

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA EKONOMICKO-SPRÁVNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Jakub Ešpandr

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Využití UAV k zachycení multimediálního obsahu
Bakalářská práce

2023 Jakub Ešpandr

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub Ešpandr**
Osobní číslo: **E20066**
Studijní program: **B0688A050001 Aplikovaná informatika**
Specializace: **Multimédia ve firemní praxi**
Téma práce: **Využití UAV k zachycení multimediálního obsahu**
Zadávající katedra: **Ústav systémového inženýrství a informatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je uvést možnosti získávání multimediálního obsahu pomocí bezpilotního vzdušného prostředku. V práci jsou uvedeny veškeré náležitosti a technické parametry pro zachycení multimediálního obsahu pomocí UAV. Práce popisuje proces tvorby od plánování a přípravy letu až po stažení dat a následnou postprodukcí.

Osnova:

- Multimédia
- Unmanned Aerial Vehicles
- Legislativa provozu dronů
- Letecké foto a video
- Letecké mapování
- Ukázky vlastní tvorby

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

HORNÝ, Stanislav a Petra BEDŘICHOVÁ. *Praktická učebnice tvorby multimediálního obsahu*. [Průhonice]: Professional Publishing, 2018. ISBN 978-80-88260-29-5.
JURAČKA, Petr Jan. *Drony – fotografování z ptačí perspektivy: co všechno potřebujete vědět o dronech a jejich využití pro leteckou fotografii a video*. Praha: Grada, 2017. ISBN 978-80-247-5787-2.
KARAS, Jakub a Tomáš TICHÝ. *Drony*. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4680-4.
NOVÁK, Jan A. *Drony: kompletní průvodce včetně přehledu nové legislativy*. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-0775-9.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Jech**
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2023**

prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

RNDr. Ing. Oldřich Horák, Ph.D. v.r.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Využití UAV k zachycení multimediálního obsahu jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 29. 04. 2023

Jakub Ešpandr v.r.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Jakubu Jechovi za jeho vedení mé bakalářské práce, odbornou pomoc, skvělé rady, materiály a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl poděkovat Marku Dittrichovi, který mi umožnil nafotit ukázkou letecké realitní virtuální prohlídky. V neposlední řadě také mé rodině i přátelům za jejich podporu při studiu a vlastní tvorbě.

ANOTACE

Tato bakalářská práce si klade za cíl představit možnosti využití bezpilotních leteckých systémů k zachycení odlišných multimediálních prvků. V teoretické části řeší historii, rozdělení UAV dle jejich konstrukce a právního hlediska, druhy multimédií a jednotlivé prvky leteckého vizuálního obrazu. V praktické části je práce doplněna o ukázky demonstrující možné výstupy jednotlivých mediálních prvků spolu s popisem základních kroků při jejich vzniku.

KLÍČOVÁ SLOVA

Multimédia, UAV, bezpilotní létající systém, dron, letecké foto a video, mapování, fotogrammetrie

TITLE

The use of UAVs for capturing multimedia content

ANNOTATION

The aim of this bachelor thesis is to present the possibilities of the use of unmanned aerial systems for the acquisition of different multimedia elements. In the theoretical part, it deals with the history, classification of UAVs according to their design and legal aspects, types of multimedia and different elements of the aerial visual image. In the practical part, the thesis is supplemented with examples that demonstrate the possible outputs of the different media elements, together with a description of the basic steps in their creation.

KEYWORDS

Multimedia, UAV, Unmanned Aerial Vehicle, drone, aerial photography and videography, mapping, photogrammetry

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	12
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK.....	14
ÚVOD.....	16
1 Multimédia.....	17
1.1 Prvky multimédií.....	17
1.1.1 Nehybné obrázky.....	17
1.1.2 Text.....	17
1.1.3 Animace.....	18
1.1.4 Audio.....	18
1.1.5 Video.....	18
2 Bezpilotní letecké systémy.....	18
2.1 Historie.....	18
2.2 Hobby a komerční drony.....	19
2.3 Rozdělení dronů.....	20
2.3.1 Konstrukce.....	20
2.3.2 Zaměření.....	20
2.3.3 Typ.....	21
2.3.4 Ovládání.....	21
2.4 Základní komponenty dronu.....	21
2.5 Možnosti využití UAV.....	22
2.6 Doplnky pro drony.....	23
2.7 Aplikace.....	24
2.8 Předletová příprava.....	25
2.9 Letové režimy.....	26
2.10 Pohyby dronů.....	27
3 Legislativa.....	27
3.1 Třídy a kategorizace bezpilotních prostředků.....	29
3.2 Bezletové zóny.....	30

3.3	Vzdušný prostor	31
3.4	Pojištění	31
3.5	AisView a DronView.....	31
4	Vznik snímku a snímací technika	32
4.1	Princip vzniku digitálního snímku	32
4.2	Jednotlivé části kamery	33
4.2.1	Snímač	33
4.2.2	Závěrka	34
4.2.3	Clona	34
4.2.4	Objektiv	34
4.3	Druhy kamer dronů	35
4.4	Filtry.....	36
4.4.1	Neutrální (šedé) filtry.....	36
4.4.2	UV filtry.....	37
4.4.3	Polarizační filtry	37
4.4.4	Specifické filtry a předsádky	38
4.5	Nejvhodnější doba na snímání	39
4.6	Expozice.....	40
4.6.1	Kompenzace expozice	41
4.7	Kompozice	42
5	Letecká fotografie	43
5.1	Nastavení kamery	44
5.2	Letecká panoramatická fotografie	44
6	Letecké video	45
6.1	Produkční řetězec videa	45
6.1.1	Preprodukce	45
6.1.2	Realizace	46
6.1.3	Postprodukce.....	46
6.2	Nastavení videa	47

6.2.1	Rozlišení a snímková frekvence	47
6.2.2	Barevný profil	47
6.2.3	Bitová hloubka	48
6.2.4	Datový tok	48
6.2.5	Dynamický rozsah	49
7	Letecké mapování	49
7.1	Letecká fotogrammetrie	50
8	Ukázky vlastní tvorby	51
8.1	Použité bezpilotní letouny	51
8.2	Předletové úkony	53
8.3	Letecké fotografie	54
8.3.1	HDR	54
8.3.2	Dlouhá expozice při sledování pohybujícího se objektu	55
8.3.3	Krajina	57
8.3.4	Technické stavby	58
8.3.5	Architektura	60
8.3.6	Plošný panoramatický snímek	62
8.3.6.1	Postprodukce	63
8.3.7	Sférický panoramatický snímek	64
8.3.7.1	Postprodukce	65
8.4	Letecké video	66
8.4.1	Firemní promovideo	66
8.4.2	Reklamní spot automobil	67
8.5	Virtuální prohlídka	68
8.5.1	Multimediální prohlídka	68
8.5.2	Realitní virtuální prohlídka	70
8.6	Letecké mapování	71
8.6.1	Letecké snímkování území	71
8.6.1.1	Měření rozlohy	73

8.6.2	Letecká fotogrammetrie	74
8.6.2.1	Rozhledna	74
8.6.2.2	Pískovna.....	75
8.6.2.3	Úskalí procesu.....	77
8.7	Letecký multimediální obsah v soutěžích.....	78
	ZÁVĚR	79
	POUŽITÁ LITERATURA	81
	INTERNETOVÉ ZDROJE.....	82
	ZDROJE OBRÁZKŮ	83
	SEZNAM PŘÍLOH.....	84

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Kettering Bug (National Museum of the United States Air Force, b. r.)	19
Obrázek 2: DIY směrová Helix anténa (vlastní zpracování)	22
Obrázek 3: Ochranné oblouky DJI Mini 3 PRO (vlastní zpracování)	24
Obrázek 4: Aplikace UAV Forecast (vlastní zpracování)	25
Obrázek 5: Bayerova maska (vlastní zpracování)	33
Obrázek 6: Ukázka dvou typů filtrů – nacvakávací a šroubovací (vlastní zpracování).....	36
Obrázek 7: Ukázka ND filtrů a rychlosti závěrky při videu (vlastní zpracování)	37
Obrázek 8: Porovnání snímků s předsádkou a bez předsádky (vlastní zpracování).....	38
Obrázek 9: Aplikace Lumos – pozice Slunce (vlastní zpracování)	39
Obrázek 10: Porovnání krajiny ve čtyřech ročních obdobích (vlastní zpracování).....	40
Obrázek 11: Histogramy (vlastní zpracování)	42
Obrázek 12: Ukázky různých kompozic (vlastní zpracování, 2018–2022).....	43
Obrázek 13: Porovnání barevných profilů (vlastní zpracování).....	48
Obrázek 14: DJI Phantom 4 (vlastní zpracování)	51
Obrázek 15: DJI Mini 3 PRO (vlastní zpracování).....	51
Obrázek 16: 5" FPV (vlastní zpracování)	52
Obrázek 17: 4" FPV (vlastní zpracování)	52
Obrázek 18: Postup pro vytvoření letového plánu (vlastní zpracování).....	53
Obrázek 19: Jak na Létání s Dronem Nad Městy 2023 (DronPro, 2022).....	53
Obrázek 20: Finální HDR snímek – větrné elektrárny (vlastní zpracování)	54
Obrázek 21: Demonstrace ghostingu u HDR snímku (vlastní zpracování).....	55
Obrázek 22: Sledování objektu – sklizeň kukuřice (vlastní zpracování).....	56
Obrázek 23: Sledování objektu – sklizeň obilí (vlastní zpracování)	56
Obrázek 24: Sledování objektu – sklizeň obilí, pohled shora (vlastní zpracování).....	56
Obrázek 25: Krajina – meandrující Tichá Orlice (vlastní zpracování).....	57
Obrázek 26: Krajina – poldr Žichlínek (vlastní zpracování)	58
Obrázek 27: Technické stavby – viadukt Žampach (vlastní zpracování).....	59
Obrázek 28: Technické stavby – přečerpávací elektrárna Štěchovice (vlastní zpracování)	59
Obrázek 29: Architektura – Tesařovská kaple (vlastní zpracování).....	60
Obrázek 30: Architektura – hrad Potštejn (vlastní zpracování).....	61
Obrázek 31: Architektura – Hora Matky Boží (vlastní zpracování).....	61

Obrázek 32: 3D výtisk lithophane snímku (vlastní zpracování).....	62
Obrázek 33: Panoramatický snímek – Hedeč (vlastní zpracování)	63
Obrázek 34: Ukázka výsledného rozlišení 243 MPx (vlastní zpracování).....	63
Obrázek 35: Ukázka přiřazování kontrolních bodů –3EV a 0EV (vlastní zpracování)	64
Obrázek 36: Přiřazování kontrolních bodů na dvou snímcích (vlastní zpracování)	64
Obrázek 37: Přiblížená ukázka nástroje výběru kontrolních bodů (vlastní zpracování)	64
Obrázek 38: Proces snímání aplikací DronePan (vlastní zpracování)	65
Obrázek 39: Vyobrazení snímku ve VR (vlastní zpracování)	65
Obrázek 40: Výsledné panorama, Equirectangular projekce (vlastní zpracování).....	65
Obrázek 41: Ukázka nasnímaných vrtulí, před editací (vlastní zpracování)	66
Obrázek 42: Ukázka z promovidea společnosti KASTT (vlastní tvorba)	67
Obrázek 43: Ukázka z reklamního spotu na Mercedes Benz GLS 400D (vlastní tvorba)	68
Obrázek 44: Ukázka z VR prohlídky projektu QLA 2022 (vlastní zpracování)	69
Obrázek 45: Ukázka prostředí aplikace Pano2VR (vlastní zpracování).....	70
Obrázek 46: Ukázka z realitní virtuální prohlídky (vlastní zpracování).....	71
Obrázek 47: Snímek z prostředí aplikace Pix4Dcapture (vlastní zpracování)	72
Obrázek 48: Ortofoto snímek litorální odběrové lokality W3 (vlastní zpracování)	72
Obrázek 49: Měření rozlohy vodního porostu (vlastní zpracování)	73
Obrázek 50: Tabulka měření podílu vodního porostu (vlastní zpracování)	73
Obrázek 51: Ukázka fotogrammetrického modelu rozhledny (vlastní zpracování)	74
Obrázek 52: 3D výtisk modelu rozhledny (vlastní zpracování)	75
Obrázek 53: 3D model z tvorby ortofoto snímku (Pix4Dmapper) (vlastní zpracování)	76
Obrázek 54: 3D model (Apple Object Capture API SDK) (vlastní zpracování).....	76
Obrázek 55: Detail 3D modelů – porovnání softwarů (vlastní zpracování)	77
Obrázek 56: Oceněné letecké snímky (vlastní zpracování).....	78
Obrázek 57: Třídy a kategorizace UAV (Úřad pro civilní letectví, b. r.).....	85
Obrázek 58: Ochranná pásma u letišť (Létejte zodpovědně, b. r.)	86
Obrázek 59: Letiště (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 166)	87
Obrázek 60: Vzdušný prostor (VFR Příručka, b. r.)	88
Obrázek 61: Letové prostory (Paragliding Mapa, b. r.).....	89
Obrázek 62: Předletová příprava – vzdušný prostor (vlastní zpracování).....	90
Obrázek 63: Snímky lesa ve čtyřech ročních obdobích (vlastní zpracování).....	91

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

AE	Automatic Exposure (automatická expozice)
AEB	Automatic Exposure Bracketing (vícenásobná expozice)
AFIS	Aerodrome Flight Information Service (letištní informační služba)
AGL	Above Ground Level (nad povrchem země)
AMSL	Above Mean Sea Level (výška nad střední hladinou moře)
APS-C	Advanced Photo System type-C (crop formát obrazových snímačů)
ARP	Airport Reference Point (vztažný bod letiště)
ATC	Air Traffic Control (řízení letového provozu)
ATTI	Attitude (letový režim bez GPS s udržování výšky)
ATZ	Aerodrome Traffic Zone (provozní zóna neřízených letišť)
AWB	Automatic White Balance (automatické vyvážení bílé)
CCD	Charge Coupled Device (technologie obrazového snímače)
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
CPL	Circular Polarized (kruhově polarizovaný)
CTR	Control Zone (řízený okrsek)
EV	Exposure Value (expoziční hodnota)
EXIF	Exchangeable Image File Format (formát metadat snímku)
Failsave	výpadek řídicího nebo obrazového signálu
FL	Flight Level (letová hladina)
FPV	First Person View (pohled první osoby)
Geo-awareness	Geo zóna
GNSS	Global Navigation Satellite System (globální družicový polohový systém)
HDR	High Dynamic Range (vysoký dynamický rozsah)
IR	Infra Red (infračervené světlo)
ISO	citlivost kamery na světlo
LiPo	Lithium-Ion Polymer (tzv. Lithium-polymerový akumulátor)
LKR	jiným uživatelem omezený prostor
LOG	Logarithmic Profile (barevný profil s nízkým kontrastem)

MCTR	Military Control Zone (vojenský prostor)
MTOM	Maximum Takeoff Mass (maximální vzletová hmotnost)
ND	Neutral Density (neutrálně šedý)
NDCPL	Neutral Density Circular Polarized (neutrálně šedý polarizovaný)
OOP	opatření obecné povahy
POI	Point of Interest (bod zájmu)
RAW	surový neupravený formát
RC	Radio Controlled (rádiem řízený)
Remote ID	elektronická identifikace na dálku
RTF	Ready to Fly (dron připravený k letu po vybalení)
RTK	Real Time Kinematic (technika pro zvýšení přesnosti GNSS)
SDR	Special Drawing Rights (zvláštní práva čerpání)
SORA	Specific Operations Risk Assessment (posouzení provozních rizik)
SPOTTER	pozorovatel dronu
UAS	Unmanned Aerial System (bezpilotní letecký systém)
UAV	Unmanned Aerial Vehicle (bezpilotní letecký prostředek)
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
VFX	Visual Effects (vizuální efekty)
VLOS	Visual Line of Sight (na dohled)
WAYPOINT	předem naplánovaný bod, kterým dron proletí

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zaměřuje na využití bezpilotních létajících prostředků k zachycení a následné tvorbě multimediálního obsahu. V poslední době se drony hojně rozšířily v komerční sféře nejen díky rozvoji výpočetní techniky a jejich pokročilým autopilotům, ale i širokou škálou výrobců a cenovou dostupností nabízených skladných RTF modelů. Díky originálním leteckým záběrům a pohledu na svět z nevšední perspektivy, se člověk s jejich výstupem setkává na internetu a v médiích čím dál častěji.

Svého prvního drona s autopilotem a kamerou jsem dostal v roce 2016 a od školního věku stavím a závodně létám s RC modely letadel. Z tohoto důvodu je mi toto téma blízké, rozhodl jsem se jej zvolit pro svou práci a využít tak získané technické a fotografické zkušenosti.

Práce se primárně věnuje využití UAV pro leteckou fotografii, video a mapování. V úvodu teoretické části představí rozdělení multimédií na jednotlivé druhy a seznámí čtenáře s historií dronů, jejich kategorizací, konstrukcí a komponenty. Jelikož zachycení multimediálního obsahu pomocí dronů úzce souvisí s principem vzniku digitálního snímku, je této problematice věnována jedna kapitola, v níž jsou sepsány základní principy zachycení obrazu, jednotlivé součásti kamery, druhy snímacích zařízení a různé typy filtrů. Následně práce přiblíží letové režimy, ovládání a pohyby dronů umožňující vznik kreativních videí a dvě kapitoly budou zaměřeny na kompozici snímku, expozici a její kompenzaci pro získání co nejlepších záběrů.

Z důvodu stále se zpřísnující regulace provozu bezpilotních prostředků, nutnosti registrace a získání průkazu, je taktéž značná část věnována problematice současné legislativy. Zde jsou rozebrány bezletové zóny, rozdělení vzdušného prostoru, typové rozčlenění bezpilotních prostředků do tříd a kategorií, pojištění a taktéž pomocné aplikace sloužící k předletové přípravě.

V praktické části práce budou nejprve představeny letouny použité k ukázkám vlastní tvorby a dále se čtenářům pokusím na demonstrovaných snímcích doplněných o EXIF data přiblížit proces zachycení obrazu pomocí dronu a následné základní kroky postprodukce ve zvoleném softwaru. U letecké fotografie se jedná o expozičně složené a panoramatické snímky i jiné žánry. Využití dronů pro video bude představeno v krátkých promo videích a ve virtuální prohlídce, v níž se nachází široká škála multimediálních prvků. Pro letecké mapování bude použito snímkování vybraného zájmového území, z jehož výsledné ortofotomozaiky dojde k následnému měření rozlohy. Taktéž není opomenuta ani fotogrammetrie s výsledným výstupem v podobě 3D tisku a popisem problematiky jejího vzniku.

1 MULTIMÉDIA

Dle Horného a Krska (2009, s. 7) „Slovo multimédia je odvozeno z latiny - multum + medium, tedy vícero médií.“ Autoři dále zmiňují další definice multimédií: „Média, která využívají kombinaci různých forem obsahu.“, „Oblast informačních a komunikačních technologií, která je charakteristická sloučením audiovizuálních technických prostředků s počítači či dalšími zařízeními.“

Nejprve se lidstvo naučilo zachytit zvuk, poté fotografie. S postupem času se jim podařilo zaznamenat dynamickou sekvenci snímků, a tak vzniklo video. První filmy byly natočeny zcela bez zvuku, až s postupem času došlo na paralelní snímání obrazu a původního zvuku, a tím vznikl první multimediální vizuální obsah. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 10)

V dnešní době se právě multimédia řadí jako každodenní prostředek využívající kombinaci více prvků. V běžném životě se člověk neustále setkává s fotografiemi, videem, grafikou, zvukem a textem, a právě kombinací alespoň dvou zmíněných složek vznikne multimediální obsah.

Podle Horného a Bedřichové (2018, s. 11) multimédia jsou složena z odlišných oblastí, a to informatických, mediálních a psychologických. Nyní multimédia většina z nás vnímá jako nepostradatelnou součást života umožňující určitou formu komunikace díky spojení fotografií, videa a audia.

Tím že se veškeré dění přesunulo do elektronické internetové sféry, na lidstvo se ze všech stran začalo hrnout nepřeborné množství audiovizuálního obsahu. Moderní doba spolu s nástupem internetu a sociálních sítí vytvořila nový typ médií, které umožňují příjemcům se aktivně podílet tvorbě na multimediálních děl. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 7, 10, 16)

1.1 Prvky multimédií

Multimédia jsou tvořena kombinací alespoň dvou prvků. Mezi jednotlivé části řadíme obrázek, text, zvuk, video a animaci. (Horný a Krsek, 2009, s. 8)

1.1.1 Nehybné obrázky

Nehybný obrázek může být fotografie, kresba, graf, mapa nebo nějaké schéma. Jedná se o 2D objekt prezentující grafickou formou určitou informaci. V praxi se nejčastěji jedná o ilustraci a fotografii. (Horný a Krsek, 2009, s. 8)

1.1.2 Text

V textu jsou jednotlivá písmena za sebe poskládané do požadovaných slov, vět a odstavců. Může se jednat o jakýkoliv popis, titulek nebo jakoukoliv písemnou informaci. S textem je vázaný obor typografie, který se zabývá tvorbou písma a rozložením textu na stránce nebo snímku. (Horný a Krsek, 2009, s. 8)

1.1.3 Animace

Jedná se o rozpohybování jednotlivých nehybných snímků, nikoliv však fotografií, neboť by se poté jednalo o video. Tyto snímky jsou stejně jako u videa poskládány uceleně za sebe tak, aby vznikla iluze pohybu nebo nějaké změny. Animace může být jak 2D, tak 3D. Právě 3D animovaná grafika vytvořená na počítači momentálně převládá v televizi, filmech a různých video spotech. (např. Horný a Krsek, 2009, s. 8)

1.1.4 Audio

Zvuk je dnes nedílnou součástí videí, a dokonce i animací. Právě audio stopa dokáže ovlivnit vnímání obsahu. U videí se často používá buď mluvený komentář, audio nahrávka ruchů nebo hudba navozující atmosféru vyobrazeného vjemu. (Horný a Krsek, 2009, s. 8; Long a Schenk, 2005, s. 288)

1.1.5 Video

Video je obdobné animaci, avšak zde dochází k přenosu pohyblivých obrázků neboli jednotlivých fotografií. V televizi v Evropě se využívá snímková frekvence 25 snímků za vteřinu (fps), přičemž filmy v kinech se natáčejí ve 24 fps. Čím vyšší je snímkovací frekvence, tím plynulejší bude pohyb, a i následná možnost vzniklé video v postprodukci zpomalit. (Horný a Krsek, 2009, s. 8, 109; Juračka a kolektiv, 2017, s. 53)

2 BEZPILOTNÍ LETECKÉ SYSTÉMY

Nyní veřejnosti známý dron je označení pro bezpilotní letecký prostředek nebo též dálkově ovládaný bezpilotní letecký systém. Jak již z názvu plyne, jedná se o zařízení, jejichž obsluha je ovládána na dálku, nebo se pohybují zcela autonomně po předem naprogramované trajektorii. (Karas a Tichý, 2016, s. 11)

2.1 Historie

Obecně lze říci, že za vynálezce dnešních rádiem řízených letounů byl Nikola Tesla, který si v roce 1898 nechal patentovat dálkově ovládanou loďku pod názvem teleautomatizace. Po smrti se veřejnost z jeho poznámek dozvěděla, že plánoval sestavit i dálkově řízený letecký systém (UAS). (Karas a Tichý, 2016, s. 15)

První zcela bezpilotní letadlo bylo navrženo a zkonstruováno v roce 1916 inženýrem Archibaldem Montgomery Low. Tento výrobek pojmenoval Aerial target. S příchodem první světové války se vývoj urychlil a začala se navrhovat letadla řízená na dálku schopná nést nálož. Prvním experimentálním letounem tohoto typu byl Kettering Bug, který mohl být vyslán až na vzdálenost 64 km. (Karas a Tichý, 2016, s. 15–16)



Obrázek 1: Kettering Bug (National Museum of the United States Air Force, b. r.)

Další rádiem řízená letadla byla využívána pro nácvik střelby na letící terč. Průkopníkem v autonomních bezpilotních systémech byla raketa Fieseler Fi 103 známá též pod pojmem Vergeltungswaffe 1 (V1). Jednalo se o samořízenou střelu s plochou dráhou letu, která pro svou navigaci a řízení používala jednoduché počítačové řízení. Přepracovaným modelem byla Vergeltungswaffe 2 (V2) či Aggregat 4 (A4), nadzvuková balistická raketa s doletem 300 km využívající inerciální navigaci pro autonomní let. První modely V2 měly pouze možnost autonomního provozu, avšak pozdější výroba již disponovala i dálkovým řízením pro korekci balistické křivky během procesu vzestupu. (Novák, 2021, s. 135)

Největší podíl na vývoji bezpilotních systémů měla vždy armáda, která vojenské drony vyvíjela pro monitorování nebezpečných a nepřátelských území či bojových misí. Nyní tyto letouny disponují velkým akčním rádiusem, pokročilým autonomním systémem, moderními snímači a technikou pro detekci radiových vln, odposlechy a pořizování obrazových dat ve vysokém rozlišení.

