

Využití dronů v praxi v rámci IZS

Bc. David Čeřovský

Diplomová práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. David Čeřovský**
Osobní číslo: **A14894**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Využití dronů v praxi v rámci IZS**
Téma anglicky: **The Use of Drones in Practice in the Integrated Rescue System**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši zaměřenou na vlastnosti a konstrukci dronů.
2. V rámci literární rešerše se zaměřte na legislativu spojenou s provozováním a využitím dronů.
3. Provedte analýzu aktuální nabídky dronů na trhu.
4. Navrhněte možnosti praktického využití dronů složkami IZS, zejména HZS ČR.
5. Popište modelovou situaci, případně provedte praktickou ukázkou.
6. Navrhněte konkrétní využitelnou sestavu pro HZS ČR.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Česká republika. Letecký předpis: Pravidla létání L2. In: http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/print/L-2_cely.pdf. 2000. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
2. Schwarz. Využití bezpilotních létajících prostředků pro telemetrické účely. Elektronický odborný časopis o technologii, technice a logistice v dopravě, roč. 5, č. 3, s. 7., 2010.
3. Baranek, F. Šolc. Mnohorotorové vrtulníky k použití v budovách i v otevřeném terénu. Automa, č. 12: s: 4547, 2011.
4. Úřad pro civilní letectví. ÚCL [online]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/>
5. Microdrones GMBH. Microdrones [online]. Dostupné z: <http://www.microdrones.com/en/home/>
6. Česká republika. Všeobecné oprávnění č. VO-R/12/09.2010-12 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení pro širokopásmový přenos dat v pásmech 2,4 GHz a 66 GHz. In:http://www.ctu.cz/cs/download/oop/rok_2010/vo-r_12-09_2010-12.pdf.
7. Česká republika. Všeobecné oprávnění č. VO-R/16/08.2005-28 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení provozovaných společně na určených kmitočtech v pásmech 27MHz a 450MHz. In:http://www.ctu.cz/1/download/Opatreni%20obecne%20povahy/VO_R_16_08_2005_28.pdf

Vedoucí diplomové práce:

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

3. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce:

24. května 2017

Ve Zlíně dne 3. února 2017

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

Jméno, příjmení: David Čerovský

Název diplomové práce: Využití dronů v praxi v rámci IZS

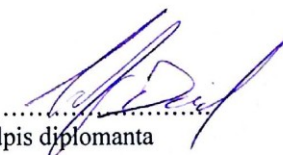
Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 23.5.2017


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Práce vysvětluje a hrubě technicky popisuje funkci a vlastnosti dronů a analyzuje aktuální situaci na trhu. V dalších kapitolách řeší legislativu spojenou s používáním dronů a možnosti praktického využití složkami IZS. Závěr práce obsahuje modelovou situaci, praktickou ukázkou využití a návrh na konkrétní využitelnou sestavu.

Klíčová slova:

Drony, Bezpilotní prostředky, IZS, HZS ČR, využití v praxi

ABSTRACT

The thesis explains and roughly technically describes the drones' function and properties and analyzes the current market situation. In the following chapters, it deals with legislation related to the use of drones and the possibility of practical use of IRS. The conclusion of the thesis contains a model situation, a practical demonstration of use and a proposal for a particular usable assembly.

Keywords:

Drones, Unmanned vehicles, IRS, FRC CZ, use in practice

Rád bych zde poděkoval:

panu doc. Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D. za jeho vstřícný přístup a trpělivost při vedení této práce.

Kateřině Bolikové za korekturu.

