

Slovensko už má digitálny model reliéfu z celého územia

Ing. Katarína Leitmannová,
Ing. Linda Gálová, PhD.,
Úrad geodézie kartografie a katastra SR

Abstrakt

Projekt leteckého laserového skenovania Slovenskej republiky a vytvorenia digitálneho modelu reliéfu 5.0 bol v máji 2023 ukončený. Digitálny model územia zastaráva tak rýchlo, ako rýchlo sa mení reliéf a povrch krajiny, či už pôsobením prírodných síl alebo v dôsledku činnosti človeka. Preto už v roku 2022 Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky rozbehol ďalší projekt, a to 2. cyklus leteckého laserového skenovania zameraný na aktualizáciu digitálnych modelov územia.

Slovakia Already Has a Digital Terrain Model of the Whole Territory

Abstract

The project of airborne laser scanning of the Slovak Republic and the creation of Digital terrain model 5.0 was completed in May 2023. The digital terrain model is becoming obsolete as fast as the relief and surface of the landscape is changing, whether due to natural forces or human activity. Therefore, in 2022 the Geodesy, Cartography and Cadastre Authority of the Slovak Republic started another project, namely the 2nd cycle of airborne laser scanning aimed at updating the digital models of the territory.

Keywords: airborne laser scanning, accuracy, digital terrain model, digital surface model

1. Úvod

Už od roku 2002 mal Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ÚGKK SR) vo svojich koncepcných zámeroch [1] vytvorenie presného digitálneho modelu reliéfu (DMR), k realizácii ktorého však došlo až od roku 2017. Na jeho vytvorenie bola použitá efektívna metóda leteckého mapovania, a to letecké laserové skenovanie (LLS). V roku 2017 ÚGKK SR obstaral formou verejnej súťaže piatich dodávateľov na obdobie piatich rokov, ktorí v období rokov 2017 až 2022 postupne naskenovali celé územie Slovenska a vytvorili DMR 5.0 (obr. 1). V máji 2023 ÚGKK SR ukončil kontroly na poslednej spracovávanej lokalite, a tým sa projekt vytvorenia DMR 5.0 skončil.

Vzhľadom na to, že ÚGKK SR vo verejnom obstarávaní nepoužil ako jediné vyhodnocovacie kritérium ponúk najnižšiu cenu, ale naopak, použil kritérium ekonomicky najvýhodnejšej ponuky, dodávatelia mali možnosť dodať DMR s vyššími kvalitatívnymi kritériami (tab. 1). Dodávatelia túto možnosť využili a z celkového počtu 42 lokalít urobili podrobnú klasifikáciu mračen bodov na 39 lokalitách. Tým zabezpečili údaje aj na vytvorenie digitálneho modelu povrchu (DMP) 1.0 z takmer celého územia Slovenskej republiky (SR), s ktorým sa v zadaní súťaže v roku 2017 ani nepočítalo.

Cieľom článku je zhodnotiť celkové výsledky projektu [2], dosiahnuté kvalitatívne parametre a uviesť ďalšie plány na aktualizáciu údajov.

2. DMR 5.0 a DMP 1.0

Ku dňu 31. 5. 2023 bol ukončený projekt LLS [2], [3], ktorého cieľom bolo vytvorenie DMR 5.0, ale v konečnom dôsledku môžeme tiež hovoriť aj o vytvorení DMP 1.0. K to-

muto dňu boli vo webovej mapovej aplikácii Mapový klient ZBGIS[®] sprístupnené bezošvé digitálne modely z celého územia SR.

