260
	2113	PS	0,30 m	0,01 m	0,030
	2115	PS	0,27 m	0,01 m	0,027
	2121	PS	0,22 m	0,12 m	0,256
Bořetice okres Břeclav	882	RD	0,01 m	0,12 m	0,121
	883	RD	0,02 m	0,12 m	0,122
	884	RD	0,15 m	0,01 m	0,150
	885	RD	0,27 m	0,03 m	0,252
	839	RD	0,07 m	0,01 m	0,071
Podolí n. Olšinou okres Uherské Hradiště	1002	RD	0,22 m	0,01 m	0,220
	1001	RD	0,14 m	0,15 m	0,205
	1022	RD	0,32 m	0,02 m	0,321
	1019	RD	0,01 m	0,02 m	0,022
Branka u Opavy okres Opava	1113	RD	0,11 m	0,21 m	0,237
	1118	RD	0,16 m	0,05 m	0,168
	1106	RD	0,11 m	0,21 m	0,237
	1101	RD	0,29 m	0,12 m	0,314
Louka okres Hodonín	933	RD	0,15 m	0,12 m	0,192
	938	RD	0,03 m	0,13 m	0,133
	939	RD	0,26 m	0,16 m	0,297
	910	RD	0,04 m	0 m	0,040
	921	RD	0,30 m	0,06 m	0,306
	924	RD	0,12 m	0,06 m	0,134
	923	RD	0,14 m	0,04 m	0,146
	928	RD	0,41 m	0,04 m	0,041
	929	RD	0,03 m	0,08 m	0,085
	930	RD	0,04 m	0,10 m	0,107
	931	RD	0,06 m	0,15 m	0,187
	932	RD	0,04 m	0,22 m	0,224
	906	RD	0,01 m	0,34 m	0,340

Lokalita	Číslo KB	Druh KB	$X_{KB} - X_{OR}$	$Y_{KB} - Y_{OR}$	m_P
Jablonné n. Orlicí okres Ústí n. Orlicí	201	PS	0,13 m	0,13 m	0,184
	202	PS	0,08 m	0,14 m	0,161
	203	PS	0,15 m	0,10 m	0,180
	204	PS	0,02 m	0,13 m	0,132
	504	RD	0,26 m	0,02 m	0,261
	506	PS	0,02 m	0,10 m	0,102
	607	PS	0,20 m	0,08 m	0,215
	1608	PS	0 m	0,08 m	0,120
	5001	ŽP	0,04 m	0,03 m	0,050
	1804	PS	0 m	0,22 m	0,220
	1807	PS	0,05 m	0,23 m	0,235
	1809	ŽP	0,17 m	0,06 m	0,180
	901	PS	0 m	0,14 m	0,152
	903	RD	0,09 m	0,12 m	0,150
	1005	PS	0,01 m	0,16 m	0,160
	1004	PS	0,02 m	0,10 m	0,102
	906	RM	0,02 m	0,20 m	0,201
	1302	RD	0,02 m	0,16 m	0,161
	1301	RD	0,01 m	0,20 m	0,200

Vysvětlivky

RD = roh domu
RM = roh mostku
PS = pata jednoduchého sloupu
ŽP = střed železničního přejezdu

Celkem KB	**67**	**41 RD**	**18 PS**	**5 RM**	**3ŽP**
Střední polohová chyba jistých nesignalizovaných KB					
0,156 m					

LITERATURA:

[1] Zákon č.200/1994 Sb, o zeměměřictví a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění zákona č. 88/2023 Sb.

[2] Nařízení vlády č. 159/2024 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů závazných na celém území České republiky.

[3] Vyhláška Českého úřadu zeměměřického a katastrálního č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením.

[4] ŠÍMA, J.: Ortofoto ČR – nový kartografický produkt? Zpravodaj České kartografické společnosti, 2009, 4.1, s. 9-11.

[5] NÁGL, J.–ŘEZNÍČEK, J.: Zpřesněná globální transformace mezi systémy ETRS89 a -.S-JTSK (verze 2017 – 10). Geodetický a kartografický obzor, 64/106, 2018, č. 10, s. 213-221.

[5] NÁGL, J.–ŘEZNÍČEK, J.: Zpřesněná globální transformace mezi systémy ETRS89 a -.S-JTSK (verze 2017 – 10). Geodetický a kartografický obzor, 64/106, 2018, č. 10, s. 213-221.
[6] DUŠÁNEK, P.–ŠÍMA, J.: Ověření polohové přesnosti Ortofota ČR na celém státním území (2017-2018). Geodetický a kartografický obzor, 69/111, 2023, č. 6, s. 109-118.
[7] ŠÍMA, J.: Čtvrtstoletí ortofotografického zobrazení celého území České republiky. Geodetický a kartografický obzor 69/111, 2023, č. 12, s. 280-283. Technická zpráva k ortofotografickému zobrazení území ČR ORTOFOTO ČESKÉ REPUBLIKY. Zeměměřický úřad a Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, 5/2025.
[8] Technická zpráva k ortofotografickému zobrazení území ČR ORTOFOTO ČESKÉ REPUBLIKY. Zeměměřický úřad a Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, 5/2025.

Do redakce došlo: 16. 5. 2025

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