své rodině za podporu a trpělivost při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 DRONY	10
1.1 HISTORIE	10
1.2 OBECNÝ POPIS	11
1.3 VLASTNOSTI A KONSTRUKCE.....	12
1.3.1 Rám	13
1.3.2 Vrtule.....	14
1.3.3 Motory.....	15
1.3.4 Akumulátory	16
1.4 ELEKTRONIKA	17
1.4.1 Flight controller.....	18
1.4.2 Regulátor	18
1.4.3 Rádiový přijímač	18
2 LEGISLATIVA	19
2.1 ZÁKONY A VYHLÁŠKY	19
2.1.1 Úřad pro civilní letectví	26
2.1.2 Český telekomunikační úřad	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
3 TRH	28
3.1 HLAVNÍ HRÁČI TRHU	28
3.2 AKTUÁLNÍ NABÍDKA.....	29
3.2.1 Nabídka Microdrones GmbH.....	29
3.2.2 Nabídka DJI	32
3.2.3 Nabídka Robodrone	35
4 PRAKTICKÉ VYUŽITÍ SLOŽKAMI IZS	40
4.1 HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ČESKÉ REPUBLIKY	41
5 MODELOVÁ SITUACE	42
5.1 PÁTRÁNÍ PO ZTRACENÉ OSOBĚ	42
5.2 HROMADNÁ NEHODA	45
5.3 POŽÁR VELKÝCH OBJEKTŮ / PLOCH	47
6 NÁVRH SESTAVY PRO HZS ČR	52
6.1 VÝBĚR DLE PARAMETRŮ	52
6.2 SPECIFIKACE VYBRANÉ SESTAVY	54
6.3 PARC	55
ZÁVĚR	57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	60
SEZNAM OBRÁZKŮ	61
SEZNAM TABULEK	63
SEZNAM PŘÍLOH – NEOBSAHUJE PŘÍLOHY	64

ÚVOD

Bezpilotní letadla neboli UAV v posledních několika letech prošla obrovskou proměnou, která je mimo jiné přivedla i k samotné veřejnosti. V této době se můžeme s takzvanými koptéry setkávat v rukách amatérů, při práci filmových štábů, ale i v podnikatelském sektoru. Mnoho lidí se vydalo „neznámou“ cestou využití dronů, ať už k získání nových zkušeností, k zábavě, k pořizování netradičních fotografií a videí a samozřejmě i k získání financí poskytováním služeb s využitím dronů. Vzhledem k dnešnímu rozšíření bezpilotních prostředků se nabízí otázka, zda by využitím dronů ve složkách IZS nebylo možné ušetřit státní finance, snížit riziko ohrožení zdraví a životů příslušníků jednotlivých složek IZS a v neposlední řadě zefektivnit rychlost a účinnost určitých typů zásahů.

Cílem práce je seznámit publikum s různými druhy a typy strojů a základně vysvětlit princip jejich fungování. Práce se zabývá problematikou legálního provozování bezpilotních strojů ve veřejném vzdušném provozu ve spojení s platnou legislativou ČR a zejména se snaží najít využití bezpilotních prostředků v rámci IZS ČR.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DRONY

UAV, nebo-li unmanned aerial vehicle, je letadlo bez posádky, které může být řízeno na dálku, nebo létat samostatně pomocí předprogramovaných letových plánů nebo pomocí složitějších dynamických autonomních systémů. Bezpilotní letadla se používají často v armádě k průzkumným i útočným letům. Používají se také k mnoha civilním úkolům, například k hašení požárů, policejnímu sledování nebo průzkumu terénu. [5]

1.1 Historie

Horkovzdušné balóny byly jako první používány jako bezpilotní prostředky. Bratři Montgolfierové ve Francii začali experimentovat s balóny již v roce 1782. O rok později vypustili do vzduchu balón zhotovený z plátna, konkrétně z taftu, o průměru jedenácti metrů. Doba letu byla asi deset minut a balón dosáhl výšky zhruba dvou kilometrů, poté začal prudce ztrácet výšku, narazil do zdi a shořel. Bratrům se posléze dostalo uznání od Akademie věd jako vynálezců a konstruktérům létajícího objektu – balónu, který je dle nich občas nazýván montgolfiéra. [6]

Po tomto objevu, jak to v podobných případech u nejnovější techniky bývá, se bezpilotní prostředky objevily v bojích. V průběhu americké občanské války (1861-1865) připevňovali příslušníci Severské unie zápalná zařízení na pozorovací balóny a doufali, že na jižní straně Konfederace způsobí velké a rozseté požáry, a tím oslabí jižanskou bitevní linii. Podobný princip pak v roce 1944 využívali i Japonci proti Spojeným státům.

