

Realizovaná zpřesnění polohy vybraných objektů Základní báze geografických dat (ZABAGED®)

Ing. Karel Brázdil, CSc.,
RNDr. Jana Pressová,
doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.,
Zeměměřický úřad

Abstrakt

Základní báze geografických dat je vektorový digitální model území České republiky, který spravuje Zeměměřický úřad. Polohová přesnost vybraných typů objektů, specifikovaných v Katalogu objektů ZABAGED®, je od doby počátku vzniku databáze v roce 1994 systematicky zvyšována. Článek se věnuje popisu rozsáhlých projektů, které k tomuto účelu významně napomohly v období od roku 2012.

Implemented Improvements of the Positional Accuracy of Selected Objects in the Fundamental Base of Geographic Data (ZABAGED®)

Abstract

The Fundamental Base of Geographic Data is a vector digital landscape model of the Czech Republic administered by the Land Survey Office. The positional accuracy of selected object types, specified in the ZABAGED® Object Catalogue, has been systematically increased since the database formation in 1994. The article deals with description of large projects that have significantly contributed to this purpose since 2012.

Keywords: geographical database, positional accuracy, building, road, motorway, railway track, watercourse and surface, electric line

1. Úvod

Polohopisná složka Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) byla původně získána vektorizací aktualizovaných tiskových podkladů Základní mapy ČR 1 : 10 000 (ZM 10) v období 1994 až 2000, avšak s vynecháním intravilánů obcí, kde bylo mnoho případů odsunů kartografické kresby budov a bloků budov od průjezdních komunikací, aby mohly být zobrazeny stanovenou mapovou značkou, jejíž šířka obvykle přesahovala skutečnou šířku komunikace v tom místě. Doplnění vektorové kresby budov a bloků budov v intravilánu bylo následně uskutečněno v letech 2000 až 2003 analytickým stereofotogrammetrickým vyhodnocením z dostupných leteckých měřických snímků v měřítkách 1 : 23 000 až 1 : 26 000, pokrývajících v tomto období již celé území České republiky [1]. Původní střední polohová chyba většiny kresby na analogové ZM 10 byla 8 m. Přesnost zobrazení budov a bloků budov však byla v důsledku uvedeného odsunutí kresby od komunikací i výrazně horší, až 15 m. Proluky mezi budovami menší než 3 m byly zanedbávány a tak ve skutečnosti jednotlivé budovy byly zakreslovány jako kompaktní bloky budov. Zmíněné stereofotogrammetrické vyhodnocení budov a již první plošná aktualizace ZABAGED® v letech 2000 až 2005 vedly ke zlepšení polohové přesnosti tam, kde při překrytí ortofota vektorovým obrazem ZABAGED® byly zjištěny polohové odchylky větší než 5 m. Jedním ze základních principů správy ZABAGED® v tomto období však bylo udržet databázi jako geometricky generalizovanou pro tvorbu ZM 10. Z toho pak vyplývalo, že i přesněji zaměřené objekty byly geometricky zjednodušovány a adaptovány na méně přesnou okolní situaci.

Tento přístup byl zásadně změněn po vytvoření nového výškopisu celého území ČR z dat leteckého laserového ske-

nování, které se uskutečnilo v letech 2010 až 2013. Vznikla totiž situace, kdy nový výškopis ve formě Digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G) výrazně převýšil polohovou přesnost dosavadní vektorové části ZABAGED®. Společným zobrazením jejího polohopisu se zobrazením nového výškopisu v aplikacích geografického informačního systému (GIS) byly odhaleny četné nesoulady polohopisu i výškopisu ZABAGED®.

Z již uvedeného důvodu změnil Zeměměřický úřad v roce 2014 uvedený princip správy ZABAGED®, přičemž ji začal považovat za základní geografickou databázi polohové (a výhledově i prostorově) nejpřesnějších geografických informací, které má Zeměměřický úřad k dispozici. Změnil se výše uvedený princip správy dat tak, že základním principem je spravovat data negeneralizovaná (s maximální přesností) tak, aby byla co nejlépe použitelná v digitálních aplikacích GIS. Generalizace dat pro jejich kartografické použití má být prováděna až v kartografických produkčních linkách, přičemž způsob a míra generalizace je závislá na druhu a měřítku mapy. V Konceptu rozvoje zeměměřictví na léta 2015 až 2020, č.j. ZÚ-04666/2014-10001 ze dne 21. 11. 2014 [3], vyjádřil Zeměměřický úřad ambici dosáhnout pro dobře vymezené geografické objekty nezakryté vegetací polohové přesnosti ZABAGED® charakterizované střední polohovou chybou $m_p = 1$ m. Zdroji polohových informací o jednotlivých geografických objektech ZABAGED® jsou v současné době i data z jiných databází, např. z Databáze bodových polí, ze souboru geodetických informací (SGI) Informačního systému katastru nemovitostí (ISKN), případně z tematických databází jiných resortů, pokud je věrohodně garantováno jejich lepší geometrické a polohové určení, než je v případě původních dat ZABAGED®. Nicméně, základním zdrojem geometrických a polohových informací o celé řadě objektů ZABAGED® je ortofotografické zobrazení České republiky (Ortofoto ČR).

I nadále jsou používány barevné letecké měřické snímky, vyhodnocované ve 3D digitálními stereofotogrammetrickými metodami, v superpozici s výškopisnými daty DMR 5G.

Cílem tohoto článku je poskytnout podrobnější informace o metodách geometrického a polohového (a u řady objektů i prostorového) zpřesňování vybraných typů objektů ZABAGED® a informovat o dosaženém stavu zpřesnění polohopisu ZABAGED® v letech 2012 až 2020.

2.

Zpřesnění polohy vybraných typů objektů ZABAGED® s využitím dat leteckého laserového skenování

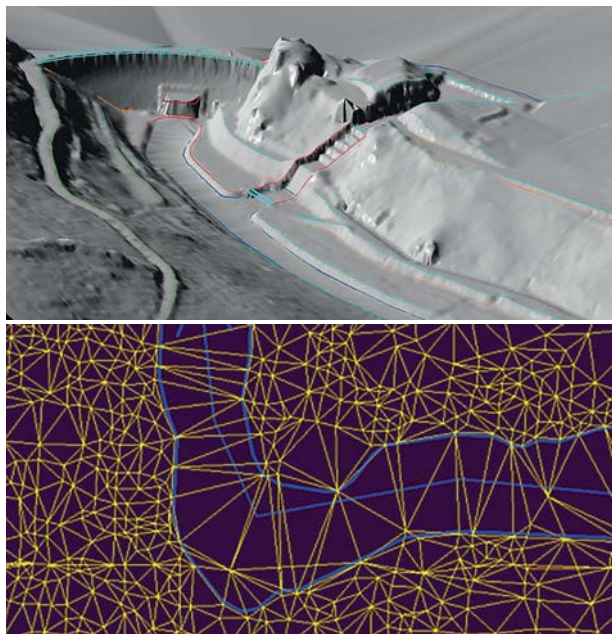
V návaznosti na projekt leteckého laserového skenování celého území státu a následnou tvorbu digitálních modelů reliéfu (především DMR 5G), byla v Zeměměřickém úřadě v letech 2011 až 2012 uskutečněna řada analýz a testování, jejichž cílem bylo využití těchto nových dat k polohovému zpřesnění polohopisu ZABAGED® a také pro potvrzení existence stávajících nebo identifikaci nových objektů. Praktickým výsledkem byla realizace projektu cíleného polohového zpřesnění vybraných typů objektů ZABAGED®, a to s využitím dat DMR 5G a Ortofota ČR pro objekty komunikací a vodstva vedených ve 2D a dále pro čáry a body terénní kostry, vedených ve 3D, s využitím stereofotogrammetrického vyhodnocování těchto objektů z barevných leteckých měřických snímků při současné superpozici s daty DMR 5G. Požadavkem bylo dosáhnout absolutní polohové přesnosti, vůči Souřadnicovému systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), vyjádřené střední polohovou chybou 1 m u vybraných typů objektů. Po pilotním ověření metod, navržených postupů i odhadů časové náročnosti, bylo na konci roku 2012 již zahájeno zpřesňování komunikací.