2.1 Princíp ekonomicky najvýhodnejšej ponuky

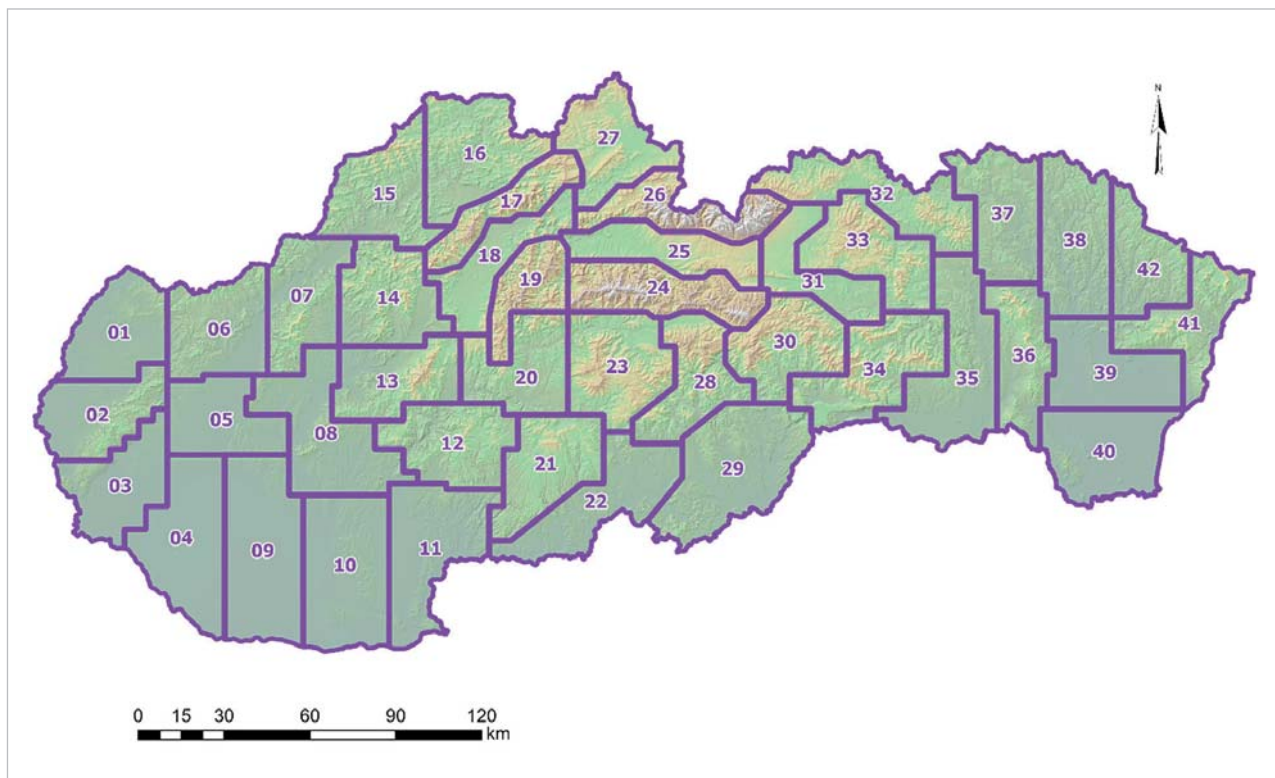
ÚGKK SR použil na vyhodnocovanie ponúk v súťaži kritérium najlepšieho pomeru ceny a kvality. To znamená, že sa posudzovala nielen cena, ale aj iné kvalitatívne kritériá. V bodovom vyjadrení predstavovala cena 70 bodov a kvalitatívne kritériá 30 bodov (tab. 1).

Použitie tohto princípu zabezpečilo získanie vyššej kvality produktov LLS oproti pôvodným plánom. Na základe týchto skúseností bol obdobný prístup využitý aj v nasledujúcom projekte aktualizácie produktov LLS – DMR 6.0 a DMP 2.0.

2.2 Letecké laserové skenovanie

Celá SR bola postupne naskenovaná v období od 13. 11. 2017 do 25. 6. 2022. Zámerom bolo vykonať skenovanie SR v mimovegetačnom období od 1. 11. do 31. 3. nasledujúceho roka, avšak prax si v niektorých prípadoch vyžiadala posunutie obdobia začiatku skenovania na 15. 10. a koniec obdobia až na apríl alebo máj. V čase skenovania východného Slovenska vypukla vojna na Ukrajine a z dôvodov bezpečnostných opatrení vo vzdušnom priestore bolo nutné predĺžiť obdobie skenovania až do 30. 6. 2022. Avšak štyri lokality, ktorých nadmorská výška bola vyššia ako 1 200 m n. m. tvorili výnimku a podľa plánu sa skenovali vo vegetačnom období. Boli to vysokohorské lokality Malá Fatra, Veľká Fatra, Tatry a Nízke Tatry.

Aplikovaním princípu ekonomicky najvýhodnejšej ponuky bola pôvodne plánovaná požiadavka na hustotu bo-



Obr. 1 Lokality pre 1. cyklus LLS

Tab. 1 Voliteľné kvalitatívne kritériá v 1. cykle

kritérium	hodnota	body	hodnota	body	hodnota	body
výšková presnosť mračen bodov	< 0,15 m – 0,11 m)	0	≤ 0,11 m	10		
zemklasifikácia do tried „nízka vegetácia“, „stredná vegetácia“, „vysoká vegetácia“, „budova“, „voda“, „mostovka“, „nízky šum“, „vysoký šum“	bez klasifikácie	0	klasifikácia so spoľahlivosťou ≥ 90 %	8		
hustota bodov posledného odrazu vypočítaná ako priemer na plochách 10 m x 10 m	< 5 – 8 b/m ²)	0	< 8 – 15 b/m ²)	3	< 15 a viac b/m ²	6
prekryt na 95 % vzájomného súbehu susedných skenovaných pásov	< 20 % – 30 %)	0	< 30 % – 40 %)	3	< 40 % a viac	6
max. počet získaných bodov	Σ = 30					

dov posledného odrazu na m² v počte minimálne 5 bodov významne prekročená a reálne bola dosiahnutá hustota bodov posledného odrazu 15 a viac bodov na m² (tab. 2).

Posun obdobia skenovania až do vegetačného obdobia, ktoré sa udialo zo spomenutých dôvodov na východnom Slovensku, spôsobil slabšiu penetráciu laserových lúčov až na samotný terén, čo sa prejavuje aj v samotnom DMR 5.0. Z toho vyplýva ponaučenie pre ďalší projekt aktualizácie produktov LLS, že je potrebné minimalizovať skenovanie vo vegetačnom období.

2.3 Výšková a polohová presnosť

Hodnoty dosiahnutých kvalitatívnych parametrov na jednotlivých lokalitách sú uvedené v tab. 2.