2.2 Hobby a komerční drony

Jak uvádí Juračka (2017, s. 34) „Samotná pilotáž dronů, ať již podle vizuálního kontaktu (Line Of Sight, LOS), anebo živého přenosu z palubní kamery (First Person View, FPV) uspokojí jen malé procento těch, které se této problematice věnuje. Masový rozvoj dronů totiž z velké části souvisí s možností pořizovat letecké fotografie a video. Není divu, že se výrobci předhánějí ani ne tak ve vývoji dronů samotných, ale v tom, jak dobrou mohou nést kameru a jak spolehlivě, a hlavně pohodlně přenášejí obraz na zem.“

Vývoj hobby dronů probíhá velice rychle a jednotliví výrobci se předhánějí s různými novými funkcemi a letovými vlastnostmi těchto bezpilotních prostředků. Na trhu je celá řada různých výrobců, avšak především firma DJI nastavila standard pro veřejně dostupné drony, které se tak

díky širokému spektru nabízených modelů a poměrně dostupné ceně staly hojně užívanými veřejností. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 11; Karas a Tichý, 2016, s. 257)

První komerční drony byly velké a těžké stroje bez kamery a jakékoliv stabilizace, ovládané čistě jen pomocí vysílačky. Navíc se prodávaly čistě jako stavebnice, kdy si uživatel musel vše sám sestavit a doplnit o veškerou elektroniku a příslušenství. (např. Kocourek a Řešátko, 2021, s. 54) Postupem času se začaly vyvíjet stabilizované gimbaly, které se spolu s akční kamerou připevnilly pod dron. Poté došlo k výraznému kroku, kdy se začaly masově vyrábět modely s integrovanou stabilizovanou kamerou ve 3 osách umožňující přenos obrazu do mobilního zařízení. V tomto období byly drony stále ještě poměrně velké a těžké, tudíž dalším krokem v inovaci bylo jejich postupné zmenšování a možnost skládání ramen pro jejich snadnější přepravu. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 11; Novák, 2021, s. 74; Karas a Tichý, 2016, s. 23)

Právě díky tomuto kroku se začaly prodávat modely v nižší cenové hladině plně schopné letu ihned po vybalení (RTF), které dokáže díky sensorům a výkonné řídicí jednotce obsluhovat téměř každý. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 11; Karas a Tichý, 2016, s. 21)

V dnešní době je vše navzájem propojené, a tak přes vysílačku a chytré zařízení s nainstalovanou aplikací lze ovládat jak dron samotný, tak nastavovat jeho parametry, inteligentní letové režimy, parametry kamery, a zároveň přenášet veškerá telemetrická data. Dokonce nyní lze zakoupit i ovladač s vestavěnou obrazovkou a operačním systémem Android, tudíž odpadá potřeba používat externí chytré zařízení. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 11, 24–26; Novák, 2021, s. 127–133)

2.3 Rozdělení dronů

S aktuální legislativou se drony dělí jen podle váhové kategorie, maximální rychlosti a vybavení, avšak dále je můžeme rozdělit podle jejich využití, typu, ovládání a jejich konstrukce

2.3.1 Konstrukce

Konstrukcí rozlišujeme drony podle počtu vrtulí na trikopty, kvadrokopty, hexakopty, oktakopty a hexadekakopty. Běžně dostupné drony pro širokou veřejnost jsou kvadrokopty, které disponují právě 4 vrtulemi. U velkých filmařských dronů se často používá vyšší počet vrtulí, který v případě poruchy jednoho motoru zajistí bezpečné přistání samotného modelu a přepravovaného nákladu. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 13; Karas a Tichý, 2016, s. 27, 152; Novák, 2021, s. 224)

2.3.2 Zaměření

Podle zaměření lze bezpilotní letouny rozdělit na modely pro běžné uživatele, pokročilé uživatele a pro profesionály. V dnešní době se výrobci snaží vměstnat co nejvíce technologií

i do běžných modelů, proto se pomalu modely pro pokročilé a širokou veřejnost začínají sjednocovat. (Karas a Tichý, 2016, s. 25)

2.3.3 Typ

Při rozdělení dronů podle typu vzniknou dvě skupiny multikoptéry a letouny připomínající křídla nebo letadlo. (Karas a Tichý, 2016, s. 28)

2.3.4 Ovládání

V posledním rozdělení podle způsobu řízení či ovládání vzniknou tři kategorie. Manuálně ovládané, automaticky a autonomně řízené letouny. Většina běžně dostupných dronů má automatické ovládání využívající pokročilou řídicí jednotku a poziční systém (Karas a Tichý, 2016, s. 25, 30, 152)

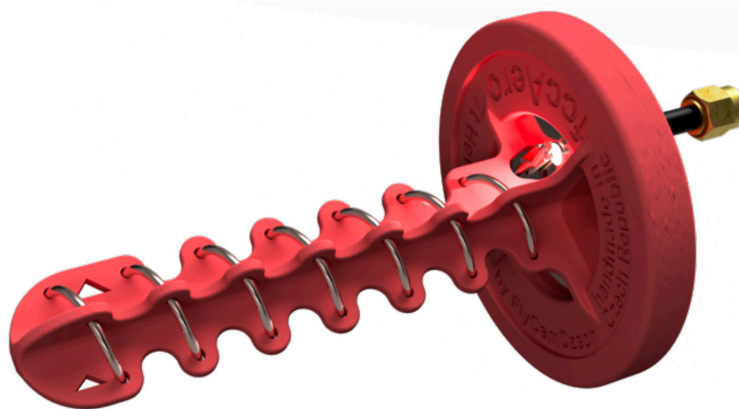
2.4 Základní komponenty dronu

Jak plyne z předchozích slov, běžný více rotorový dron se skládá z rámu s několika motory a vrtulemi umístěnými na koncích ramen. Uvnitř plastového, magnesiového nebo sklolaminátového skeletu (Karas a Tichý, 2016, s. 155) se ukrývá veškerá řídicí elektronika obsahující letovou jednotku, regulátory otáček, GNSS přijímač, vysílací jednotku pro video signál a přijímač komunikující s ovladačem.

Většinou pod modelem nebo v jeho přední části se nachází stabilizovaný tříosý závěs s kamerou, z níž pilot sleduje živý obraz a využívá ji k zachycení leteckého videa nebo snímků. (Anon., 2017, s. 63; Juračka a kolektiv, 2017, s. 14, 21; Karas a Tichý, 2016, s. 155) V dolní části bezpilotního letounu se dále nachází přistávací podvozek či lyžiny chránící samotný model a kameru při přistání a zároveň ukrývající antény pro přenášení videa a řídicích signálů a také kompas. (např. Anon., 2017, s. 16; Karas a Tichý, 2016, s. 160; Novák, 2021, s. 74)

K pohonu veškeré elektroniky slouží výkonný akumulátor, nejčastěji lithium-polymerový (LiPo) složený z několika jednotlivých článků spojených v sérii. (Karas a Tichý, 2016, s. 178; Juračka a kolektiv, 2017, s. 19, 27)

Video obraz je spolu s telemetrickými daty přenášen do aplikace v mobilním telefonu a u FPV dronů buď do externího displeje, nebo většinou do speciálních FPV brýlí, které má pilot na sobě nasazený. Na video přijímači mohou být nasazený dva druhy antén: všesměrové nebo směrové.



Obrázek 2: DIY směrová Helix anténa (vlastní zpracování)

2.5 Možnosti využití UAV

Dle slov autora knihy *Drony - fotografování z ptačí perspektivy Juračky* (2017, s. 109) „Letecká fotografie a video pořízené drony ovládly internet a média. Neotřelá perspektiva ptačího pohledu má sílu diváka doslova uhranout, usadit ho do křesla a donutit jej sledovat záběry světa, který je shora mnohdy hezčí, půvabnější a mystičtější než z naší lidské perspektivy.“

Drony mají širokou škálu využití, a to letecké fotografie, video, monitoring, mapování terénu, logistiku a taktéž i zábavu. (Karas a Tichý, 2016, s. 39) Co se týká leteckého videa, nyní se drony hojně využívají ve filmech, videoklipech a obecně v televizi. Například při cyklistice a lyžování se využívají malé obratné FPV drony s přímým přenosem obrazu do televize. Marketingové firmy taktéž zařazují letecká promo videa a reklamní spoty do svých nabídek. (Karas a Tichý, 2016, s. 44–46) Kromě využití dronů ke snímání sportovního utkání s nimi lze i závodit na specifických tratích. K tomuto účelu se využívají speciálně postavené lehké koptéry schopné letu ve vysokých rychlostech s dokonalou obratností a minimální odezvou v přenosu obrazu a reakcích na řídicí pokyny. (Anon., 2017, s. 136)

Bezpilotní prostředky se také nemálo využívají pro letecký monitoring a inspekci převážně výškových objektů. Velké uplatnění najdou například při kontrole spár na přehradních hrázích nebo inspekci prasklin na chladicích věžích elektráren. V kombinaci s multispektrální kamerou, radiometrickým snímačem či senzory kvality ovzduší se mohou používat i pro kontrolu stožárů vysokého napětí, monitorování stavu antén na vysílačích nebo emisí na komínech. Moderní bezpilotní systémy disponující pokročilou snímací technikou a přesným pozičním systémem lze využít k mapování areálů ještě před samotným začátkem výstavby, nebo již hotových staveb. (Karas a Tichý, 2016, s. 47; Anon., 2017, s. 13)

Nyní bezpilotní letouny používají i záchranné složky pro zmapování události, rozsahu škod nebo lokalizaci ohnisek požáru. Taktéž jsou drony užitečné při živelných pohromách, kdy je

lze využít pro měření radiace, množství nebezpečných par při úniku chemikálií do vzduchu či výbuchu sopky a také monitorování sesuvu půdy, záplav nebo škod po vichřici nebo tornádu. (Karas a Tichý, 2016, s. 47)

Drony však byly primárně zkonstruovány pro mapování území. Dnes se pro vysoké rozlišení ortofoto mapy využívají dálkově řízené letouny, které umožní kolmý pohled na vybrané území. Díky jejich možnosti letu v nízkých letových hladinách a schopnosti nést snímač s vysokým rozlišením lze dosáhnout mnohem vyšších přesností zmapované oblasti, než při použití letadla či družic. V kombinaci výkonného hardwaru a softwaru lze vytvářet 3D modely, vypočítávat rozlohu a objem terénu nebo prostorově analyzovat určené území. (Karas a Tichý, 2016, s. 51–55)

Letoun lze také osadit termální či multispektrální kamerou například pro inspekci tepelných úniků budov nebo poškození větrných elektráren. Zemědělci jej mohou využívat spolu s termokamerou pro hledání zvěře při žních či přímo využít speciálně zkonstruovaný model pro zasévání a hnojení na obtížně přístupných místech. V kombinaci s multispektrální kamerou může být mapováno samotné pole, kontrolována vegetace a zároveň vytvářena mapa úrody. Tyto data se poté zpracují a nahrají do zemědělské techniky, která poté patřičné místo více přihnoují nebo naopak ubere. (Karas a Tichý, 2016, s. 58; Novák, 2021, s. 78; Anon., 2017, s. 11)

Kromě výše zmíněných možností se UAV často používají na trhu s nemovitostmi, neboť zde se najde jejich plné uplatnění v kombinaci leteckých snímků, videí, virtuálních prohlídek a AR vyobrazení pozemku. (Anon., 2017, s. 123)

Existuje široká škála možností využití bezpilotních letounů jako jsou například propagační videa pro hotely a rekreační zařízení, virtuální prohlídky pro golfová hřiště, svatební fotografie a videa nebo pouhé zachycení vzpomínek z rodinných událostí a výletů. (Anon., 2017, s. 123–127)

2.6 Doplnky pro drony

Jak pro velké drony, tak hlavně pro malé skládací je vhodné používat přistávací podložku. Ta zajistí vodorovnou plochu v kamenitém a prašném terénu nebo na louce. Zároveň zamezí dotek gimbalu stébel trávy a proudu vzduchu z vrtulí vytvořit oblak prachu při vzletu a přistání (např. Kocourek a Řešátko, 2021, s. 42)

Dalším významným doplňkem pro drony jsou ochrany vrtulí obepínající konce ramen. Toto příslušenství se hodí zejména pro let v interiéru, kde většinou modely nemají stabilní spojení s GNSS a létají tak jen v ATTI režimu. Ochranné oblouky chrání vrtule a dron pouze před

rovnými povrchy, jako jsou stěny a zdi, avšak nedokáží zamezit kolizi vrtule například s lustrem atp. (např Kocourek a Řešátko, 2021, s. 42; Novák, 2021, s. 56, 172–178)

Pro téměř 100% ochranu slouží speciální klece či koše, které obepnou drona kolem dokola, a dokáží tím zamezit střetu vrtule s překážkou ve všech směrech. (např Kocourek a Řešátko, 2021, s. 42; Novák, 2021, s. 56, 172–178)



Obrázek 3: Ochranné oblouky DJI Mini 3 PRO (vlastní zpracování)

2.7 Aplikace

Pro létání s drony značky DJI je zapotřebí mít nainstalovanou aplikaci v mobilním telefonu, tabletu nebo chytré vysílače s integrovaným displejem. Existují 4 oficiální programy: DJI GO, DJI GO 4, DJI FLY a DJI Pilot. První zmíněná verze GO je určena pro starší drony, které nedisponovaly tolika chytrými funkcemi, jako například DJI Phantom 3, který nemá antikolizní čidla. Druhá verze GO 4 lze použít s drony řady Phantom 4 a Mavic 1 PRO a Mavic 2 PRO. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 93; Novák, 2021, s. 60–64)

S příchodem nových skládacích dronů s technologií přenosu dat přes OcuSync 3.0 vznikla další aplikace DJI FLY. Ta nabízí jednoduché uživatelské rozhraní cílené pro snadné ovládání dronu širokou veřejností. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 122)

Poslední aplikace DJI Pilot je především pro profesionální modely disponující multispektrální kamerou, laserovým dálkoměrem a RTK pozičním systémem určené pro měření rozloh, fotogrammetrie či letecké inspekce objektů. (např. Kocourek a Řešátko, 2021, s. 134)

Dále ještě existují specifické aplikace jako jsou DJI Terra, Pix4D, UGCS. Ty jsou určeny pro plánování misí, kdy pak model létá po předem připravené trajektorii a například snímá určitý areál. To se hodí například pro tvorbu 3D fotogrammetrických modelů a ortofoto mapování daného území. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 137–141)

2.8 Předletová příprava

Před každým letem by měl pilot zkontrolovat dron, aktuální omezení v požadované lokaci letu a aktuální a nadcházející povětrnostní podmínky například v aplikaci UAV Forecast.



Obrázek 4: Aplikace UAV Forecast (vlastní zpracování)

Pro kontrolu letového provozu je nutné se podívat na AisView a DronView webovou aplikaci, kde se ukáží aktivované bezletové zóny nebo konce řízených okrsků viz kapitola AisView a DronView. Co se týká mechanické kontroly, operátor modelu by se měl zaměřit na neobvyklé vůle v ramenech způsobené přepravou, stav vrtulí, zda jsou dobře nasazeny, a hlavně zda nejsou nijak poškozeny, a vizuálně prohlédnout celkový stav skeletu dronu. Po této předletové kontrole může nejprve zapnout vysílač a po něm samotný dron. Až naběhne systémová aplikace a dron se připojí na poziční systém, vždy je dobré zkontrolovat stavový status, zda není třeba zkalibrovat kompas, IMU nebo zda v dané lokaci není silné zarušení například lokálními vysílači či zesilovači. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 160; Karas a Tichý, 2016, s. 80)

Kalibrace kompasu by se měla provádět před každým letem v nové lokaci. Kompas funguje na principu detekce magnetických sil, které jsou například ovlivněny horninami v případě létání v blízkosti skal či přímo na horách nebo ocelovou či železobetonovou konstrukcí při létání poblíž mostů a staveb. Kompas je pro dron jeden z klíčových senzorů, neboť jej řídicí jednotka používá pro správnou funkčnost automatických systémů, na udržování polohy, pro návrat domů a také pro chytré funkce. (Karas a Tichý, 2016, s. 87, 89; Anon., 2017, s. 80)

Samotný proces kalibrace kompasu spočívá v otáčení o 360° kolem boční části dronu a poté otáčení přídí směřující k zemi. Tento proces a samotné polohy se mohou lišit u každého modelu a výrobce, avšak po vyvolání funkce kalibrace se na displeji zobrazí animovaný postup, který pohyb má pilot vykonat. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 160; Karas a Tichý, 2016, s. 89)

2.9 Letové režimy

V moderních koptérách, které lze běžně zakoupit, se většinou nachází dva letové režimy, a to asistovaný a automatický. Tyto chytré režimy umožňují snáze pilotovat model a tvořit tak úchvatnější letecká videa. (Anon., 2017, s. 55)

Hlavním asistovaným režimem, ve kterém je dron z valné většiny obsluhován, je GPS-ATTI. Tento mód je aktivován pouze v případě, že bezpilotní letoun má dobrý signál GPS a spodní kamery mají výhled na prostor pod modelem. Díky tomuto režimu dron drží svou polohu a výšku i v silném větru. (Karas a Tichý, 2016, s. 91)

Dalším režimem je ATTI, kdy letoun si udržuje pouze svou výšku, avšak ne polohu, protože je vypnuto pozicování přes GNSS. Do tohoto režimu se dron sám přepne v případě, že se s ním létá v interiéru, kde nemá připojení k pozičním satelitům. (Karas a Tichý, 2016, s. 91; Anon., 2017, s. 58)

Ve Sport režimu se odemkne maximální možná rychlost modelu a zároveň se deaktivují antikolizní senzory. Tento letový mód se hodí pro případ rychlého přeletu na plánované místo nebo na manuální návrat v případě silného větru na místo vzletu.

Cine/Tripod jsou letové režimy, které jsou protikladem Sportu. Při jeho aktivaci dron výrazně zpomalí (max. rychlost 3 m/s), jeho ovládání se stane mnohem více plynulé a tím umožní uživateli nahrávat souvislá videa. V tomto módu se dle legislativy musí letoun provozovat v případě létání v blízkosti nezapojených osob.

Course lock je chytrý režim využívající kompas, GNSS a známou polohu vzletnutí. Dá se aktivovat přes aplikaci a umožňuje uživateli zafixovat dráhu letu, kdy pilot se poté může plně soustředit na ovládání náklonu kamery. V tomto módu poté letoun letí automaticky vpřed a upraví se jeho ovládání na vysílačce, kde lze jedním gimbalem ovládat náklon kamery a rotaci dronu a druhou pákou výšku a rychlost. Při aktivaci toho módu se na displeji zobrazí velké tlačítko pro deaktivaci, nebo jej lze také deaktivovat pomocí uživatelsky definovatelného tlačítka C1 nebo C2. (např. Karas a Tichý, 2016, s. 91; DJI, b. r.)

Naproti tomu automatický letový režim je aktivován v případě, že pilot zvolí například oblet nějakého předmětu v kruhovém poloměru nebo jakýkoliv manévr, kdy dron se pohybuje sám bez zásahu pilota. (Anon., 2017, s. 55) Tomuto chytrému režimu se říká Circle a pilot může joysticky upravovat letové parametry, jako jsou rychlost, vzdálenost a výška letu. Naproti tomu autonomní režimy jsou takové, kdy dron létá po předem zadané trajektorii bez zásahu do řízení. Provoz bezpilotních letounů v tomto módu je zakázán pro kategorii OPEN.

2.10 Pohyby dronů

Jak bylo zmíněné v letových režimech, moderní letouny disponují chytrými automatickými funkcemi, které pilotovi usnadní jeho tvorbu. Kompaktní moderní drony společnosti DJI mají od výroby předem naprogramované chytré pohyby ve formě letových režimů s názvem MasterShots.

Většina níže zmíněných letových pohybů se dá využít při natáčení dynamických videí. Mezi nejsnazší a nejzákladnější manévr se řadí tzv. „zvedačka či dronie“, kdy se dron buď pouze zvedá nebo letí v kombinaci směrem dozadu a nahoru. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 55)

Odtah nebo přiblížení též známé pod pojmem Zooming Out and In jsou pohyby, kdy dron se nejprve oddálí od vyznačeného předmětu a poté se k němu přiblíží. Na rozdíl od dronie v tomto módu letoun se pohybuje jen v horizontálním směru. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 55)

Jedním z pohybů vyzdvihující například sledování auta či jiného dopravního prostředku je boční let, ve kterém se zdůrazní pohyb objektu spolu s okolním terénem. Pro tento způsob letu ovšem většina dronů nedisponuje antikolizními čidly. Proto je vhodné letět bokem na otevřeném prostranství nebo pouze na vizuální dohled, neboť ani pilot z pohledu kamery nevidí kam letí. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 56)

Dalším zajímavým pohybem je tzv. „účko“ nebo oblet. Tento letový režim Circle byl zmíněn v předchozí kapitole. Jedná se o rotační pohyb letounu, kdy obepisuje kružnici okolo předem zvoleného bodu na mapě nebo vyznačeného POI. Při manuálním ovládání pilot musí dokonale sladit rychlost dronu, pohyb a rotaci, aby sledovaný objekt byl neustále ve stejném místě. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 56)

Posledním režimem je Active Track, kdy na displeji obsluha dronu vyznačí sledovaný objekt a letoun jej poté zcela autonomně trackuje. Při tomto letovém módu jsou aktivovány antikolizní čidla, pokud jimi dron disponuje, tudíž se před překážkou buď zastaví nebo ji oblétně.

3 LEGISLATIVA

Od roku 2021 vešla v platnost jednotná evropská legislativa pro provoz RC modelů a bezpilotních prostředků. Jejím hlavním přínosem bylo sjednocení odlišných zákonů, takže nyní všechny členské státy EU mají zcela stejné podmínky samotného provozu.

Před touto úpravou legislativy byl provoz bezpilotních prostředků omezen Doplňkem X leteckého předpisu L2, který vstoupil v platnost 1. března 2012. Právě Doplňek X poprvé stanovil jednotlivá pravidla pro provoz modelů letadel a nově i modely bezpilotních letounů, které jsou dle tohoto dokumentu schopny automatického letu či návratu. (Karas a Tichý, 2016, s. 229–238)

Tento dříve platný dokument byl zrušen a nahrazen OOP spolu s dokumentem o zeměpisných zónách s názvem LKR-10 UAS dle již zmíněné jednotné legislativy. Právě v LKR-10 jsou stanoveny pevná pravidla pro provoz dronů v blízkosti letišť, zakázaných a rizikových zón a HOP neboli hustě osídleného prostoru. Podle Novotného (2017) za hustě osídlený prostor se považuje prostor, který je ve městě nebo jiné obci používán převážně k bydlení, obchodním činnostem nebo rekreaci.

Tato legislativa rozděluje provoz dronů do tří kategorií: OPEN, SPECIFIC a CERTIFIED. Kategorie OPEN se dále větví na podskupiny A1, A2 a A3. Pro běžné uživatele, kteří létají pro hobby účely je určena kategorie OPEN, avšak ti, kteří se rozhodnou používat dron k profesionálním účelům a například mapovat území CHKO, budou spadat do kategorie SPECIFIC. Kategorie OPEN je omezena na maximální výšku letu 120 m nad okolním terénem (ještě v době platnosti Doplnku X byla maximální povolená výška 300 m). (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 179; Karas a Tichý, 2016, s. 238)

Díky této úpravě zákona již nyní i piloti spadající do skupiny OPEN mohou podnikat lety za účelem komerčního využití, avšak pouze za předpokladu, že mají povinné pojištění na drona. Zároveň bezpilotní letouny byly kategorizovány dle vzletové váhy a jiných parametrů do kategorií C0–C6 a dle rizikovosti na již zmíněné podkategorie A1–A3 viz tabulka Příloha A Kategorie provozu. (Úřad pro civilní letectví, b. r.)

Otevřená kategorie (OPEN) je vyhrazena pro běžné uživatele, kteří nemusí mít povolení od ÚCL ani prohlášení provozovatele před každým letem. Pro tuto kategorii ovšem platí, že se musí létat na vizuální dohled modelu bez použití specifických pomůcek (VLOS). Zároveň pilot u sebe může mít tzv. „spottera“, který neustále sleduje vzdušný prostor v okolí dronu a taktéž sleduje blízkící se osoby. Při letu s FPV dronem za pomoci speciálních FPV brýlí nebo monitoru pilot u sebe mít spottera ovšem musí. (Úřad pro civilní letectví (2), b. r.; Kocourek a Řešátko, 2021, s.183; Novák, 2021, s. 282)

Specifická kategorie (SPECIFIC) je kategorie určená pro provoz dronů, jejichž let nese určitá rizika nebo plánují překročit jakýkoliv limit kategorie OPEN. Před letem musí dopředu provozovatel získat povolení od ÚCL spolu s dokumentací se zanešenými dopadovými zónami pro posouzení provozního rizika. Toto povolení nese název SORA neboli Specific Operations Risk Assessment, který posuzuje a schvaluje Úřad civilního letectví. (Úřad pro civilní letectví, b. r.; Kocourek a Řešátko, 2021, s. 183)

Certifikovaná kategorie (CERTIFIED) vyžaduje pro provoz bezpilotního systému platný certifikát, osvědčení o způsobilosti pilota a schválení provozovatele od ÚCL. Tato kategorie je

i připravena pro drony sloužící pro převážení osob a zboží, kdy tyto letouny časem budou schopny plně autonomního řízení. (Úřad pro civilní letectví, b. r.; EASA, b. r.)

Každý majitel dronu s kamerou na palubě umožňující přenos a záznam obrazu se musí zaregistrovat na Úřadu civilního letectví a složit online zkoušku. Po úspěšném dokončení obdrží registrační číslo provozovatele a doklad o absolvování online výcviku v kategorii OPEN A1/A3. Identifikační číslo musí umístit na každý provozovaný dron.

Této povinné registraci nepodléhá pilot například pokud létá pouze dronem v interiéru, neboť tam neplatí pravidla vzdušného prostoru, anebo v případě, že se jedná o hračku. Na obale musí být definováno, že se jedná o hračku a že jej smí obsluhovat mladší 14 let, v tomto případě může mít model i kameru se záznamem a přenosem obrazových dat. (Novák, 2021, s. 279)

3.1 Třídy a kategorizace bezpilotních prostředků

Jak již bylo zmíněno, dle míry rizika provozu jsou předem stanoveny tři podkategorie označené písmenem A, dále pak třídy označení bezpilotního prostředku C rozdělené dle letové váhy, napětí baterie, identifikace na dálku a schopností automatické řízení.

Třída A1 značí nejnižší riziko, do něhož spadají drony třídy C0 a C1, pro jejichž provoz stačí povinná registrace a online test. Skupina A3 je definována také jako nízké riziko provozu, avšak je určena pro těžší letouny třídy C2, C3 a C4. V poslední řadě je poté A2 představující vyšší riziko, pro jehož provoz je nutno splnit dodatečný písemný test na ÚCL. (Úřad pro civilní letectví (2), b. r.)

