TERMÁLNÍ SNÍMKOVÁNÍ NÁRODNÍHO PARKU ČESKÉ ŠVÝCARSKO

Ing. Jaroslav Nýdrle [a]

[a] ***ČVUT v Praze**, Fakulta stavební, Katedra geomatiky, Thákurova 7, 166 29, Praha 6*

ABSTRAKT

Národní park České Švýcarsko se potýká s dopady klimatické změny. Správa národního parku nedisponuje podkladovými daty o teplotě povrchu pořízenými metodami dálkového průzkumu Země. Cílem práce je vytvořit podkladová data o stavu a povrchové teploty. Pro zmíněný účel je k dispozici kamera MicaSense Altum, která disponuje termálním pásmem. Různé typy povrchů krajinného pokryvu mají vliv na povrchovou teplotu, která se mění také v průběhu dne. V první fázi je třeba testovat MicaSense Altum na bezpilotním prostředku (RPAS). Snímkovat v různých časech v průběhu dne za slunečného počasí. Vytvořit metodiku, za jakých podmínek je vhodné provádět termální snímkování (teplota, vlhkost, sluneční svit, oblačnost, výška letu, rychlost letu, použitá termální kamera) a analyzovat roli krajinných prvků (mokřadů a vodních ploch, včetně těch maloplošných) při teplotní bilanci krajiny. Zaměřit se také na verifikaci měřených dat pomocí pozemního měření (např.: pozemní termální kamerou Optris PI). Kameru poté umístit na pilotovaný nosič (letadlo) a zde aplikovat zkušenosti ze snímkování na RPAS. Nalétnout vybranou část Českého Švýcarska pomocí kamery MicaSense Altum na letadle a následně zpracovat a vyhodnotit výsledky.

KLÍČOVÁ SLOVA

České Švýcarsko, dálkový průzkum Země, termální snímkování, fotogrammetrie

ÚVOD

V rámci projektu č. SS05010090 s názvem Voda v krajině Českého Švýcarska (Švýcovod) vznikla potřeba po prostorových informacích o povrchové teplotě. Pro naplnění cíle zmapování povrchové teploty Českého Švýcarska je třeba nejprve otestovat dostupnou kameru MicaSense Altum v průběhu jasného letního dne (snímkování: ráno v poledne a večer). Pro testování kamery MicaSense Altum bude zvolena testovací lokalita s diferencovaným krajinným pokryvem. Nosičem kamery bude nejprve RPAS DJI Matrice 300 RTK. Následně je třeba analyzovat výsledky takovým způsobem, aby bylo možné určit nejvhodnější dobu snímkování v průběhu dne, tak aby výsledky vykazovaly data s nejvíce možnou vypovídající kvalitou prostorové informace o teplotě jednotlivých kategorií krajinného pokryvu.

Aby bylo možné požít následně kameru MicaSense Altum na letadle, tak bude třeba vyřešit způsob upevnění kamery a napájení. Na základě získaných výsledků z použití na RPAS DJI Matrice 300 RTK a určení vhodné doby a podmínek snímkování bude následně

nasnímkováno území Českého Švýcarska. Získaná data budou zpracována a interpretována. Bude vytvořena mapa odhadu povrchové teploty Českého Švýcarska. Z výsledné mapy budou určeny na základě statistických metod a konzultace se správou parku lokality, které budou extrémní (nebo zajímavé) a ty budou ještě podrobně nasnímkovány pomocí RPAS M300 RTK.

Jednou ze základních definic dálkového průzkumu Země je podle Campbell: „Dálkový průzkum Země je získávání informací o objektu záznamovým zařízením, které s ním není ve fyzickém kontaktu. Dnes se tento termín běžně používá k popisu procesu sběru, prohlížení, interpretace a analýzy leteckých nebo satelitních snímků [1].“ Do zmíněné definice je třeba ještě podle aktuálních trendů doplnit jeden typ nosiče a to bezpilotní prostředek (často v literatuře uváděno RPAS, dron, nebo také UAV). V české odborné literatuře můžeme nalézt definici například od Halounové a Pavelky: „Dálkový průzkum Země je metoda, pomocí které je možno získávat informace o objektech a jevech bezkontaktními metodami. Člověk využívá řadu různých metod a používá pro to různá technologická vybavení, aby získal kvantitativní a kvalitativní informace o těchto jevech a o jejich vlivu na jejich okolí [2].“ Pro ucelený pohled na řešené téma práce si ještě definujme, co je životní prostředí. Definice uvedená v českém zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí zní: „Životní prostředí je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména: ovzduší, voda, horniny, půda, organismy. ekosystémy a energie [3].“ Existuje další definice pojmu životní prostředí (environment), pro naše účely nám postačí výše zmíněná. Pro rešerši literatury z definice životního prostředí vyvozujeme, že objektem našeho zájmu zkoumaným moderními metodami dálkového průzkumu Země mohou být všechny jevy, materiály i situace a dění, které jsou na planetě Zemi (s trochou nadsázky i na jiných planetách) zachytitelné.

Druhy nosičů snímacích zařízení

Při snímání zemského povrchu metodami dálkového průzkumu Země se používají různé druhy nosičů. Pro základní představu si je zde vyjmenujeme, jedná se o: družice, letadla, bezpilotní prostředky, někdy také balóny, nebo draky. Výběr nosiče měřící aparatury je důležitá fáze v návaznosti na rozlohu zájmového území, na kterém chceme pořizovat data. Důležité je také před samotným snímkováním určit účel pořizovaných dat a podle toho zvolit vhodné snímací senzory. Podle Halounové L. a Pavelky K. je výběr nosiče měřící aparatury hlediskem, podle kterého lze družicová data třídit [2]. Halounová L. a Pavelka K. [2] zmiňují nosiče letecké a družicové, v současné době jsou na vzestupu také nosiče takzvané UAV (Unmanned Aerial Vehicle – bezpilotní letadlo, v anglické literatuře používaný výraz drone – v českém jazyce už dnes používaný výraz dron). Booysen R. a kol. ve své vědecké práci popisují, že obecně je velkou výhodou dálkového průzkumu Země bezkontaktní komplexní (spojité) snímání celé oblasti [4]. Ve své práci nazývají bezpilotní prostředky asi nejpřesnějším způsobem Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), což je systém dálkově pilotovaných letadel. Booysen R. a kol. využívají při výzkumu různé snímací nosiče i senzory, tvrdí že využití kombinace družicových leteckých a RPAS získáváme komplexní informace o zkoumaném jevu, v jejich konkrétním případě se zlepší kvalita průzkumu nerostných surovin [4]. Při pořizování dat je ovšem pro nás klíčové, jakým senzorem data pořizujeme, respektive pro jaký účel budou data využívána (při úvahách nad účelem volíme také měřítko a v té chvíli zvažujeme z jakého nosiče, nám bude podrobnost dat postačovat). Proto se při naší rešerši zaměříme na druhy dat, která vznikají metodami dálkového průzkumu Země a k čemu se používají v životním prostředí. Je pravdou, že ve vědeckých pracích se velmi často využívá

kombinace různých dat z různých nosičů. V řešené práci bude využit bezpilotní prostředek DJI Matrice 300 RTK. Pro snímání území o větší rozloze bude využit nosič TL-232 Condor.