2.3.1 Mračná bodov

Požadovaná absolútna výšková presnosť mračen bodov podľa zadania projektu nemala prekročiť hodnotu výškovvej strednej chyby $m_h = 0,15$ m pre interval 1σ normálneho

Tab. 2 (1. časť) Dosiiahnuté kvalitatívne parametre

Číslo lokality	Výmera [km ²]	Názov lokality	Výšková presnosť bodov mračna v ETRS89-h [m]	Polohová presnosť bodov mračna v ETRS89-TM34 [m]	Priemerná hustota bodov posledného odrazu [b/m ²]	Výšková presnosť DMR 5.0 v Bpv [m]
01	1 105	Senica	0,03	0,15	25	0,04
02	1 087	Malacky	0,07	0,15	25	0,07
03	1 120	Bratislava	0,05	0,14	21	0,05
04	1 530	Dunajská Streda	0,05	0,14	17	0,05
05	1 012	Trnava	0,04	0,16	26	0,04
06	1 217	Myjava	0,05	0,15	32	0,05
07	1 140	Trenčín	0,06	0,15	31	0,06
08	1 562	Nitra	0,03	0,15	33	0,05
09	1 767	Komárno	0,03	0,07	33	0,03
10	1 647	Nové Zámky	0,04	0,14	23	0,03
11	1 474	Levice	0,02	0,15	26	0,02
12	1 200	Banská Štiavnica	0,04	0,13	40	0,06
13	1 103	Partizánske	0,03	0,12	23	0,03
14	1 207	Prievidza	0,03	0,11	23	0,03
15	1 259	Púchov	0,05	0,09	48	0,05
16	1 407	Kysuce	0,04	0,08	49	0,04
17	788,5	Malá Fatra	0,04	0,09	28	0,04
18	951,7	Martin	0,04	0,09	23	0,04
19	737,7	Veľká Fatra	0,02	0,08	43	0,02
20	1 117	Banská Bystrica	0,05	0,07	22	0,05
21	1 179	Krupina	0,05	0,15	43	0,07

Tab. 2 (2. časť) Dosiiahnuté kvalitatívne parametre

Číslo lokality	Výmera [km ²]	Názov lokality	Výšková presnosť bodov mračna v ETRS89-h [m]	Polohová presnosť bodov mračna v ETRS89-TM34 [m]	Priemerná hustota bodov posledného odrazu [b/m ²]	Výšková presnosť DMR 5.0 v Bpv [m]
22	1 342	Lučenec	0,03	0,11	19	0,04
23	1 320	Brezno	0,03	0,10	25	0,04
24	1 154	Nízke Tatry	0,05	0,10	31	0,06
25	970,2	Ružomberok	0,03	0,07	18	0,03
26	959	Tatry	0,04	0,17	30	0,04
27	1 117	Námestovo	0,03	0,10	23	0,04
28	1 069	Tisovec	0,02	0,08	25	0,02
29	1 806	Rimavská Sobota	0,04	0,09	21	0,04
30	1 142	Jelšava	0,03	0,06	28	0,03
31	870,1	Poprad	0,08	0,09	37	0,13
32	1 382	Stará Ľubovňa	0,04	0,10	35	0,04
33	1 202	Kežmarok	0,09	0,10	41	0,10
34	1 382	Rožňava	0,08	0,09	47	0,16
35	1 578	Košice	0,03	0,09	15	0,03
36	1 024	Slanec	0,03	0,08	28	0,03
37	1 181	Bardejov	0,01	0,04	33	0,02
38	1 365	Stropkov	0,03	0,05	31	0,03
39	1 231	Michalovce	0,03	0,07	28	0,03
40	1 310	Trebišov	0,03	0,10	33	0,04
41	1 085	Ublá	0,06	0,12	52	0,06
42	942	Snina	0,03	0,10	42	0,03

rozdelenia pravdepodobnosti náhodných chýb. Geodetickým meraním na kontrolných stanovištiach [3] však boli dosiahnuté lepšie hodnoty výškovej presnosti mračien bodov na jednotlivých lokalitách, a to od 0,01 m do 0,09 m. Výškovú presnosť dodávateľa kontrolovali na stanovištiach umiestnených na rovných a spevnených plochách v počte dve na každých začatých 250 km² územia.

Čo sa týka absolútnej polohovej presnosti bodov mračna, nemala prekročiť hodnotu polohovej strednej chyby $m_p = 0,30$ m pre interval 1σ normálneho rozdelenia pravdepodobnosti náhodných chýb. Opäť z kontrolného geodetického merania boli dosiahnuté hodnoty polohovej presnosti od 0,04 m do 0,17 m. Polohovú presnosť dodávateľa kontrolovali na kontrolných stanovištiach na kontrolu polohovej presnosti meraním odchýlok kontrolných bodov na stavebných objektoch so zvislými stenami od príslušných bodov mračien, a to minimálne v dvoch na seba kolmých smeroch. Dosiahnuté výsledky opäť prekročili očakávané hodnoty a potvrdilo sa, že súčasné technológie leteckého mapovania sú veľmi sofistikované a umožňujú veľmi presné georeferencovanie údajov.

2.3.2 DMR 5.0

Očakávaná výšková presnosť DMR 5.0 vo výškovom systéme Balt po vyrovnaní (Bpv) nemala podľa zadania prekročiť hodnotu 0,25 m. Dosiahnutá výšková presnosť sa overovala na tých istých kontrolných stanovištiach ako mračná bodov, ale pre každý kontrolný bod sa použili štyri najbližšie ležiace bunky DMR 5.0, ktorých výšky sa pre určenie odchýlky spriemerovali. Keďže DMR 5.0 bol generovaný z vysoko presných mračien bodov, hodnoty výškovej presnosti DMR 5.0 získané na základe kontrolných meraní dosahovali hodnoty od 0,02 m do 0,16 m.