Níže psaný text s rozdělením letounů do tříd a kategorií vychází z těchto zdrojů: Kocourek a Řešátko, 2021, s. 180–181; Novák, 2021, s. 283–286; Úřad pro civilní letectví (2), b. r.

Pro získání certifikátu kategorie A2 je třeba nejprve složit online zkoušku A1/A3 OPEN, absolvovat praktický výcvik formou samostudia, podepsat čestné prohlášení o absolvování daného výcviku, a nakonec složit dodatečnou zkoušku A2 z teoretických znalostí z meteorologie, provádění letů, bezletových zón a také z technických a provozních specifikací.

Od 1. 1. 2023 musí všechny drony nově uvedené na trh mít na skeletu štítek s označením třídy „C“. Nejlehčí drony do 250 g s maximální letovou rychlostí 19 m/s spadají do třídy C0 a může se s nimi létat v zástavbě a nad jednotlivými osobami, ne však nad shromážděním.

Bezpilotní letouny splňující požadavky C1 mají maximální vzletovou hmotnost pod 900 g, mají systém přímé identifikace na dálku (Remote ID) a musí disponovat funkcí geo-awareness, tedy detekcí ochranných pásem a bezletových zón.

Do třídy C2 jsou zahrnuty těžší stroje, které nepřesahují MTOM 4 kg, nemají stanovenou maximální rychlost a stejně jako C1 musí disponovat identifikací a geo-awareness. Navíc musí

ještě pilot dodržovat minimální odstup 50 m od budov a od nezapojených osob vzdálenost s označením 1:1, tedy vzdálenost rovnou výšce letu.

Velké těžké drony s MTOM do 25 kg spadají do třídy C3, taktéž musí mít systém umožňující letoun identifikovat na dálku a lokalizaci bezletových zón. Pro tuto kategorii je stanovena minimální vzdáleností od budov 150 m, 30 m od kolemjdoucích lidí a vzdáleností 1:1 od nezapojených osob.

C4 má stejný váhový limit jako C3, ovšem zde model neumí používat automatické řízení, třída C5 je poté kategorie C3, ale bez systému geo-awareness.

Všechny doposud zmíněné třídy mohly používat pouze elektronický pohon, pokud tedy letoun používá jiný styl pohonu, například spalovací, je automaticky zařazen do kategorie C6, která je omezena na maximální rychlost 50 m/s. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 180–181; Novák, 2021, s. 283–286; Úřad pro civilní letectví (2), b. r.)

3.2 Bezletové zóny

Legislativa dronů zahrnuje státem a Úřadem pro civilní letectví předem definované bezletové zóny, které jsou zaneseny do webového portálu od Úřadu pro civilní letectví (ÚCL) a online databáze výrobce dronu. (Novák, 2021, s. 276–277)

Ochranná pásma letišť viz Příloha B Ochranná pásma v blízkosti letišť a lze dělit na CTR neboli řízený okrsok a ATZ označující letištní provozní zónu. Podél dopravních staveb, inženýrských a telekomunikačních sítí a vodních zdrojů je také předem definovaná bezletová zóna. Dále omezený je provoz bezpilotních letounů v oblasti chráněného území, objektů důležitých pro obranu státu, lomů či právě probíhajících zásahů IZS. (Novák, 2021, s. 276–277)

Kromě CTR a ATZ je v leteckém zákoně definován pojem MCTR, ATC a AFIS. MCTR je jedním ze zakázaných prostorů vyznačující vojenský vzdušný prostor, který může být trvalý či jen dočasný pro výcvik pilotů stíhaček. ATZ neboli zóna okolo neřízeného letiště často využívá letištní informační službu AFIS nebo RADIO. Tuto službu musí pilot využít v případě letu s těžším dronem než 0,91 kg nebo v případě letu nad ochrannou zónou. (Novák, 2021, s. 276–277; VFR příručka, b. r.; ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU ČR, 2022)

Řízené okrsky CTR a MCTR využívají řízení letového prostoru ATC, které jsou poté omezeny ve veřejné vyhlášce OOP pro létání uvnitř těchto zón. V případě klasického řízeného okrsku a vojenského vzdušného se může letoun pohybovat pouze do výšky 100 m za předpokladu pohybu vzdálenějšího jak 5,5 km od ARP či v nejvyšší povolené výšce dle systému GRID v aplikaci AisView. (VFR příručka, b. r.; Úřad pro civilní letectví (3), b. r.)

Podrobnější popis jednotlivých vzdáleností od ARP je v Příloze C Letiště.

3.3 Vzdušný prostor

Již od platnosti Doplnku X leteckého předpisu L2 je prostor nad zemí rozdělen do předem definovaných tříd viz Příloha D Vzdušný prostor a Příloha E Vzdušný prostor 2.

Vzdušný prostor třídy G je vymezen od zemského povrchu do výšky 300 m AGL. Tato výška se počítá kolmicí od povrchu země k modelu. V tomto prostoru se smí model bezpilotního letounu pohybovat do výšky max. 120 m za předpokladu, že tam není zakázaný prostor či nízká oblačnost. (Novák, 2021, s. 276; VFR příručka, b. r.; ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU ČR, 2022)

Nad prostorem třídy G se nachází vzdušný prostor třídy E, který je vymezen letovými hladinami FL. Do tohoto prostoru ovšem nemůže vzlétnout žádný dron jakékoliv kategorie vyjma speciálních vojenských dronů. (Novák, 2021, s. 276; VFR příručka, b. r.)

3.4 Pojištění

Každý dron by měl být správně pojištěn na částku minimálního plnění dle Evropského parlamentu. Hobby pojištění je určeno pro rekreační a sportovní účely s dronem do maximální váhy 10 kg. Mělo by obsahovat odpovědnost za škodu do výše 1 až 3 milionů Kč. (Úřad pro civilní letectví (4), b. r.; Kocourek a Řešátko, 2021, s. 193)

Ti, co budou užívat bezpilotní prostředky ke komerčním účelům musí mít sjednané pojištění odpovědnosti za škodu s minimálním krytím 750 000 SDR (cca. 26 000 000 Kč). Zde se už liší výsledná částka dle velikosti, hmotnosti a stáří dronu. (Úřad pro civilní letectví (4), b. r.)

Stejně jako na automobil, i na dron se dá sjednat havarijní pojištění. České pojišťovny poskytují pojištění na nový, nebo maximálně rok starý model s MTOM do 10 kg. Dokonce i někteří výrobci nabízí toto pojištění, například firma DJI má v nabídce službu DJI Care, kterou lze zakoupit rovnou s dronem nebo poté dodatečně do 48 hodin od první aktivace. (např. Juračka a kolektiv, 2017, s. 29; Kocourek a Řešátko, 2021, s. 193)

DJI Care Refresh se vztahuje na jakýkoliv díl dronu v případě poškození vlivem pilota. Při havárii nebo utopení letounu se za první výměnu platí například 40 EUR v případě dronu DJI Mini 3 PRO a za druhou výměnu již 50 EUR. Taktéž si lze zakoupit pojištění DJI Flyaway Coverage, které lze využít v případě, že dron uletí a nenajde se, musí se zde doložit záznam z aplikace. V tomto případě se u stejného modelu Mini 3 PRO platí poplatek 170 EUR. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 193; DJI STORE, b. r.)

3.5 AisView a DronView

Tyto dvě zmíněné aplikace slouží k předletové kontrole před samotným letem. Jedná se o interaktivní mapu, v níž jsou vyznačeny dočasně a trvale rezervované vzdušné prostory,

letiště a bezletové zóny. Databáze je propojena s Řízením letového provozu a je určena pro použití před každou předletovou přípravou. Pilot se musí řádně obeznámit s rozložením vzdušného prostoru a měl by i zanést do systému údaje o svém letu, jako jsou zamýšlená výška, rádius, ve kterém se bude dron pohybovat a hmotnost bezpilotního letounu. Kromě standardní webové aplikace jsou k dispozici také mobilní aplikace. (Novák, 2021, s. 84)

Ukázka prostředí dedikované aplikace pro mobilní telefony v Příloze F CTR, ATC, GRID a Obrázek 18: Postup pro vytvoření letového plánu (vlastní zpracování)

4 VZNIK SNÍMKU A SNÍMACÍ TECHNIKA

4.1 Princip vzniku digitálního snímku

Základními prvky moderních fotoaparátů jsou objektiv, obrazový snímač, AD převodník, procesor a paměťové médium.

Nejprve světlo projde optickou sestavou objektivu, kde se nachází mechanická clona, která zužuje procházející paprsek a koriguje tak výslednou expozici a hloubku ostrosti. Po výstupu z objektivu světlo projde okolo otevřené závěrky a dopadne na světlocitlivý snímač. (Horný a Krsek, 2009, s. 84)

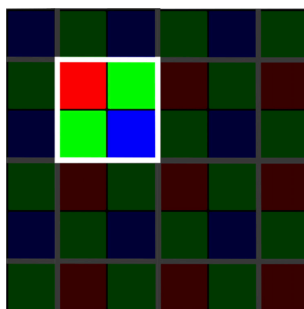
V moderních klasických fotoaparátech stále ještě převažuje mechanická závěrka, která se skládá ze dvou hlavních lamel pohybujících se nezávisle na sobě. Nastavením délky expozice se spustí první lamela a tím umožní světlu proniknout na povrch snímače a aby byl zachován korektní expoziční čas, následně dojde k pohybu druhé lamely, která opětovně překryje snímač a ukončí tak samotný proces expozice. U profesionálních dronů se setkáme taktéž s mechanickou závěrkou, ovšem valná většina levnějších modelů má pouze elektronickou.

Dříve se používaly CCD snímače, avšak dnes byly ve valné většině přístrojů nahrazeny CMOS čipy nebo LiveMOS (NMOS). Tomuto typu CMOS snímače se také říká APS neboli aktivní pixelový senzor, který se skládá z jednotlivých fotosenzorů a aktivních zesilovačů neboli subpixelů. (Horný a Krsek, 2009, s. 84; Novák, 2021, s. 66–67)

Optický snímač je poměrně komplexní zařízení skládající se z několika různých vrstev. Pro možnost zachycení jakéhokoliv obrazu je asi nejdůležitější vrstva se světlocitlivými buňkami, které převádí světlo na elektrický náboj. Aby mohla vzniknout barevná fotka, horní vrstva snímače se skládá z barevných filtrů uspořádaných do mřížky známých pod pojmem Bayerova maska. (Novák, 2021, s. 113)

Tato mřížka má pravidelně rozmístěné jednotlivé filtry zbarvené v RGB složkách. Díky této vrstvě jednotlivé fotobuňky neboli subpixely mohou snímat obraz pouze v jedné barvě. Proto aby se dal nasnímat obraz v jakémkoliv RGB spektru, je mřížka rozmístěna tak, že dojde

k uskupení 4 jednotlivých subpixelů a vznikne tzv. pixel tvořený ze čtyř fotocitlivých sensorů, dvou zelených a jednoho modrého a červeného filtru. Po zaznamenání dat z jedné oblasti se čtveřice posune i jeden sloupec/řádek, tudíž je pixel snímán vícekrát.



Obrázek 5: Bayerova maska (vlastní zpracování)

Dalším krokem pro vznik výsledného snímku je zapojení AD převodníku, který má za úkol převést analogovou hodnotu reprezentující množství elektrického náboje na digitální hodnotu, se kterou následně pracuje procesor a zbytek mikročipů. Z každého subpixelu se přenesou hodnota zvlášť a uloží se do registru a bufferu. Díky tomu se přenesou informace o barevné informaci a intenzitě světla. V této části již vzniká samotný snímek, ovšem v jeho surové podobě známé pod pojmem RAW.

Posledním krokem při vzniku fotografie je přesun z obrazového procesoru do vyrovnávací paměti a následně na záznamové médium neboli paměťovou kartu. Nyní pokročilejší fotoaparáty, ale i dokonce mobily a drony umožňují uživateli zaznamenávat jak RAW soubor, tak i jeho komprimovanou verzi. Pro běžnou publikaci bohatě dostačuje například výsledný komprimovaný soubor s příponou .jpg, pokud ovšem uživatel má v plánu následný snímek editovat, měl by pracovat s RAW souborem a učinit tak kroky namísto obrazového procesoru dle vlastní libosti. (Horný a Krsek, 2009, s. 84; Novák, 2021, s. 73)

4.2 Jednotlivé části kamery

4.2.1 Snímač

Jedná se o jednu z nejdůležitějších součástí fotoaparátů, videokamer a dronů. Kvalita výsledného snímku závisí na optice a na samotném snímači. Ten udává výsledný dynamický rozsah, citlivost a množství šumu.

Snímací senzory se dělí podle své fyzické velikosti, kdy například Full Frame dosahuje velikosti 35 mm, APS-C 23,5 mm a 1palcové snímače mají delší stranu o rozměrech 12,8 mm. Tyto elektronické komponenty jsou velice komplexním zařízením pracujícím na principu převodu světla na elektrické napětí a poté na digitální signál viz kapitola 4.1 Princip vzniku snímku (Horný a Bedřichová, 2018, s. 76; Novák, 2021, s. 65)

4.2.2 Závěrka

Závěrka je úzce spojena se snímacím čipem a spolu s clonou a citlivostí ovlivňují výslednou expozici. Závěrka může být buď mechanická nebo elektronická. Oba typy určují, jak dlouho bude probíhat samotná expozice. V dnešní době, pokud je fotoaparát osazen mechanickou závěrkou, se jedná o závěrku v obrazové rovině senzoru, která se nachází těsně před samotným senzorem. Její princip je popsán v kapitole 4.1 Princip vzniku snímku (Horný a Bedřichová, 2018, s. 76)

4.2.3 Clona

Clona neboli clonové číslo je dána podílem ohniska a skutečné velikostí vzniklého otvoru mezi lamelami clony. Tyto lamely jsou rozestavěny do kruhu a čím více jich je, tím dokonalejší kruh vznikne při vykreslení například rozostřených světel. Clona se udává ve clonových číslech značených malým písmenem „f“. Pokud se vezme portrétní 50 mm F1,4 a mírně se zacloní na hodnotu f/2.0, lamely clony se sevrou a vznikne tak mezi nimi štěrbinu o průměru 25 mm. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 77–78)

Světelnost objektivu úzce souvisí se clonou. Značí se velkým písmenem „F“ a udává nám schopnost objektivu přijímat světlo a tím tedy i v jak nízkých světelných podmínkách lze fotit. Jednoduše lze říci, že světelnost je rovna nejmenšímu clonovému číslu, což v teorii je dáno i podílem ohniska a průměru vstupní čočky. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 77–78; Novák, 2021, s. 69; Horný a Krsek, 2009, s. 87)

4.2.4 Objektiv

Objektiv je soustava čoček přesně uspořádaných za sebou. U objektivu jsou dány dva parametry, a to světelnost díky cloně a jeho ohnisková vzdálenost neboli ohnisko.

Ohnisková vzdálenost je vzdálenost optického středu objektivu od roviny snímání za předpokladu, že se snímáný obraz nachází v nekonečnu. Značí se malým písmenem „f“ a její hodnota se udává v milimetrech. Zjednodušeně se dá říci, že ohnisková vzdálenost nám udává, jak přiblížený objekt bude vykreslen na samotný senzor fotoaparátu. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 78)

Podle Horného a Bedřichové (2018, s. 78) a Nováka (2021, s. 67) Jsou u optických přístrojů předem předdefinovány 4 kategorie lišící se podle ohniska:

- extrémně širokoúhlé objektivy (mívají široké zorné pole a ohnisko pod 10 mm)
- širokoúhlé (10–40 mm),
- standardní nebo také tzv. portrétní objektivy (50–100 mm),
- teleobjektivy (>100 mm).

4.3 Druhy kamer dronů

Valná většina dronů v nižší cenové kategorii již disponuje od výroby pevně zabudovanou kameru na gimbalu bez možnosti uživatelské výměny. Z tohoto důvodu se uživatel musí zaměřit na její parametry při nákupu, neboť na nich závisí výsledná kvalita snímaného obrazu. (Karas a Tichý, 2016, s. 72; Anon., 2017, s. 24)

Běžně dostupné drony často mají fixní ohniskovou vzdálenost objektivu většinou okolo 24 až 28 mm, avšak najdou se i drony s variabilním ohniskem například 24–48 mm u Mavica 2 Zoom a 24–162 mm s použitím hybridního zoomu ze dvou nezávislých objektivů u dronu DJI Mavic 3 Pro. (např. Novák, 2021, s. 68)

Dříve drony měly většinou světelnost objektivu $f/2,8$ a zároveň fixní hyperfokální vzdálenost zaostření od 1 m do nekonečna, avšak s příchodem nových modelů se světelnost zvýšila na $f/1,7$, kde již nelze mít vše zaostřené, a proto moderní drony řady DJI Mavic disponují automatickým ostřením s možností uživatelského manuálního přeostrění.

S postupem technologie se drony postupně zmenšují a parametry snímačů jako je rozlišení a jejich fyzická velikost se naopak zvětšují. Například DJI Phantom 4 z roku 2016 má snímač o velikosti $1/2,3''$, Mavic 2 Pro a Mavic Air 2S disponují snímačem o fyzických rozměrech $1''$ a nejmenší dron od výrobce DJI Mini 3 Pro poté $1/1,3''$. (např. Kocourek a Řešátko, 2021, s. 29)

Drony určené pro profesionální určení od výrobce DJI například Inspire jsou určeny pro použití s externí kamerou nebo snímacím modulem. Zde je na výběr z velkého množství systémů nesoucí název DJI Zenmuse. Nachází se zde například univerzální modely s integrovaným objektivem a pokročilé filmařské kamery s výměnnými objektivy schopné zaznamenávat vysoce kvalitní video v Apple ProRes RAW formátu. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 32)

Snímací moduly pro dron DJI Matrice jsou určeny ke speciálním účelům. V nabídce je například kamera s full-frame snímačem o rozlišení 45 MPx, hodící se pro fotogrammetrii. Dále pak kamera s integrovaným laserovým skenerem LiDAR vhodným pro rekonstrukci přesných 3D modelů s využitím dedikovaného softwaru, hybridní kamery obsahující optiku schopnou vysoko násobného zoomu až do ohniska 4 800 mm. Nadále také kamera doplněná o laserový dálkoměr schopný měřit objekty na vzdálenost 1 200 m, termokamery spojené s tepelným senzorem FLIR a v poslední řadě jsou v nabídce i multispektrální kamery a snímače. Tyto vícepásmové moduly už nemusí být přímo od výrobce DJI, ale může se jednat o dedikované snímače například od firmy Micasense. Tyto specifické kamery lze použít pro získání informací o zdraví plodin, stavy porostů, škůdců a plevelů. Některé modely jsou kromě pěti spektrálních pásem také doplněny o radiometrický termální snímač, s nímž lze mapovat stav plodin, vodní hospodářství, těsnost zavlažovacího systému, obsah živin v půdě a v kombinaci se

specializovaným softwarem i strojově třídit rostliny dle druhů. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 33–37)

4.4 Filtry

Stejně jako u fotoaparátů a videokamer se i na dronech používají různé filtry. Filtry jsou specifická optická skla s různými funkcemi a vlastnostmi. Nejčastěji se našroubují na přední člen objektivu nebo nasunou na objektiv samotný.



Obrázek 6: Ukázka dvou typů filtrů – nacvakávací a šroubovací (vlastní zpracování)

Mezi nejčastější filtry lze zařadit UV, kruhově polarizační, přechodové, neutrální šedé, barevné, či filtry specifické a efektní. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 86; Horný a Krsek, 2009, s. 87; (Long a Schenk, 2005, s. 134)

4.4.1 Neutrální (šedé) filtry

Jedná se o speciální druh filtru, který se využívá k fotografiím s dlouhou expozicí, a hlavně pro video. Jsou vyrobeny ze zabarveného skla nebo pryskyřice. Mají za úkol redukovat množství světla a prodlužovat tak expoziční čas. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 82; Horný a Krsek, 2009, s. 88; Anon., 2017, s. 45, 72)

Hojně se používají k dosažení tzv. cinematic vzhledu videa, kdy chceme dosahovat 180° pravidla závěrky, tedy například pro snímek při 25 fps používat 1/50 závěrky. Díky tomu budou záběry plynulé s přirozenou pohybovou neostrotí, na kterou jsme zvyklí z akčních filmů. (Anon., 2017, s. 63, 77) Tyto ND filtry se prodávají buď samostatně nebo v setu o různých intenzitách udávaných v expozičních stopách EV. Filtr ND2 ubere 1 EV, zato například ND64 6 stop. U těchto filtrů se většinou volí jejich hustota dle počasí. Při natáčení ve velmi ostrém slunci se používají tmavší neboli hustší ND filtry, kdy například zmíněný ND64 z původní

expoziční 1/4000 sníží rychlost závěrky na 1/50. (Novák, 2021, s. 71; Juračka a kolektiv, 2017, s. 53; Anon., 2017, s. 72)



Obrázek 7: Ukázka ND filtrů a rychlosti závěrky při videu (vlastní zpracování)

4.4.2 UV filtry

Jsou barevně neutrální filtry, které se využívaly v dobách analogové fotografie, neboť redukovaly UV záření a zvyšovaly tím ostrost, kontrast a potlačovaly modrý nádech fotografie například při focení v horách. Nyní se tyto filtry nevyužívají kvůli jejich optickým vlastnostem, protože moderní objektivy digitálních fotoaparátů je mají integrované, ale jako ochranný prvek proti poškrábání skla nebo speciální antireflexní a oleofóbní vrstvy objektivu. (např. Horný a Krsek, 2009, s. 88; Horný a Bedřichová, 2018, s. 81; Long a Schenk, 2005, s. 135; Kocourek a Řešátko, 2021, s. 168–169; Karas a Tichý, 2016, s. 98)

4.4.3 Polarizační filtry

Díky speciálně vytvořené vrstvě dokáží polarizovat propouštěné světlo, tedy eliminovat odlesky a zvyšovat tak sytost barev. Lze je použít na minimalizaci reflexí skla budov nebo automobilů, vodní hladiny nebo i pro snížení oparu při krajinářských fotografiích. (Anon., 2017, s. 70, 71) Pro svou funkčnost se využívají kruhově polarizované filtry, které lze pootočít a tím i nastavit jejich intenzitu. Na fotoaparátu to není žádný problém, ale u dronu se při použití tohoto filtru může stát, že nad zemí se zdá, že je nastaven korektně a poté ve výšce už nemusí plnit svůj účel. (Horný a Krsek, 2009, s. 88; Horný a Bedřichová, 2018, s. 81)

Dnes se už dají sehnat i kombinace filtrů pod názvem NDCPL, jak již z názvu plyne, jedná se o spojení polarizačního filtru s neutrálně šedým filtrem.

4.4.4 Specifické filtry a předsádky

Dalšími filtry jsou přechodové, které mají ztmavenou jen jednu část skla, ta se většinou natočí směrem nahoru a slouží tak ke ztmavení oblohy se zachováním zbytku expozice.

Anamorfické filtry známé též pod pojmem GoldMorph nebo BlueMorph slouží k vytvoření filmového efektu odrazu světla nebo slunečních paprsků v protisvětle. Díky tomuto doplňku se paprsky procházející objektivem vykreslí jako jedna dlouhá barevná linie, což pozmění celkový vzhled videa.

Dalším poměrně specifickým filtrem je Mist filtr sloužící ke zjemnění tónů, kontrastu a ostrosti. V dnešní době moderních snímačů se občas digitální video může jevit jako příliš ostré, proto se využívá tento filtr, aby se nepatrně potlačila vysoká ostrost a tím vytvořil filmový efekt. Dále tyto sklička lze využít i k nabuzení iluze mystičnosti, což se může využít na určité specifické záběry.

Posledním typem filtrů jsou optické předsádky modifikující úhel záběru. Tyto doplňky dokáží vytvořit více širokoúhlý snímek, nebo klasický formát převést do tzv. anamorfického poměru pro dokonalejší filmový vzhled. Tyto předsádky vyrábí i samotný výrobce dronů, kdy například zakoupením tzv. Wide-Angle Lens s parametrem 0,65x získáme z původního ohniska 24 mm nové širokoúhlé ohnisko s ekvivalentem 16 mm. Tím že drony jsou legislativou omezeny na maximální výšku 120 m, často se stává, že nedokážeme dostat potřebnou snímanou plochu do snímku a použitím této širokoúhlé předsádky získáme větší kreativitu fotky a zároveň i větší snímaný prostor, který po přepočtu z původních 120 m odpovídá rozloze foceně z výšky 185 m. (Kocourek a Řešátka, 2021, s. 46; Horný a Krsek, 2009, s. 118)



Obrázek 8: Porovnání snímků s předsádkou a bez předsádky (vlastní zpracování)

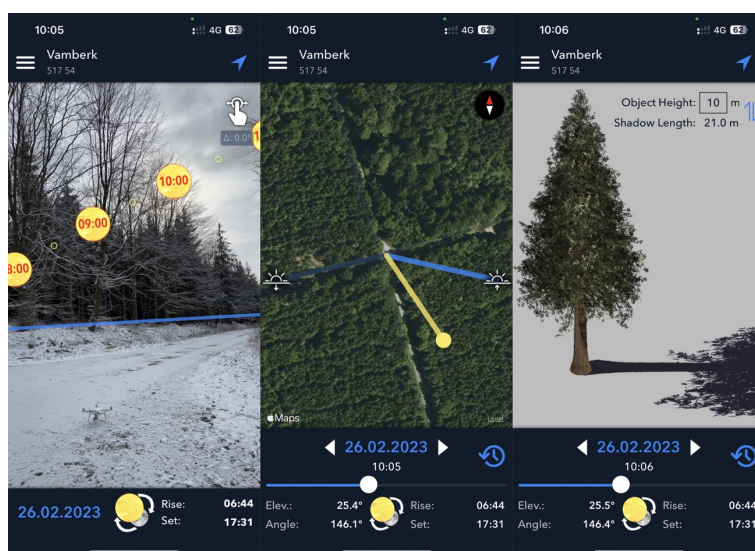
4.5 Nejvhodnější doba na snímání

U dronů obecně platí stejná pravidla jako u klasického fotografování. Pro vznik nejvíce plastické fotografie s dlouhými stíny musíme zvolit dobu, kdy je slunce nízko a obloha ještě hraje teplými barvami. Z tohoto důvodu se často natáčení a focení směřuje na dobu krátce po východu nebo před západem slunce, kdy je i krajina lemována nízkými mlhami. (Karas a Tichý, 2016, s. 101; Anon., 2017, s. 70)

Vše ovšem záleží na stylu snímané scény a pohledu. Pokud by se jednalo o focení například kolmo dolů, zde by bylo lepší vyčkat na čas, až bude Slunce o něco výše. Často se však dronaři stejně jako fotografové snaží vyhnout pravému poledni, protože světlo má nejvyšší intenzitu a díky své poloze nevytváří žádné stíny, které dodávají snímku plasticitu. (Karas a Tichý, 2016, s. 100; Kocourek a Řešátko, 2021, s. 170)

Výběr vhodného času na pořízení záznamu se dá i dopředu naplánovat. Pomocí map nebo případného StreetView pohledu se dá orientačně podívat na členění terénu a přibližně natipovat, kde bude východ a západ. Pro získání přesného času můžeme využít aplikaci v chytrém telefonu, která fotografům v AR ukáže pozici Slunce na obloze v určitou hodinu, zobrazí směr a délku stínů, případně v jaký čas bude probíhat takzvaná zlatá hodina, tedy čas, kdy obloha bude hrát oranžovo červenými barvami.