Na začátku druhé poloviny dvacátého století, v rámci přísně tajných průzkumných programů Gopher a Genetrix upravovaly Spojené státy balóny pro schopnost letů ve vysokých nadmořských výškách. Tyto balóny pak byly vybaveny fotoaparáty s automatickou spouští, které byly uzpůsobeny pro pořizování širokoúhlých snímků Sovětského svazu. Výsledky byly s ohledem na nemožnost řízení pouze částečně úspěšné. Jednalo se však o historicky první fotografie, které byly pořizeny bezpilotním prostředkem. [7]

Armáda byla první, kdo začal využívat bezpilotní prostředky v praxi ve větším měřítku. Do vojenského aktu byly bezpilotní prostředky nasazeny například již v druhé světové válce, v rámci amerických projektů Aphrodite a Anvil, které zahrnovaly nasazení přestavěných dálkově ovládaných sebevražedných bombardérů B-17 a PB4Y-1, které byly označeny BQ-7 a BQ-8. [8]

Postupem doby se do vývoje a produkce bezpilotních letadel zapojil i Izrael, který se na konci dvacátého století stal skutečnou velmocí v oboru bezpilotních letadel. Jako první stát zařadil tuto kategorii letadel mezi standardní součást armádní výbavy. Díky tomuto rozvoji minimalizoval Izrael ztráty ve svých řadách v následujících bojích se Sýrií. Toto prvenství podtrhuje fakt, že o Izraelskou technologii se začaly nejvíce zajímat ozbrojené síly USA. Výsledkem propojení izraelských a amerických válečných sil bylo množství funkčních taktických bezpilotních letounů, které pak byly častým přímým účastníkem na bojištích. USA poté začaly s vývojem vlastních strojů a dosáhly sestrojení malých taktických letounů, které bylo možné vypouštět z ruky. S minimalizací všech technologií na konci 20. století se zájem o bezpilotní prostředky rozrostl až do stavu, kdy dnes bezpilotní prostředky mohou nést téměř jakékoliv zbraně, kamery a jiná zařízení...

V současnosti jsou bezpilotní letouny využívány pro armádní účely, jako například průzkumy a útoky, pro filmování a fotografování, pro práce ve výškách zahrnující monitorování úniků tepla, kontrolu staveb, kontrolu stavu rozvodů elektrické sítě, a v neposlední řadě pro využití v zemědělství, například pro provádění postřiků polí, monitorování stavu polí atd.

Podíváme-li se na historii vícevtulových helikoptér, kořeny sahají až do roku 1920, kdy v Americe probíhal letecký projekt, ve kterém byla sestrojena čtyř-rotorová helikoptéra s osmi vrtulemi poháněná jedním motorem. Ovládaná však pořád byla pilotem na palubě. Během posledních několika let prošly vícevtulové helikoptéry zásadními změnami. Už se nevyužívají pouze pro armádní účely, ale byly také upraveny do menších, dálkově ovládaných UAV, pro využití v civilním a komerčním sektoru. [3]

1.2 Obecný popis

VTOL označuje akronym pro termín vertikálního vzletu a přistání. Označuje schopnost letového stroje vzlétnout a přistát znovu ve svislém směru bez potřeby konkrétní dráhy. Podle tohoto základu jsou vrtulníky klasifikovány jako stroje VTOL. [2]

Tzv Quadrocopter (odvozeno od latinského Quadrum, čtyřúhelník) jsou letové stroje, které používají čtyři rotory nebo vrtule, jeden každý na vertikální šachtu, a montované v jedné úrovni na karosérii. Tyto rotory mohou pak povznášet nebo naklánět karosérii, stejně jako

ji pohánět do libovolného směru s vazbou na ovládání pilota, který jen kontroluje jejich individuální tah. Quadrocopter je speciální typ vrtulníku, a proto patří mezi VTOL.

1.3 Vlastnosti a konstrukce

Základní dělení:

- Nosný prvek
 - křídlo x vrtule – s ohledem na plánované využití se budu zabývat pouze vrtulovými drony.
- Zdroj energie
 - spalovací x elektrický – s ohledem na plánované využití a nabídku výrobců se budu zabývat pouze drony na elektrický zdroj.
- Hmotnost
 - malá x velká – velmi relativní pojem, drony se pohybují v rozmezí hmotnosti pár gramů až po několik kilogramů.
- Řízení
 - autonomní x manuální

1.3.1 Rám

Pro svou nízkou hmotnost jsou nejčastěji užívanými materiály rámu karbonová (uhlíková) vlákna, odolné plasty nebo lehké letecké kovy, případně kombinace těchto materiálů. Pod rámem stroje se nachází podvozek. V dnešní době mají některé drony už i sklopné nohy. Pod rámem se dále nachází stabilizovaný závěs kamery, případně fotoaparátu (tzv. gimbal).