2.4 Poskytovanie produktov LLS

K 31. 5. 2023 boli vo webovej mapovej aplikácii Mapový klient ZBGIS® zverejnené bezošvé digitálne modely z celého územia SR – DMR 5.0 a DMP 1.0 (DMP z lokality 35 bude k dispozícii do 31. 12. 2023). Okrem toho od 1. 7. 2023 sú bezodplatne k dispozícii na stiahnutie ZIP balíčky bezošvých digitálnych modelov z celej SR v súradnicovom systéme S-JTSK (realizácia JTSK03) a výškovom systéme Bpv. Pripravujú sa aj ZIP balíčky digitálnych modelov v ďalších súradnicových systémoch (ETRS+EVRS a ETRS+elipsoidické výšky).

Online poskytovaním produktov LLS (DMR 5.0 a DMP 1.0) sa ruší poskytovanie týchto produktov formou objednávkového formulára na Zákazníckych centrách Geodetického a kartografického ústavu (GKÚ) Bratislava a Prešov (ZC GKÚ).

Z dôvodu veľkého objemu súborov klasifikovaných mračien bodov ostáva ich poskytovanie aj naďalej off-line formou prostredníctvom ZC GKÚ. Novinkou je aj zmena licenčných podmienok pre používanie produktov LLS na licenciu typu CC-BY 4.0. Zároveň ostávajú v platnosti možnosti online sťahovania produktov LLS z malých území prostredníctvom Mapového klienta ZBGIS® (Export) popísané v [3].

Ďalej do konca roku 2023 budú digitálne modely sprístupnené aj formou WMS služieb, pričom doteraz používaná služba Digitálny model reliéfu (DMR 3.5) bude presunutá do časti archív. Taktiež sa pripravujú INSPIRE služby pre uvedené digitálne modely.

V procese prípravy sú aj vrstvy na poskytovanie v aplikácii Mapový klient ZBGIS® ako orientácia voči svetovým stranám a sklon terénu vypočítané podľa DMR 5.0, ktoré nahradia súčasné vrstvy počítané z doterajšieho DMR 3.5 a samozrejme aj vrstevnicové modely.

2.5 Využitie DMR 5.0 v rezorte ÚGKK SR

V článku [3] sú uvedené viaceré mimorezortné prípady využitia nového DMR 5.0 a DMP 1.0. Avšak aj v samotnom rezorte geodézie, kartografie a katastra neslúžilo LLS len na vytvorenie digitálnych modelov, ale tieto údaje sa zároveň využívajú na spracovanie a aktualizáciu iných priestorových údajov.

V čase spracovania 1. cyklu ortofotomozaiky (2017 až 2019) ešte nebol k dispozícii DMR 5.0, preto sa ortorektifikácia leteckých snímok vykonávala pomocou „hybridného“ DMR s rozlíšením 5 x 5 m. Tento model bol vytvorený kombináciou DMR 3.5, LLS a fotogrametrie. Jeho nízka presnosť mala za následok množstvo nevyhnutných vizuálnych kontrol ortosnímok a následných opráv. Pri ortorektifikácii leteckých snímok v 2. cykle tvorby ortofotomozaiky (2020 – 2022) už bol použitý DMR 5.0, čo prinieslo významný posun v kvalite ortorektifikácie.