Každá lokalita má svou fotogeničnost v odlišném denním čase a ročním období, avšak většinou letecké snímky krajin vypadají nejlépe na podzim, kdy jsou listnaté stromy zbarveny v teplých barevných tónech.



Obrázek 9: Aplikace Lumos – pozice Slunce (vlastní zpracování)



Obrázek 10: Porovnání krajiny ve čtyřech ročních obdobích (vlastní zpracování)

Originální nezpracované snímky z koláže lesa v Příloze G Snímky ze čtyř ročních období.

4.6 Expozice

Expozice se skládá z kombinace tří prvků: času, clony a citlivosti ISA. (Horný a Krsek, 2009, s. 89) Často se tyto tři veličiny nazývají též jako expoziční trojúhelník, neboť jsou na sebe vázané a pokud se například sníží jedna, musí se zvýšit druhá. (Anon., 2017, s. 74) U fotoaparátů se dá každá veličina samostatně nastavit, ale třeba u běžných dronů a většiny mobilních telefonů je clona konstantní a dají se tak nastavovat jen zbylé dvě hodnoty. (Anon., 2017, s. 74)

Samotný proces měření spočívá ve vyhodnocení expozice dle předem nastaveného expozičního režimu měření. Existují tři různé způsoby měření – plošné, bodové a průměrové s prioritou středu nebo zvoleného bodu.

U plošného měření obrazový procesor vyhodnotí z celého snímku optimální expozici, aby stíny nebyly moc podexponované a světla přexponovaná. V tomto režimu většinou pracují mobilní telefony a drony. V dnešní éře strojového učení a moderním algoritmům dokonce dokáže být rozpoznán objekt na základě tvarů a barev a následně může být korigována expozice.

Dalším režimem měření, který se vyskytuje jak u dronů, tak mobilů, je průměrové měření s prioritou zvoleného bodu. V obou případech, pokud je fotograf nespokojen s automatickým nastavením expozice, může kdykoliv kliknout prstem na displej na vybrat tak bod, který by měl být poté optimálně korigován. (např. Horný a Krsek, 2009, s. 89)

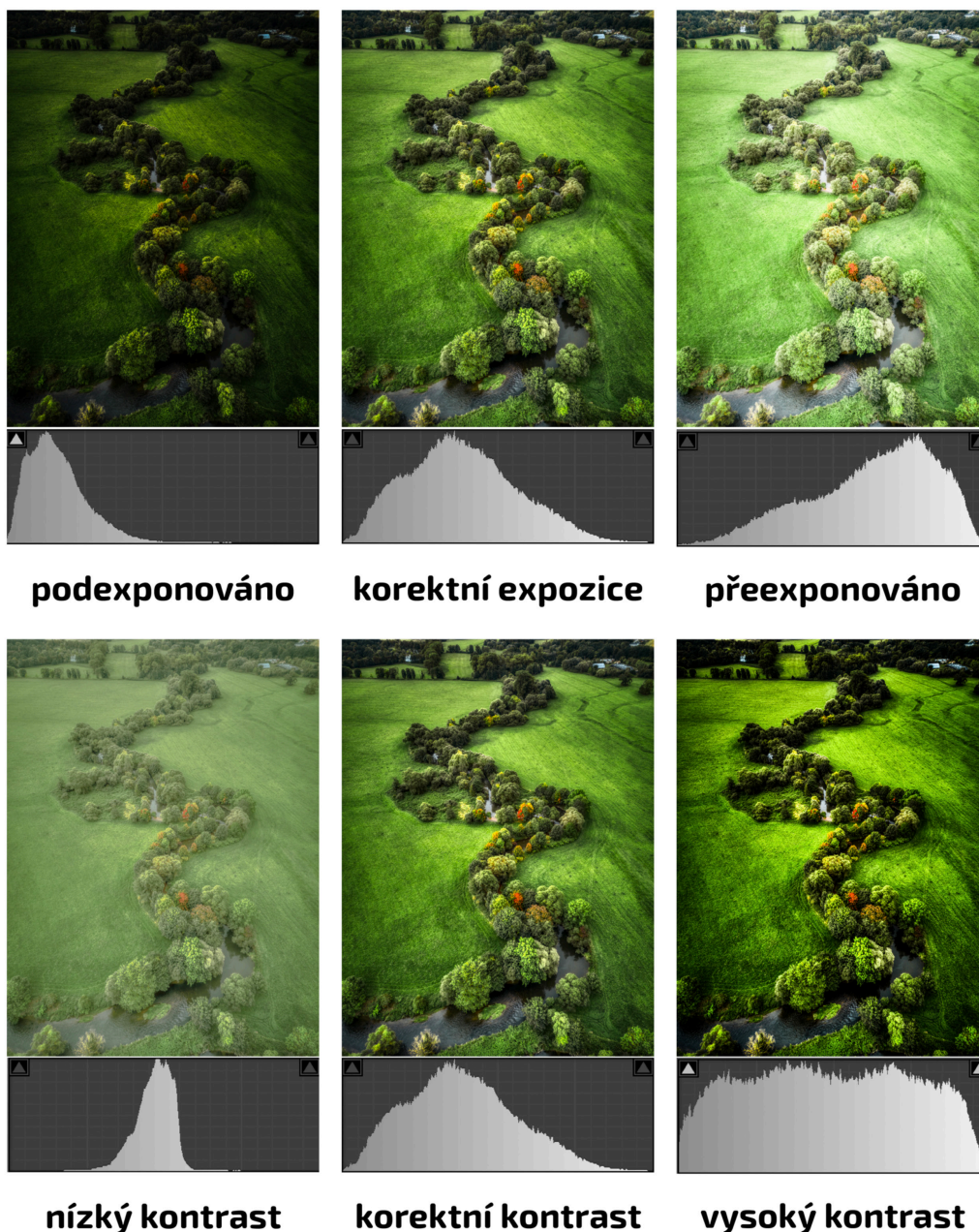
4.6.1 Kompenzace expozice

Jak již bylo zmíněno výše, i automat se může splést nebo nastavit expozici jinak, než by si fotograf či pilot představoval. V tomto případě mají fotoaparáty režim kompenzace expozice, kdy při příliš světlých/tmavých scénách můžeme snížit/zvýšit expoziční hodnotu od vypočítaného optimálu. Automatické nastavení expozice se snaží dle zvolené oblasti měření nastavit expozici tak, aby výsledná fotka byla pořízena v expoziční hodnotě 0 EV. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 86)

Při focení s dronem se obsluha letounu často setkává s tím, že obrazový procesor nastaví expozici špatně a například obloha nebude modrá, ale zcela bílá a louka bude také přesvícená. V tomto případě je vhodné využít manuální korekce expozice do záporné hodnoty. Většina přístrojů disponuje možností nastavení korekce v rozmezí ± 3 EV po 0,3 krocích. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 86; Nicholson, b. r.)

Pro správné nastavení expozice existují různé softwarové pomůcky, jako je například histogram. Jedná se o specifický graf, který reprezentuje zastoupení jednotlivých jasových informací na snímané scéně. V levé části se nachází černá barva a tmavé barvy a v pravé naopak světlé tóny a bílá. Při jeho čtení se fotograf snaží nastavit expozici tak, aby graf byl co nejvíce symetrický s nejvyšším množstvím jasu uprostřed. Pokud se vytvoří vysoký sloupec vpravo, značí to, že se na snímku je mnoho přexponovaných částí. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 86; Nicholson, b. r.)

Nejde se ovšem řídit pouze tímto histogramem, protože například při focení zasněžené krajiny s nějakou budovou uprostřed se bude pokaždé scéna tvářit jako výrazně přexponovaná. Podle rozložení grafu jsme také schopni vyčíst, zda je snímek správně kontrastní viz následující obrázek. (např. Horný a Krsek, 2009, s. 95)



Obrázek 11: Histogramy (vlastní zpracování)

4.7 Kompozice

Velké množství zajímavých a líbivých fotek z dronu je dílem správného načasování denní doby, počasí a kompozice. Při hledání správného pohledu v dnešní době má pilot výhodu v tom, že na displeji svého telefonu vidí v reálném čase videopřenos z kamery, tudíž mu to usnadní následné nastavení fotografických parametrů, a hlavně samotné kompozice.

U focení dronem je často důležité zkusit fotit z různých výšek a vzdáleností od objektu, neboť tyto parametry vedou k odlišným náklonům kamery, a tím pádem i jiným vykreslením foceného objektu. I když již máme před letem vizi, jak má výsledný snímek vypadat, vždy je

lepší se s dronem po vzletu rozhlédnou po okolí, protože díky nové perspektivě se může stát, že se najde nový, mnohem lepší pohled než původně zamýšlený. (Karas a Tichý, 2016, s. 103)

Poté, co se rozhodneme pořídit snímek, je vhodné jej zhotovit na šířku a na výšku, pokud to dron umožňuje, ale i podletět o kus dál, aby byl případný prostor pro následný ořez fotky z širokoúhlého formátu na formát 1:1 se zachováním stejného horizontálního zorného pole. V případě focení statického objektu, je vhodné pořídit snímky s různou kompenzací expozice. Díky tomu poté v postprodukcí bude možnost složit HDR fotografii nebo manuálně zvolit, která část má být odlišně exponovaná bez ztráty původní kvality. (např. Karas a Tichý, 2016, s. 103; Juračka a kolektiv, 2017, s. 43)



Obrázek 12: Ukázky různých kompozic (vlastní zpracování, 2018–2022)

5 LETECKÁ FOTOGRAFIE

Fotografie má velkou výpovědní hodnotu, neboť na pouhém jednom snímku lze vyjádřit nespočetné množství informací, které by textem musely být popsány v řádech několika odstavců až stran. Své kouzlo a oblibu si u lidí našla díky možnosti zcela zachytit daný okamžik času včetně jeho nálady, pocitu, atmosféry prostředí, a hlavně prostorové informaci. (např. Horný a Bedřichová, 2018, s. 74)

Dříve využívaná analogová fotografie je na ústupu a je plně nahrazena její digitální verzí, která umožňuje mnohem více možností následné postprodukce a uchování pro různé účely. (Horný a Krsek, 2009, s. 83)

Původně slovo fotografie vzniklo z výrazu malba světlem. To platí vesměs i dnes, neboť fotograf aktivně pracuje se světlem a kompozicí. Světlo umí kromě nasvícení motivu i daný objekt tvarovat, vytvářet prostorový vjem a plasticitu. Ovšem tyto vlastnosti nevytvoří jen samotné osvětlení, ale i vhodně zvolená kompozice, která dokáže proměnit i obyčejný objekt v nevšední a oslnivou fotografii. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 36–40)

5.1 Nastavení kamery

U většiny běžně dostupných dronů v nižší a střední cenové relaci lze na kameře měnit pouze rychlost závěrky a ISO coby parametry expozice, clona zůstává konstantní, a tím se liší od dražších modelů, které mají taktéž variabilní clonu. (Novák, 2021, s. 72; Juračka a kolektiv, 2017, s. 54)

Naprostu všechny bezpilotní letouny s integrovanou kamerou mají automatický režim, který si sám řídí expoziční čas a citlivost podle světelných podmínek. Dnes už výrobci umožňují uživateli nastavit parametry expozice manuálně.

Ruční nastavení se hodí například při použití ND filtrů, tvorbě kreativních snímků nebo skládání expozičního bracketingu. Právě pro skládané fotografie známé též pod názvem AEB nebo HDR již výrobce implementoval funkci ve formě fotografického režimu. U AEB neboli automatického bracketingu expozice si lze zvolit, z kolika snímků má být fotografie zhotovena. Na výběr jsou možnosti 3, 5 a 7 fotografií, kdy například při zvolení skládané fotografie ze tří fotek dron automaticky udělá první snímek s $-0,7$ EV, druhý v původně exponované 0 EV a poslední snímek automaticky vyhotoví s $+0,7$ EV. Díky zhotovení podexponované a přeexponované fotky lze v externím programu složit výsledný snímek, kde budou zesvětlené stíny a optimálně exponované světlé části, jako je obloha. Tato metoda skládání se používá poměrně často, neboť snímače stále nedisponují dostatečně velkým dynamickým rozsahem. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 168; Juračka a kolektiv, 2017, s. 42, 52–54)

5.2 Letecká panoramatická fotografie

Tento druh specifických fotografií rozdělujeme podle výsledného úhlu záběru (FOV) na širokoúhlé a sférické. Širokoúhlý snímek vzniká z více fotografií, kdy kamera dronu pořídí několik snímků ze stejného místa a výšky, ovšem s jiným pootočením nebo náklonem objektivu. Často se fotí 9 fotografií ve 3 sloupcích a 3 řádcích, kdy se vyfotí jeden snímek, pak se gimbal nebo dron se pootočí tak, aby byl minimálně 20% překryv, a pořídí se další fotografie. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 50)

Současné moderní drony s vysokým výpočetním výkonem skládají panoramatické a širokoúhlé fotografie ihned po nafocení, ovšem často ještě nedosahují takových kvalit jako při složení pomocí dedikovaného softwaru a výkonného počítače. Běžné programy pro editaci snímků mají funkci tzv. PhotoMarge, tedy složení širokoúhlé fotografie, avšak většinou bývá lepší volba specifický software, který je přímo určen na skládání těchto nevšedních fotografií.

Sférické panorama vzniká podobně jako širokoúhlá fotografie, avšak nafotí se zde mnohem více fotografií, a hlavně prostor pod dronem. Tento typ snímku může být také 360°, který se často využívá například pro virtuální prohlídky nebo specifické umělecké fotografie. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 50)

Většina běžně dostupných dronů umožňuje pilotovi dronu zvolit funkci automatického snímání, kdy si sama řídicí jednotka a obrazový procesor hlídá dostatečný překryv jednotlivých snímků a korektní expozici. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 50)

Často se u panoramatických snímků stává, že výsledná složená fotografie je nekorektně exponována, protože kamera si zafixuje expozici země a obloha je poté silně přexponována. V tomto případě je velkým pomocníkem možnost fotit do formátu RAW, a hlavně funkce AEB. Bohužel komerční drony většinou nenabízí volbu těchto dvou možností, a tak nezbyvá nic jiného než vše nafotit manuálně. Pilot si může práci usnadnit zvolením již zmíněné samotné funkce AEB a zbývá mu „pouhé“ komponování snímku s dostatečným překryvem.

6 LETECKÉ VIDEO

Jedná se o technologii rychle promítaných snímků za sebou, díky kterým vznikne pohyblivý obraz využívající nedokonalosti lidského zraku, kterému stačí minimálně 10 snímků za vteřinu pro optický vjem plynulého pohybu. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 106)

6.1 Produkční řetězec videa

Všechna videa a filmy vznikají ve třech etapách. První fází je příprava neboli preprodukce, poté následuje produkce, postprodukce a jako poslední fází je vyhodnocení a distribuce. Tyto jednotlivé etapy na sebe úzce navazují, a dokonce jsou na sobě závislé. Někdy se mohou jednotlivé části navzájem překrývat (Horný a Bedřichová, 2018, s. 13–14)

6.1.1 Preprodukce

Jedná se o přípravnou plánovací etapu, která obsahuje nezbytné kroky před začátkem samotného natáčení. Důležitým prvkem v této části je zamyšlení nad očekávaným výsledným snímkem a tím i ujasnění, jak bude probíhat samotné natáčení. (STUDIOBINDER, 2020; Long a Schenk, 2005, s. 36)

Přípravná fáze je také důležitá pro sladění představ všech zapojených osob. V této fázi vzniká námět spolu se scénářem. Poté z těchto dvou dokumentů se vytvoří storyboard neboli vizualizovaný scénář klíčových snímků. Dále se vybírají lokace spolu s vhodným časem pro natáčení a vytváří se shotlist. Právě shotlist spolu se storyboardem je velice důležitý pro kameramana a jeho obsluhu v případě natáčení „štábem“, neboť udává kompozici klíčových snímků, číslo záběru, scénu a informace o pohybu kamer. (Horný a Krsek, 2009, s. 122; Long a Schenk, 2005, s. 86)

Po vzniku těchto základních přípravných dokumentů se sestaví harmonogram natáčení, seznam rekvizit a herců. Až v poslední přípravné fázi se začne zajišťovat technika a rekvizity. (např. Horný a Krsek, 2009, s. 119)

6.1.2 Realizace

Realizace, nebo též produkce je samotný proces natáčení surového materiálu. Všechny zodpovědné osoby postupují v této fázi podle podkladů, která vznikly během přípravné etapy.

V této části se fyzicky připravují scény podle scénáře, storyboardu a shotlistu. Dále se na určená místa připravuje technika jako jsou světla, mikrofony, kamery a doplňková kamerová technika v podobě railů, jeřábů a cable cam.

Těsně před spuštěním nahrávání se nastaví správná expozice na kameře, doladí se světla a zvuk a připraví se finální kompozice scény a záběru. (např. Horný a Krsek, 2009, s. 123)

6.1.3 Postprodukce

Proces postprodukce začíná po ukončení samotného natáčení. V této fázi se transformují surová data do audiovizuálního, respektive multimediálního díla. V tomto kroku dochází k archivaci a třídění materiálu, úpravě zvuku a videa, dodání hudby a grafiky, vytvoření vizuálních efektů (VFX), úpravě barev (color gradingu) a exportu. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 13)

Archivace a třídění záběrů může probíhat již během samotného natáčení, avšak většinou se provádí po ukončení natáčení. Jednotlivé záběry se stáhnou z paměťového média na externí úložiště a tím se zazálohují na bezpečné místo. Poté se zařadí do složek a podsložek pro jejich snadnější vyhledání.

Samotný proces editace probíhá v editačním programu, kdy se nejprve vyberou a zkrátí použitelné záběry a poté se přesunou na patřičné místo. Nejčastěji používanými profesionálními editačními softwary jsou Adobe Premiere, DaVinci Resolve, Apple Final Cut Pro X, Avid Media Composer a Magix Video Pro. Následně se naimportuje hudba či zvukové záznamy a záběry se editují dle požadované scény, kompozice a tempa zvukového podkresu.

Po hrubém střihu se se doladí záběry s dialogy, určitými pasážemi hudebního podkresu a dodá se pohyblivá grafika ve formě textů, animací a přechodů. V předposlední fázi editace se použijí vizuální efekty, 3D grafika a naposledy se upraví barevnost videa. Zde se buď provádí colorgrading do reálných barev, nebo do předem určité tonality dle zadání. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 13) (Horný a Bedřichová, 2018, s. 13–14)

Poslední fází postprodukce je finalizace či export. Během ní dochází k uložení požadovaného videa. Tento proces exportování se odborně nazývá „rendering“. (Horný a Bedřichová, 2018, s. 13–14)

6.2 Nastavení videa

Stejně jako u fotky, i u videa nám dron umožňuje nastavit různé parametry, jako jsou ISO, čas závěrky, korekce expozice, barevný profil a vyvážení bílé.

6.2.1 Rozlišení a snímková frekvence

Samozřejmostí je také možnost volby rozlišení a snímkové frekvence. V dnešní době je základním rozlišením Full HD, tedy 1920×1080 px. Drony střední kategorie disponují 2,7K (2720×1530 px) a UHD videem s maximálním rozlišením 3840×2160 px. U snímkové frekvence je na výběr 25/30 snímků za vteřinu, 50/60 a poté 100/120 fps. S postupným rozvojem technologií a čipů si uživatel může zakoupit poměrně cenově dostupného drona například DJI Mini 3 PRO, který je schopen natáčet 4K video při 50 snímcích. Právě díky tomuto kroku výrobce se otevřela možnost pořízení modelu s velice solidními parametry a dobrým poměrem cena výkon. Pokud by pilot chtěl pořídit snímek a výsledný záběr zpomalit, většinou je nucen zvolit nižší rozlišení umožňující nahrávat ve vyšší snímkovací frekvenci.

6.2.2 Barevný profil

Co se týká barevného profilu, většina výrobců nabízí možnosti jako neutrální, živý, teplý a studený. U lepších modelů se poté lze setkat s plochým profilem známým též pod názvem flat či LOG. Ten umožňuje nahrávat video v plném dynamickém rozsahu s nekontrastními a desaturovanými barvami. Videa natáčená v LOGu jsou určena pro následnou postprodukci, kde se provede doostření a colorgrading, tedy dobarvení. (Anon., 2017, s. 63) U volby dronu za účelem natáčení kvalitního videa je také velice klíčovým prvkem při výběru kodek videa, datový tok a bitová hloubka.



Obrázek 13: Porovnání barevných profilů (vlastní zpracování)

6.2.3 Bitová hloubka

Bitová hloubka nám udává počet bitů potřebných na reprezentaci určité barvy. Čím vyšší barevná hloubka je, tím větší množství odstínů jedné barvy dokáže senzor vykreslit. Například standardní hloubka 8 bitů vyobrazí 256 odstínů barev, avšak 10 bit už poté 1 024 odstínů. (Horný a Krsek, 2009, s. 14–15)

Široké spektrum levnějších a starších dronů používá právě 8bitovou hloubku, kdy opětovně například již zmíněný model DJI Mini 3 PRO otevírá 10 bit video pro širokou veřejnost. Pokud uživatel plánuje využívat video bez následné úpravy barev pro sociální sítě, mělo by mu stačit 8 bitů, avšak pokud by chtěl záběry natáčet v plochem barevném profilu, následně upravovat barvy a využívat snímky například i komerčně, rozhodně by měl zvolit drona s možností natáčet 10bitová videa, která mají mnohem větší prostor pro následnou postprodukcí. (Kocourek a Řešátko, 2021, s. 169)

6.2.4 Datový tok

Jedná se o důležitý parametr udávající spolu s rozlišením rozlišovací schopnost a míru komprese výsledného videa. Datový tok neboli bitrate se udává v Mb/s a značí nám, jakou velikost bude mít jedna vteřina záznamu. Obecně lze říci, že čím vyšší datový tok bude, tím

kvalitnější a datově náročnější bude soubor. Při nízkém datovém toku při natáčení komplexních scén s mnoho detaily se může stát, že jednotlivé informace budou splývat a tyto detaily nebudou čitelné. (Long a Schenk, 2005, s. 54)

6.2.5 Dynamický rozsah

Dynamický rozsah neboli dynamic range značí, jaký rozsah dat je senzor schopen zachytit. Tento rozsah je mezi tmavou a světlou částí snímku a udává se ve stopách. Pokud bude mít senzor vysoký dynamický rozsah, bude schopen nasnímat vysoce kontrastní scénu tak, aby v ní nedocházelo k podexpozici nebo přepalům neboli „clippingu“.

Tato schopnost může být ovlivněna kvalitou samotného snímače, jeho technologií, velikostí a obrazovým profilem viz kapitola 6.2.2 Barevný profil, kterým si často filmaři pomáhají k dosažení požadovaného výsledku.

7 LETECKÉ MAPOVÁNÍ

S postupným vývojem elektroniky se zdokonalují i samotné drony a snímací zařízení. Bezpilotní letecké systémy lze využít například v archeologii a dálkovém průzkumu Země. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 31)

V poměrně novém oboru – letecké archeologii se drony využívají k průzkumu krajiny. Letouny osazené kamerami s vysokým rozlišením či speciálními skenery létají v nízkých letových hladinách a zaznamenávají staré lidské stopy, které jsou často ze země nepozorovatelné. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 31)

Prvně se dálkový průzkum prováděl za pomoci balónů, vzducholodí a letadel. S postupem času se začaly využívat družicové systémy a následně moderní bezpilotní letouny v podobě letadel a poté vrtulníků a multikoptér.