Tvar rámu dronu je závislý na počtu rotorů, na požadované nosnosti a na zařízeních, které chce uživatel na stroji nosit. Nejčastěji užívané drony jsou čtyř-rotorové, šesti-rotorové a osmi-rotorové. Pro každý rotor má stroj většinou samostatné rameno. Existují ale i zařízení, která využívají konfigurace se dvěma protiběžnými rotory na konci ramene. Protilehlé dvojice motorů se vždy točí opačným směrem a vzájemně tak eliminují točivé momenty vrtulí. Multikoptéry tak nepotřebují zadní stabilizační rotor jako klasické helikoptéry.



Obr. 1 Rám dronu DJI [1]

1.3.2 Vrtule

Existuje nepřeberné množství tvarů a rozměrů vrtulí. Volba vrtule zásadně ovlivňuje letové vlastnosti dronu, jeho nosnost, vhodné otáčky a hlavně velikost samotného rámu. Základním rozměrem vrtule je její průměr, dále stoupání nebo-li zářez, a počet listů. Maximální průměr vrtule, který může být použit, je dán rámem dronu, respektive délkou ramen rámu. Větší vrtule mají zpravidla vyšší vztlak, ale zároveň kladou vyšší nároky na motor.

Kromě průměru vrtule je také důležitým faktorem její stoupání (zářez), který se většinou pohybuje mezi 30 a 45 stupni. Stoupání 45 stupňů je největší, generuje tedy nejvyšší vztlak, ale klade větší nároky na motory. Stoupání 30 stupňů poskytuje méně tahu, ale způsobuje zároveň méně turbulencí za náběžnou hranou vrtule. Větší stoupání vrtule je tedy vhodné pro rychlost za cenu efektivity. Menší stoupání znamená delší čas ve vzduchu, ale za cenu menší manévrovatelnosti. Krom těchto parametrů lze vzít v úvahu také materiál vrtule. Běžně používanými materiály jsou dřevo, karbon a ABS plast, někdy s karbonovou nebo sklolaminátovou příměsí.

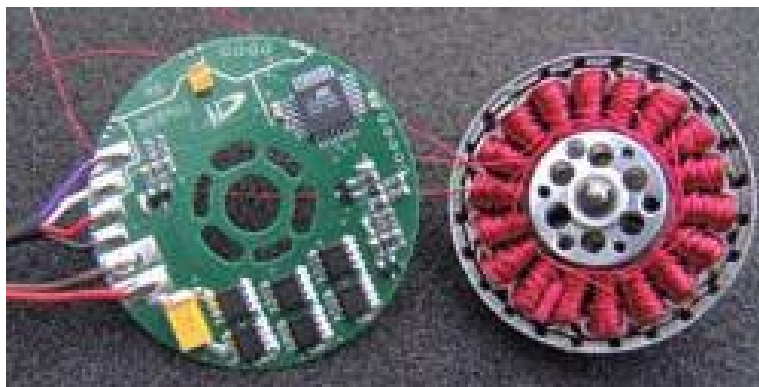


Obr. 2 Karbonové vrtule

1.3.3 Motory

V dnešní době se nejčastěji jako pohonná jednotka používají elektromotory. Standardem je užívat stejnosměrné třífázové elektromotory. Benzínové motory kvůli špatné regulaci otáček motoru v dronech zpravidla nevyužívají. Zároveň jsou benzínové pohony nevhodné pro velké přenosy vibrací, hluk a kouř, které by mohli požadované snímání ztížit, případně úplně překazit.

Konkrétní specifikace motorů záleží zejména na požadovaném výkonu, otáčkách na jeden volt, výdrži (doba, po kterou motor pod danou zátěží dokáže létat bez spálení cívek) a manévrovatelnosti (rychlosti reakce na přidání/ubránění plynu). Výběr motorů je úzce spjat s výběrem vrtulí, od kterých se nosnost stroje a především nároky na motor odvíjí.