Termální senzory

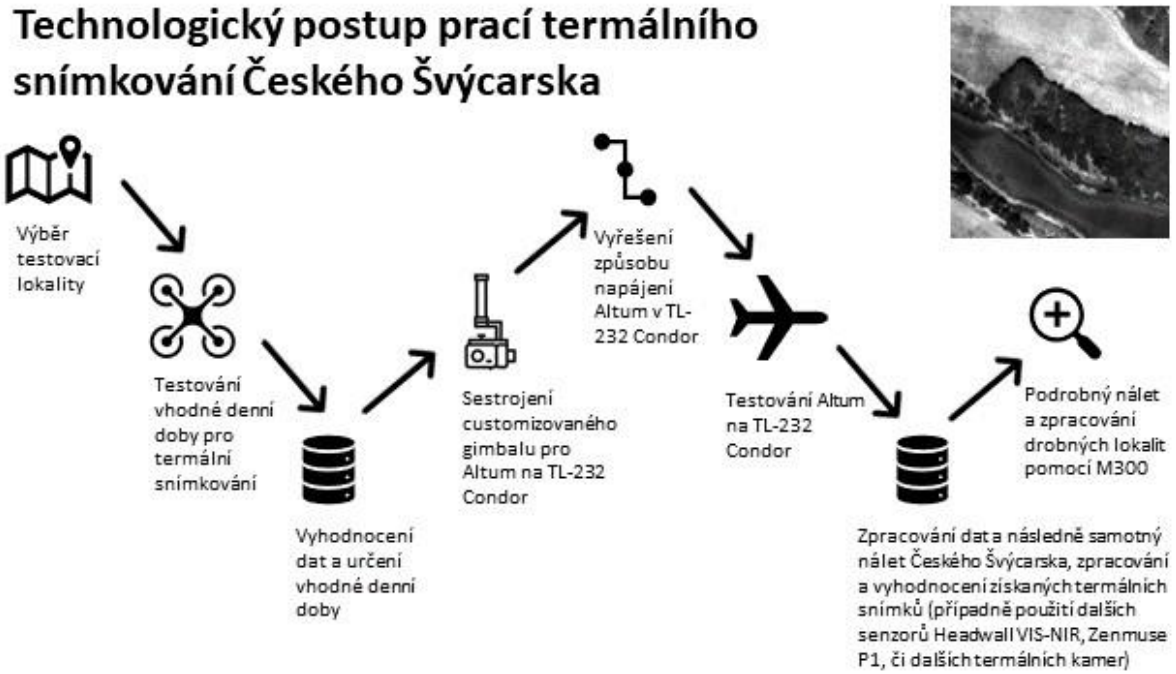
Velmi specifickou disciplínou dálkového průzkumu Země je termální snímkování. Data pořízená pomocí termálních kamer na leteckých nosičích (případně družicová data – např.: Landsat 8) se používají v praxi velmi často jako podklad pro adaptační strategie měst na změnu klima (v ČR např.: Praha, Brno, Liberec). Macarof a kol. ve své vědecké práci využívají data Landsat 8 [5]. Jejich práce zkoumá vztahy mezi indexy LST (teplota povrchu Země), NDBI (normalizovaný index zástavby) a NDVI (vegetační index).

V našem případě můžeme použít družicová termální data pro základní přehled o povrchové teplotě v oblasti Českého Švýcarska. Pro samotné mapování budeme používat kameru MicaSense Altum, která disponuje termálním pásmem. V literatuře používá zmíněnou kameru pro termální mapování například Simpson J. E. a kol. [6]. Ve zmíněné práci autoři tvrdí, že UAV létá plně autonomně se schopnostmi sledovat terén a udržuje si rychlost letu a aktualizuje kurz v reálném čase, aby kompenzoval změny směru a síly větru. V řešené práci se objevují další doporučení pro sběr termálních dat, kterými se autor příspěvku při sběru dat řídil (doporučení: podélný a příčný překryt snímků minimálně 80 %).

METODIKA

Řešená odborná práce má několik fází. Nejprve je potřeba se zaměřit na testování kamery MicaSense Altum na bezpilotním prostředku Matrice 300 RTK na testovací lokalitě v dosahu pracoviště autora (tak aby zastupovala co největší množství typů krajinného pokryvu – land cover). V průběhu jasného letního dne byla vybraná lokalita nasnímkována v ranních hodinách, následně v poledne a v podvečerních hodinách. Při volbě doby náletu bylo v ranních hodinách třeba dbát na to, aby už nebyla rosa (stejně tak při podvečerních hodinách). Rosa může mít vliv na získaná termální data (podobně jako stíny).

Získaná data bylo třeba následně zpracovat v prostředí programu Agisfot Metashape a vytvořit z nich termální mozaiky. Z interpretovaných dat určit nejlepší denní dobu náletu termálních dat z pohledu největší vypovídající hodnoty dat, tedy největšího kontrastu teplot a zároveň nejlépe popisující prostorovou strukturu jednotlivých kategorií krajinného pokryvu.



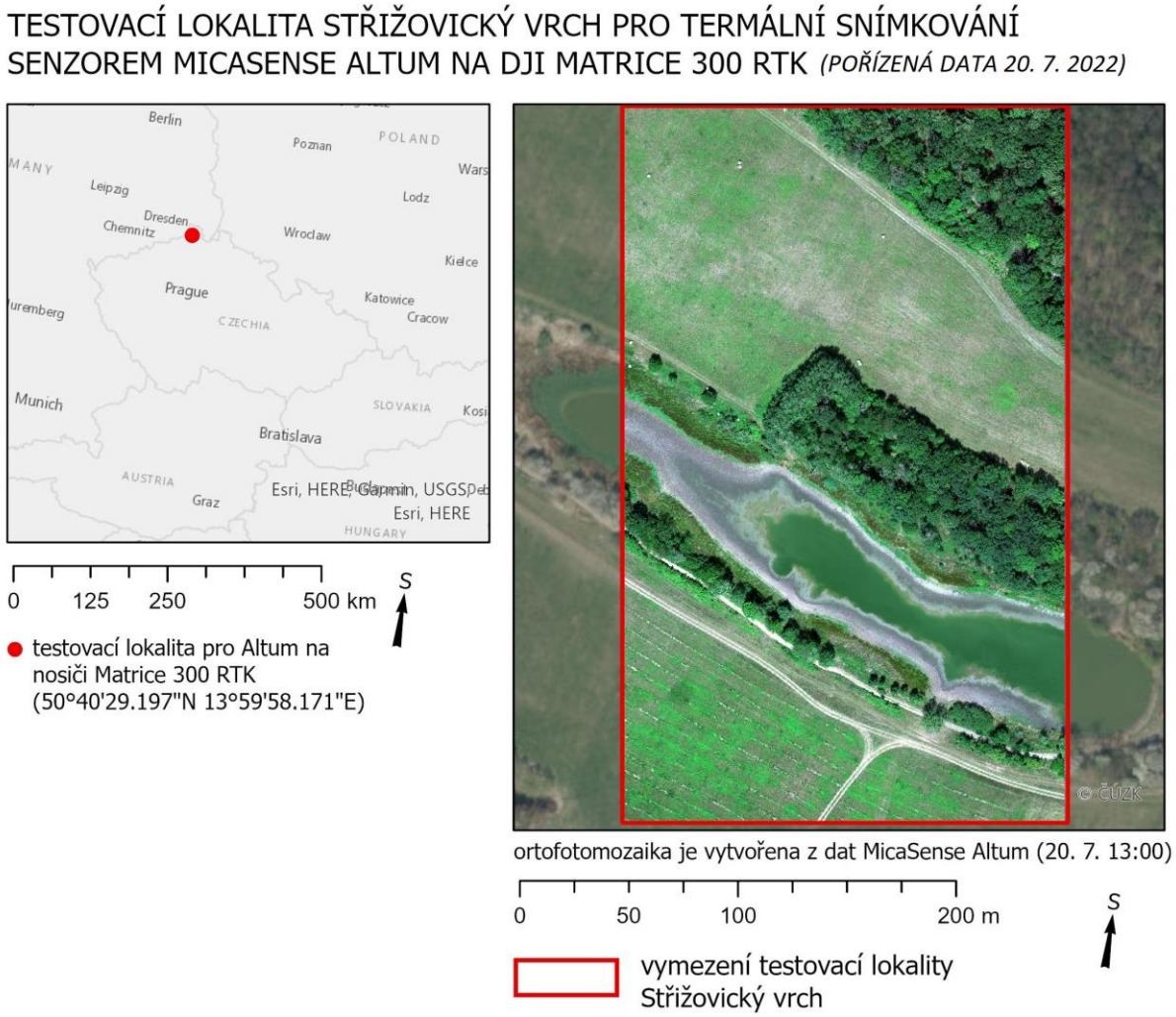
Obrázek 1. *Technologický postup prací termálního snímkování Českého Švýcarska, zdroj: autor*