Největší pokrok v leteckém mapování nastal během 1. světové války a zdokonalil se během 2. světové války. Během válečného období se tato metoda využívala pro vojenské účely mapování nepřátelského území a strategických objektů nepřítele. Například na Předním východu i během samotných válečných misí letouny, nikoliv ještě drony, zaznamenaly mnoho pozůstatků z dob starověku a antiky. Díky leteckému mapování se na území Evropy našlo nespočet neznámých sídlišť, pohřebišť, vojenských tábořišť a areálů. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 32; Gojda, 2017, s. 28, 67, 86–87)

Na našem území se poprvé metoda letecké archeologie využila plně v roce 1991, kdy se našly pochodové polní tábory římských legií na Moravě. Jako hlavní metodou pro nalezení poznatků minulé civilizace se využívají tzv. příznaky, které vznikly porušením vrstvy půdy například při

budování jam, chat či jiných objektů. Tyto příznaky jsou identifikovatelné na základě změny barvy, struktury půdy či porostů. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 32; Gojda, 2017, s. 208, 209)

Při využití bezpilotních prostředků pro tyto účely často drony nesou multispektrální kameru a specifické snímače, které jsou schopny zachytit například kvalitu plodin a půdní teplotu. Právě například nižší půdní teplota oproti okolí může indikovat vyšší vlhkost a například ukrytý zahloubený objekt. Nemusí se jen jednat o kombinaci nižší půdní teploty a vlhkosti, ale také i většímu množství zadržované vody či sněhu. Kromě standardního průzkumu se letouny využívají také k zachycení 3D objektů či ortofoto mapy o vysokém rozlišení. Obojí se následně může využít pro pozdější analýzu na počítači nebo fotogrammetrii. (Juračka a kolektiv, 2017, s. 33; Gojda, 2017, s. 227)

7.1 Letecká fotogrammetrie

Letecká fotogrammetrie se zabývá geometrickým zpracováním obrazových záznamů prostorové informace. Tento obor se primárně zaměřuje na měření objektů a výslednou projekci mapy/plánu. Fotogrammetrie využívá metody zachycení tzv. stereopáru, kdy se stejný objekt nasníma z více pohledů a míst. (Gojda, 2017, s. 204, 257)

Fotogrammetrie využívající UAS využívá pořizování velkého množství snímků za účelem vytvoření 3D topografických modelů nebo ortofotomozaických map. Díky této technologii lze vykreslit předmět ve 3D prostoru z různých úhlů a výšek. (Reynolds, 2022)

Při samotném vzniku je zapotřebí dron s velkou výdrží na baterii, kamery s vysokým rozlišením, a hlavně mít u snímku zachyceny co nejpřesnější souřadnice a údaje o výšce. Z tohoto důvodu se na trhu dají sehnat přímo modely bezpilotních letounů, které jsou pro tento úkol zkonstruovány a využívají klasický GNSS systém doplněný o RTK modul. Přesný poziční systém je zapotřebí nejen k otagování fotografií pro následnou postprodukcii, ale i k samotnému ovládní dronu, respektive předem naplánované mise s využitím tzv. waypoints. (Anon., 2017, s. 65)

Drony se pro letecké snímkování využívají kvůli jejich provozním vlastnostem, kdy je lze užít v oblastech těžko přístupných či nebezpečných. Mezi nejčastější odvětví využívající fotogrammetrii z UAV patří zemědělství, architektura, archeologie, monitorování životního prostředí, ale i vymáhání práv. (Reynolds, 2022)

8 UKÁZKY VLASTNÍ TVORBY

8.1 Použité bezpilotní letouny

V této práci byla zvolena kombinace čtyř dronů. První dva jsou komerční zakoupené letouny a zbylé dva vlastní výroby s 3D tištěnými díly.

DJI Phantom 4 byl použit pro letecké mapování, tvorbu virtuální prohlídky a sledování pohybujících se objektů, neboť spadá do kategorie C2 a díky své vzletové hmotnosti 1 386 g a vysokému výkonu se hodí do horších povětrnostních podmínek.



Obrázek 14: DJI Phantom 4 (vlastní zpracování)

Druhým použitým dronem je DJI Mini 3 PRO. Tento malý skladný bezpilotní prostředek s váhou 249 g spadá do kategorie C0. Tím že se jedná o nejnižší váhovou skupinu, byl využit k tvorbě propagačních videí a focení na místech, kde kvůli legislativě nešel použít těžší letoun.



Obrázek 15: DJI Mini 3 PRO (vlastní zpracování)

Třetím strojem byl výkonný 5“ FPV dron s MTOM 730 g. Díky svému maximálnímu výkonu 2 520 W, tahu motorů 5 860 g a rychlosti 170 km/h s ním byla natáčena dynamická videa z přeletů nad pískovnou pro doplnění multimediálních prvků do virtuální prohlídky.



Obrázek 16: 5" FPV (vlastní zpracování)

Posledním modelem se stal 4“ letoun se vzletovou hmotností 242 g. Jedná se opětovně o FPV dron spadající do kategorie Cinematic Long Range. Jelikož byl zakoupen až v průběhu tvorby této bakalářské práce, byl využit pro demonstraci ND filtrů a porovnání odlišných rychlostí závěrky při natáčení videa v praktické části viz Obrázek 7: Ukázka ND filtrů a rychlosti závěrky při videu (vlastní zpracování).



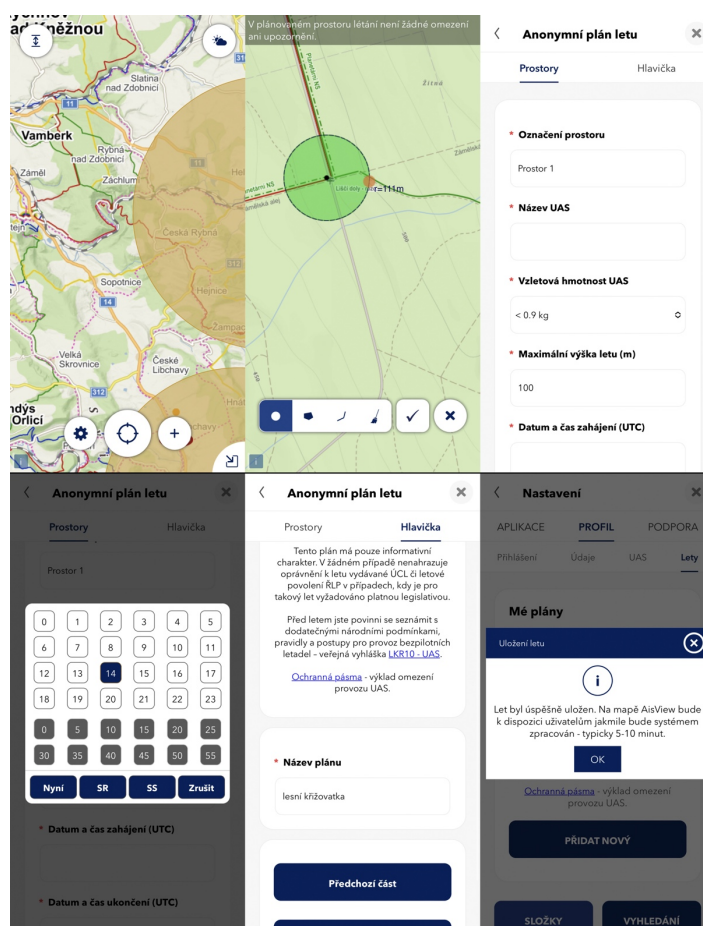
Obrázek 17: 4" FPV (vlastní zpracování)

8.2 Předletové úkony

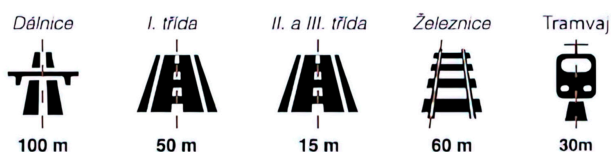
V přípravných fázích při výběru lokací bylo bráno v potaz rozložení letového prostoru a bezletových zón. Za tímto účelem byly využívány webové aplikace AisView a DronView k nahlédnutí na aktuální rozmístění trvalých a dočasných bezletových zón a okolních letišť.

Před každým letem byl v mobilní aplikaci DronView vytvořen letový plán se zadaným letovým prostorem, maximální výškou, vzletovou hmotností UAS a předpokládaným časem zahájení a ukončení letu. Po jeho zapsání do databáze se zpravidla do pěti minut zobrazil dočasně rezervovaný prostor pro let dronu s potřebnými údaji v mapě AisView.

V případě letu v blízkosti dopravních sítí bylo dbáno na dodržování korektního bočního odstupu dle platné vyhlášky viz Obrázek 19: Jak na Létání s Dronem Nad Městy 2023 (DronPro, 2022).



Obrázek 18: Postup pro vytvoření letového plánu (vlastní zpracování)



Obrázek 19: Jak na Létání s Dronem Nad Městy 2023 (DronPro, 2022)

8.3 Letecké fotografie

8.3.1 HDR

Ke vhodné ukázce složeného snímku s vysokým dynamickým rozsahem byla zvolena lokace Anenská Studánka poblíž Opatova a Třebovic. Po předchozím plánování byl zvolen čas západu slunce, neboť dle satelitních map a aplikace Lumos mělo pozadí za větrnými elektrárnami hrát teplými sytými barvami.

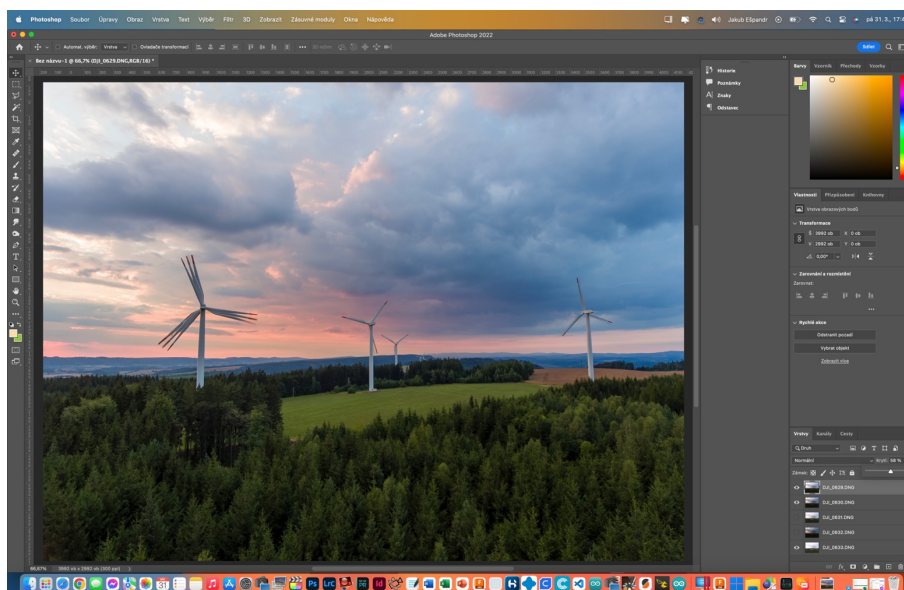
Celkem bylo pořízeno 20 fotografií dronem DJI Phantom 4 z různých míst. Nakonec byla zvolena série pěti snímků z mírného pohledu vůči gondole. Výsledný snímek byl složen v kombinaci aplikací Adobe Lightroom Classic CC a Adobe Photoshop CC 2022 za použití vestavěných pluginů určených ke skládání multiexpozičních fotografií.

Mezi jednotlivými snímky se pokaždé listy větrných elektráren pootočily, a tím po samotném složení vznikl fenomén zdvojení obrazu u složených fotek tzv. „ghosting“. Z tohoto důvodu byla použita funkce deghost, která má eliminovat pohybové nedokonalosti. Výsledný snímek, avšak stále nedosahoval požadované kvality, proto byl využit software Adobe Photoshop, ve kterém byla pomocí masek zvolena finální pozice listů elektrárny a následně i manuálně doladěna expozice v jednotlivých snímcích. Díky tomuto procesu samotný vznik HDR fotografie mohl být zcela manuálně kontrolován a upravován.

Finální fotografie se skládá z celkem 10 fotografií, přičemž pět z nich bylo exponováno přímo v průběhu snímání a zbylé poté dopraveny pomocí křivek a směšovače barev.



Obrázek 20: Finální HDR snímek – větrné elektrárny (vlastní zpracování)



Obrázek 21: Demonstrace ghostingu u HDR snímku (vlastní zpracování)

8.3.2 Dlouhá expozice při sledování pohybujícího se objektu

Pro záměr nafotit pohybující se objekt s dlouhou expozicí známý též pod pojmem panning byla zvolena zemědělská technika. Pro dosažení požadované délky závěrky během slunného dne musel být použit ND filtr o intenzitě ND64, který sníží expozici o 6 EV.

Z důvodu větru o síle 8 m/s, byl zvolen těžší dron Phantom 4, který lépe zvládá stát na místě při silnějších poryvech. Dále díky umístění snímače na spodní straně dokáže gimbal kvalitněji stabilizovat obraz při pohybu, tudíž fotografie nejsou degradovány nechtěnými pohyby kamery do stran.

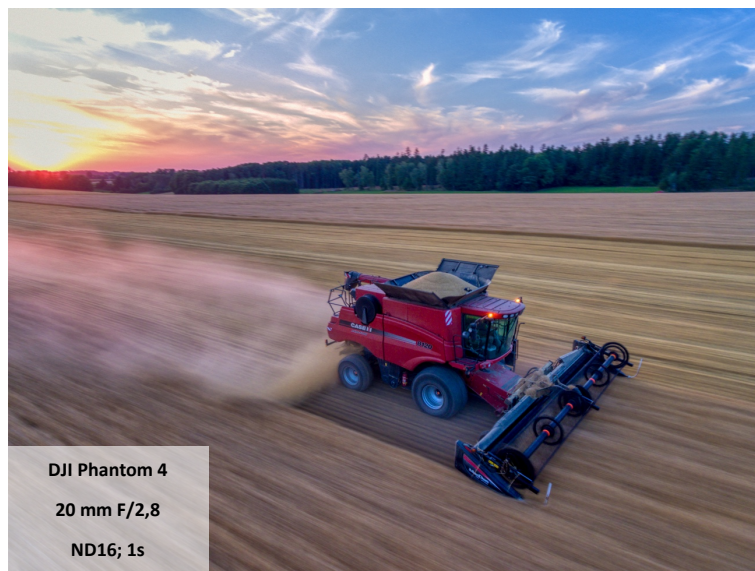
Samotná pilotáž dronu spočívala v nasměrování letounu a tím i kamery ve směru pohybu a zároveň dokonalém udržování odstupu od zemědělské techniky. Tento typ snímku je náročný na provedení a je třeba pokusy neustále opakovat do doby, než se jeden ze snímků povede.

Celkem bylo nafoceno okolo 50 fotek z několika lokací, přičemž minimálně 30 z nich bylo použitelných, zbylé byly rozmazány, z důvodu příliš rychlého pohybu dronu při sledování traktoru nebo kvůli nedodržení konstantního bočního odstupu.

Ačkoliv moderní letouny disponují možností automatického sledování objektu, mnohonásobně lepších výsledků lze snáze dosáhnout s manuálním ovládním, neboť v tomto případě je pohyb dronu plynulejší než při použití automatiky.



Obrázek 22: Sledování objektu – sklizeň kukuřice (vlastní zpracování)



Obrázek 23: Sledování objektu – sklizeň obilí (vlastní zpracování)



Obrázek 24: Sledování objektu – sklizeň obilí, pohled shora (vlastní zpracování)

8.3.3 Krajina

Pro nasnímání fotografií krajiny byl zvolen dron DJI Mini 3 PRO kvůli vyššímu rozlišení snímače, lepšímu dynamickému rozsahu a možnosti nativně pořizovat vertikální snímky.

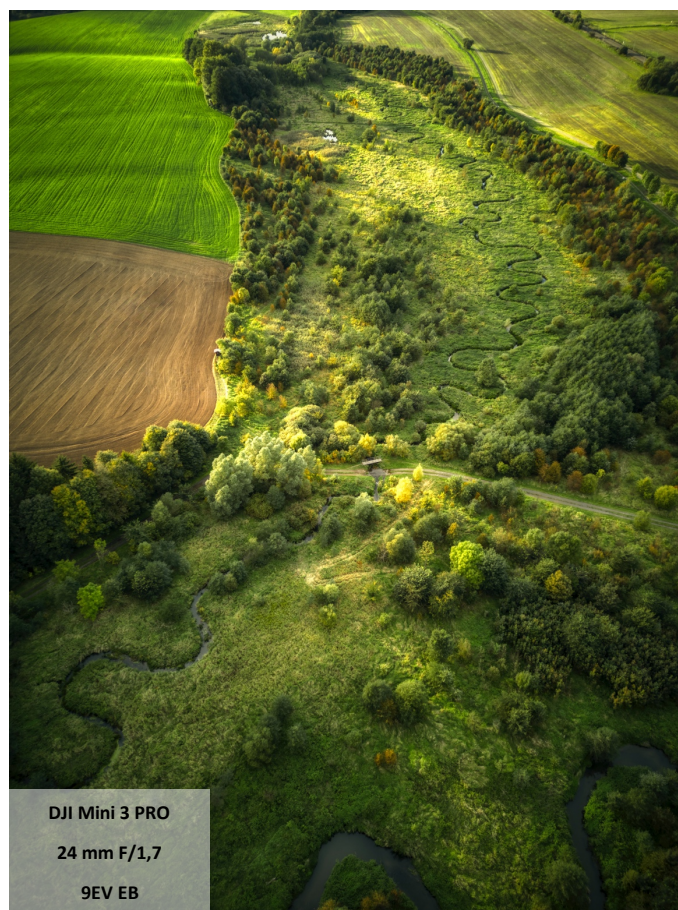
Z důvodu velkého rozdílu stínů a světel byla při krajinářských fotografiích využita metoda expozičního skládání výsledného snímku.

K ukázce zajímavých krajinných útvarů byly vybrány dvě lokality. První z nich je obec Plchovice, kterou protéká meandrující řeka Tichá Orlice. Tento snímek vznikl z výšky 50 m, přičemž původně měl být komponován na šířku. Krátce před vzletem dronu na chvíli ustala bouřka a silný déšť, což zapříčinilo rušivé odlesky pole. Z tohoto důvodu musel být využit CPL filtr, který odfiltroval veškeré zmíněné artefakty. Během procesu vzestupu na požadovanou výšku byla hledána korektní kompozice, kterou se ve výsledku stal snímek na výšku složený ze 7 fotografií.



Obrázek 25: Krajina – meandrující Tichá Orlice (vlastní zpracování)

Lokací pro druhý letecký snímek krajiny se stal uměle vybudovaný Poldr Žichlínek na soutoku Moravské Sázavy a Lukovského potoka. U této fotografie byla záměrně vybrána doba krátce po dešti. Výsledná fotografie se skládá z 9 snímků složených do HDR fotografie v aplikaci Adobe Lightroom Classic.



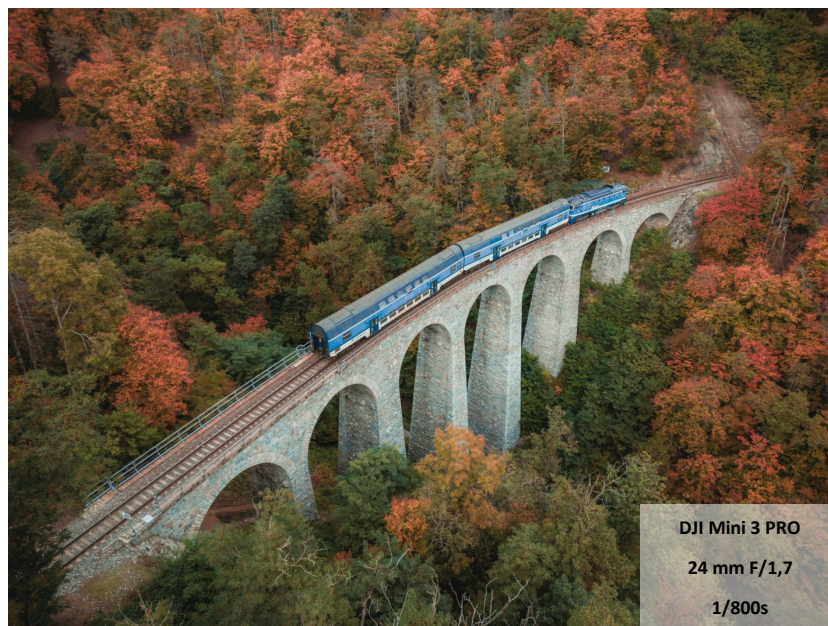
Obrázek 26: Krajina – poldr Žichlínek (vlastní zpracování)

8.3.4 Technické stavby

Prvním snímkem zachycujícím technický objekt je fotografie železničního viaduktu Žampach. Záměrně byl vybrán podzim, protože listnaté stromy jsou zbarveny a zcela tak pozměňují celkový vzhled fotografie. Zároveň byl vznik snímku načasován na dobu projetí soupravy po mostě pro zachycení jeho reálného využití.

Kvůli velké maximální době letu byl zvolen dron DJI Mini 3 PRO. Před vznikem této fotografie byl sledován pohyb vlaku v aplikaci Můj vlak od Českých drah.

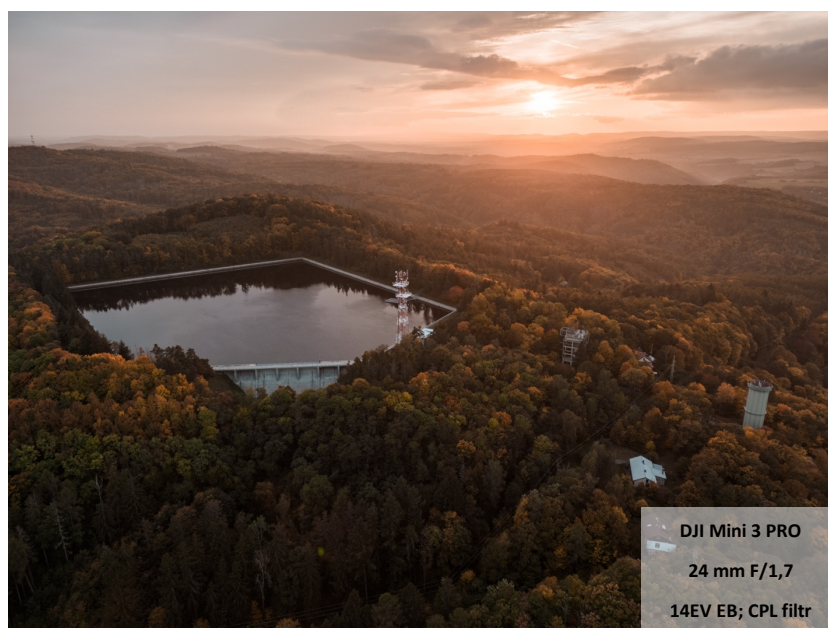
Po příjezdu soupravy do stanice Jílové u Prahy byl letoun vyslán do vzduchu a postaven do visu na požadované místo očekávané kompozice. Bohužel až po samotném procesu focení bylo zjištěno, že mezi zmáčknutím spouště na ovladači a reálnému zhotovení snímku je prodleva okolo 2 vteřin, což vedlo ke vzniku jediné korektně načasované fotografie.



Obrázek 27: Technické stavby – viadukt Žampach (vlastní zpracování)

K druhé ukázce tohoto žánru byla zvolena přečerpávací elektrárna Štěchovice za západu slunce. I tento snímek vznikl za pomoci dronu DJI Mini 3 PRO pro jeho vysoké rozlišení a široký dynamický rozsah.

Jednotlivé fotografie byly foceny s využitím CPL filtru na jeho 70% intenzitu, aby byly částečně eliminovány odlesky na vodní hladině. Výsledný snímek byl manuálně složen v aplikaci Adobe Photoshop CC 2022 z celkem 19 fotografií, z nichž 15 bylo surových odlišně exponovaných z dronu a zbylé 4 byly poté barevně upravené $-1/3EV$ snímky pro upravení barevné tonality.



Obrázek 28: Technické stavby – přečerpávací elektrárna Štěchovice (vlastní zpracování)

8.3.5 Architektura

První fotografie architektury je focena pomocí letounu DJI Phantom 4 za časného svítání v obci Kořenov v Jizerských horách. Snímek vznikl složením 10 fotografií v aplikaci ON1 HDR 2020 a poté byl upraven v aplikaci DxO PhotoLab 4.

Jelikož intenzita paprsků vycházejícího slunce byla velice silná, muselo být samotné okolí slunečního kotouče samostatně podexponováno o -12 EV v porovnání se střechou kaple, aby bylo docíleno korektně exponovaného výsledného snímku.



Obrázek 29: Architektura – Tesařovská kaple (vlastní zpracování)

K ukázce druhé letecké fotografie architektury byl zvolen hrad Potštejn za časného letního svítání. Snímek vznikl dronem DJI Phantom 4, který měl na objektivu nasazen CPL filtr pro snížení potenciálních odlesků.

Finální fotografie byla složena z 10 odlišně exponovaných snímků manuálně zarovnaných a prolnutých v aplikaci Adobe Photoshop CC. Šest snímků bylo nativně exponovaných během samotného vzniku a zbylé 4 byly manuálně upraveny z raw souboru pro zvýraznění teploty barev a vytažení stínů na stromech.



Obrázek 30: Architektura – hrad Potštejn (vlastní zpracování)

Třetím snímkem spadajícím do žánru letecké fotografie architektury je na výšku focená fotografie Hory Matky Boží v Dolní Hedeči, která vznikla pomocí dronu DJI Mini 3 PRO. Zhotovený snímek je složen z 10 expozičně odlišných fotografií složených v aplikaci Adobe Lightroom Classic CC.



Obrázek 31: Architektura – Hora Matky Boží (vlastní zpracování)

U tohoto snímku byl coby další možný výstup zvolen výtisk litophane fotografie pomocí MSLA 3D tiskárny Creality Halot One při rozlišení 30 μm z bílého plant-based resinu značky Sunlu. Díky vysokému dynamickému rozsahu fotografie vypadá dobře i v monochromatickém barevném provedení, které je poté převedeno do negativu a následného souboru instrukcí pro 3D tiskárnu.