Obr. 3 Motor Microdrones GmbH [2]



Obr. 4 Motor T-MOTOR MN3508-29 [1]

1.3.4 Akumulátory

Zdrojem energie pro motory dronu je akumulátor. Od velikosti jeho kapacity se odvíjí letový čas stroje, ale zároveň i jeho hmotnost. V současné době se používají akumulátory založené na technologii Lithium-Polymer, zkráceně označované jako Li-Pol. Tyto baterie se skládají z jednotlivých článků o nominálním napětí 3,3V a maximálním napětí 4,2V. Běžně používané baterie jsou tříčlánkové (12,6V), čtyřčlánkové (16,8V) nebo i vícečlánkové. Větší napětí znamená větší rychlost otáčení motorů a v důsledku větší tah. Rychlejší otáčení motorů klade větší energetické nároky a zpravidla způsobuje i více hluku.

K létání s bezpilotními letadly se zpravidla používají Li-Pol baterie, pro jejich zatím nepřekonaný poměr hmotnosti a akumulované energie. Technologie Li-Pol je však velmi citlivá na hluboké vybíjení. Přílišné vybití článku jej může nenávratně zničit, nebo způsobit jeho přehřátí a následnou explozi. Je třeba proto pečlivě kontrolovat napětí jednotlivých článků, které musí být napříč celou baterií vybalancované. Kontrolu nabití baterie by měl operátor provádět před každým startem a po každém přistání prostřednictvím nabíječky nebo přenosného servisního konektoru s voltmetrem. Při jakémkoliv projevu poškození se nedoporučuje baterii znovu používat.

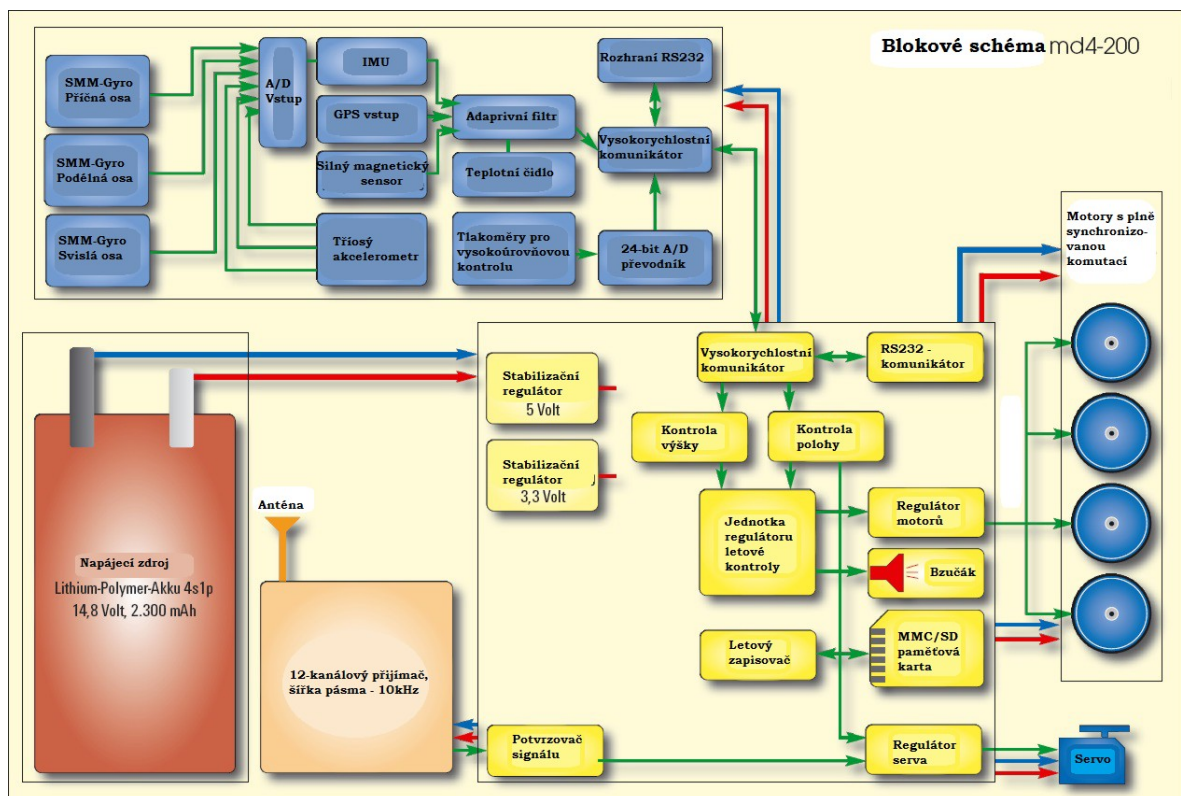


Obr. 5 Akumulátor [2]