2.1 Typy objektů

V rámci tohoto projektu byla cíleně zpřesňována poloha objektů ZABAGED® z kategorie **Komunikace**: silnice, dálnice, neevidovaná silnice, železniční trať, železniční vlečka, a dále objektů z kategorie **Vodstvo**: vodní tok a břehová čára. Současně s takto vybranými typy objektů byly zpřesněny všechny prvky ležící na nich či poblíž, např. propustky, mosty a lávky. Z 3D objektů v kategorii **Terénní reliéf** byly zpřesněny: kótovaný bod, terénní stupeň, sráz, pata terénního útvaru, rokle a výmol. Vyhodnocovaly se i další objekty, pokud je bylo možno identifikovat v podkladových datech (zed, most, hradba, opevnění, přehradní hráz, jez a vodopád).

2.2 Podklady a použité metody

Základními podklady pro ověření polohy objektu a její zpřesnění byly produkty vytvořené z dat DMR 5G, zejména mračna bodů a stínovaný model v barevné i šedé variantě (viz obr. 1), Ortofota ČR vytvořené z aktuálních leteckých měřických snímků ortogonalizací s využitím rastrového Digitálního modelu reliéfu 4. generace a letecké měřické snímky pro stereofotogrammetrické vyhodnocení, pořízené digitálními kamerami s průměrným rozlišením pixelu obrazu 0,18 m na zemi. V případě nejasností byla situace ověřována topografickým šetřením v terénu. Šlo především



Obr. 1 DMR 5G – podkladová data ve formě šedého stínovaného terénního reliéfu a nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN) s vyhodnocenými vektorovými prvky ZABAGED® ve 2D a 3D

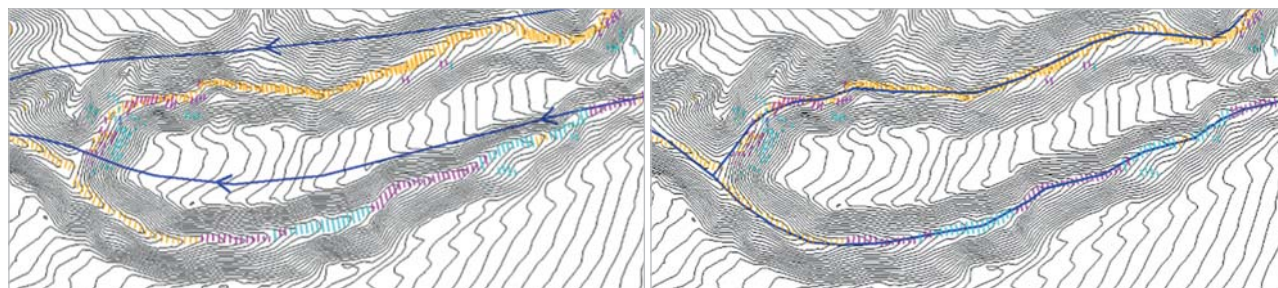
o vodní toky zakryté souvislou vegetací, kdy se šetřila jejich existence a poloha osy toku, jeho směr, napojení na další toky, vydatnost a místo zaústění toku. Součástí zpřesnění prvků komunikací byla i kontrola a případná úprava geometrie – přímosti úseků nebo plynulosti oblouků komunikací podle skutečnosti.

Základními softwarovými nástroji byly APV ZABAGED, Microstation V8, Atlas DMT a PhoTopoL. Pro urychlení práce s obsáhlými datovými soubory v APV ZABAGED byla vytvořena různá makra či drobné aplikace, které redukovaly objem podkladových dat (především DMR 5G) a zvýraznily členitost terénu. Byly například vytvářeny technické vrstevnice s volitelným intervalem (0,25 m a 0,5 m) se zobrazením spádovek a s barevným zvýrazněním uzavřených vyvýšenin a sníženin, vybírány body DMR 5G pouze v pásech kolem silnic, železnic a vodních toků a zvýrazněna nejnižší místa podél vodního toku (obr. 2). Pro identifikaci průběhu břehových čar vodních toků a vodních ploch se v místech zakrytých vegetací převážně používal DMR 5G ve formě nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN).

Objekty terénního reliéfu byly vyhodnocovány primárně ve 3D a osvědčilo se využití kombinace softwaru PhoTopoL a Atlas DMT umožňující stereofotogrammetrické vyhodnocení leteckých měřických snímků se současným zobrazením DMR 5G ve tvaru TIN nad stereomodelem. V některých lokalitách bylo stereofotogrammetrické vyhodnocení podporou i pro přesnější identifikaci průběhu vodních toků a břehových čar. Na základě vyhodnocení objektů ve 3D byly pak v APV ZABAGED vytvářeny jejich polohopisné reprezentace ve 2D.

2.3 Dosažené výsledky

Zobrazení výše uvedených geografických objektů se polohou i geometrií zpřesnilo. Tab. 1 uvádí statistický přehled rozdílů délky linií, reprezentujících zpřesňované typy



Obr. 2 Z dat DMR 5G generované vrstevnice a tzv. údolíčka, vyjadřující nejnižší místa (barevné úsečky vyznačující minima na řezu kolmo k vodnímu toku); nalevo je stav v ZM 10 před zpřesněním, napravo již zpřesněná poloha vodního toku

Tab. 1 Přehled změn délky, počtu prvků a vertexů u vybraných typů objektů

Typ objektu	Počet prvků / úseků		Celková délka [km]		Počet vertexů	
	7/2012	7/2019	7/2012	7/2019	7/2012	7/2019
železniční trať	5 200	5 369	9 428	9 345	259 834	344 299
železniční vlečka	7 622	7 866	2 626	2 179	74 436	78 939
silnice, dálnice	38 450	39 660	58 242	58 409	2 141 200	2 982 885
silnice neevidovaná	9 416	11 078	6 078	6 379	242 109	357 392
břehová čára	165 316	190 585	41 169	43 748	2 846 674	4 749 262
vodní tok	304 994	346 309	112 065	115 670	5 411 745	11 471 949
pata terénního útvaru	8 504	205 983	2 059	27 957	87 022	2 618 649
stupeň, sráz	1 082 051	797 812	185 477	117 575	10 194 606	13 369 219

objektů, počty jednotlivých úseků a počty jednotlivých vyhodnocených bodů (vertexů). V období let 2012 až 2019 vzrostla délka břehových čar v ZABAGED® o 6 %, os vodních toků o 3 %. Počet lomových bodů břehových čar vzrostl o 66 % a o 112 % v případě os vodních toků, čímž se podstatně zvýšil počet lomových bodů na 1 km délky – 109 bodů/km pro břehovou čáru a 99 bodů/km pro osu vodního toku. Podíl délek, které byly zpřesněním modifikovány, činí 86 % pro břehové čáry a 92 % pro osy vodního toku.