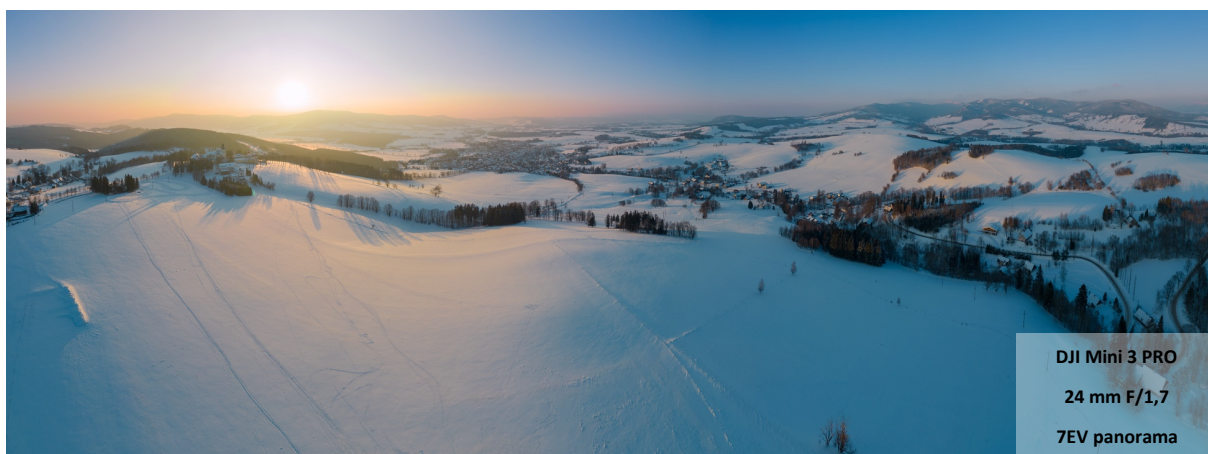
Obrázek 32: 3D výtisk litophane snímku (vlastní zpracování)

8.3.6 Plošný panoramatický snímek

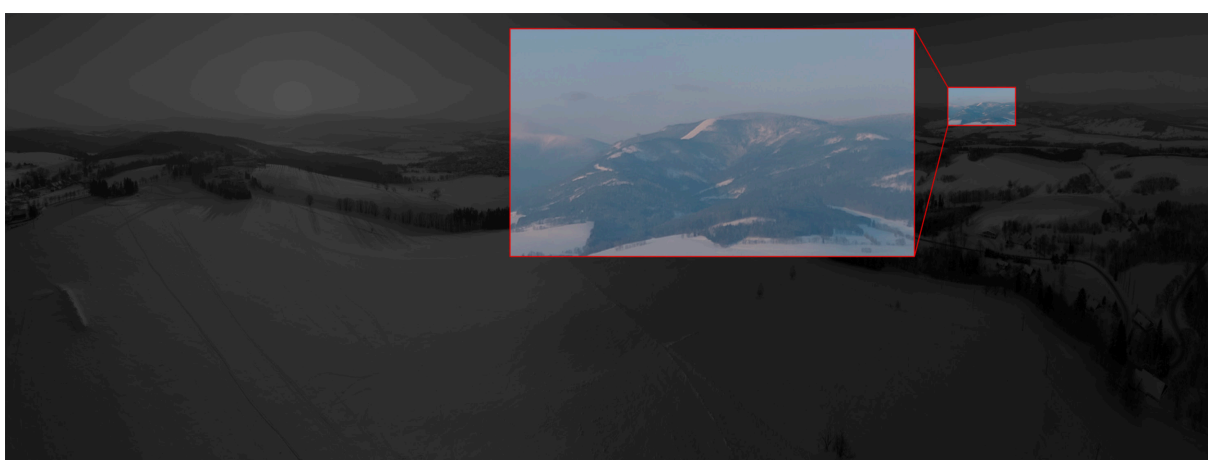
Pro ukázkou panoramatického snímku byla opětovně zvolena lokace Poutního areálu Hory Matky Boží v Dolní Hedeči na Mariánském kopci nad městem Králíky.

Snímek byl pořízen těsně před západem slunce za okolními kopci dronem DJI Mini 3 PRO z výšky 75 m. Výsledná fotografie je složena z celkem 480 jednotlivých fotek, přičemž kompozice a expozice byla nastavena manuálně, aby bylo docíleno požadovaného výsledku využitím expozičního bracketingu s rozsahem 7 EV.

Výsledný panoramatický snímek byl manuálně složen ve finálním rozlišení 243 MPx. Tohoto rozlišení bylo dosaženo kombinací snímaných fotek na zvětšení 1x (24 mm) a poté 2x (48 mm).



Obrázek 33: Panoramatický snímek – Hedeč (vlastní zpracování)

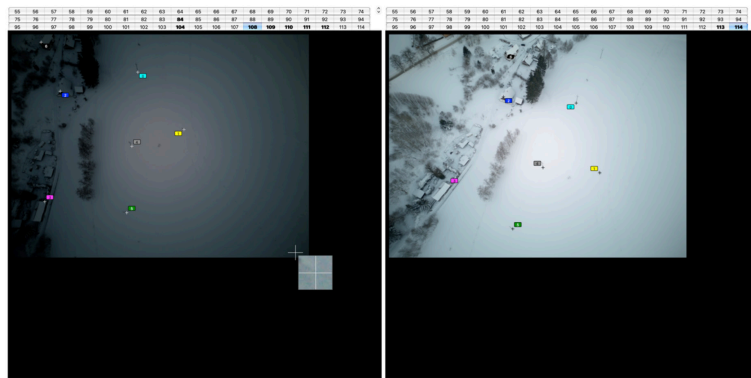


Obrázek 34: Ukázka výsledného rozlišení 243 MPx (vlastní zpracování)

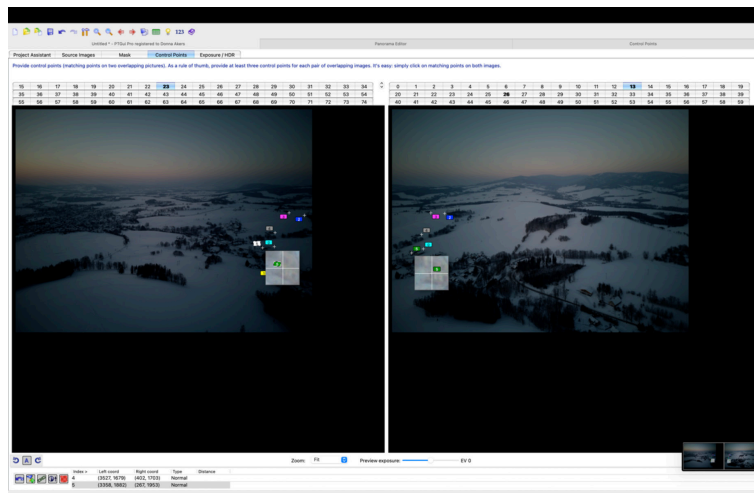
8.3.6.1 Postprodukce

Ke složení panoramatického snímku byl použit software PTGui Pro. Před samotným naimportováním fotek do aplikace musely být snímky roztřízeny do podsložek podle jejich expoziční hodnoty, neboť kamera byla ovládána manuálně a mezi jednotlivými snímky se lišil expoziční čas. Z tohoto důvodu musely být přepsány hodnoty rychlosti závěrky u všech snímků v jedné podsložce v programu ImageExifEditor. Pokud by se nesjednotily časy závěrky, aplikace PTGui by fotky chybně roztřídila podle expozičního času a snažila se složit širokoúhlý snímek s rozsahem 22 EV.

Po naimportování fotek a spuštění zarovnání snímků program byl schopen zarovnat pouze snímky s hodnotou 0 EV, +1 EV a -1 EV. U zbytku snímků musely být manuálně přiřazeny jednotlivé kontrolní body pomocí vestavěné funkce. Mezi jednotlivými snímky bylo namapováno okolo 6 jasně zřetelných bodů, které poté software mohl využít pro finální složení plošného panoramatického snímku.



Obrázek 35: Ukázka přiřazování kontrolních bodů –3EV a 0EV (vlastní zpracování)



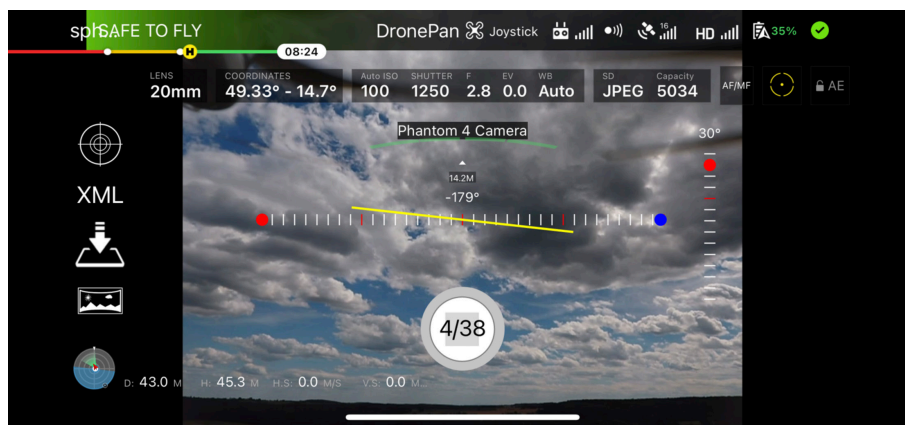
Obrázek 36: Přiřazování kontrolních bodů na dvou snímcích (vlastní zpracování)



Obrázek 37: Přibližná ukázka nástroje výběru kontrolních bodů (vlastní zpracování)

8.3.7 Sférický panoramatický snímek

Sférický panoramatický snímek byl zhotoven v rámci série z odlišných lokalit pro virtuální prohlídku v rámci soutěže Quarry Life Award 2022 viz na strani 68. Širokoúhlá fotografie byla pořízena dronem DJI Phantom 4 z výšky 45,3 m a skládala se ze 38 jednotlivých snímků. Z důvodu úspory času byla využita aplikace DronePan, která umožnila automatické pořizování panoramat na starších modelech ovládaných aplikací DJI GO 4.



Obrázek 38: Proces snímání aplikací DronePan (vlastní zpracování)



Obrázek 39: Vyobrazení snímku ve VR (vlastní zpracování)

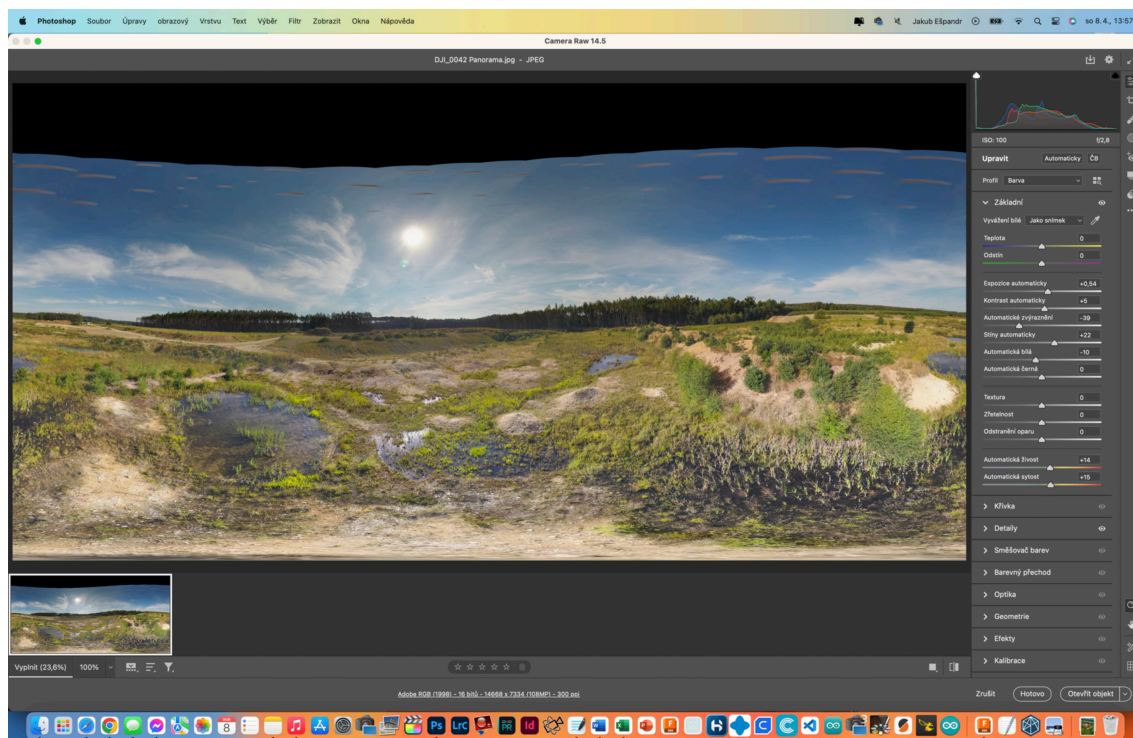


Obrázek 40: Výsledné panorama, Equirectangular projekce (vlastní zpracování)

8.3.7.1 Postprodukce

Ke složení výsledného panoramatického snímku byl opětovně zvolen program PTGui Pro, který umí kvalitně zarovnat a prolnout jednotlivé záběry. Po automatickém složení a manuálním narovnání horizontu byla zvolena metoda vykreslení Equirectangular pro výslednou projekci. Po exportu vznikl 360° snímek o celkovém rozlišení 107 MPx.

Díky tomu, že zvolený dron má kameru umístěnou ve středu pod rámem, jsou při jejím naklopení směrem nahoru v záběru vidět vrtule. Z tohoto důvodu se ve výsledné fotografii nachází horizontální linky, které musely být odstraněny v editačním programu. Pro tento úkol byl zvolen Adobe Photoshop CC 2022, ve kterém za pomoci záplat, klonovacího razítka a masek byly zcela odstraněny nasnímané vrtule v horní části výsledného panoramatu.



Obrázek 41: Ukázka nasnímaných vrtulí, před editací (vlastní zpracování)

8.4 Letecké video

8.4.1 Firemní promovideo

K ukázce možného užití UAV k tvorbě firemních promovideí byla využita zakázka na reklamní spot pro společnost KASTT v Hradci Králové. Video spot byl vytvořen za účelem prezentace výrobního procesu a zároveň jako propagační materiál firmy pro webové stránky a ISH veletrh ve Frankfurtu nad Mohanem (Přední světový veletrh vybavení koupelen, technických zařízení budov, klimatizace a obnovitelných zdrojů energie).

Video je natočeno v kombinaci pozemních záběrů proložených o letecké záběry z interiérů a exteriérů. Pozemní záběry jsou natáčeny na digitální zrcadlovku Canon EOS 1Dx Mark II na gimbalu DJI Ronin MX a letecké záběry poté dronem DJI Mini 3 PRO.

V interiéru měl letoun na konci ramen připevněné ochranné oblouky viz fotografie v Doplňcích pro drony, které byly využity kvůli bezpečnosti provozu uvnitř haly. Všechny záběry byly natáčeny do plochého barevného profilu s nasazeným MIST filtrem, aby poté šly snímky ze dvou kamer lépe sjednotit.

Postprodukce probíhala v editačním softwaru Apple Final Cut Pro X a Apple Motion, který byl využit na animované texty a animace. Výsledné video bylo vyexportováno přes program Apple Compressor. Ukázky s porovnáním původního leteckého videa bez colorgradingu v LOGu se nachází v kapitole Barevný profil.



Obrázek 42: Ukázka z promovidea společnosti KASTT (vlastní tvorba)



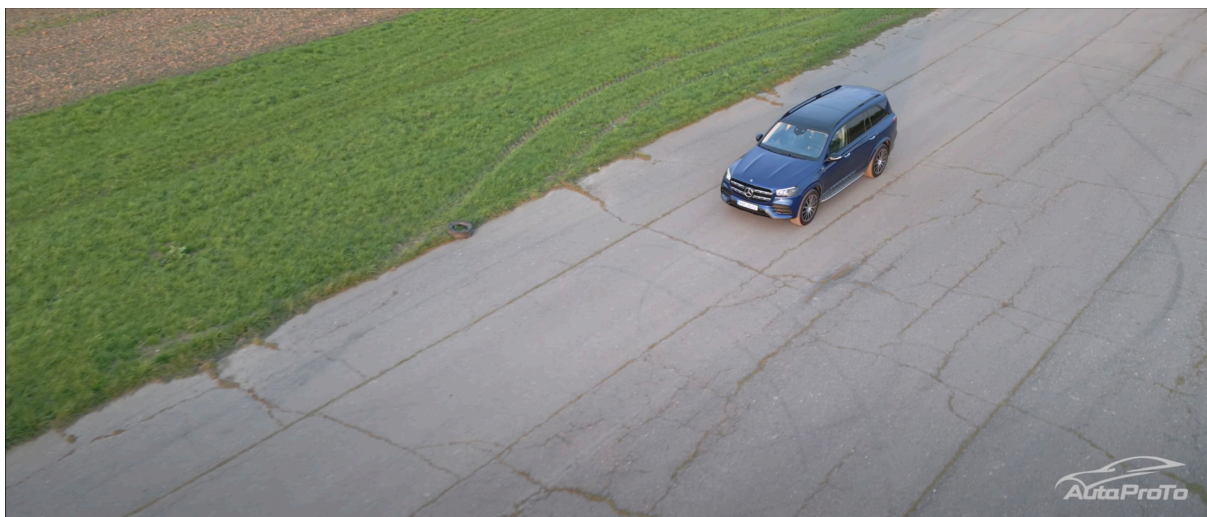
https://youtu.be/q29_DB1Ciao

8.4.2 Reklamní spot automobil

K druhé ukázce reklamního spotu byl vybráno video sloužící k propagaci automobilu Mercedes Benz GLS 400D AMG pro prodejce automobilů AutoProTo Litomyšl.

Letecké záběry vznikly za použití letounu DJI Mini 3 PRO a pozemní záběry poté opětovně na fotoaparát Canon EOS 1Dx Mark II umístěného na gimbale DJI Ronin MX.

Natáčení probíhalo na nevyužívané záložní přistávací ploše, která se nacházela uprostřed pole. Video bylo editováno v softwaru Apple Final Cut Pro X. Z důvodu, že RTF drony nenatáčejí zvuk, byl zvukový podkres jízdy auta nahrán externě záznamovým zařízením Zoom H4n PRO a poté přiřazen v postprodukci pro dokreslení skutečného zvuku automobilu.



Obrázek 43: Ukázka z reklamního spotu na Mercedes Benz GLS 400D (vlastní tvorba)



<https://youtu.be/oNFXVwNZHnc>

8.5 Virtuální prohlídka

8.5.1 Multimediální prohlídka

Multimediální virtuální prohlídka spolu s výstupy leteckého mapování byla vytvořena v rámci soutěže The Quarry Life Award 2022, v níž se účastnili Matěj Ešpandr (bratr autora), Ondřej Vaněk a Kateřina Fialová se svým projektem ve vědecké kategorii: [Vliv proměn stanovišť na společenstva členovců a ideální vodní nádrž pro biodiverzitu písčoven](#) (bude použito i v rámci SOČ 2023).

Jedním z cílů práce bylo v rámci popularizace vytvořit virtuální prohlídku rozšířenou o multimediální prvky umožňující veřejnosti a přírodovědcům náhled do odběrových stanovišť a prostoru šterkopískovny Planá nad Lužnicí a umožnit tím lépe vizualizovat terén a přírodu v době výzkumného projektu.

Celá multimediální virtuální prohlídka se skládá ze čtrnácti 360° panoramatických snímků v Equirectangulární projekci nafocených dronem DJI Phantom 4, zbylé širokoúhlé snímky byly nasnímány mobilním telefonem Apple iPhone 11 PRO. Video z průletů nad lokalitami bylo pořízeno 5“ FPV dronem vlastní výroby a kamerou GoPro Hero 5 Black.

Celý projekt VR prohlídky byl vytvořen v aplikaci Pano2VR. Jednotlivé fotografie byly propojeny pomocí uzlů a korektně umístěny na mapu. Výsledný vzhled samotného rozhraní byl upraven přes HTML a CSS editor.

Největším problémem byla optimalizace rozlišení a samotné velikosti panoramatických snímků, neboť při jejich zobrazení po nahrání na webhosting panoramata načítala dlouho a přechod mezi jednotlivými uzly nebyl dostatečně plynulý. Tento problém byl vyřešen zmenšením podkladových snímků a zároveň nastavením 7 násobného škálování rozlišení dle zobrazovacího zařízení. Základní snímek se vykreslí v menším rozlišení a poté s postupným přibližováním se načítají nové vrstvy ve větším rozlišení.

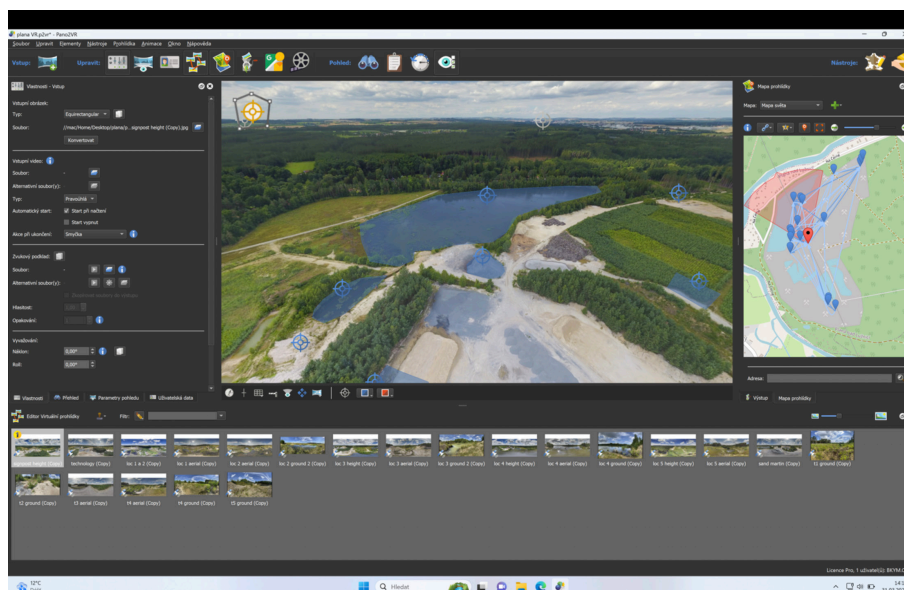
Doplňené prvky multimédií se skládají z fotek, videí, záznamů zvuků a textů, které mají publiku demonstrovat, které živočišné a rostlinné druhy se v dané lokalitě vyskytují. Pro tyto prvky bylo třeba vytvořit grafické ikony, které se mění v případě jejich navštívení.

Každá lokalita se skládá z leteckých snímků a poté pozemních panoramat, které umožňují detailnější prohlídku odběrových lokalit. Zároveň u vodních a suchozemských těles se nachází i informace o rozloze a již zmíněné fotografie některých nalezených druhů.

Orientace ve virtuální prohlídce je mezi jednotlivými uzly umožněna pomocí kontrolních bodů nebo přes náhledy, které je možné si aktivovat. Přes CSS bylo do webové prohlídky dodáno tlačítko zpět a poté vyjíždějící lišta s možností zobrazení nápovědy, historií verzí a domovská tlačítka na návrat na základní webovou stránku. Ve spodní liště je taktéž dodáno základní ovládání prohlídky, změny vykreslení panoramatických snímků, zobrazení mapy a v případě použití mobilních zařízení také prohlídka panoramat s využitím vestavěného gyroskopu.



Obrázek 44: Ukázka z VR prohlídky projektu QLA 2022 (vlastní zpracování)



Obrázek 45: Ukázka prostředí aplikace Pano2VR (vlastní zpracování)



<https://flycamczech-vr.click/plana.html>

8.5.2 Realitní virtuální prohlídka

K ukázce možné letecké realitní prohlídky nemovitosti byla využita chalupa v soukromém vlastnictví přítele autora. Zde za použití dronu DJI Phantom 4 bylo vybráno celkem 5 pohledů, ze kterých se stavení nasnímalo.

Jednotlivá panoramata vznikala za použití aplikace DronePan, která převzala kontrolu nad letounem a pokaždé nasnímala 38 fotografií, které byly následně složeny do sférických panoramatických snímků v aplikaci PTGui.

Poté v softwaru Pano2VR byly jednotlivé snímky umístěny na mapu a zároveň mezi nimi přiřazeny spojovací body. V hlavním snímku z nadhledu byly v softwaru Adobe Photoshop CC 2022 obtaženy hranice pozemku spolu se znázorněním celkové rozlohy. Následně byla tato vrstva v Pano2VR pomocí CSS skriptu skryta s možnou následnou uživatelskou aktivací ve webovém rozhraní.

Pro skutečnou realitní prohlídku by bylo ale třeba užít i kombinaci pozemních záběrů z interiéru objektu.



Obrázek 46: Ukázka z realitní virtuální prohlídky (vlastní zpracování)



<https://flycamczech-vr.click/cottage/index.html>

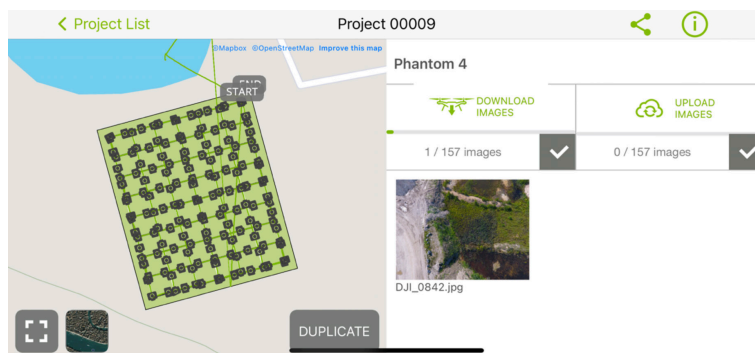
8.6 Letecké mapování

8.6.1 Letecké snímkování území

Vyobrazený ortofotomozaický snímek byl nasnímán ve šterkopískovně v Plané nad Lužnicí, více v Multimediální prohlídce. Jednotlivé fotografie byly zachyceny dronem DJI Phantom 4 propojeným s aplikací Pix4Dcapture, v níž se vyznačilo zájmové území, letový plán se odeslal do bezpilotního systému a ten automaticky vykonal zadanou misi.

Způsob mapování byl záměrně nastaven na double grid, namísto polygonu nebo single gridu, který se běžně využívá pro 2D mapy. Tento způsob letu byl zvolen pro možnost následného využití pro tvorbu 3D modelů. Po nasnímání a nahrání fotografií na cloudové uložení bylo třeba složit ortomozaiku spolu s 3D DTM/DSM modelem v softwaru Pix4Dmapper.

Samotný způsob vytváření těchto modelů je hardwarově a časově velmi náročný. Jelikož mělo být složeno celkem 8 zmapovaných území a 3D modelů v krátkém čase, byly paralelně využity tři nejvyšší konfigurace notebooků Apple MacBook PRO.