Baterie jsou momentálně asi největší překážkou pro masové využití dronů, neboť jejich výdrž i u profesionálních sestav dosahují maximálně k jedné hodině letu. Baterie mají v průměru kapacity kolem 2000 mAh u levnějších a menších dronů, což stačí zhruba na 30 minut letu. Dražší a větší drony využívají vyšších kapacit, nicméně zde platí přímá úměra, čím větší baterie, tím vyšší hmotnost a následné snížení doby letu, takže nelze uvažovat, že pokud mi baterie o kapacitě 2000 mAh postačuje na 30 minut letu, tak po přidání druhé baterie dosáhnou na 60 minut ve vzduchu. Doba letu vždy závisí na kapacitě baterie, aktuálním stavu baterie, povětrnostních podmínkách a na přídatných zařízeních, která zvyšují celkovou hmotnost dronu.

1.4 Elektronika

Rám stroje je osazený elektronikou. Flight Controllerem (jednotkou regulátoru letové kontroly), rozvaděčem proudu, regulátory jednotlivých motorů a rádiem pro komunikaci s vysílačkou.



Obr. 6 Blokové schéma dronu Microdrones md4-200

1.4.1 Flight controller

Srdcem celého zařízení je řídicí jednotka (FC – Flight Controller). Jedná se většinou o tištěný spoj, s integrovanými základními senzory, které jsou nutné k provozu stroje. Těmito senzory jsou gyroskopy, akcelerometry, případně barometr. Gyroskopy se na jednotce nacházejí tři, pro každou osu jeden. Pomocí gyroskopů vnímá jednotka aktuální úhel, ve kterém je stroj natočen a úhlovou rychlost, kterou stroj rotuje. Trojice akcelerometrů umožňuje jednotce detekovat zrychlení ve všech osách. Pomocí barometru zjišťuje jednotka tlak vzduchu, díky kterému lze odvodit výšku. Kromě těchto senzorů umožňuje většina řídicích jednotek připojení externích senzorů, například pro snímání signálu GPS, které stroji zaručují přesnou stabilizaci polohy a zeměpisné pozice. [9]

Kromě senzorů obsahuje jednotka procesor, který jejich data zpracovává a zadává pokyny motorům. Algoritmus, který jednotka k vyhodnocení používá, funguje na principu PID regulátoru. U strojů vlastní výroby je třeba tyto parametry při záletu stroje ladit. Jeden stroj je létatelný s různými parametry a konkrétní nastavení regulátoru tedy záleží na hmotnosti a umístění přenášeného zařízení, povětrnostních podmínkách i osobních preferencích pilota.

1.4.2 Regulátor

Řídicí jednotka komunikuje s regulátory stejnosměrných motorů. To jsou obvody, které přes tři vodiče roztáčejí motory podle příkazů řídicích jednotek. Regulátory musí vydržet zatížení proudem, který vyžadují motory. Typický odběr jednoho motoru se pohybuje v rozmezí 15 – 30ampér.

1.4.3 Rádiový přijímač

Pokyny pro řídicí jednotku stroje předává přijímač. Ten pomocí antén přijímá signál ovládání pilota. Frekvence ovládacího signálu je na moderních ovladačích v pásmu 2.4 GHz. Některé komunikační protokoly, které ovladač a přijímač používají ke komunikaci, umožňují obousměrnou komunikaci. Díky tomu může pilot na zemi kontrolovat aktuální stav stroje, například rychlost letu, napětí baterie, výšku letu a další parametry.

2 LEGISLATIVA

Legislativa je v oblasti bezpilotních prostředků nedokonalá a velmi zjednodušeně řečeno by při jejím stoprocentním dodržení, nebylo téměř možné s drony létat.

2.1 Zákony a vyhlášky

Nejdůležitějším dokumentem týkající se dronů je letecký předpis „Pravidla létání L2“ a „Doplněk X – BEZPILOTNÍ SYSTÉMY“ tohoto předpisu vydaný Úřadem pro civilní letectví 4.12. 2014.