Rozloha vodních ploch se zvětšila o 4 %, na čemž se nejvíce podílí jednak zvětšení stávajících vodních ploch (ale pouze stojatých) a jednak vznik nových vodních ploch, kromě několika velkých, především velkého množství malých ploch, které pravděpodobně již existovaly před zpřesněním, ale dosud nebyly obsahem ZABAGED®, neboť jejich zakrytí vegetací na ortofotu ztěžovalo nebo i znemožňovalo jejich identifikaci.

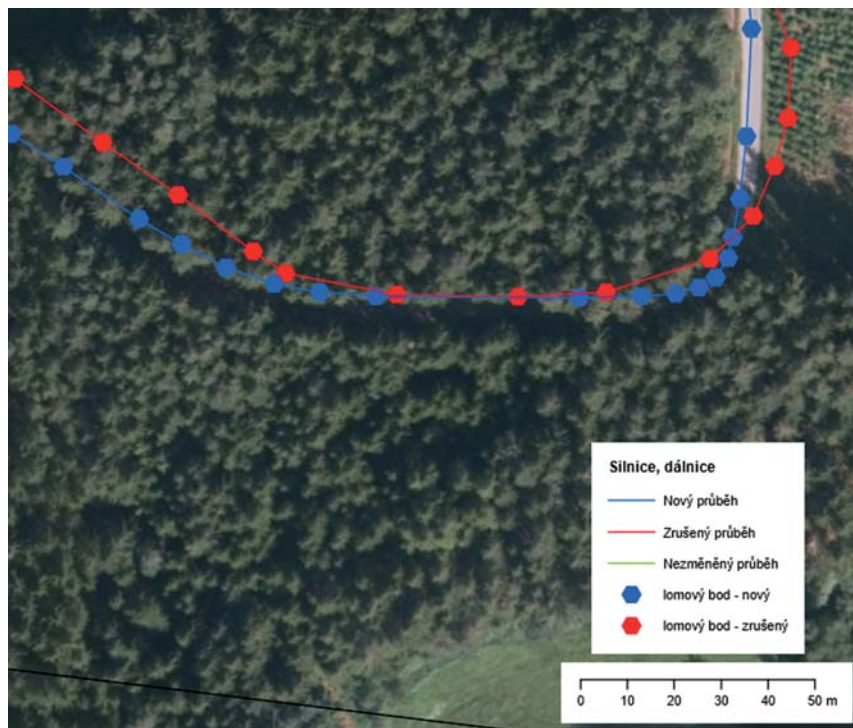
V případě evidovaných komunikací (silnice, dálnice, železniční trať) nedošlo zpřesněním k výrazné změně jejich délky. Počet registrovaných bodů vzrostl u os silnic a dálnic o 37 % a u os železničních tratí o 33 %. Liší se výsledná hustota vyhodnocených bodů na ose, kdy u silnice a dálnice dosahuje průměrně 51 bodů/km a u železničních tratí, které mají více rovných úseků, průměrně 37 bodů/km. Podíl délek, které byly zpřesněním modifikovány, je 83 % pro silnice, dálnice a 90 % pro železniční trať. Délka neevidovaných silnic vzrostla o 5 % a naopak, vlečky byly po ověření v terénu významně rušeny – ubylo 17 % jejich délky.

K významnému zpřesnění polohy os zpřesňovaných komunikací došlo především v lesních úsecích (obr. 3), v tunelech a také v lokalitách křižovatek, které byly upraveny dle skutečného průběhu.

Na pracích spojených s polohovým zpřesněním komunikací, vodstva, čar a bodů terénní kostry, se podílelo v letech 2012 až 2019 cca 80 zaměstnanců s různou mírou zapojení, kteří odpracovali celkem **347 199 hodin**, přičemž 37 % bylo věnováno stereofotogrammetrickému vyhodnocení objektů ve 3D, 48,6 % zpracování dat v systému APV ZABAGED (včetně úprav polohy prvků vyhodnocených ve 3D), 2,8 % šetření topografů v terénu a 11,6 % závěrečným obsahovým a topologickým kontrolám včetně uložení dat do produkční databáze ZABAGED®.

3. Zpřesnění tvaru a polohy staveb v ZABAGED® s využitím dat souboru geodetických informací ISKN

Po úspěšném zahájení realizace projektu zpřesňování polohy komunikací, vodstva a čar a bodů terénní kostry byl již od roku 2013 připravován úkol zabývající se zpřesněním tvarů a polohy budov a dalších stavebních objektů. Požadavkem bylo nejen jednorázově zpřesnit zobrazení staveb v ZABAGED® podle údajů spravovaných v SGI ISKN, ale i vytvořit systém pro zajištění pravidelné aktualizace těchto objektů v návaznosti na průběžnou aktualizaci dat v ISKN. Bylo tedy nutno přizpůsobit se struktuře tohoto informač-



Obr. 3 Výsledné polohové zpřesnění osy silnice (modrá linie) v zalesněném území



Obr. 4 Obsah katastrální mapy (modrý) v kompozici s Ortofotem ČR; nové budovy jsou vyznačeny polygony se žlutou výplní

ního systému a přejít na základní prvky – hrany (hranice) a značky budovy, a z nich pak následně automatizovaně odvozovat polygony budov a bloků budov (obr. 4).

Cílem projektu bylo pořídít vrstvu linií půdorysů budov a některých dalších staveb, odpovídající fyzické realitě, a to s polohovou přesností charakterizovanou střední polo-

vou chybou $m_p = 1,0$ m. Základním principem bylo, že podrobné body vyšší polohové a geometrické kvality (v ISKN charakterizované kódy kvality KK 3, KK 4 a KK 5) byly přebírány z ISKN. Podrobné body „horší kvality“ (zpravidla s kódem KK 8) byly, včetně budov v ISKN chybějících, nově digitalizovány nad Ortofotem ČR, respektive nad jednotliv-



Obr. 5 Jednotlivé ortogonalizované snímky s tlačítky pro zobrazování paty budovy z různých stran

vými ortofotosnímky. Vytvořená množina klasifikovaných hran a značek budov (popř. klasifikovaných stavebních objektů) je pracovně nazývána ZABARAK.