Kamera MicaSense Altum je původně určená pro RPAS a protože území Českého Švýcarska je pro snímkování pomocí RPAS příliš rozsáhlé, tak dalším krokem bude vytvoření upraveného gimbalu na letadlo TL-232 Condor. Kamera MicaSense Altum má zabudován SKYPORT kit přímo pro upevnění na Matrice 300 RTK, abychom ji mohli použít na letadle TL-232 Condor, bude potřeba vytvořit upravený gimbal. Napájení Altum na nosiči Matrice 300 RTK je řešeno přímo přes SKYPORT z baterií RPAS s označení TB60. Při použití kamery Altum na letadle TL-232 Condor bude potřeba vyřešit jiný způsob napájení.

Další fází práce bude testování kamery Altum na TL-232 Condor. Sběr testovacích dat a jejich vyhodnocení. Při sběru testovacích dat budou aplikovány zkušenosti z testování na nosiči Matrice 300 RTK. Ve chvíli, kdy bude přístrojová sestava pro sběr dat (MicaSense Altum na nosiči TL-232 Condor) otestovaná a funkční, tak bude možné přistoupit ke sběru termálních dat Českého Švýcarska. Obrázek 1 zobrazuje schéma postupu prací na sběru dat.

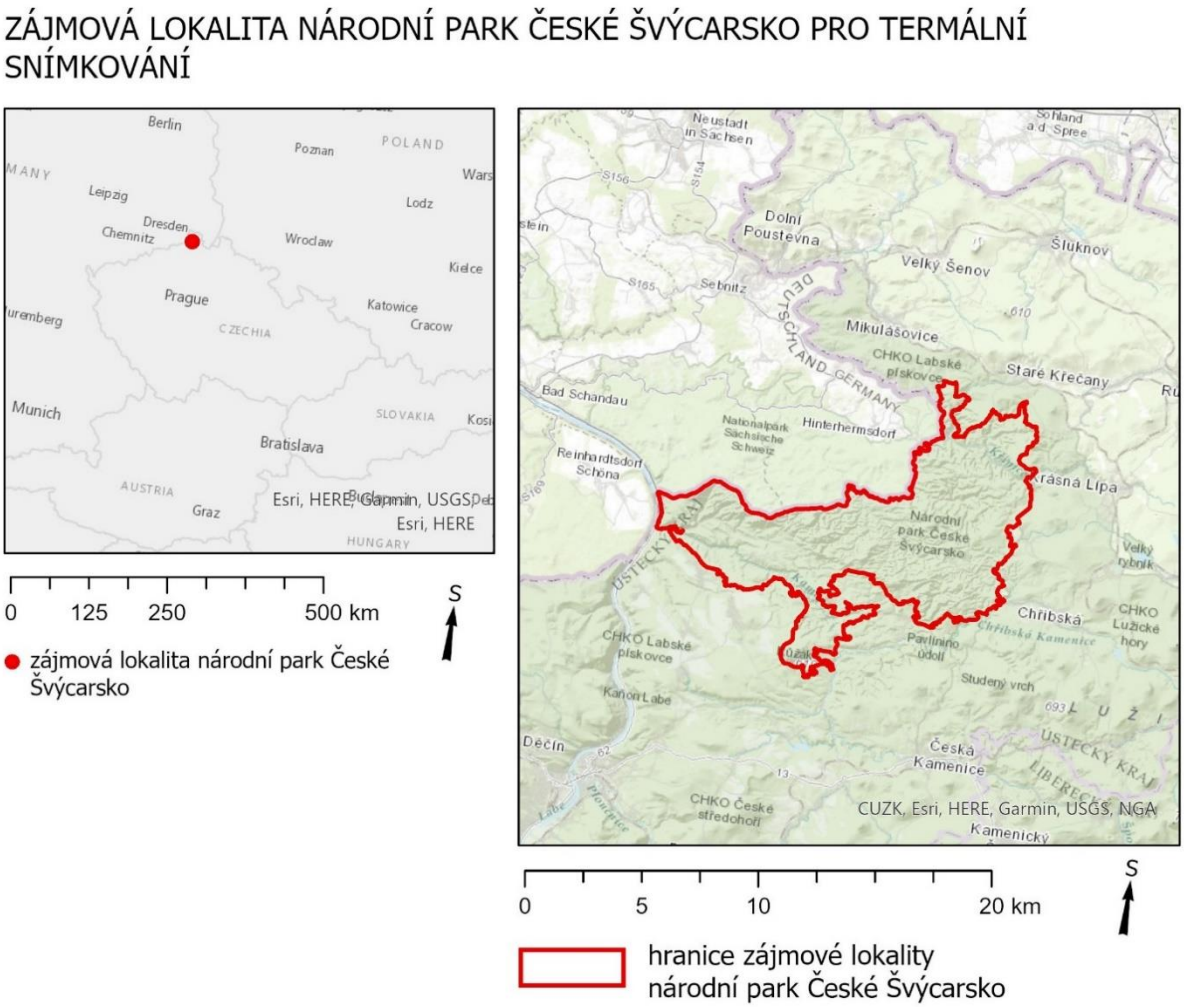
Testovací lokalita a zájmová lokalita

Výběr testovací lokality byl konzultován s Mgr. Janou Müllerová, Ph.D. Výběr byl zvolen takovým způsobem, aby v testovací lokalitě bylo zastoupeno co nejvíce kategorií krajinného pokryvu (voda, louka, les, mokřad, křoviny, holá půda, litorální pásmo). Obrázek 2 zobrazuje mapu testovací lokality na Střižovickém vrchu (50°40'29.197"N 13°59'58.171"E) nacházející se v severozápadní části Ústí nad Labem.