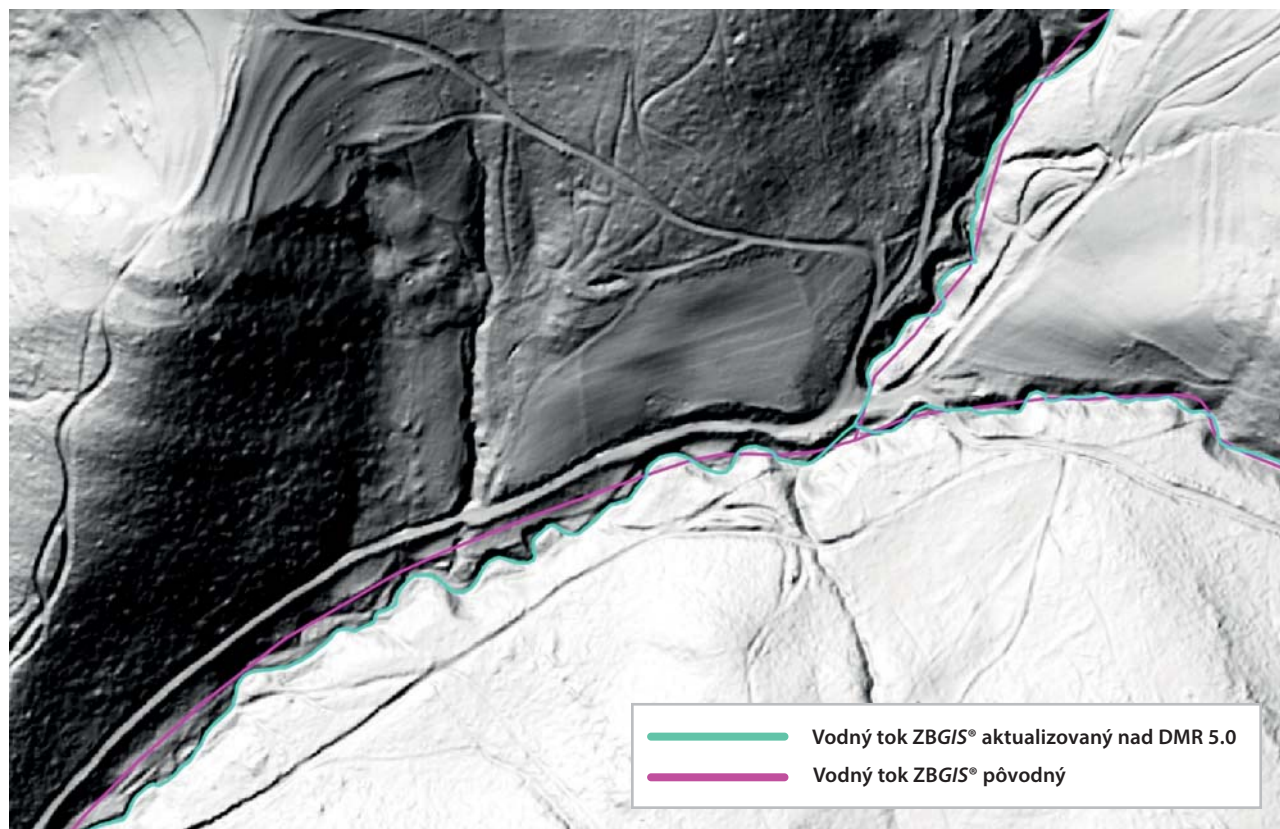
Ďalším prípadom využitia je aktualizácia vybraných tried objektov ZBGIS® nad ortofotomozaikou, kedy sa výška stavebného objektu (HGT) preberá z DMR 5.0/DMP 1.0. Ide o doplnujúci spôsob aktualizácie k aktualizácii fotogrametrickým postupom. Ďalšou triedou objektov ZBGIS®, ktorá sa spresňuje na základe DMR 5.0, sú vodné toky. Ich geometria bola donedávna získaná vektorizáciou zo stereoskopického fotogrametrického modelu vytvoreného z leteckých meračských snímok získaných počas vegetačného obdobia. Vegetácia zamedzila operátorovi vidieť samotný terén, preto v zalesnených oblastiach je priebeh vodných tokov pomerne nepresný (obr. 2). Naopak, laserové lúče v mnohých prípadoch dokážu preniknúť aj cez vegetáciu až na samotný terén, a teda ho vedľa reprezentovať s veľkým detailom.

Tento veľký detail a vysoká výšková a polohová presnosť DMR 5.0 sú vynikajúcim zdrojom údajov aj na spresnenie výšky a polohy vrchov a iných geomorfologických prvkov reliéfu. Súčasne sa s tým spresní aj umiestnenie štandardizovaných geografických názvov (ŠGN) týchto objektov. Ďalej vďaka veľkému detailu modelu je možné pri jednom objekte so ŠGN identifikovať niekoľko ďalších objektov, ktorým je teraz možné priradiť pomenovanie. Napríklad je možné určiť pri jednom ŠGN objekte, že sa jedná napr. o dvojvrchol alebo trojvrchol s príslušnými sedielkami (obr. 3).

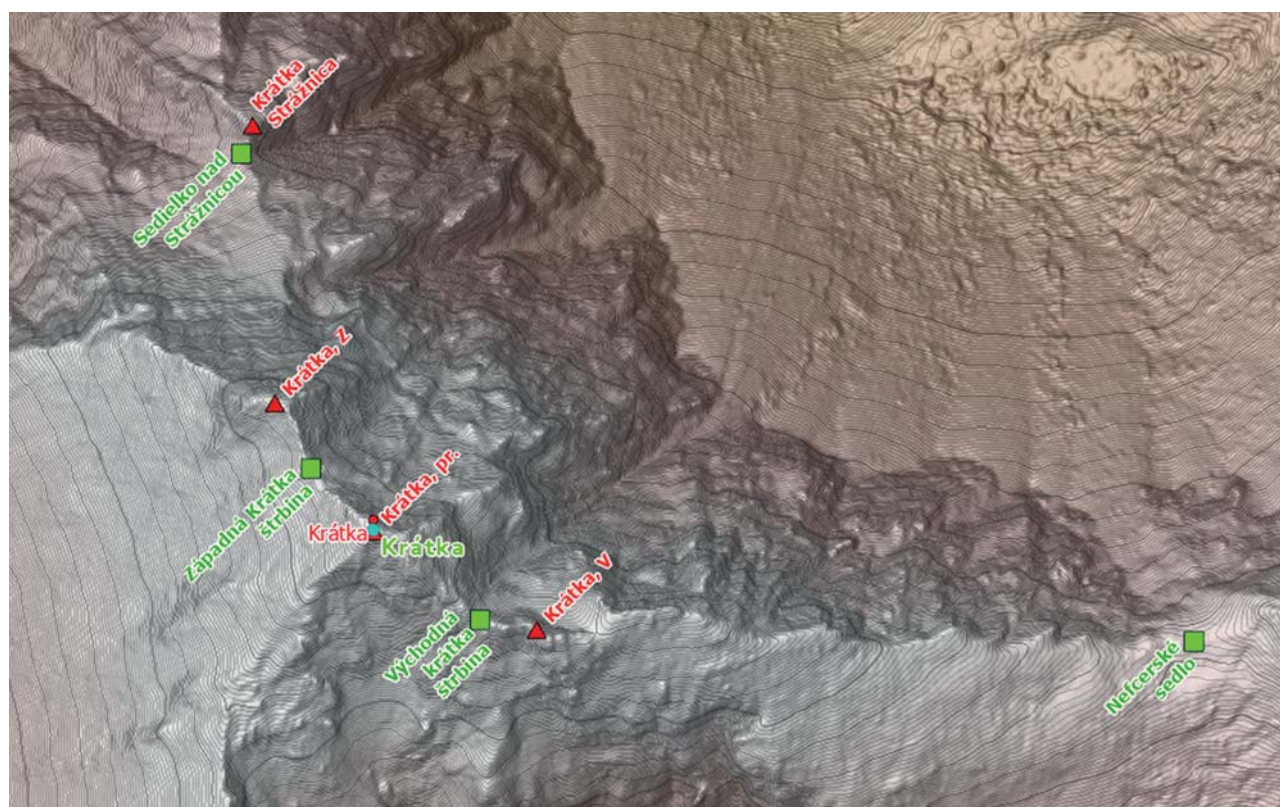
Jedná sa však o časovo náročné úlohy, ktorých riešenie pre celú SR môže trvať aj niekoľko rokov.