Teoretické pojetí a téměř celá technologie byly připraveny odborníky ZÚ (za aktivní podpory firmy Asseco, správce APV ZABAGED). Technologie byla sestavena tak, aby operátor měl k dispozici intuitivní ovládání s rychlým přístupem k ovládacím prvkům, k podkladovým datům a jejich operativnímu výběru, i k možností měnit nastavení zobrazení. Vlastní realizace zpřesňování staveb byla zahájena v roce 2015 a její dokončení je plánováno v roce 2021.

3.1 Typy objektů

Popisovaný projekt se především týká budov a bloků budov. SGI ISKN však obsahuje i zákresy dalších stavebních objektů, které bylo vhodné využít pro ZABAGED®. Jde např. o kůlnu, skleník, válcovou nádrž, zásobník, chladicí věž, rozvalinu a zříceninu. Také byla posuzována možnost využití vektorových dat SGI i pro typy objektů ZABAGED®, jejichž geometrickým určením byl dosud jen bod (např. tovární komín, rozhledna, vysílač, vodojem věžový), i možnost rozšíření typů objektů klasifikovaných jako stavební objekty. Z těchto důvodů a s ohledem na požadavek vyšší podrobnosti a přesnější geometrické reprezentace objektů v ZABAGED® byl v 2019 dokončen návrh na úpravu a rozšíření klasifikace objektů ZABAGED® z hlediska stavebních objektů i jejich geometrického vyjádření. Jde např. o tyto typy objektů: hrad, zámek, přístřešek, věžovitá stavba, pozemní nádrž (bazén, nádrž na čištění odpadních vod, sádka), tribuna a stavební objekt zakrytý. Tento návrh bude postupně realizován a výsledky publikovány uživateli.

3.2 Podklady a použité metody

Základním zdrojem pro geometrické zpřesnění tvaru a polohy staveb jsou data ISKN (hranice parcely, hranice vnitřní kresby, značka budovy). Jako další zdroje jsou používány Ortofoto ČR, jednotlivé ortogonalizované snímky (obr. 5) a výstupy zpracování dat leteckého laserového skenování ve formě mračen bodů obarvených podle nadmořské výšky a obsahujících též obrysy staveb. Pro verifi-

kaci dat ISKN je také využívána informace o charakteristice kvality (KK) podrobných bodů, změnové soubory nových a zrušených budov v ISKN od data posledního snímkování a jako podpůrný podklad též další dostupná data na internetu. Všechny práce probíhají v APV ZABAGED.

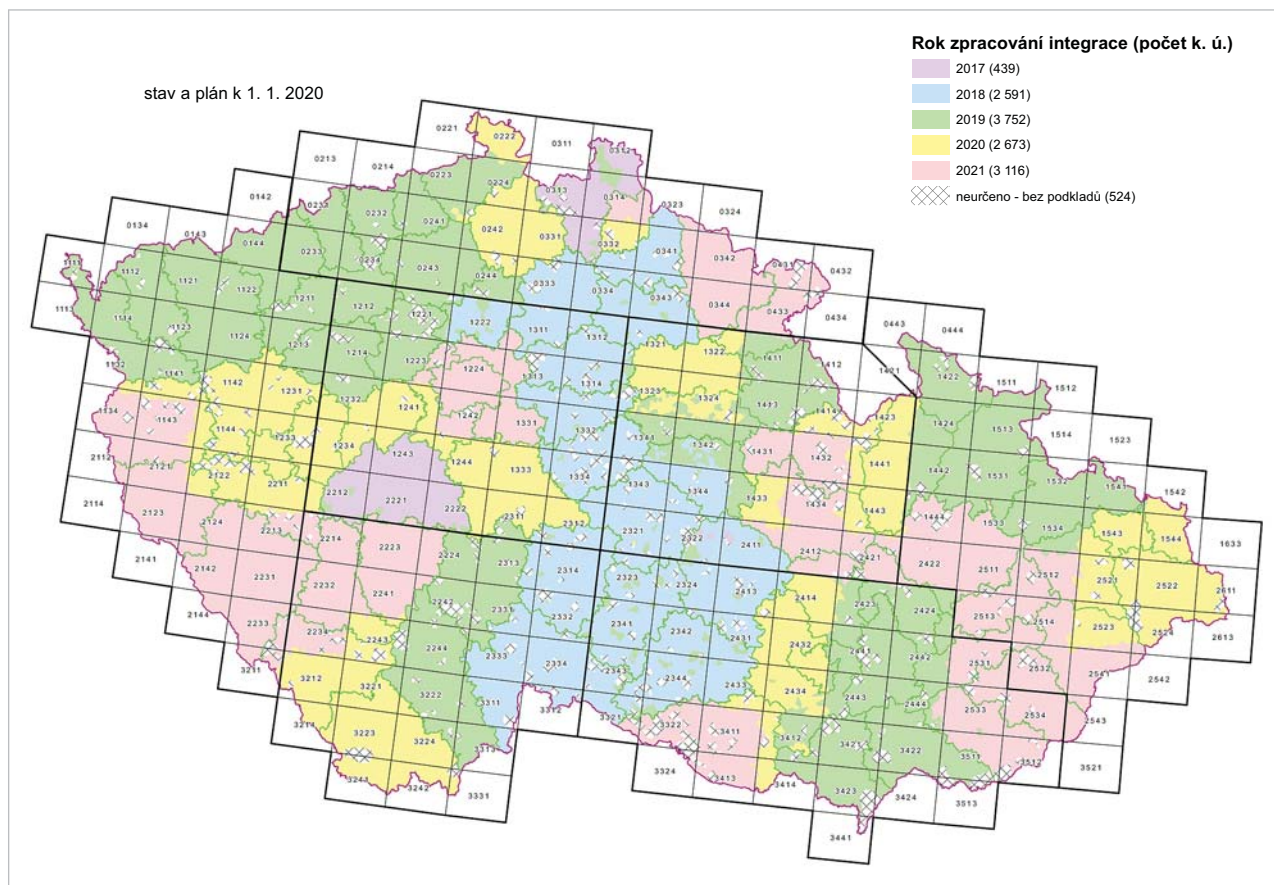
Projekt zpřesňování tvaru a polohy staveb v ZABAGED® byl rozdělen do dvou etap:

- První etapa (zahájená v roce 2015) byla zaměřena na porovnání zákresu staveb v ISKN se skutečností, respektive se stavem zobrazeným na aktuálním Ortofoto ČR. V případě, že kresba nebo značka odpovídala fyzické realitě, stala se součástí ZABARAK. Nalezené nesoulady byly řešeny vyhodnocením klasifikovaných hran a značek pracovníky Odboru ZABAGED podle přesně stanovených pravidel. Posuzování a ukládání hran a značek probíhá v APV ZABAGED, ale mimo produkční data (data ZABARAK). Dalším výstupem v této etapě je evidence hrubých a systematických nesouladů (pokud jde o existenci, tvar nebo polohu) kresby v SGI ISKN s realitou.
- Druhá etapa (od roku 2017) začíná automatizovaným generováním nových budov a bloků budov v ZABAGED® z kresby hran a značek ZABARAK. Zahrnuje integraci takto nově pořízených zpřesněných budov a bloků budov do produkčních dat ZABAGED® včetně zajištění kontroly vzájemných topologických vazeb na ostatní polohopisné objekty ZABAGED®.