Obrázek 2. *Mapa zobrazující testovací lokalitu Střižovický vrch, zdroj dat: vlastní tvorba*

Zájmovou lokalitou (Obrázek 2) pro sběr dat je národní park České Švýcarsko, který se nachází v Ústeckém kraji v okrese Děčín. Národní park byl vyhlášen v roce 2000. Rozloha národního parku je 79,23 km². Téměř celou severní a západní částí hranice přiléhá k německé hranici. Za státní hranicí na parku navazuje Saské Švýcarsko. Z východní části národní České Švýcarsko sousedí s CHKO Lužické hory. Ostatní strany parku obepíná CHKO Labské pískovce, na kterou na hranicích navazuje Saské Švýcarsko. V rámci řešené odborné práce bylo nasnímáno celé území národního parku kamerou Altum na nosiči TL-232 Condor.



Obrázek 3. *Mapa zájmové lokality NP České Švýcarsko pro termální snímkování, zdroj dat: vlastní tvorba*

Testování vhodné denní doby snímkování Altum na Matrice 300 RTK

Vybraná testovací lokalita Střižovický vrch byla snímkována 20. 7. 2022. Ve zmíněný den byla na nejbližší meteorologické stanici Ústí nad Labem – Kočkov naměřena nejvyšší denní teplota 34,6°C. Po celý den bylo bezoblačné slunečné počasí s minimálními větrnými projevy (do 9 km/h). Zvolená lokalita byla na základě konzultací s Mgr. Janou Müllerová, Ph.D. snímkována kamerou Altum na nosiči Matrice 300 RTK v ranních hodinách následně v poledne (místního času ve 13:00) a v podvečerních hodinách. Slunce v tento den vycházelo v 5:14 místního času. První let byl plánován na dobu krátce po východu Slunce, ale zároveň tak, aby už nebyla rosa. Realizace prvního letu proběhla v 7:30. Následoval let v poledne, tedy místního času ve 13:00. Poslední let byl realizován v 19:30 (západ Slunce v tento den ve 21:06 místního času), cílem u zmíněného letu bylo zaznamenat chladnoucí povrch Země (nesměla ovšem také padnout rosa, která by mohla ovlivňovat výsledky). V Kapitole Výsledky jsou zobrazeny jednotlivé mapy s popisem (Obrázek 6 - 8).

Vytvoření upevnění Altum na nosič TL-232 Condor

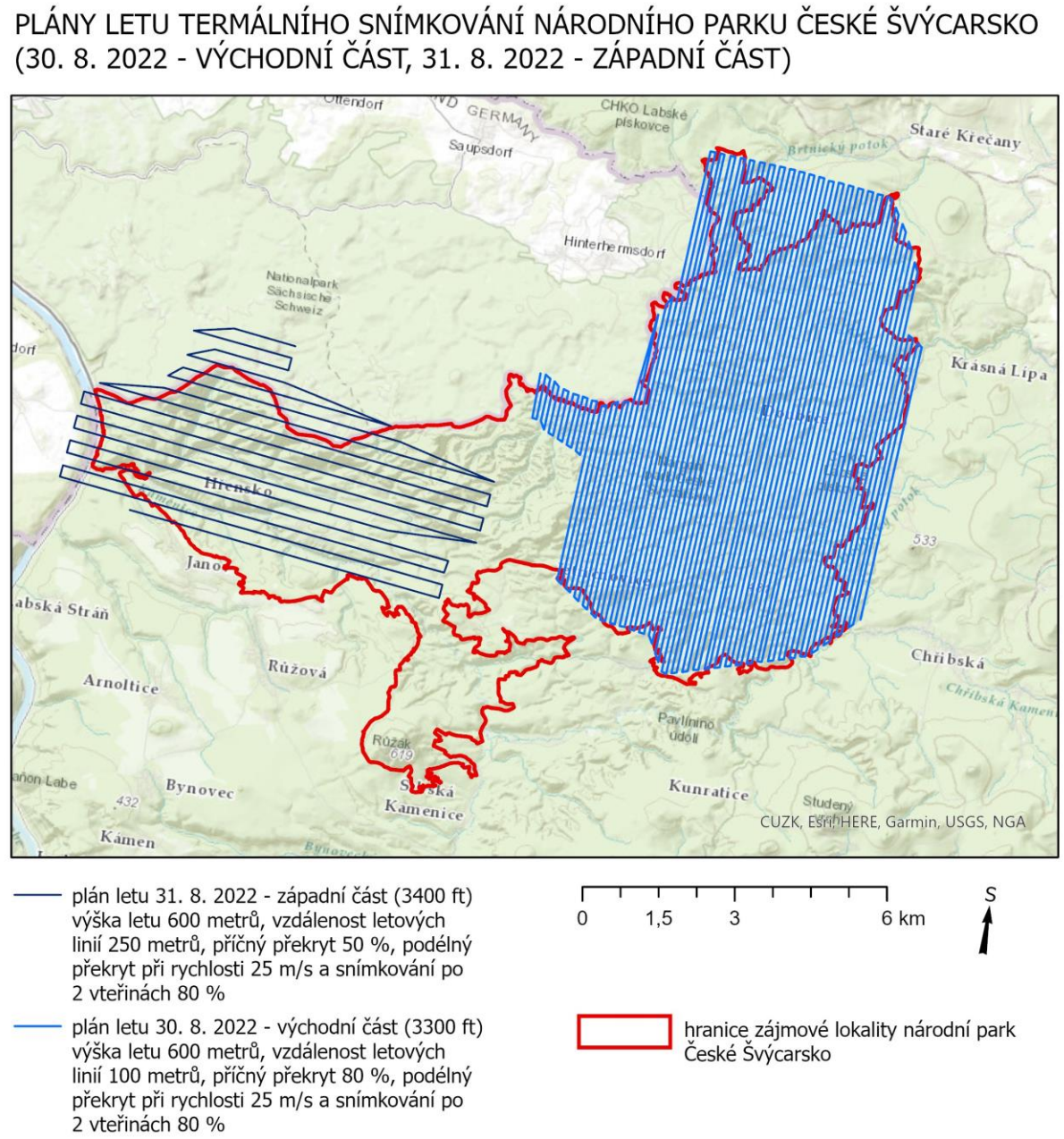
Kamera Altum je určena pro bezpilotní prostředky RPAS. Využití kamery Altum na letadle TL-232 Condor je vázáno na sestrojení upraveného gimbalu. Gimbal byl sestrojen ve spolupráci s leteckým mechanikem Ing. Ondřejem Jungmanem. Sestrojený gimbal je zobrazen na Obrázku 4. Následně byl vyřešen jiný způsob napájení ze separátního zdroje a kamera Altum byla otestována na nosiči TL-232 Condor.