Obrázek 47: Snímek z prostředí aplikace Pix4Dcapture (vlastní zpracování)

Výsledný GeoTiff je složen ze 157 snímků z výšky 40 m. Celkové rozlišení tohoto ortofoto snímku je 1.70644 cm/px. Při porovnání nasbíraných obrazových dat s nejaktuálnějšími satelitními mapovými podklady terénu od různých poskytovatelů byla zjištěna velká neshoda s aktuální realitou. Tyto změny byly způsobeny měnícím se prostředím z důvodu dobíhající aktivní těžby, probíhající rekultivace, postupného zarůstání vegetací a vlivu povětrnostních podmínek. Ortomozaiky byly proto využity k porovnávání změn vybraných lokalit se satelitními snímky v průběhu let a k následnému měření rozloh vodních areálů a vodního porostu.



Obrázek 48: Ortofoto snímek litorální odběrové lokality W3 (vlastní zpracování)

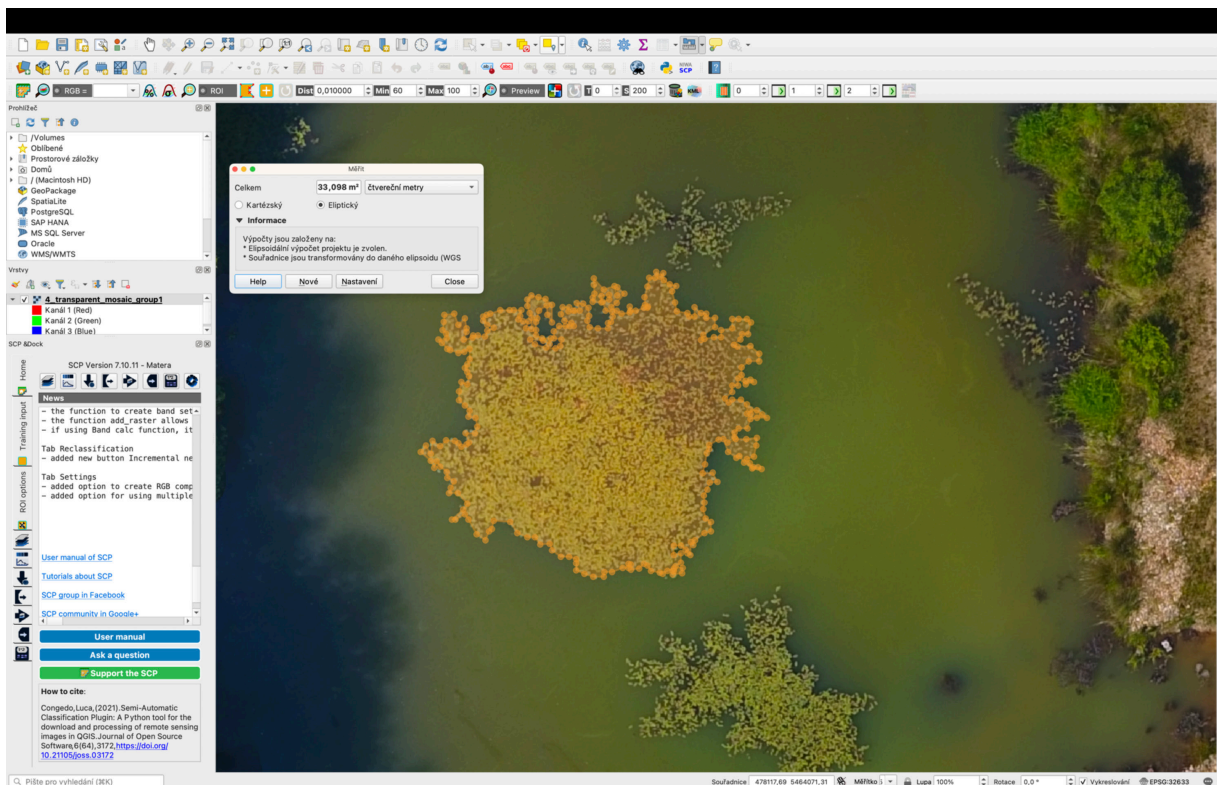
8.6.1.1 Měření rozlohy

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, z výsledné ortofoto mapy a 3D modelu byla měřena aktuální rozloha jednotlivých vodních těles spolu s procentuálním podílem plovoucí vegetace na hladině ku celkové volné vodní ploše.

Měření probíhalo manuálně na souřadnicemi zkalibrovaném a zarovnaném GeoTiffu v aplikaci ArcGIS a QGIS. Pro tento úkol byla využita dedikovaná funkce měření, která po výběru okrajových bodů zobrazila výsledný povrch v m².

V obou programech byla snaha využít funkce poloautomatické či manuální klasifikace snímku, avšak bohužel programy nebyly schopny s dokonalou přesností vybrat obrazové body. Při porovnání automatického měření a manuálního výběru bylo dosaženo reálnějších výsledků právě se zcela manuálním výběrem objektů přes vestavěné funkce.

Tato ruční metoda měření rozlohy byla taktéž v minulosti využita autorem pro stanovení rozsahu škod způsobených zvěří v kukuřičném poli pro odškodnění pojišťovnou.



Obrázek 49: Měření rozlohy vodního porostu (vlastní zpracování)

vodní lokality:	W1	W2	W3	W5
celková rozloha [m ²]	224,1	1180,4	711,5	3610
porost [%]	>50	4,92	13,83	1,2
jednotlivé rozlohy [m ²]			33,098	
			20,087	
			14,875	
			15,84	
			10,12	
		4,38		

Obrázek 50: Tabulka měření podílu vodního porostu (vlastní zpracování)

8.6.2 Letecká fotogrammetrie

8.6.2.1 Rozhledna

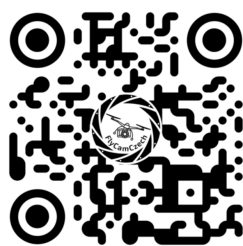
K účelu vytvoření fotogrammetrického modelu pomocí dronu byla zvolena Vojtěchovská rozhledna mezi Hlinskem a Krounou. Bezpilotním prostředkem DJI Phantom 4 bylo nasnímáno 714 fotografií s automatickým nastavením expozice.

Samotný proces snímání a pohybu dronu byl zcela manuálně ovládán v kruhovém letu okolo rozhledny v 6 různých letových hladinách, přičemž v jedné výšce byl proveden se třemi různými úhly náklonu kamery za účelem dosažení lepších výsledků ve 3D modelu.

Finální 3D model byl složen v aplikaci PhotoCatch a Apple Object Capture API SDK, které běží ve vývojářském rozhraní Apple Xcode. Dále byl vyexportován ve formátu usdz (Universal Scene Description Standard), který musel být zkonvertován do univerzálního formátu obj v aplikaci Apple Reality Converter, se kterým dokáží pracovat běžné editační aplikace a 3D slicery. Po této konverzi vznikl hrubý model s texturami, který byl vyhlazen a opraven za pomoci softwarů Meshixer a Zbrush. Zde došlo ke zpřesnění hran, vyplnění chybějících částí a zmenšení počtu trojúhelníků stěn pro menší finální model.



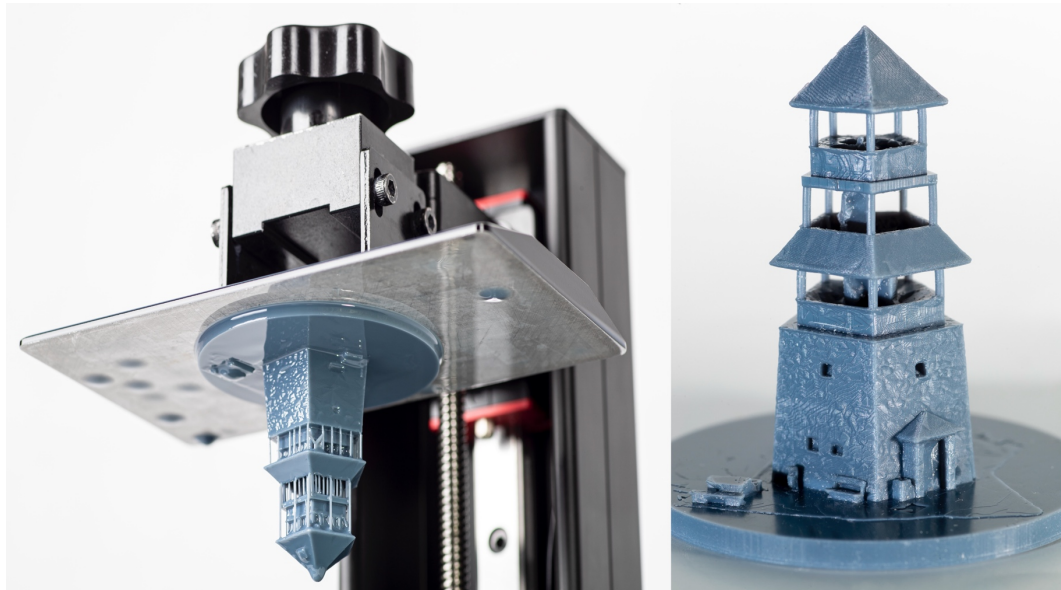
Obrázek 51: Ukázka fotogrammetrického modelu rozhledny (vlastní zpracování)



<https://skfb.ly/oF7ZQ>

U tohoto 3D modelu rozhledny vzniklého metodou fotogrammetrického snímání za pomoci dronu byl opětovně zvolen možný výstup formou 3D tisku. Po editaci modelu a převodu do formátu stl určeného pro následný tisk v rozlišení 50 μm byl ve sliceru Chitobox vytvořen instrukční soubor pro MSLA tiskárnu Creality Halot One a pak umyt a vytvrzen ve stanici Anycubic Wash & Cure 2.0.

Pro samotný tisk byla zvolena šedá pryskyřice eSUN High Precision PLA PRO založená na rostlinném původu, u které vyniknou více jednotlivé detaily textury spodní části rozhledny.

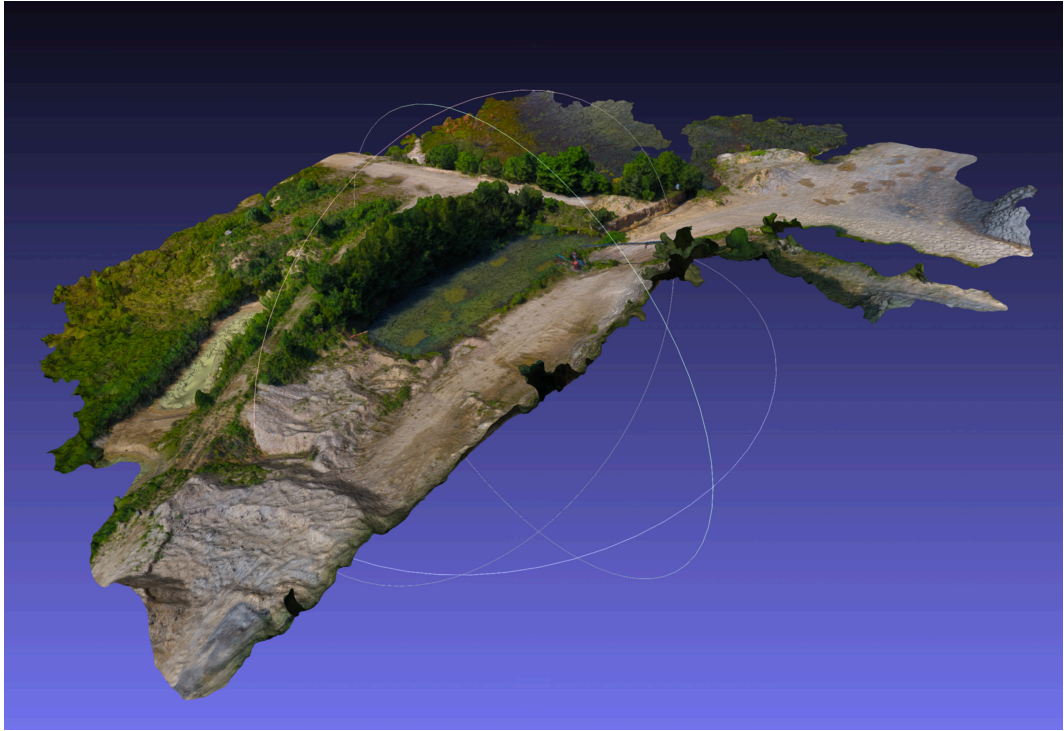


Obrázek 52: 3D výtisk modelu rozhledny (vlastní zpracování)

8.6.2.2 Pískovna

Ze snímků k ortofoto mapě byl vytvořen i 3D model zkoumaných lokalit šterkopískovny v Plané nad Lužnicí programem Pix4Dmapper. Jak již bylo zmíněno výše, jelikož samotný proces snímání probíhal formou double grid letu nad zadaným zájmovým územím, software dokázal převést nasnímané fotky do mračna bodů a ty poté prolnout ve výsledný texturovaný 3D model, který byl využit k vizualizaci a následnému měření výškového profilu odběrových lokalit, například níže vyobrazeného vodního tělesa v projektu nazvaného W3.

Později byl tentýž model ze stejné sady snímků složen v aplikaci PhotoCatch a Apple Object Capture API SDK, neboť původní zpracování nedosahovalo očekávaných kvalit, zejména povrchu vodní hladiny. Porovnání detailů výstupů přiloženo na následujícím listu.



Obrázek 53: 3D model z tvorby ortofoto snímku (Pix4Dmapper) (vlastní zpracování)



Obrázek 54: 3D model (Apple Object Capture API SDK) (vlastní zpracování)



Obrázek 55: Detail 3D modelů – porovnání softwarů (vlastní zpracování)

8.6.2.3 Úskalí procesu

Největším problémem zjištěným až během samotného procesu 3D zpracování fotografií a převádění pixelů na mračna bodů byly stíny a odlesky slunečních paprsků jak na samotné rozhledně, tak i na vodních hladinách odběrových lokalit. Tyto drobné odlesky častokrát zapříčinily chybějící části stěn modelů.

Další komplikací u modelů některých odběrových lokalit byl samotný povrch vodní hladiny, který z důvodu pokrytí vegetačními porosty měl nekonzistentní odstíny a barvy. S tímto si bohužel nebyl program schopen poradit a výsledná hladina není rovná ale kopečkovitá. Při využití CPL filtru by se dalo částečně předejít problémům s odlesky, ale pro kvalitní vykreslení povrchu hladiny by bylo třeba zvolit proložení snímků z double grid letu o fotografie s odlišným náklonem kamery například zvolením metody Circular.

Tato potíž šla téměř zcela napravit změnou softwaru, který ve výsledku mnohonásobně rychleji vytvořil fotorealističtější texturovaný 3D model.

8.7 Letecký multimediální obsah v soutěžích

Taktéž jako u klasických snímků z fotoaparátů lze i s fotografie či video pořízené dronem zasílat do různých soutěží.



Jakub Espandr
Awarded on 1x.com



Jakub Espandr
Awarded on 1x.com



Jakub Espandr
Awarded on 1x.com



Obrázek 56: Oceněné letecké snímky (vlastní zpracování)

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo představit možné využití UAV k zachycení multimediálního obsahu a zároveň demonstrovat výstupy vlastní tvorby.

V teoretické části byly stručně představeny jednotlivé prvky multimédií, které tvoří nehybné obrázky, text, animace, audio a video. Zbývající část práce se již věnovala bezpilotním leteckým systémům a jejich použití pro tvorbu fotografií, videa a mapování. Je zde popsán vývoj dronů od raných pokusů o řízené armádní letouny až po dnešní miniaturní autonomně létající drony nejčastěji osazené čtyřmi vrtulemi.

V kapitole o základních komponentech je uvedena hlavní přednost RTF řešení, a to pevně zabudovaný tříosý závěs s kamerou a možností přenosu živého obrazu do mobilního telefonu a GNSS přijímače, díky kterému letouny nabízí vysokou stabilitu a jednoduchost ovládání. Kvůli jejich rozšíření mezi veřejností byla sepsána část věnující se legislativě provozu spolu s kategorizací dronů, ochranným pásmům, bezletovým zónám a pojištění.

Jelikož se práce zabývá zachycením obrazu, byl zde vysvětlen princip vzniku snímku spolu s popisem jednotlivých částí kamery, které se dělí dle druhů a snímaných spekter a často se doplňují o optické filtry. Praktický efekt síly ND filtrů, a tím i změna rychlosti závěrky, byly demonstrovány pomocí 4“ FPV dronu na výřezech z videí. Schopnost širokoúhlé předsádky změnit velikost zachycené plochy, a tím nabudit dojem záběru z vyšší výšky, byla představena na srovnání dvou fotografií ze stejné letové hladiny. K této kapitole se též váže nejvhodnější denní doba na pořízení snímku a zahrnuje vliv Slunce a stínů, které se dají určit pomocí dedikovaných aplikací. Dále je na příkladových fotografiích vyobrazena změna krajiny v průběhu ročních období. V tématu kompozice se nachází koláž vlastních fotografií s různými nadhledy a v tematické oblasti kompenzace expozice je pro čtenáře zpracována ukázka práce s histogramy a výsledným vzhledem snímku.

V sekci leteckého videa jsou popsány tři části produkčního řetězce, tj. fáze přípravy, realizace a postprodukce, které by měly vést k úspěšnému videospotu. Zároveň jsou zde zmíněny jednotlivé aspekty nastavení kamery například barevný profil, u něhož je na reálném příkladu z natáčení porovnán surový nativní záznam z dronu vůči plochému barevnému profilu s jeho následným postprodukčním colorgradingem. Z kapitoly o leteckém mapování se lze dozvědět, že v dnešní době mají právě drony velký rozmach díky jejich levnějšímu a snazšímu provozu na malém území vůči letadlům a družicím. Využívají se při průzkumu krajiny, letecké inspekci objektů či u fotogrammetrie v zemědělství, archeologii, architektuře atd.

Poslední část práce je navázána na teoretické poznatky a prezentuje praktické ukázky vlastní tvorby, které vznikaly pomocí čtyř dronů, přičemž dva z nich DJI Phantom 4 a Mini 3 PRO

byly komerčně zakoupeny a zbylé dva 5“ a 4“ FPV drony vlastnoručně postaveny. Kapitola věnující se leteckým fotografiím popisuje tvorbu expozičně skládaných snímků, které se často užívají kvůli nedostatečnému dynamickému rozsahu focení scény. Jedna z HDR fotografií architektury byla následně vytištěna ve formě lithophane snímku na resinové 3D tiskárně. Dále se v práci nachází ukázka dlouhé expozice využití při sledování pohybující se zemědělské techniky. V této části se lze také dozvědět, jak dosáhnout požadované délky expozice bez následného přeexponování snímku a zároveň se vyhnout možným komplikacím způsobeným nedodržením konstantního odstupu a směru letu od objektu. U panoramatických fotografií byly zařazeny dva druhy širokoúhlých snímků, a to plošný a sférický, přičemž poslední zmíněný byl několikrát využit ve virtuálních prohlídkách. Pro ukázkou využití dronů k záznamu videí byly zvoleny dva krátké reklamní snímky, kdy první z nich je spot pohybu automobilu a druhý slouží pro představení reálné firmy na webovou prezentaci a ISH veletrhu ve Frankfurtu nad Mohanem. K již zmíněné VR prohlídce byl vybrán týmový projekt bratra autora, pro který byla vytvořena multimediální prohlídka šterkopískovny v Plané nad Lužnicí sloužící k popularizaci jejich vědeckého projektu pro soutěž The Quarry Life Award 2022. Tato virtuální prohlídka byla nejrozsáhlejším a časově nejnáročnějším výstupem autora, který ovšem získal ohlas při vyhlášení národního kola zástupci Českomoravského Šterku, a.s. spadajícího do skupiny HeidelbergCement Group v Mokrém-Horákov. Reálné využití tohoto mediálního prvku bylo částečně naznačeno na příkladu realitní prohlídky exteriérů nemovitosti. V kapitole leteckého mapování se nachází popis vzniku ortofotomozaického snímku, z něhož byla později měřena rozloha zájmového území. K demonstraci fotogrammetrie vznikly dva 3D modely, přičemž jeden z nich byl následně vytištěn na MSLA 3D tiskárně. U této problematiky byl sepsán celý postup od samotného snímání dronem, složení modelu až po jeho postprodukcí spolu se vzniklými problémy, které se nakonec celkem podařilo odstranit volbou jiného softwaru.

Kromě literární rešerše bylo v práci využito vlastních zkušeností a znalostí. Může sloužit jako průvodce zájemcům z řad pilotů bezpilotních leteckých systémů při tvorbě a zachycení odlišných druhů obrazového výstupu.

Téma současné práce je široké a mnoho pasáží muselo být zmíněno jen okrajově, proto by šla rozšířit o detailněji zaměřenou nadstavbu určitého tématu, a stát se tak vhodným podkladem pro diplomovou práci.

POUŽITÁ LITERATURA

Anon., Komplexní průvodce drony: získajte ze svého dronu maximum. Kompletní průvodce drony. Praha: Omega Publishing Group, s.r.o., 2017. 148 s. ISBN 2570-589X.

GOJDA, Martin. Archeologie a dálkový průzkum: historie, metody, prameny = Archaeology and remote sensing: history, methods, data. Praha: Academia, 2017. 465 s. ISBN 978-80-200-2644-6.

HORNÝ, Stanislav; BEDŘICHOVÁ, Petra. Praktická učebnice tvorby multimediálního obsahu. Průhonice: Professional Publishing, 2018. 123 s. ISBN 978-80-88260-29-5.

HORNÝ, Stanislav; KRSEK, Libor. Úvod do multimédií. Praha: Oeconomica, 2009. 157 s. ISBN 978-80-245-1608-0.

JURAČKA, Petr Jan; KOLEKTIV. Drony - fotografování z ptačí perspektivy: Co všechno potřebujete vědět o dronech a jejich využití pro leteckou fotografii a video. Praha: Grada Publishing, 2017. 108 s. ISBN 978-80-247-5787-2.

KARAS, Jakub; TICHÝ, Tomáš. Drony. Brno: Computer Press, 2016. 264 s. ISBN 978-80-251-4680-4.

KOCOUREK, Jaroslav; ŘEŠÁTKO, Jaroslav. Drony - Praktická příručka pro majitele dronů DJI. 3. vydání. Praha: TELINK, spol. s r. o., 2021. 214 s. ISBN 978-80-11-00186-5.

LONG, Ben; SCHENK, Sonja. Velká kniha digitálního videa. Brno: CP Books, a.s., 2005. 478 s. ISBN 80-251-0580-6.

NOVÁK, Jan A. Drony: kompletní průvodce včetně přehledu nové legislativy. Praha: Grada Publishing, 2021. 304 s. ISBN 978-80-271-0775-9.

INTERNETOVÉ ZDROJE

DJI STORE. DJI Care Refresh: DJI Mini 3. In: DJI Store [online]. b. r. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://store.dji.com/product/dji-care-refresh-dji-mini-3?vid=128271>

DJI. DJI Mini 3 PRO: Downloads. In: DJI.com [online]. b. r. [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: https://dl.djicdn.com/downloads/DJI_Mini_3_Pro/UM/20221104/DJI_Mini_3_Pro_User_Manual_v1.4_en.pdf

EASA. Certified Category - Civil Drones. In: European Union Aviation Safety Agency [online]. b. r. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones/drones-regulatory-framework-background/certified-category-civil-drones>

NICHOLSON, Angela. CAMERA FEATURES: Exposure Compensation. In: Canon.cz [online]. b. r. [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.canon.cz/pro/infobank/exposure-compensation/>

NOVOTNÝ, Alex. Pravidla pro létání s drony, aneb co vše s dronem (ne)smíte: Legislativa. In: DronPro [online]. 13. 10. 2017 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/pravidla-pro-letani-aneb-co-vse-s-dronem-ne-smite>

REYNOLDS, Justin. Drone Photogrammetry: What It Is and How It Works. In: Irisonboard.com [online]. 19. 1. 2022 [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.irisonboard.com/what-is-drone-photogrammetry/>

ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU ČR. Vzdušný prostor. In: Letecká informační služba [online]. 29. 12. 2022 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/pdf/enr_1_cz.pdf

STUDIOBINDER. What is Pre-Production in Film? A Blueprint for Success. In: Studiobinder.com [online]. 15. 3. 2020 [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.studiobinder.com/blog/what-is-pre-production-definition/>

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. Opatření obecné povahy: legislativa. In: Létejte zodpovědně [online]. b. r. [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: https://www.letejtezodpovedne.cz/legislativa/jak_letame_nyni/OOP

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ (2). Kategorizace provozu. In: Létejte zodpovědně [online]. b. r. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://www.letejtezodpovedne.cz/legislativa/jak_letame_nyni/kategorizace_provozu?clid=150

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ (3). Pravidla u letišť. In: Létejte zodpovědně [online]. b. r. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.letejtezodpovedne.cz/rady/letani>

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ (4). FAQ - legislativa: Potřebuji pojištění?. In: Létejte zodpovědně [online]. b. r. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.letejtezodpovedne.cz/rady/faq/legislativa>

VFR PŘÍRUČKA. Vzdušný prostor České republiky. In: VFR příručka [online]. b. r. [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/enr_1_cz.html

ZDROJE OBRÁZKŮ

DRONPRO. Jak na Létání s Dronem Nad Městy 2023 [EXPERTI RADÍ]. In: DronPro [online]. 15. 2. 2022 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/letani-s-dronem-nad-mesty-jake-mate-moznosti>

Kettering Bug. In: National Museum of the United States Air Force [online]. b. r. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/198095/kettering-aerial-torpedo-bug/>

Třídy a kategorizace UAV. In: Úřad pro civilní letectví [online]. b. r. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/uFAQs/jake-jsou-pozadavky-v-jednotlivych-podkategoriich-otevrene-kategorie/>

Pravidla létání v blízkosti řízených letišť. In: Létejte zodpovědně [online]. b. r. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://www.letejtezodpovedne.cz/legislativa/jak_letame_nyni/OOP

KOCOUREK, Jaroslav; ŘEŠÁTKO, Jaroslav. Drony - Praktická příručka pro majitele dronů DJI. 3. vydání. Praha: TELINK, spol. s r. o., 2021. 214 s. ISBN 978-80-11-00186-5.