Na etapu integrace navazuje proces pravidelné aktualizace. Nová technologie aktualizace je založena na porovnání aktuálního stavu dat v SGI ISKN a automatizovaném detekování změn vůči stavu původních dat v ISKN. Operátor postupně prochází tyto změny, a pokud je třeba, nejdříve upraví kresbu hran a značek budov v APV ZABAGED – ZABARAK a následně vytvoří upravené nebo nové polygony budov, přičemž musí zajistit dodržení správných topologických vztahů s ostatními prvky polohopisu.

3.3 Současné výsledky

Stav realizace tohoto projektu ilustruje přehledná mapa ČR (obr. 6). Fialová, modrá a zelená barva vyznačují oblasti, kde jsou již v roce 2020 nové zpřesněné budovy publikovány uživateli. Počet zpracovaných katastrálních území v rámci první i druhé etapy v letech 2015 až 2019 ukazuje tab. 2.



Obr. 6 Stav integrace zprůsňených budov do ZABAGED®

Tab. 2 Počty katastrálních území, ve kterých byly realizovány projekty ZABARAK a integrace zprůsňených budov do ZABAGED®

Etapa	2015	2016	2017	2018	2019
I. ZABARAK	980	2 259	1 802	2 207	2 042
II. Integrace budov	–	–	439	2 591	3 752

4.

Ověření absolutní polohové přesnosti vybraných typů objektů ZABAGED® kontrolním geodetickým měřením

Cílem dále popsané akce v letech 2018 až 2020 bylo ověřit, zda vybrané typy objektů ZABAGED®, dosud zjištěné a zprůsňené postupy popsanými v částech 2 a 3, budou splňovat požadavek střední polohové chyby lepší než 1 m. Do ZABAGED® je převzata řada polohových informací geografických objektů z jiných informačních systémů, například z Databáze bodových polí ČR body základního polohového bodového pole s $KK = 1$ ($m_p = 0,015$ až $0,028$ m) a podrobného polohového bodového pole s $KK = 2$ ($m_p = 0,085$ m); ze souboru geodetických informací ISKN pak podrobné body s $KK = 3$ ($m_p = 0,198$ m), $KK = 4$ ($m_p = 0,368$ m) a $KK = 5$ ($m_p = 0,707$ m). Polohová přesnost těchto kategorií bodů je garantována technickými předpisy v působnosti Českého úřadu zeměměřického a katastrálního a je důsledně kontrolována v procesech sprá-

vy geodetických základů a souboru geodetických informací ISKN.

Data o řadě objektů ZABAGED® byla získána digitálním stereofotogrammetrickým vyhodnocením leteckých měřických snímků s obrazovým prvkem (pixel) o rozměru $0,25$ m, resp. $0,20$ m na zemi se střední polohovou chybou $0,54$ m, resp. $0,43$ m. Poloha mnoha objektů ZABAGED® byla získána z **Ortofota ČR**, od roku 2010 vytvářeného z digitálních leteckých měřických snímků s rozměrem pixelu $0,25$ m a od roku 2016 $0,20$ m na zemi.

Absolutní polohová přesnost rohů domů a v menší míře jednoduchých sloupů elektrického vedení bez patek byla zjištěna v rámci rozsáhlého projektu **Ověření polohové přesnosti Ortofota ČR na celém státním území (2017 až 2018)** [7]. Výsledkem je $m_p = 0,28$ m v západní polovině ČR (719 kontrolních bodů) a $m_p = 0,26$ m ve východní polovině ČR (750 kontrolních bodů). I když polohová přesnost, dosažitelná řadovými pracovníky odboru ZABAGED, bude kolem $0,50$ m, stále je Ortofota ČR vynikajícím zdrojem



Obr. 7 Lokality s geodetickým zaměřením kontrolních bodů v letech 2018 a 2019

pro zpřesňování polohy staveb a dalších objektů ZABAGED®, pokud nejsou zakryty souvislým vegetačním krytem.

Projekt **Zhodnocení polohové přesnosti vybraných kategorií geografických objektů ZABAGED®** byl výrazně orientován na lokality (katastrální území), ve kterých je po téměř dokončené digitalizaci katastrálních map (99 % v roce 2019) k dispozici pouze KMD charakterizovaná všeobecně kódem kvality bodu 8, tedy se střední souřadnicovou chybou $m_{xy} = 1$ m, respektive s polohovou chybou $m_p = 1,41$ m. V těchto prostorech totiž byla při zpřesňování tvarů a polohy staveb čteně aplikována metoda digitalizace z Ortofota ČR. S ohledem na dokončenou část akce ZABARAK (na počátku roku 2018) bylo pro ověření vybráno 27 lokalit (viz obr. 7), a to v krajích Středočeský, Jihočeský, Vysočina, Jihomoravský, Zlínský a Moravskoslezský, přičemž ověřování polohové přesnosti objektů ZABAGED® bylo soustředěno na typy objektů dle Katalogu [6]:

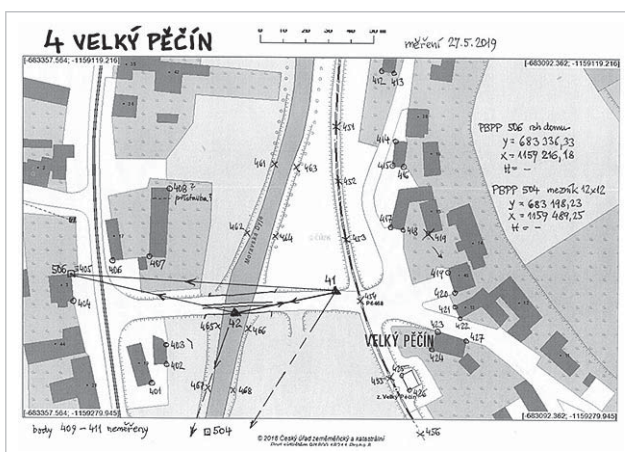
- 1.02 Budova jednotlivá nebo blok budov
- 2.03 Cesta (příčná odchylka osy)
- 2.06 Křižovatka úrovňová (bod)
- 2.17 Železniční trať (příčná odchylka osy)
- 2.18 Železniční vlečka (příčná odchylka osy)
- 2.31 Silnice neevidovaná (příčná odchylka osy)
- 3.04 Stožár elektrického vedení (bod)
- 4.02 Vodní tok – úsek nezakrytý vegetací (příčná odchylka linie)
- Vodní tok – úsek zakrytý vegetací (příčná odchylka linie)
- 4.11 Břehová čára – nezakrytá vegetací (příčná odchylka linie)
- Břehová čára – zakrytá vegetací (příčná odchylka linie)

4.1 Geodetické zaměření kontrolních bodů

Kontrolní body byly zaměřeny v S-JTSK polární metodou z dočasných stanovišek zaměřených metodou GNSS – RTK. Celkově bylo zaměřeno 39 stanovišek, ze kterých bylo zaměřeno celkem 839 podrobných kontrolních bodů. Pro polární měření byla využívána totální stanice Leica TCR 1201+ (jejíž směrodatná odchylka při měření úhlů je $\sigma = 0,3$ mgon a při měření délek laserovým dálkoměrem $2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$). Stanoviška byla realizována horizontovanými podložkami na stavech bez jakékoliv manipulace během celého trvání měření v příslušné lokalitě. Zaměření polohy stanovišek bylo provedeno metodou GNSS-RTK aparaturou GNSS Trimble R 7 (obr. 8) při délce příjmu signálu z navigačních družic 3 – 5 minut a s mezerou mezi 1. a 2. měřením od 60 minut do 2 hodin 10 minut, během které bylo uskutečněno zaměření kontrolních bodů, a mezitím se změnila konstelace navigačních družic.