Obrázek 4. *Upravený gimbal pro MicaSense Altum na TL-232 Condor – pohled na trup letadla, zdroj dat: vlastní*

Termální snímkování Českého Švýcarska

Samotné termální snímkování národního parku České Švýcarsko bylo z důvodu velké rozlohy rozděleno na dvě snímkované oblasti. Zvolené dny realizace snímkování byly 30. 8. 2022 a 31.8. 2022. Oba dny probíhalo snímkování v čase 10 – 16 hodin. Ideálním z pohledu změny teploty v průběhu dne by bylo udělat snímek v jeden okamžik ve 13:00 (s ohledem na testování kamery na M300), což ovšem není technicky možné (až na družicová data s horším rozlišením: Landsat 8 a 9 mají termální pásmo TIRS – 100 m = 1 pixel,), proto byl zvolen zmíněný časový interval 10 – 16 hodin. Meteorologická stanice v Děčíně dne 30. 8. 2022 zaznamenala nejvyšší teplotu 24,4°C, ve zmíněný den nebyly žádné srážky. Z pohledu oblačnosti ovšem nebyly zcela ideální podmínky, respektive nebyla zcela jasná bezmračná obloha, ale převládalo polojasno. V průběhu snímkování nastávala situace, kdy vytvářely mraky stíny, je tedy otázkou, zda nebudou mít stíny vliv na povrchovou teplotu. Druhý den snímkování zaznamenala meteorologická stanice v Děčíně maximální teplotu 22,2°C a opět byla polojasná obloha. Zvolené dny snímkování z pohledu podmínek (stíny mraků) nebyly zcela ideální. Rozhodnutí o realizaci snímkování bylo učiněno s ohledem na pokročilejší roční dobu, pokles teplot a riziko, že už lepší podmínky v tomto roce nenastanou. Protože projekt Švýcovod končí v roce 2024, je reálné opakované termální snímkování v létě 2023 a následné porovnání s daty z roku 2022. Zároveň bude možné aplikovat získané zkušenosti ze

snímkování v letošním roce a tím vylepšit metodický postup a eliminovat případné chyby při procesu sběru dat. Byly vybrány dvě oblasti pro snímkování pomocí kamery MicaSense Altum na základě konzultace s vedoucí projektu Švýcovod Mgr. Janou Müllerová, Ph.D. (v kooperaci se správou národního parku). Vybrané lokality pokrývají celý národní park. Obrázek 5 zobrazuje plány letu termálního snímkování. Parametry snímkovacího letu východní části ze dne 30. 8. 2022 jsou: výška letu 600 metrů, vzdálenost letových linií 100 metrů, příčný překryt 80 %, podélný překryt při rychlosti 25 m/s a snímkování po 2 vteřinách 80 %. Parametry snímkovacího letu západní části ze dne 31. 8. 2022 jsou: výška letu 600 metrů, vzdálenost letových linií 250 metrů, příčný překryt 50 %, podélný překryt při rychlosti 25 m/s a snímkování po 2 vteřinách 80 %.



Obrázek 5. *Plány letu termálního snímkování národního parku České Švýcarsko, zdroj: vlastní zpracování*

Zpracování nasnímaných data a jejich interpretace

Zpracování dat vybraných dvou oblastí Českého Švýcarska proběhlo na výpočetní fotogrammetrické stanici Katedry geoinformatiky Fakulty životního prostředí UJEP. Ze dvou dní 30. a 31. 8. 2022 bylo pořízeno 400 GB dat. Jedná se o multispektrální snímky (red, green, blue, red edge, near-infrared, thermal). Proces zpracování probíhá v prostředí programu Agisoft Metashape. Zde je třeba po načtení všech zpracovávaných snímků vybrat možnost Multi-camera system, respektive zpracování multispektrálních dat. Následně je důležité separovat snímky s vyfoceným QR kódem (před letem a po letu, což se většinou stane automaticky), které slouží v procesu zpracování pro kalibraci snímků (jejich multispektrálních pásem). Při prvním zpracování dat z Altum v Agisfot Metashape je ještě třeba načíst CSV soubor s hodnotami odrazivosti kalibračního panelu. Proces následného zpracování multispektrálních (respektive termálních) dat v prostředí Agisfot Metashape je totožný se zpracování klasických RGB dat. Proces zpracování: Align Photos = zarovnání fotografií, Optimize Cameras = optimalizace kamery, Build Dense Cloud = vytvoření mračna bodů, Build DEM = vytvoření digitálního výškového modelu, Build Orthomosaic = vytvoření ortomozaiky. Následně je možné v prostředí Raster Calculatoru pracovat s jednotlivými pásmy a zpracovávat jejich výpočetní kombinace. Je důležité pamatovat na skutečnost, že při zpracování multispektrálních dat dohromady z termálními (v případě dat z kamery MicaSense Altum) dochází v procesu programu Agisoft Metashape k takzvanému upscalingu (přepočítání obrazu z nižšího rozlišení na vyšší rozlišení). Termální pásmo získává vyšší rozlišení ostatních pásem. Abychom z výsledné termální mozaiky získaly hodnoty povrchové teploty ve °C, je potřeba použít rovnici pro převod z cK (centikelvin) na °C. Rovnice zní: (B6/100) - 275,13, kde B6 je termální pásmo v jednotkách cK.

VÝSLEDKY

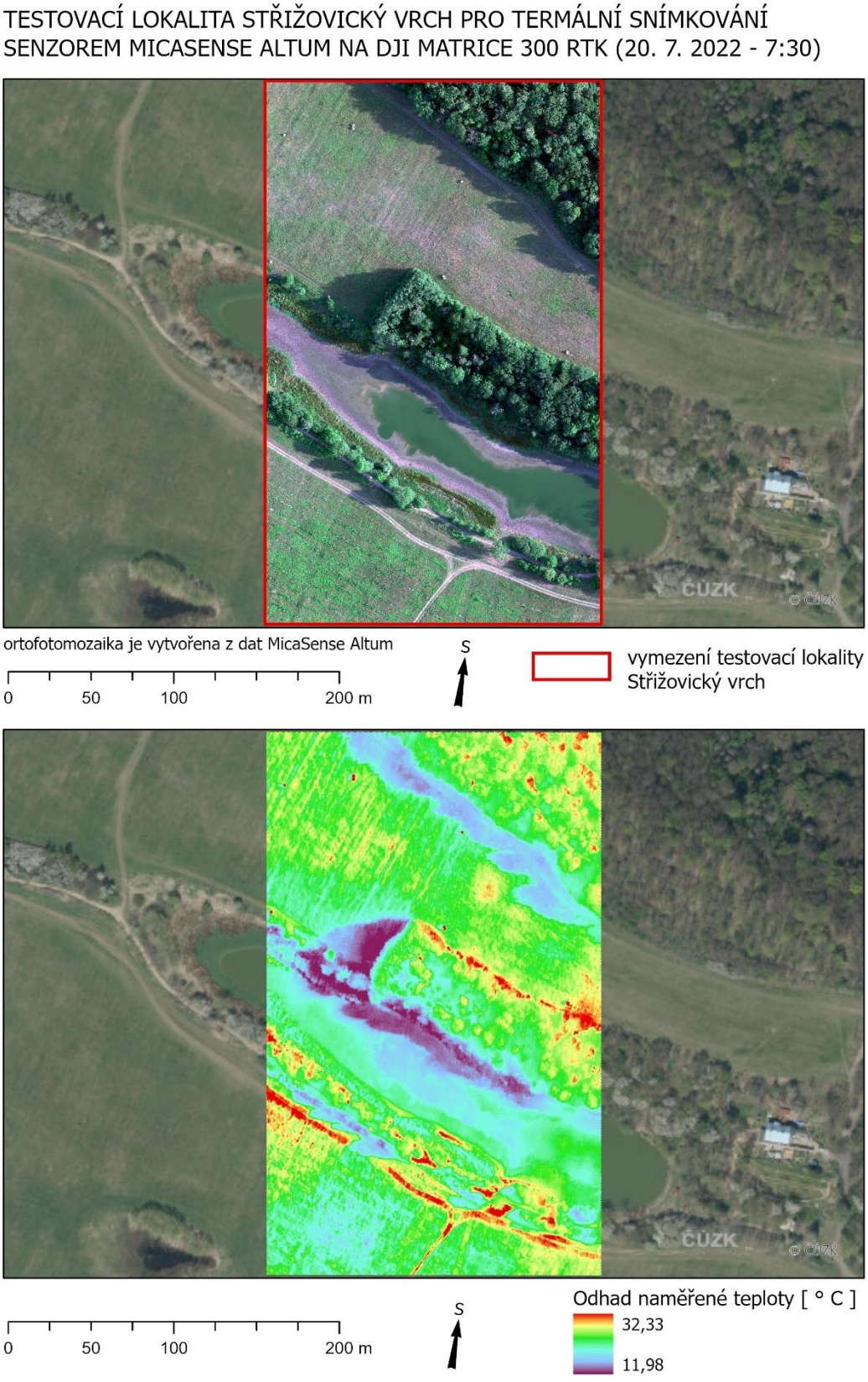
Dílčí výsledky testování pro zajištění termálního snímkování národního parku Českého Švýcarska jsou na následujících Obrázcích 6, 7, 8. Ze zmíněných výsledků je dobré zmínit nejprve proces testování vhodné denní doby pro termální snímkování (20. 7. 2022 – 7:30, 13:00, 19:30). Na Obrázku 6 vidíme mapu s ortofotomozaikou zpracovanou z dat nalétaných pomocí Matricí 300 RTK se senzorem Altum v 7:30. Na ortofotomozaice vidíme stíny, které se projevují v termální mozaice níže. Poměrně rychle se ohřívají místa bez vegetace – především polní cesty. Oblast vodní plochy zůstává chladnější.