3. 2. cyklus LLS

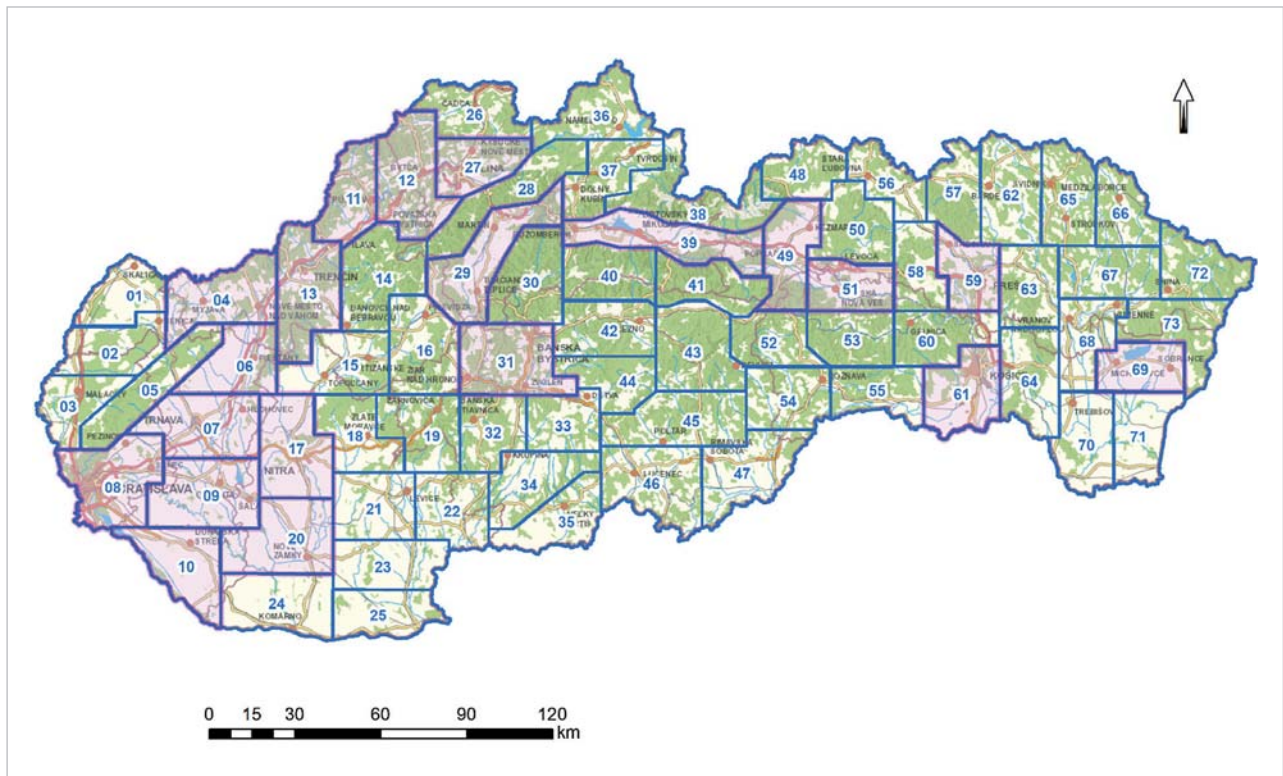
Jedným z poslání rezortu geodézie, kartografie a katastra nehnuteľností je tvorba, správa a aktualizácia priestorových údajov o krajine a ich poskytovanie pre agendy verejnej správy, ako aj pre podnikateľov a občanov. Kvalifikované rozhodnutia je možné robiť jedine na základe kvalitných údajov a aktuálnosť údajov je jedným z atribútov kvality. Krajina sa vplyvom zásahov človeka, ale aj samotným pôsobením prírodných síl (erózia, zosuvy a pod.) neustále mení, preto je potrebné priestorové údaje neustále



Obr. 2 Podrobné generovanie priebehu vodných tokov na podklade DMR 5.0 a porovnanie s existujúcou používanou vrstvou vodných tokov



Obr. 3 Příklad identifikácie trojvrcholu s 2 sedielkami (ŠGN objektu Krátka)



Obr. 4 Plánované lokality pre 2. cyklus LLS

udržiavať v súlade so skutočnosťou, t.j. pravidelne aktualizovať. Pravidelné aktualizácie údajov okrem aktuálnosti sledovaných parametrov umožňujú aj ďalšiu škálu analýz a predikcií na základe vývoja v čase.