V každé lokalitě byla zaměřena dvojice nebo trojice vzájemně viditelných stanovišek. Pokud bylo zaměřeno výjimečně pouze 1 stanoviško, pak součástí měření byla směrová orientace na 2 body základního polohového bodového pole. Geodetické práce ve všech lokalitách byly řízeny pomocí měřických náčrtů vypracovaných při předchozí rekognoskaci v terénu. Do něj byly vyznačeny různé typy kontrolních bodů (rohů domů, bodů v ose jednočarého vodního toku nebo páru bodů na obou březích čarách vodních toků širších než 4 m, body v ose železniční trati nebo vlečky, středy sloupů elektrického vedení, body v ose neevidovaných silnic a ve středu úrovňových křižovatek).

Z rozdílů dvojího měření prostorové polohy stanovišek a kontrolních bodů byly zjištěny jejich střední chyby (tab. 3). Ke zjištění absolutní polohové přesnosti vzhlé-



Obr. 8 Geodetické zaměření stanovišek a kontrolních bodů; měřický náčrt

Tab. 3 Přesnost geodetického určení stanovišek a kontrolních bodů

Počet dvakrát geodeticky určených		m_{xy} [m]	m_H [m]	m_p [m]
stanovišek	kontrolních bodů			
48		0,026	0,032	0,037
	84	0,03	–	0,04

dem k S-JTSK byl uvažován i vliv transformace souřadnic z ETRS89 do JTSK.

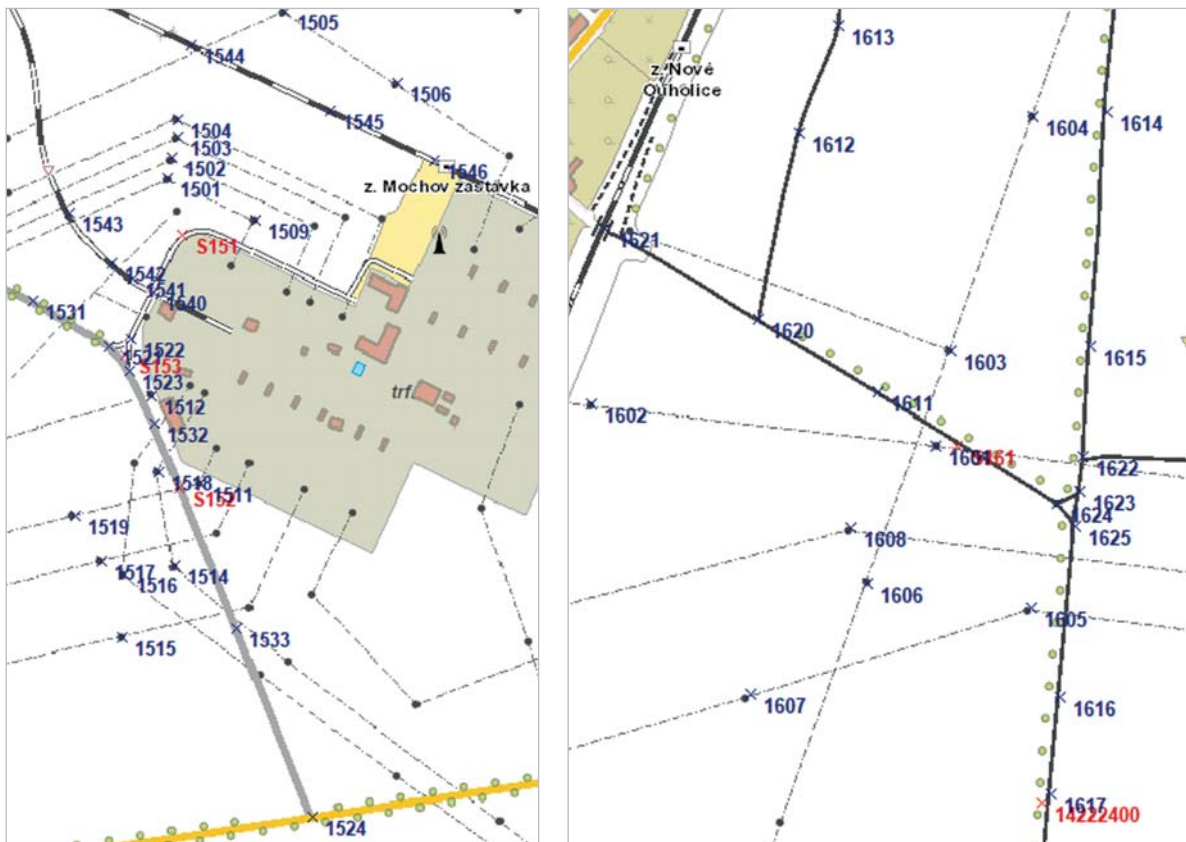
4.2 Ověření výsledků zpřesnění polohy vybraných typů objektů vodstva, komunikací a vedení VN a VVN v ZABAGED®

Kontrolní body v ose „jednočarých“ vodních toků do šířky 4 m byly geodeticky zaměřovány mobilní aparaturou GNSS-RTK (roverem – viz obr. 9 vpravo) postavenou většinou přímo do osy toku, jestliže okolní stromy nebránily příjmu signálů z navigačních družic. V opačném případě byla aparatura umístěna excentricky a přímo změřena délka ke středu toku kolmo na jeho průběh v daném místě. Měření byla realizována zejména v lokalitě Nalžovice (17 KB) a v lokalitě Nepomuk u Rožmitálu pod Třemšínem v síti polních struh (20 KB).

Body břehové čáry vodních toků širších než 4 m byly zaměřovány polární metodou ze stanovišek použitých vesměs i k měření kontrolních bodů jiného druhu (rohů domů, v ose železniční trati, v ose neevidované silnice, středů sloupů vedení VN a VVN). Vhodné případy byly v lokalitách Velký Pěčín, Branka u Opavy, Nová Říše, Bořetice, Louka u Ostrohu a Podolí nad Olšavou. Vzhledem k dosahu tohoto postupu obvykle do 150 m od stanoviška a zakrytí břehů vzrostlou vegetací je celkový počet zaměřených bodů výrazně menší než v případě rohů domů. Podobná situace nastává i v případě železničních tratí. Naopak, sloupy vedení VN a VVN jsou dobře viditelné, ale jejich středy pro geodetické měření jsou v případech čtyřpatkových vysokých sloupů často obtížně přístupné pro husté křoví uvnitř jejich půdorysu. Poloha kontrolních bodů v ose neevidovaných silnic a středů úrovnových křižovatek (obr. 10) byla upřesněna rozměření pásmem.