Letové prostory. In: Paragliding Mapa [online]. b. r. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.paragliding-mapa.cz/wiki>

Vzdušný prostor. In: VFR Příručka [online]. b. r. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/enr_1_cz.html

SEZNAM PŘÍLOH

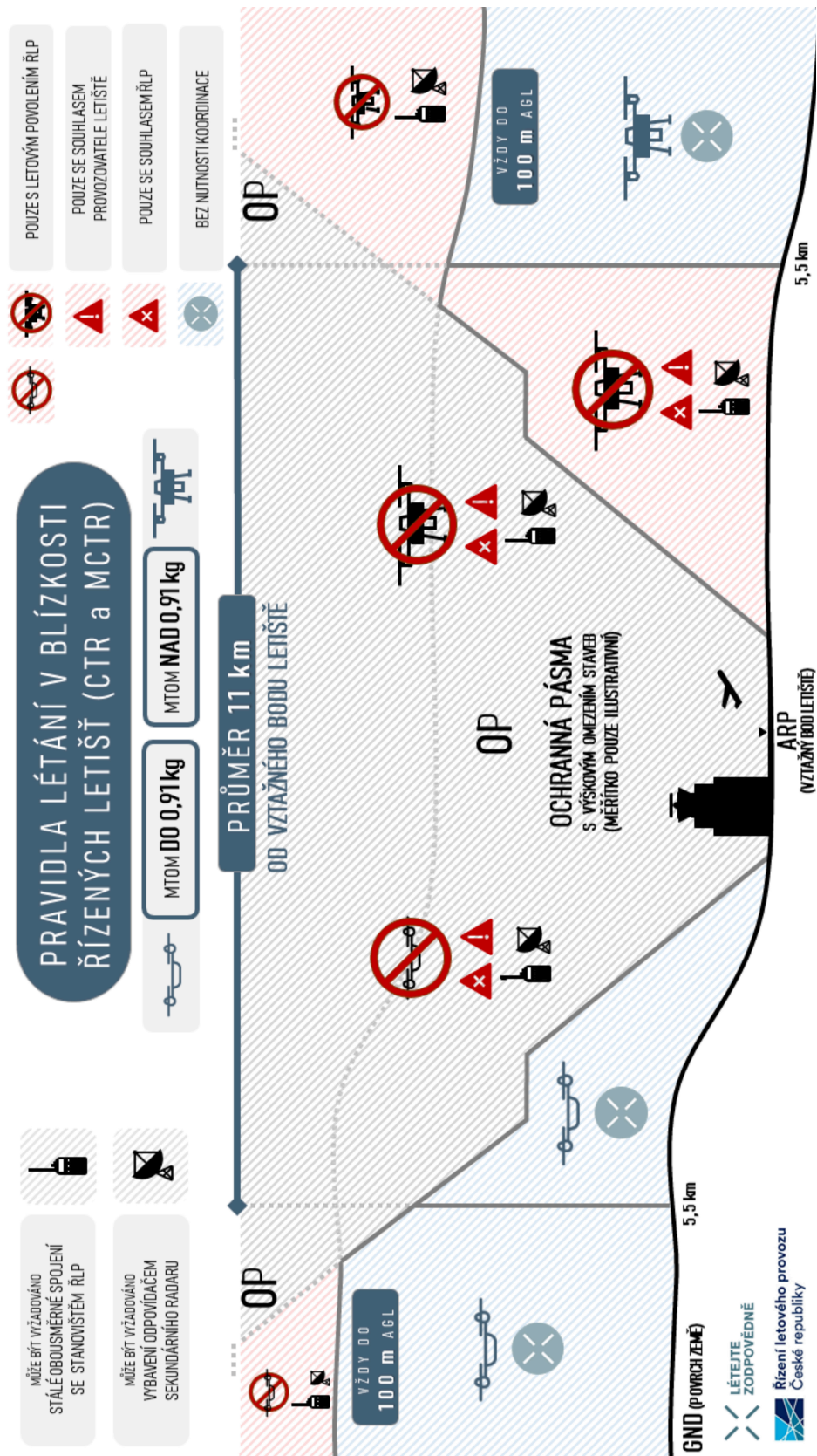
Příloha A	Kategorie provozu.....	85
Příloha B	Ochranná pásma v blízkosti letišť.....	86
Příloha C	Letiště.....	87
Příloha D	Vzdušný prostor.....	88
Příloha E	Vzdušný prostor 2.....	89
Příloha F	CTR, ATC, GRID.....	90
Příloha G	Snímky ze čtyř ročních období.....	91

Příloha A Kategorie provozu

UAS		Provoz		Provozovatel/pilot dronu		
Třída	MTOM	Podkategorie	Provozní omezení	Registrace provozovatele dronu	Způsobilost dálkově řídicího pilota	Minimální věk dálkově řídicího pilota
Soukromě zhotovené	< 250 g	A1 (rovněž může létat v podkategorii A3)	<ul style="list-style-type: none"> - může létat nad nezapojenými osobami (pokud je to možné, měl by se jim vyhnout) - zákaz letů nad shromážděními osob 	Ano, pokud je na palubě kamera/senzor a pokud dron není hračka	- není potřeba žádný výcvik	Žádný minimální věk
0					- přečíst uživatelskou příručku	16*, žádný minimální věk, pokud je dron hračka
Drony dříve uvedené na trh (Čl. 20)					- přečíst uživatelskou příručku - absolvovat online školení - složit online teoretickou zkoušku	16*
1	< 900 g		<ul style="list-style-type: none"> - žádné plánované lety nad nezapojenými osobami (pokud se tak stane, měly by být minimalizovány) - zákaz letů nad shromážděními osob 	Ano	<ul style="list-style-type: none"> - přečíst uživatelskou příručku - absolvovat online školení - složit online teoretickou zkoušku 	16*
2	< 4 kg	A2 (rovněž může létat v podkategorii A3)	<ul style="list-style-type: none"> - žádné lety nad nezapojenými osobami - udržování vodorovné vzdálenosti 30 m od nezapojených osob (může být sníženo na 5 m, je-li aktivována nízkorychlostní funkce) 	Ano	<ul style="list-style-type: none"> - přečíst uživatelskou příručku - absolvovat online školení - složit online teoretickou zkoušku - provést a deklarovat praktický výcvik formou samostudia - složit písemnou zkoušku u příslušného národního leteckého úřadu (nebo u schváleného subjektu) 	16*
3	< 25 kg	A3	<ul style="list-style-type: none"> - lety daleko od lidí - lety mimo urbanistickou oblast (vzdálenost 150 m) 	Ano	<ul style="list-style-type: none"> - přečíst uživatelskou příručku - absolvovat online školení - složit online teoretickou zkoušku 	16*
4						
Soukromě zhotovené Drony dříve uvedené na trh (Čl. 20)						

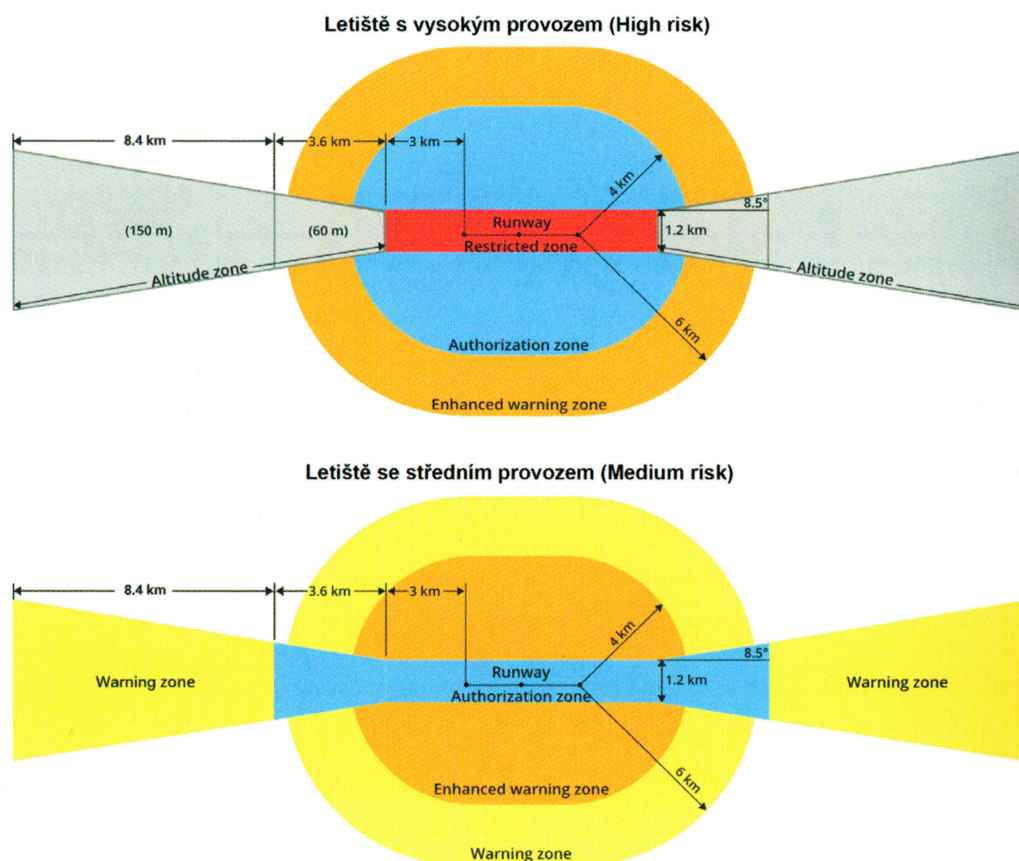
Obrázek 57: Třídy a kategorizace UAV (Úřad pro civilní letectví, b. r.)

Příloha B Ochranná pásma v blízkosti letišť



Obrázek 58: Ochranná pásma u letišť (Létejte zodpovědně, b. r.)

Příloha C Letiště



Obrázek 59: Letiště (Kocourek a Řešátka, 2021, s. 166)

Následující popis obrázku vychází z textu Kocourka a Řešátka (2021, s. 166):

Červená zóna je zakázaný prostor v těsné blízkosti ranveji, který však lze odemknout po vyplnění formuláře a podání žádosti spolu s doložením patřičných dokumentů o letovém povolení.

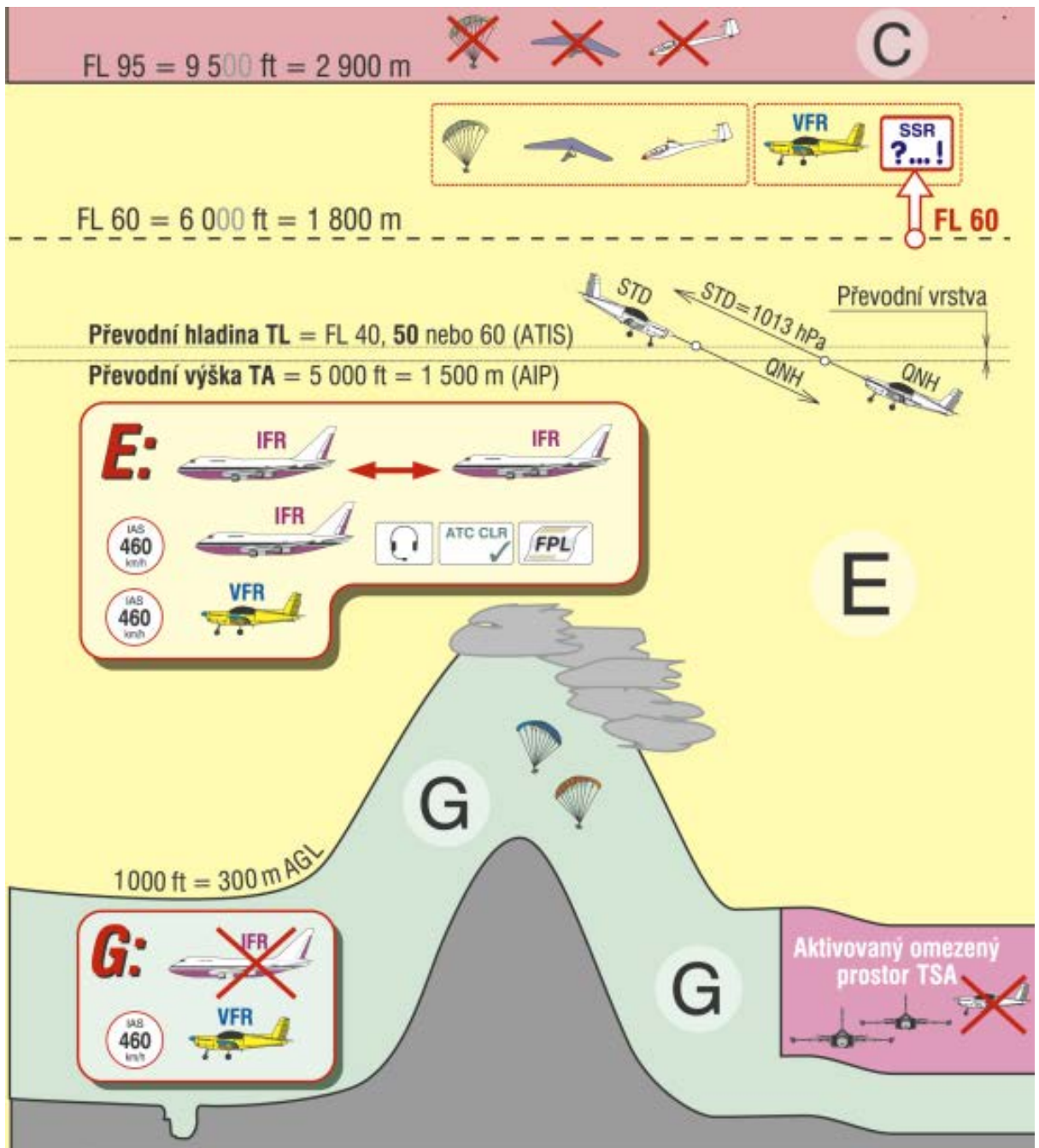
Modře vyobrazená část se liší dle typu letiště. U aerodromu s vysokým provozem se jedná o rádius 4 km od samotné ranveje. Tato zóna se též nazývá jako autorizační, neboť jde odemknout přímo na místě v aplikaci, avšak možnosti letu drony budou omezeny.

Šedou barvou je vykreslen koridor ve směru letové dráhy těsně navazující na zakázaný prostor. V tomto koridoru je omezena výška letu na 60 m a vzdáleněji až maximálních 120 m.

Zóna rozšířeného varování neboli oranžově zobrazený prostor se nachází v okolí letiště. Zde například drony DJI pilota varují, že vstoupil do dané zóny a pro pokračování v letu je třeba v aplikaci odsouhlasit vědomý let k letišti. (např. Anon., 2017, s. 13)

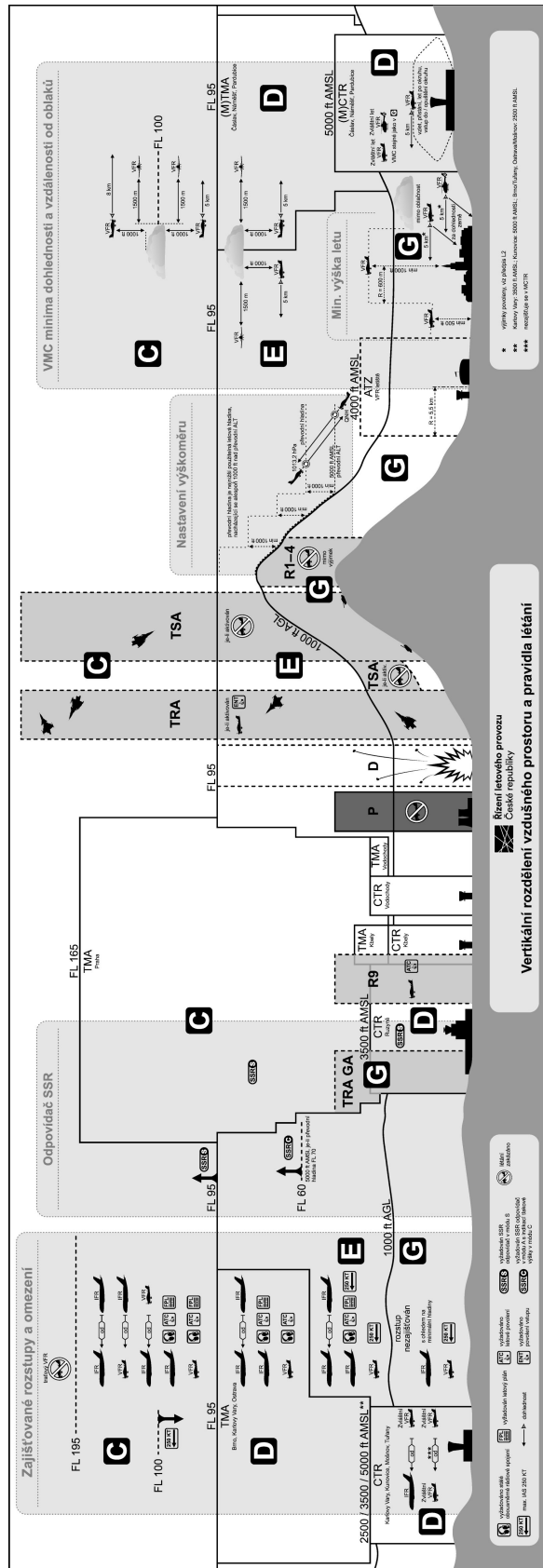
Posledním žlutým areálem je varovná zóna, která se chová stejně jako přírodní chráněná oblast. Po překročení hranic nebo vzletu v daném území řídicí aplikace v mobilním telefonu nebo chytrá vysílačka zobrazí varovnou hlášku, že se dron nachází nad daným územím. (Kocourek a Řešátka, 2021, s. 166; Úřad pro civilní letectví, b. r.; Úřad pro civilní letectví (3), b. r.;

Příloha D Vzdušný prostor



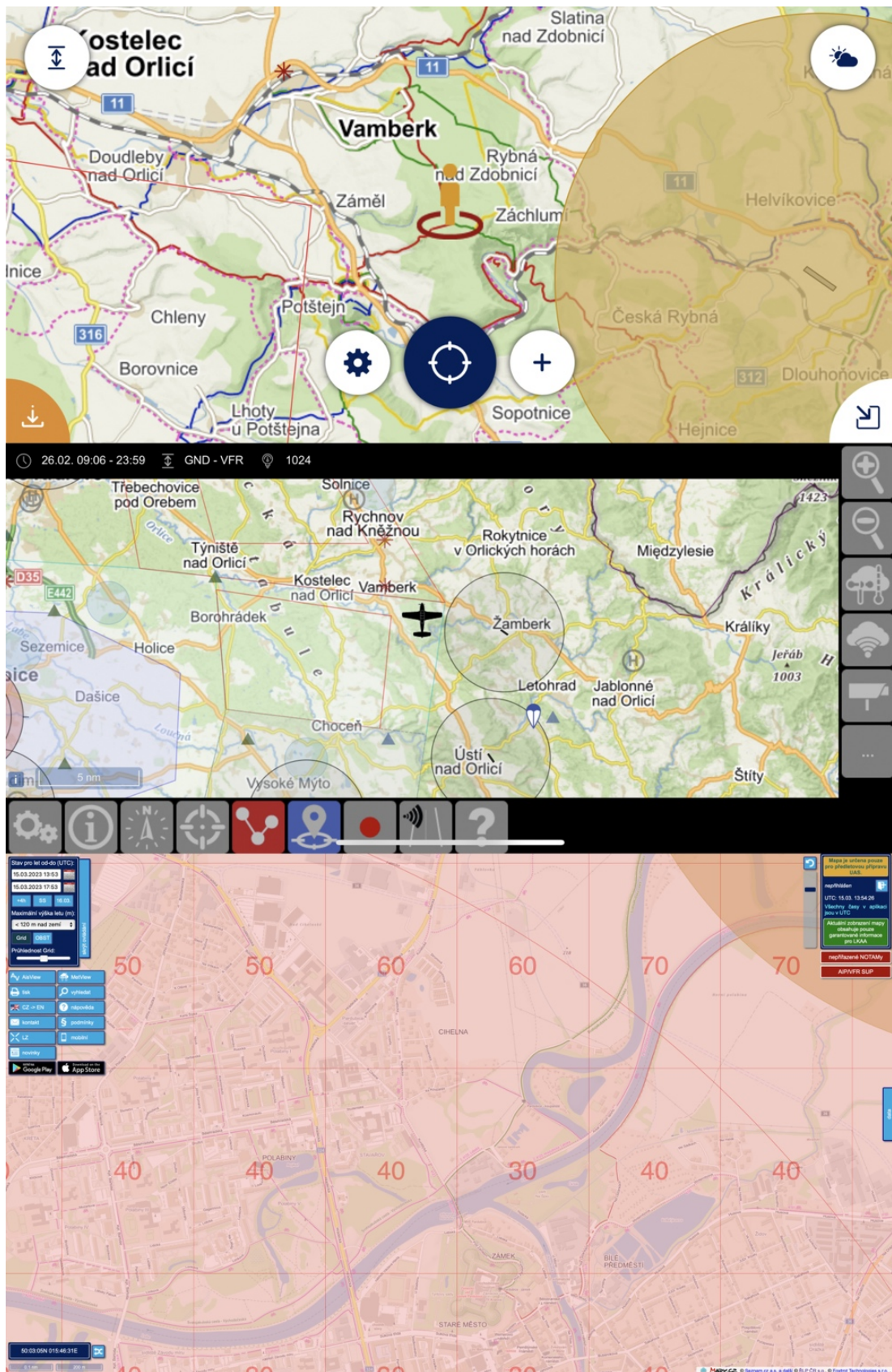
Obrázek 60: Vzdušný prostor (VFR Příručka, b. r)

Příloha E Vzdušný prostor 2



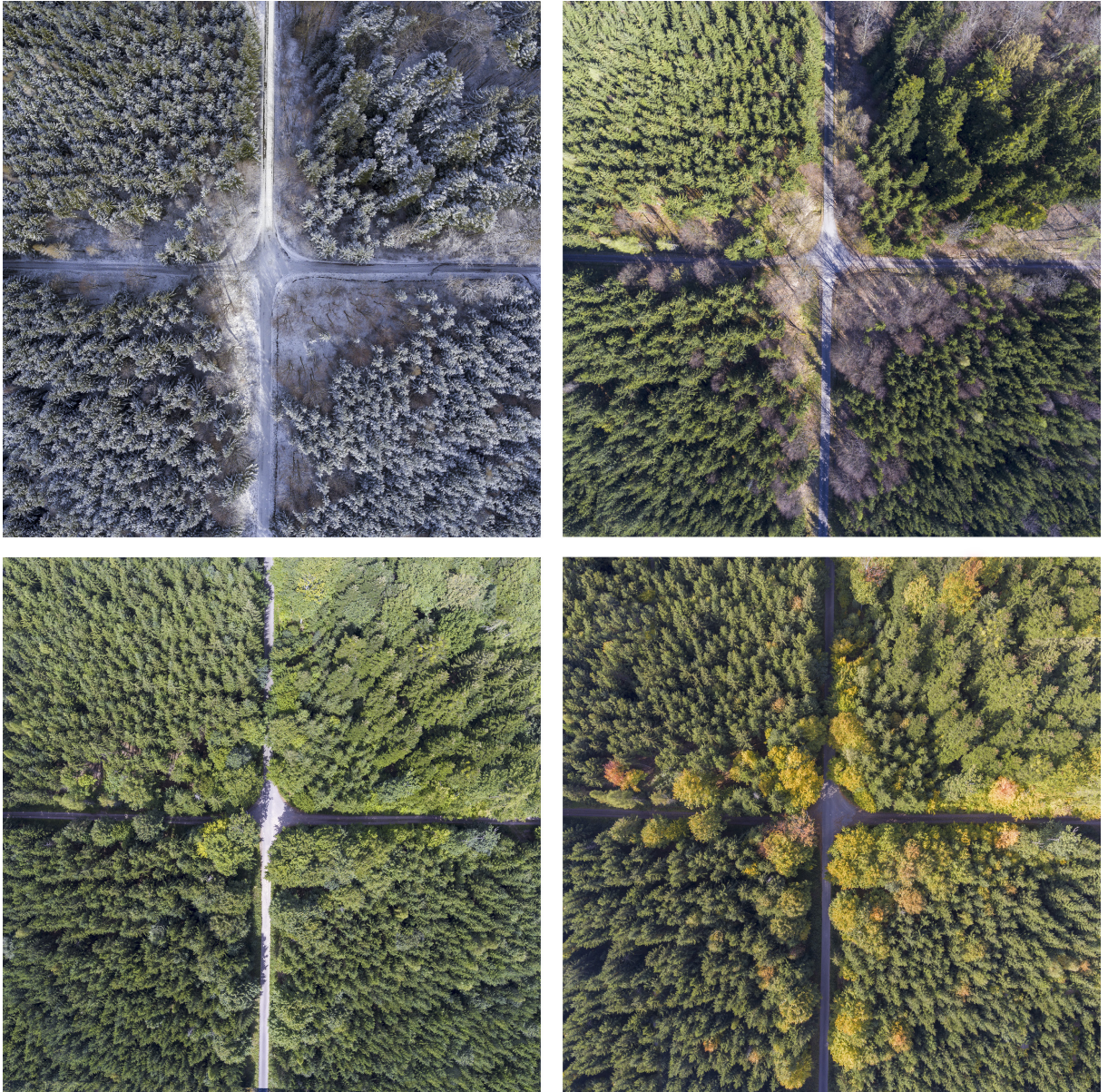
Obrázek 61: Letové prostory (Paragliding Mapa, b. r.)

Příloha F CTR, ATC, GRID



Obrázek 62: Předletová příprava – vzdušný prostor (vlastní zpracování)

Příloha G Snímky ze čtyř ročních období



Obrázek 63: Snímky lesa ve čtyřech ročních obdobích (vlastní zpracování)

Koláž snímků Porovnání krajiny ve čtyřech ročních obdobích v kapitole Nejvhodnější doba na snímání.