ÚGKK SR plynule nadviazal na 1. cyklus LLS (2017 – 2022) a už v roku 2022 vyhlásil verejné obstarávanie na 2. cyklus LLS. Výsledkom súťaže je rámcová dohoda (RD) so štyrmi dodávateľmi na obdobie štyroch rokov. Počas tohto obdobia je naplánované skenovanie lokalít vyznačených na obr. 4. Tento plán vychádza z predpokladu, že nie je bezpodmienečne nutné opätovne skenovať celé územie SR, ale je potrebné sústrediť pozornosť na územia, na ktorých sa predpokladá zmena reliéfu, či už pôsobením prírodných síl alebo aktivitami človeka.

V mimovegetačnom období rokov 2022 – 2023 už dodávateľia naskenovali prvých päť lokalít (4, 6, 7, 10, 20), ktoré sú v období prípravy tohto článku v procese spracovania. Požadované kvalitatívne parametre sú v tomto 2. cykle LLS mierne upravené, ale k zásadným zmenám v zadaní oproti 1. cyklu LLS nedošlo. Lokality sú zmenšené na rozlohu menšiu ako 900 km², aby sa zvýšil predpoklad naskenovania celej lokality v jednom mimovegetačnom období. V 2. cykle LLS majú dodávateľia povinnosť vykonať klasifikáciu bodov do 10 tried podľa štandardu ASPRS (Medzinárodná spoločnosť pre fotogrametriu a diaľkový prieskum Zeme), kým v 1. cykle to boli len 2 povinné triedy (1 – „neklasifikované“, 2 – „zem“). Jedná sa o týchto 10 tried:

- 1 – „neklasifikované“;
- 2 – „zem“;
- 3 – „nízka vegetácia“;
- 4 – „stredná vegetácia“;
- 5 – „vysoká vegetácia“;
- 6 – „budova“;
- 7 – „nízky šum“;
- 9 – „voda“;
- 17 – „mostovka“;
- 18 – „vysoký šum“.

Predmetom dodania už nebude samotný DMR, ale len klasifikované mračná bodov. Generovanie DMR z dodaných mračen bodov zabezpečí GKÚ Bratislava.

Porovnanie základných požiadaviek v 1. a 2. cykle LLS je uvedené v tab. 3.

Podobne aj pri verejnom obstarávaní dodávateľov pre 2. cyklus bol použitý princíp ekonomicky najvýhodnejšej ponuky. Kvalitatívne kritériá boli oproti 1. cyklu upravené (tab. 4), ale bodové ohodnotenie ceny a kvalitatívnych kritérií zostalo v pomere 70/30. Vzhľadom na to, že v tomto projekte je klasifikácia do 10 tried povinná, bude možné vytvoriť zároveň aj digitálny model povrchu z každej naskenovanej lokality. Voliteľnou zostala klasifikácia do tried ASPRS 14 „elektrické vedenia“ a 15 „stožiare“, ale jedná sa len o elektrické vedenia prenosovej sústavy s napätím 220 a 400 kV.

4. Záver

V októbri 2022 vykonali kolegovia z poľského Hlavného úradu geodézie a kartografie (GUGiK) prieskum v národných mapovacích autoritách európskych štátov, týkajúci sa leteckého laserového skenovania, ktorého výsledky nám poskytli na využitie. Z odpovedí 23 štátov je zrejmé, že SR sa zaradila na čelo rebríčka európskych štátov s veľmi kvalitnými, aktuálnymi a voľne dostupnými produktami LLS – klasifikovanými mračnami bodov, DMR a DMP. Tri štáty z 23 respondentov, a to Portugalsko, Grécko a Taliansko odpovedali, že zatiaľ nezabezpečili žiadne celoplošné LLS, len deklarovali taký úmysel. Ďalej napríklad Ordnance Survey z Veľkej Británie nezabezpečuje LLS, ale vytvára DMR a DMP z leteckej fotogrametrie. Ostatné krajiny skenujú

Tab. 3 Porovnanie požiadaviek v 1. a 2. cykle LLS

	1. cyklus LLS	2. cyklus LLS
dĺžka trvania cyklu:	- 5 rokov	- cca 12 rokov
počet dodávateľov:	- 5	- 4
výsledné produkty LLS:	- klasifikované mračná bodov - DMR	- klasifikované mračná bodov
rozloha lokalít:	- 900 až 1800 km ²	- 500 až 900 km ²
celkový počet lokalít:	- 42	- 73
obdobie LLS:	- bezvegetačné (od 1. 11. – 31. 3.)	- bezvegetačné (od 15. 10. – 15. 4.)
hustota bodov posledného odrazu:	- min. 5 b/m ²	- min. 15 b/m ²
stopa lúča:	- max. 0,25 m	- max. 0,45 m
prekryt skenovaných pásov:	< 20 %	< 40 %
priečne pásy:	- 1 na každý let	- min. 3 na lokalitu zberu
klasifikácia mračen bodov do klasifikačných tried:	- povinná – 2 klasifik. triedy - voliteľná – 10 klasifik. tried	- povinná – 10 klasifik. tried - voliteľná – elektrické vedenia a stožiare
výšková presnosť mračen bodov:	$m_h \leq 0,11$ m	$m_h \leq 0,10$ m
polohová presnosť mračen bodov:	$m_{xy} \leq 0,30$ m	$m_{xy} \leq 0,20$ m