Obr. 9 Geodetické zaměření osy vodního toku mobilní aparaturou GNSS



Obr. 10 Grafická dokumentace geodetického zaměření sloupů vedení VN a VWN, železniční vlečky, nevidovaných silnic a středů křižovatek

V období 2018 až 2019 bylo jednou měřickou četou během 4 pracovních týdnů zaměřeno:

- 110 kontrolních bodů v ose jednočarých vodních toků a na břehových čarách,
- 47 kontrolních bodů v ose neevidovaných silnic a cest,
- 13 kontrolních bodů ve středech úroňové křižovatky,
- 28 kontrolních bodů v ose železniční trati a vlečky,
- 47 kontrolních bodů jako sloupů vysokého a velmi vysokého napětí.

4.3 Ověření výsledků zpřesnění tvaru a polohy budov v ZABAGED® využitím dat souboru geodetických informací ISKN

Geodetické ověření polohové přesnosti rohů budov v květnu 2018 tvořilo podstatnou část těchto prací v 5 ze 7 lokalit v okrese Příbram (viz **tab. 4**). Jednotlivé lokality se lišily zejména druhem zástavby (souvislá městská, rozptýlená vesnická, rodinné vilky) a jejím stářím (19. století až 2. polovina 20. století, kdy byla řada domů doplněna do

existujících map v měřítku 1 : 2 880 pomocí geometrických plánů). I když zvážený aritmetický průměr středních polohových chyb z těchto lokalit v tabulce vyznívá příznivě ($m_p = 0,49$ m), výskyt několika maximálních polohových chyb (až 1,82 m), které by měly plnit funkci mezní polohové chyby v operátu katastru nemovitostí, svědčí reálné úvaze považovat střední polohovou chybu rohů domu za bližší k hodnotě 1 m.

Rozsah geodetického ověření polohové přesnosti rohů budov, převzatých většinou v rámci projektu ZABARAK z katastrálních map digitalizovaných (KMD) v 11 lokalitách (viz **tab. 5**), realizovaného v květnu 2019, byl více než dvojnásobný a poskytl již reprezentativní výsledky, které by mohly vést k charakteristické střední polohové chybě až $m_p = 0,5$ m, nebýt několika případů v lokalitách Libice nad Cidlinou a Louka u Ostrohu, kde byly evidentně do ZABAGED® převzaty chybně zobrazené rohy domů v KMD Libice nad Cidlinou (KB 615, 658 a 659) a rohy střech v lokalitě Louka u Ostrohu (KB 933-939). V ostatních 9 lokalitách byly konstatovány střední polohové chyby menší a homogenní (viz např. **obr. 11** – k. ú. Nová Říše).

Tab. 4 Výsledky geodetického ověření zpřesněných budov v roce 2018

Lokalita (katastrální území)	počet KB	m_x [m]	m_y [m]	m_p [m]	d_{max} [m]
Stará Huť	28	0,478	0,228	0,48	1,37
Nový Knín	19	0,282	0,102	0,30	1,09
Malá Hraštica	31	0,127	0,334	0,36	1,37
Kosova Hora	31	0,318	0,307	0,44	1,82
Buková u Rožmitálu pod Třemšínem	23	0,680	0,662	0,95	1,66
Celkem	132	0,365	0,329	0,49*	

*) zvážený aritmetický průměr, kde $p = n$ (počet kontrolních bodů v lokalitě)

Tab. 5 Výsledky geodetického ověření zpřesněných budov v roce 2019

Lokalita (katastrální území)	počet KB	m_x [m]	m_y [m]	m_p [m]	d_{max} [m]
1 Staňkov	37	0,184	0,155	0,240	0,80
2 Žiteč (2A + 2B)	50	0,061	0,068	0,091	0,47
3 Nová Říše (3A + 3B)	55	0,096	0,072	0,120	0,73
4 Velký Pěčín	20	0,145	0,157	0,214	0,82
5 Mysliboř	31	0,087	0,103	0,135	0,90
6 Libice nad Cidlinou	18	0,211	0,677 !!	0,709 !!	1,28 !
7 Opočnice	27	0,079	0,137	0,158	0,98
8 Bořetice (8B)	10	0,340	0,336	0,478	0,86
9 Louka u Ostrohu	19	0,822 !	0,354	0,895 !!	1,40 !
10 Podolí nad Oslavou	4	0,250	0,362	0,440	0,67
11 Branka u Opavy	19	0,207	0,136	0,248	0,59
Celkem	290	0,226	0,232	0,276 *	

*) zvážený aritmetický průměr, kde $p = n$ (počet kontrolních bodů v lokalitě)



Obr. 11 Geodetické zaměření kontrolních bodů (rohů budov v úrovni terénu)

4.4 Dosažené výsledky

V letech 2018 a 2019 zaměřeno celkem 839 KB, z tohoto počtu:

- 629 rohů budov v úrovni terénu,
- 77 os jednočarých vodních toků a břehových čar,
- 47 bodů v ose nevidovaných silnic a cest,
- 13 středů křižovatky,
- 35 bodů v ose železniční trati a vlečky,
- 38 sloupů vysokého a velmi vysokého napětí.

Pro zjištění středních polohových chyb těchto typů objektů ZABAGED® bylo použito 637 kontrolních bodů (v případě rohů budov jen ty objekty, které mohly být nezávisle vyhodnoceny i na Ortofotu ČR). Výsledky výpočtů jsou uspořádány v **tab. 6**. Z nich byly doporučeny tzv. **typizované hodnoty střední polohové chyby**, které mají v Katalogu [6] nahradit dosavadní vágní charakteristiku „Geometrická přesnost“ v úrovni A, B, C, D, E, pocházející z doby vzniku ZABAGED v 2. polovině 90. let 20. století.

Doporučená hodnota 1,5 nebo 2 m v případech osy vodního toku nebo břehové čáry, která je zakryta v zájmovém místě stromy, takže není identifikovatelná na leteckých měřických snímcích, vychází ze zkušenosti, že – pokud je jediným zdrojem prostorové informace digitální model reliéfu 5. generace o průměrné hustotě 1,5 bodu/m², pak např. smrkovým porostem pronikne laserový paprsek na terén jen v cca 16 % počtu případů, což představuje

1 efektivní bod na ploše 2 m x 2 m. Taková hustota není dostačující k standardnímu dosažení vyšší polohové přesnosti těchto typů objektů, nehledě na rozdílnost pojetí břehové čáry ve vodohospodářství (čára určená hladinou vody, která stačí protékat mezi břehy v daném úseku toku, aniž se vylévá do přilehlého území) a v ZABAGED® (linie vyznačující vodní plochu).