Další vizualizací reprezentující dílčí výsledky je mapa na Obrázku 7. Zde vidíme opět ortofotomozaiku vytvořenou z dat pořízených kamerou Altum na nosiči Matrice 300 RTK. Z vizualizace je patrné, že při snímkování v denní době 13:00 (našeho času) jsou krátké stíny a zároveň je povrch Země již prohřátý (maximální povrchová teplota až 62,49°C). Jednotlivé kategorie krajinného pokryvu jsou na termálním snímku poměrně dobře rozpoznatelné a stíny nezkreslují konzistentní pohled. Lesy, křoviny, vodní plochy a mokřady vykazují nejchladnější teploty (modrá barva). Následují louky, které vykazují poměrně rozdílné teploty v závislosti na hustotě objemu vegetace (čím více vegetace, tím chladnější). Nejteplejšími oblastmi jsou místa bez vegetace.

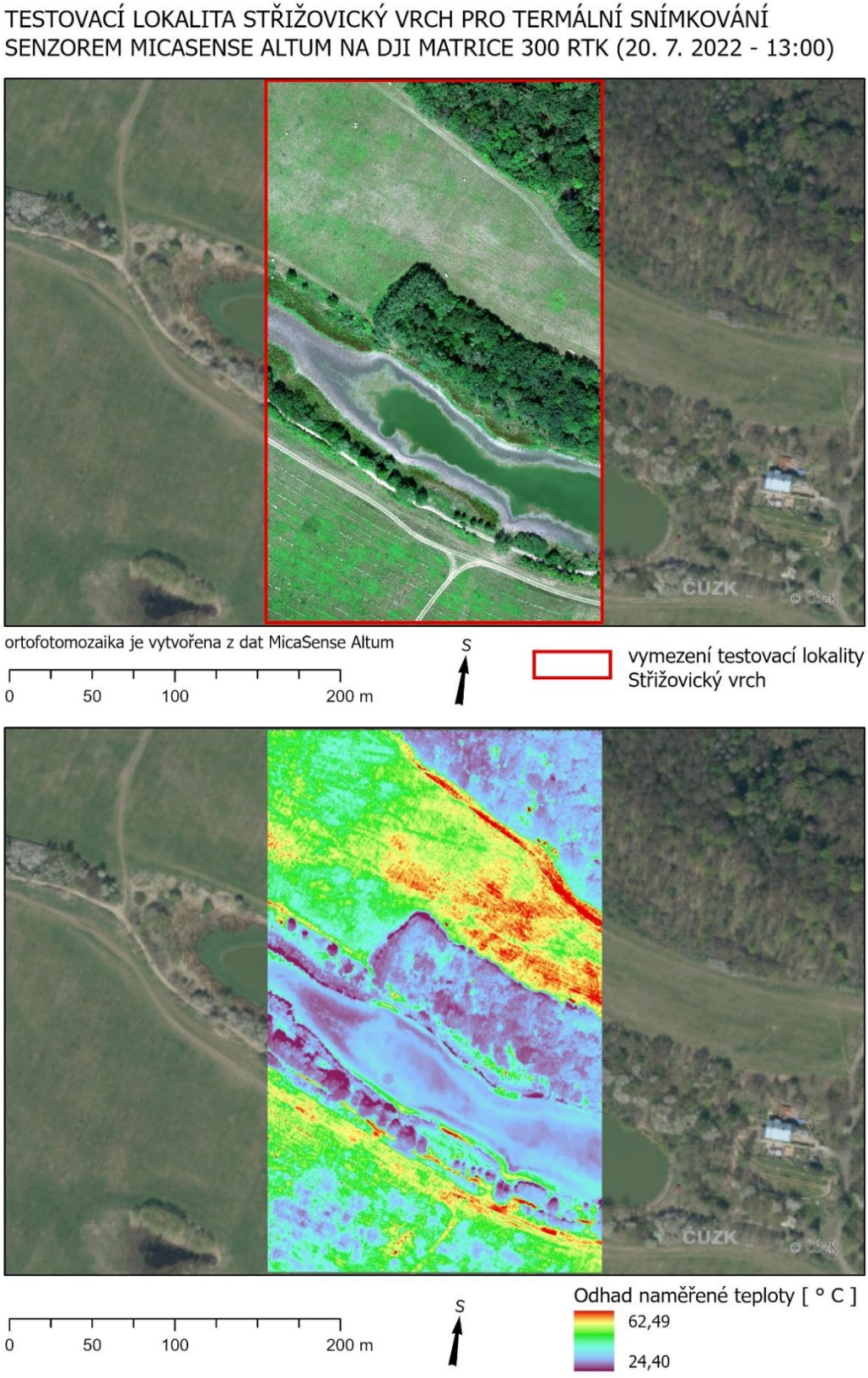
Poslední vizualizací z testování je mapa na Obrázku 8. Na mapě vidíme opět zpracovanou ortofotomozaiku a termální mozaiku, tentokrát z času 19:30 (ze stejného dne jako předchozí 20. 7. 2022). Je patrné, že povrch je ještě stále prohřátý, ale již postupně chladne. Zajímavá je skutečnost vyšší teploty korun stromů, která je zapříčiněna pravděpodobně dopadem paprsků Slunce na tato místa. Chladná je oblast mokřadní části okolí rybníku, která potvrzuje velký význam mokřadů v krajině.

Z testování je patrné, že ideální dobou pro termální snímkování je 13:00 letního času. Ve zmíněné době jsme dosahovali vysokého kontrastu v měřených teplotách a zároveň měření nenarušovali stíny. Z výsledné termální mozaiky byly dobře čitelné jednotlivé kategorie krajinného pokryvu. Ne vždy se podaří létat v ideální době.