Tab. 4 Voliteľné kvalitatívne kritériá v 2. cykle

	hodnota	body	hodnota	body	hodnota	body
stopa lúča	$\geq 0,35$ m a $\leq 0,45$ m	0	$\geq 0,25$ m a $< 0,35$ m	6	$< 0,25$ m	12
hustota bodov posledného odrazu vypočítaná ako priemer na plochách 10 m x 10 m	$< 15 - 20$ b/m ²	0	$< 20 - 25$ b/m ²	4	< 25 a viac b/m ²	8
prekryt na 95 % vzájomného súbehu susedných skenovaných pásov	$< 40\% - 50\%$	0	$< 50\%$ a viac	4		
klasifikácia do tried „14 – elektrické vedenia“ a „15 - stožiare“	Klasifikácia so spoľahlivosťou $\geq 95\%$	6				
max. počet získaných bodov	$\Sigma = 30$					

spravidla s hustotou 5 – 12 b/m², častokrát v mestách s vyššou hustotou ako mimo miest. Zaujímavú odpoveď poskytl Nemecko, kde Spolkový úrad pre kartografiu a geodéziu (BKG) úspešne zrealizoval v roku 2022 pilotný projekt leteckého skenovania mesta Hamburg, ako súčasť plánovaného projektu vytvorenia digitálneho dvojčaťa Nemecka (Digital Twin Germany). Hustota skenovania bola 42 bodov/m² a dosiahnutá výšková presnosť bola lepšia ako 0,10 m. Metropolitná oblasť Hamburg o rozlohe 8 650 km²

bola naskenovaná za 89 letových hodín z výšky cca 3 350 m nad zemou. Použitý bol senzor Single Photon Lidar (SPL). Súčasne boli získané letecké snímky v rozlíšení 0,22 m. Na základe dobrých výsledkov pilotného projektu by mal nasledovať zber údajov z celého Nemecka v priebehu 24 mesiacov. Na vykonanie skenovania pre digitálne dvojča plánujú použiť Geiger mode laserový skener, prípadne SPL. Aj na Slovensku už rezonuje téma vytvorenia digitálnej dvojčky Slovenska, najmä v súvislosti s digitálnou transfor-

máciou územného plánovania a stavebných konaní. Podľa novely zákona č. 200/2022 Z. z. o územnom plánovaní bude vytvorené tzv. Digitálneho obrazu (DO) SR v kompetencii nedávno (1. 6. 2022) zriadeného Úradu pre územné plánovanie a výstavbu. Doteraz však tento nový úrad nezverejnil žiadnu technickú špecifikáciu DO SR, ani analýzu, či na tento účel nevyhovujú aj existujúce údaje (aj napr. mračná bodov, DMR 5.0, DMP 1.0, ai.). ÚGKK SR je toho názoru, že treba v maximálnej miere eliminovať duplicitný zber údajov a využiť údaje z existujúceho LLS. Aj z tohto dôvodu sa na ÚGKK SR začíname venovať problematike modelovania budov z mračien bodov v úrovni detailu LOD 2 (Level of Detail) podľa štandardu OGC CityGML [4].

Na základe dosiahnutých výsledkov 1. cyklu LLS z pohľadu ceny, kvality a rýchlosti mapovania môžeme konštatovať, že letecký zber údajov poskytuje kvalitné výsledky za primeranú cenu a v krátkom čase. Pre spoločnosť, ktorá sa rozhoduje na základe kvalitných údajov, je to veľmi dobrý spôsob na udržiavanie presnej a aktuálnej údajovej základne o topografii krajiny.

LITERATÚRA:

- [1] Konceptia tvorby, aktualizácie a správy základnej bázy geografického informačného systému do roku 2005 [č. P-506/2002]. Bratislava, ÚGKK SR 2002, 9 s.
- [2] LEITMANNOVÁ, K.–KALIVODA, M.: Projekt leteckého laserového skenovania Slovenskej republiky. Geodetický a kartografický obzor, 64/106, 2011, č. 3, s. 101-104.
- [3] LEITMANNOVÁ, K.–GÁLOVÁ, L.–LIESKOVSKÝ, T.–BISTÁK, P.–ZACHAR, J.: Projekt leteckého laserového skenovania Slovenskej republiky a jeho využitie v manažmente ochrany archeologického dedičstva. Geodetický a kartografický obzor, 68/110, 2022, č. 3, s. 53-68.
- [4] OGC City Geography Markup Language (CityGML) Part 1: Conceptual Model Standard (online). Dostupné z <https://www.ogc.org/standard/citygml/>.

Do redakcie došlo: 12. 7. 2023

Lektoroval:
prof. Mgr. Jaroslav Hofierka, PhD.,
UPJŠ v Košiciach