Typizované hodnoty střední polohové chyby dalších 98 typů objektů ZABAGED® byly následně stanoveny skupinou odborníků Zeměměřického úřadu na základě zkušeností s jejich identifikací a možnosti určení polohy na digitálním Ortofotu ČR s rozlišením 20 cm na zemi.

Budou uvedeny v nové verzi 4.0 Katalogu [6] vydané tiskem i zpřístupněné na Geoportálu ČÚZK (<https://geoportal.cuzk.cz>) v roce 2020.

5. Závěr

ZABAGED® byla v letech 2012 až 2020 zásadním způsobem zpřesněna. Podrobnější informace o použitých technologiích a postupech jsou publikovány v [8]. Výsledky dosavadního geodetického ověřování polohové přesnosti ZABAGED® naznačují, že ZABAGED® dosáhne v roce 2021 u rozhodujících typů objektů požadované přesnosti charakterizované střední polohovou chybou $m_p = 1$ m

Tab. 6 Promítnutí výsledků geodetického ověření do Katalogu [6]

Kód	Typ objektu v ZABAGED®	Střední polohová chyba m_p [m]	
		z výsledků geod. ověření	doporučená (typizovaná)
1.02	Budova jednotlivá nebo blok budov (n = 422)	0,34	1,0
2.03	Cesta (příčná odchylna osy) (n = 1)	0,4	1,0
2.06	Křižovatka úrovnňová (bod) (n = 13)	1,66	1,5
2.17	Železniční trať (příčná odchylna osy) (n = 17)	0,11	0,5
2.18	Železniční vlečka (příčná odchylna osy) (n = 17)	0,5	0,5
2.31	Silnice neevidovaná (příčná odchylna osy) (n = 47)	0,4	0,5
3.04	Stožár elektrického vedení (bod) (n = 39)	1,43	1,5
4.02	Vodní tok – nezakrytý vegetací (příčná odchylna) (n = 49)	1,03	1,0
	Vodní tok – zakrytý vegetací (příčná odchylna linie)	–	1,5
4.11	Břehová čára – nezakrytá (příčná odchylna linie) (n = 32)	1,06	1,5
	Břehová čára – zakrytá vegetací (příčná odchylna linie)	–	2,0

*) zvážený aritmetický průměr, kde $p = n$ (počet kontrolních bodů v lokalitě)

a u mnoha geografických objektů a jejich podrobných bodů i přesnosti podstatně lepší, a to zejména v případě budov. Ze statistiky o počtech bodů v ISKN vyplývá, že je zde evidováno cca 20 mil. podrobných bodů. Z toho 2/3 bodů je vedeno s kódem kvality 3, tedy se střední polohovou chybou $m_p = 0,19$ m. I přes občasnou kritiku kvality a aktuálnosti katastrálních map, nyní již převážně digitalizovaných do vektorové formy, a údajný výskyt bodů, které překračují zde deklarovanou polohovou přesnost podrobných bodů, lze pro potřeby ZABAGED® akceptovat i podrobné body, které překračují až pětinašobek uvedené polohové chyby pro body charakterizované v ISKN kódem kvality 3 a až 2,5násobek polohové chyby stanovené pro kód kvality 4. Větší opatrnosti je třeba v případě využití podrobných bodů z katastrálních map digitalizovaných (typu KMD), jejichž střední polohová chyba je deklarována hodnotou 1,41 m. Výsledky jejich geodetického ověření, popsané v části 4, však ukázaly, že v mnoha lokalitách nebyla zjištěna maximální polohová chyba větší než 2 m.

Z analýzy polohy podrobných bodů objektů ZABAGED®, určených stereofotogrammetrickým vyhodnocením a digitalizací nad Ortofotem ČR [7] pak vyplývá, že u objektů dobře identifikovatelných na leteckých měřických snímcích a geometricky dobře vymezených zřetelnou hranicí je dosahováno střední polohové chyby lepší než $m_p = 1$ m. Tato limitní hodnota je překračována zejména u úrovnňových křižovatek, stožárů elektrického vedení, os vodních toků a břehových čar v místech zakrytých vegetací a podobnou situací lze také předpokládat u přesně nevymezených hranic kultur a porostů.

Pro charakteristiku přesnosti některých typů objektů, popsaných v Katalogu objektů ZABAGED® [6], bylo doporučeno používat typizované střední polohové chyby (viz tab. 6). Střední polohová chyba má charakter dvojzsměrné chyby se všemi hodnotami kladnými, přičemž četnost chyb do jednonásobku střední chyby je pouze 39,3 %, do dvojnásobku 86,5 % a 13,5 % chyb může přesáhnout tuto hodnotu.

V části 4 popsané geodetické ověření polohové přesnosti vybraných typů objektů ZABAGED® vychází z objemu měření (zejména v případě budov), které lze považovat

za dostačující z hlediska teorie chyb. Zeměměřický úřad si je však vědom, že kvalita dat může být lokálně mírně odlišná v závislosti na pečlivosti pracoviště, které je sbírá a zejména na množství disponibilních kvalitních dat z ISKN, respektive na kvalitě původních katastrálních map. Úřad proto předpokládá pokračovat v ověřování přesnosti vybraných typů objektů ZABAGED® v dalších krajích a lokalitách v roce 2020.

LITERATURA:

- [1] ŠÍMA, J.: Základní báze geografických dat – dílo jedné generace českých zeměměřičů. Geodetický a kartografický obzor, 62/104, 2016, č. 4, s. 73-84.
- [2] ŠÍMA, J.: Ověření zdokonalené technologie nápravy staveb v ZABAGED. Geodetický a kartografický obzor, 60/102, 2014, č. 4, s. 82-88.
- [3] BRÁZDIL, K. a kol.: Koncepce rozvoje zeměměřictví na léta 2015 až 2020. Geodetický a kartografický obzor, 61/103, 2015, č. 7, s. 137-146.
- [4] PRESSOVÁ, J.: Kam kráčí ZABAGED®. Konference GIS Esri v ČR 2018, ARCDATA, s. r. o. Dostupné na <https://www.youtube.com/watch?v=DhuXm5ayeUk>.
- [5] ŠÍMA, J.: Zhodnocení polohové přesnosti vybraných kategorií geografických objektů ZABAGED®. Technická zpráva. Zeměměřický úřad, č.j. ZÚ-02169/2020-13400. 2019, 16 s.
- [6] Katalog objektů ZABAGED®, verze 3.0, ve znění dodatku č. 1 a č. 2, Zeměměřický úřad, č.j. ZÚ-01658/2016-13600, č.j. ZÚ-03952/2017-13600, č.j. ZÚ-01160/2018-13600. 2018, 158 s.
- [7] 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.
- [8] NECKÁŘ, P.: Zpřesnění komunikací, vodstva, bodů a čar terénní kostry s využitím dat leteckého laserového skenování. Závěrečná zpráva. Zeměměřický úřad, č.j. ZÚ-02128/2020-13600. 2020, 17 s.

Do redakce došlo: 18. 3. 2020

Lektoroval:
plk. gšt. Ing. Jan Marša, Ph.D.,
Vojenský geografický
a hydrometeorologický úřad
generála Josefa Churavého