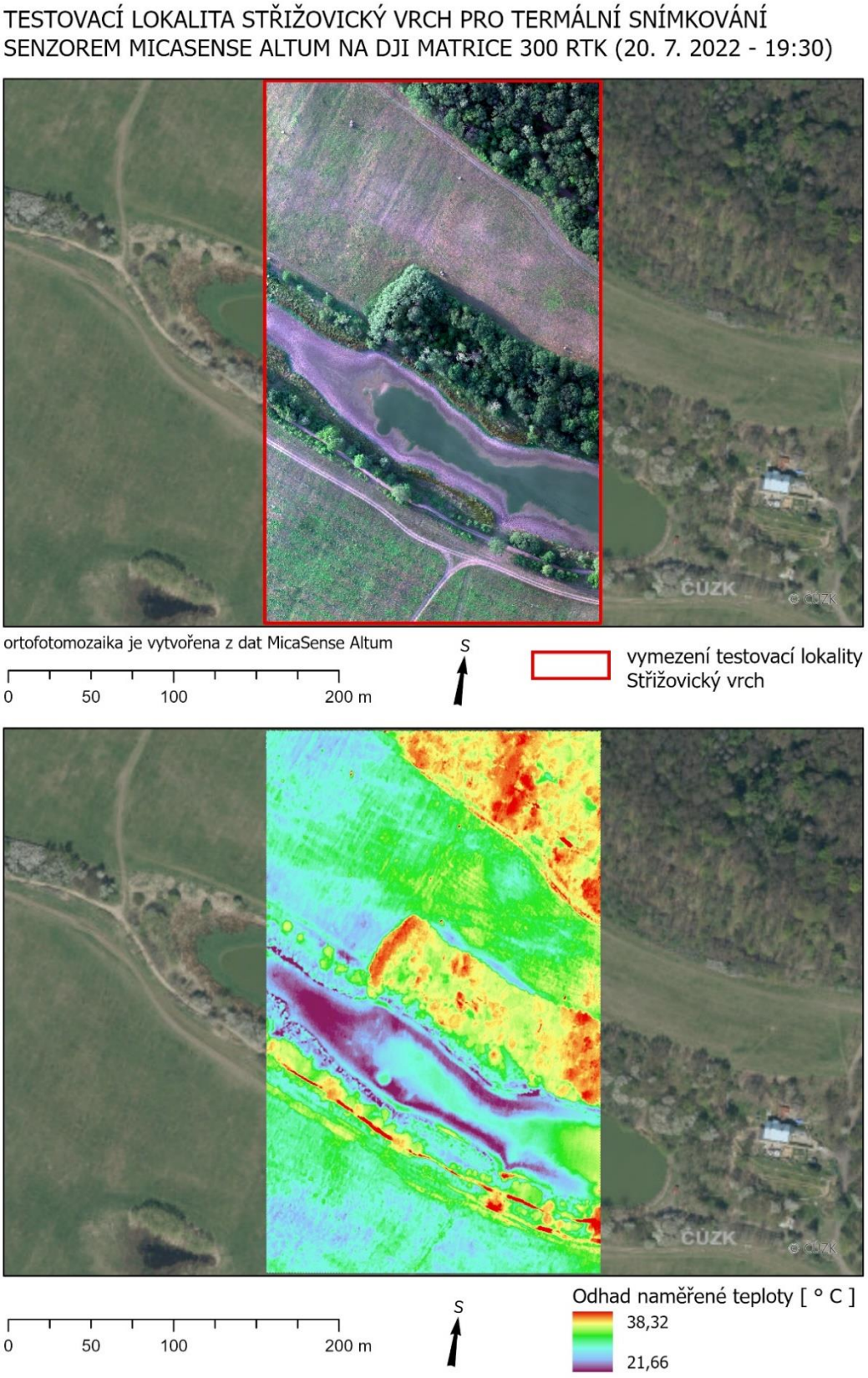
Na Obrázku 9 je zobrazena mapa povrchové teploty západní části národního parko České Švýcarsko. Snímkování oblasti proběhlo 31. 8. 2022. Rozptyl povrchové teploty v oblasti je 10,2°C – 31,2°C. Nechladnější oblasti jsou řeka Kamenice v jižní oblasti mapy (10,2°C) a nejteplejší části snímku jsou oblasti, kde proběhl v létě 2022 (31,2°C) požár.



Obrázek 6. *Testovací lokalita Střižovický vrch - termální snímkování senzorem Altum na M300 RTK - 20. 7. 2022 - 7:30, zdroj: vlastní tvorba*



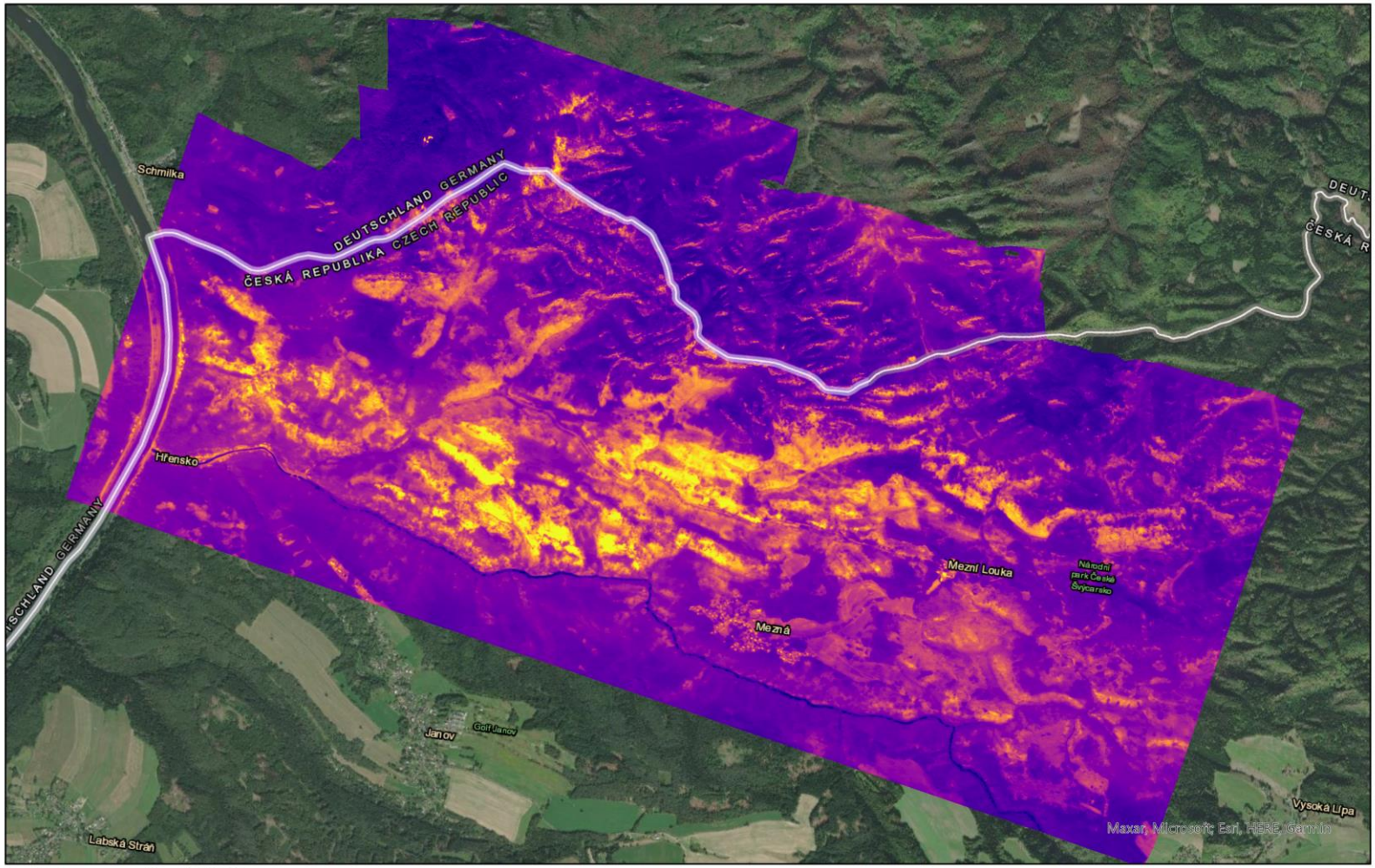
Obrázek 7. *Testovací lokalita Střižovický vrch - termální snímkování senzorem Altum na M300 RTK 20. 7. 2022 – 13:00, zdroj: vlastní tvorba*



Obrázek 8. *Testovací lokalita Střižovický vrch - termální snímkování senzorem Altum na M300 RTK 20. 7. 2022 – 19:30, zdroj: vlastní tvorba*

Obrázek 9. *Teplotní mapa východní části Českého Švýcarska 31. 8. 2022, zdroj: vlastní tvorba*

TEPLOTNÍ MAPA ZÁPADNÍ ČÁSTI ČESKÉHO ŠVÝCARSKA (31. 8. 2022)



letový plán: výška letu 600 metrů, vzdálenost letových linií 250 metrů, příčný překryt 50 %, podélný překryt při rychlosti 25 m/s a snímkování po 2 vteřinách 80 %

ZÁVĚR

Řešená odborná práce se zaměřuje na termální snímkování národního parku České Švýcarsko. Nejprve byla provedena rešerše literatury na zmíněnou tematiku. Následně proběhlo představení použitého technického vybavení a software (nosiče: RPAS Matrice 300 RTK, letadlo TL-232 Condor, multispektrální kamera s termálním pásmem MicaSense Altum, software Agisoft Metashame a ArcGIS Pro). Poté byla vybrána testovací lokalita Střižovický vrch, která byla nasnímkována 20. 7. 2022 v 7:30, ve 13:00 a v 19:30 RPAS Matrice 300 RTK. Zmíněná data byla zpracována a vyplynulo z nich, že nejvhodnějším časem snímkování termálních dat je okolí 13:00 letního času (respektive okolí poledne). Následně byl sestrojen upravený gimbal na letecký nosič TL-232 Condor a vyřešen způsob napájení, což bylo také úspěšně otestováno náletem 1. 8. 2022 ve 13:00 v oblasti Chomutova. 30. a 31. 8. 2022 byly snímkovány dvě oblasti Českého Švýcarska (východní a západní). Z celkového objemu 400 GB dat se nyní zpracovávají multispektrální a termální mozaiky.

Z pohledu následujících kroků bude třeba výsledná data po zpracování analyzovat. Extrahovat termální mozaiku a převézt z cK na °C pomocí vzorce (B6/100) - 275,13, kde B6 je termální pásmo. Následně bude vhodné využít statistické metody a na výsledné termální mozaice za využití těchto metod hledat extrémy, či statisticky anomální místa. Zmíněné identifikované extrémy a anomální lokality snímkovat podrobněji pomocí Matrice 300 RTK a kamery Altum (případně dalšími dostupnými kamerami). Podrobně snímkované lokality poté zpracovat a vyhodnotit.

Zpracovaná teplotní mapa východní části Českého Švýcarska je zobrazena na Obrázku 9. Snímkování oblasti proběhlo 31. 8. 2022. Rozptyl povrchové teploty v oblasti je 10,2°C – 31,2°C. Nechladnější oblasti jsou řeka Kamenice v jižní oblasti mapy (10,2°C) a nejteplejší části snímku jsou oblasti, kde proběhl v létě 2022 (31,2°C) požár.

V kontextu skutečnosti, že projekt Švýcovod končí až v roce 2024, je výzvou učinit termální nálet v roce 2023 znovu (pokud budou dostatečné finanční prostředky) a udělat komparaci se stavem v roce 2022. Při opakovaném snímkování v roce 2023 bude třeba využít předchozích zkušeností (například být připraveni na dobré podmínky a být schopni operativně zahájit snímkování za ideálních podmínek). V oblasti Českého Švýcarska proběhl v létě 2022 velký požár, který je zaznamenán již na datech vytvořených ze snímkování 30. a 31. 8. 2022. Pokud se podaří nasnímkovat oblast znovu v roce 2023, tak bude jistě na snímcích patrná rozšiřující se vegetace v oblasti požářiště (postupující sukcese), která bude potvrditelná změnou teploty na termálních datech (ochlazují efekt vegetace) oproti náletu v roce 2022 (porovnatelnost v závislosti na podmínkách náletu). Je také možné pro porovnání využít družicová data (Sentinel 2, Landsat 8 a 9) a na nich aplikovat NBI (Normalized Burn Ratio – index používaný pro spáleniště, který používá pásma NIR a SWIR). Index na datech z kamery Altum aplikovat nelze, protože Altum nedisponuje pásmem SWIR. Na datech z Altum lze aplikovat index NDVI, spálené oblasti by měly vykazovat nízkou hodnotu NDVI. Případně lze z družicových dat Landsat 8 a 9 extrahovat povrchovou teplotu (land surface temperature) a tu porovnávat s výsledky z Altum (naplánovat nálet v době přeletu družice). Výzkumnou otázkou může být také stanovení rozdílu využitelnosti termálních dat pro studium životního prostředí pořízených z letadla s vyšším rozlišením (termální pásmo Altum: cca 3 metry = 1 pixel), oproti datům z družic Landsat 8 a 9 s nižším rozlišením (termální pásmo: 100 metrů = 1 pixel).

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl na základě projektu č. SS05010090 s názvem Voda v krajině Českého Švýcarska (Švýcovod). Děkuji za konzultace a pomoc kolegům: Mgr. Janou Müllerová, Ph.D.; doc. Ing, Jan Pacina, Ph.D.; Ing. Dominik Brétt

REFERENCE

[1] [1] Campbell, J.B., 2002. Introduction to remote sensing, 3rd ed., The Guilford Press. ISBN 1-57230-640-8.

[2] Halounová, L. a Pavelka, K., 2008. Dálkový průzkum Země. Praha: Vydavatelství ČVUT, ISBN 80-01-03124-1

[3] 17/1992 Sb. Zákon o životním prostředí. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 05.02.2021]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17

[4] Booysen, R. a kol., 2019. Towards Multiscale and Multisource Remote Sensing Mineral Exploration Using RPAS: A Case study in the Lofdal Carbonatite-Hosted REE Deposit, Namibia. Remote Sensing, 11(21), p.2500. Available at: http://dx.doi.org/10.3390/rs11212500.

[5] Macarof, P., Statescu, F., 2017. Comparasion of NDBI and NDVI as Indicators of Surface Urban Heat Island Effect in Landsat 8 Imagery: A Case Study of Iasi. Present Environment and Sustainable Development 11, 141–150. https://doi.org/10.1515/pesd2017-0032

[6] Simpson, J.E., Holman, F., Nieto, H., Voelksch, I., Mauder, M., Klatt, J., Fiener, P., Kaplan, J.O., 2021. High Spatial and Temporal Resolution Energy Flux Mapping of Different Land Covers Using an Off-the-Shelf Unmanned Aerial System. Remote Sensing 13. https://doi.org/10.3390/rs13071286