Výběr důležitých částí:

Pravidla létání L2

- 4. Tento předpis je závazný pro všechny civilní subjekty zúčastněné na organizování a poskytování letových provozních služeb a provádění letů ve vzdušném prostoru České republiky.
- 3.1.2 Minimální výšky



S výjimkou, kdy je to nezbytné pro vzlet nebo přistání, nebo s výjimkou, kdy tak povolil příslušný úřad, letadlo nesmí letět nad hustě zastavěnými místy (města, vesnice a jiná obydlená místa) nebo nad shromážděním osob na volném prostranství, pokud není ve výšce, která by v případě vzniklé nouze umožnila přistání bez ohrožení osob nebo majetku na povrchu země.

Doplněk X

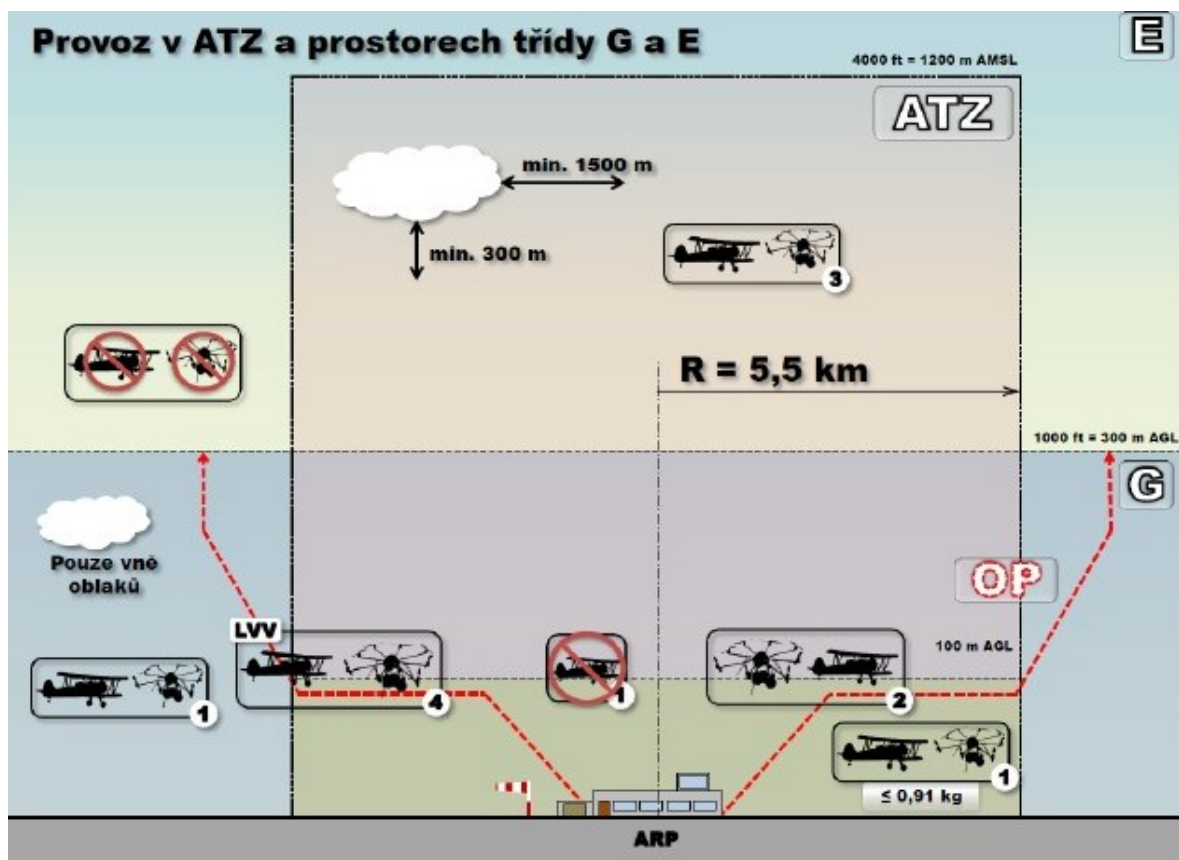
- 3.1 Let bezpilotního letadla smí být prováděn jen takovým způsobem, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti létání ve vzdušném prostoru, osob a majetku na zemi a životního prostředí.
- 4. Dohled pilota. S výjimkou, kdy ÚCL povolí jinak, musí být bezpilotní letadlo provozováno v přímém dohledu pilota, tj. takovým způsobem a do takové vzdálenosti, aby:
 - a) pilot během pojíždění a letu mohl udržovat trvalý vizuální kontakt s bezpilotním letadlem i bez vizuálních pomůcek jiných než brýle a kontaktní čočky na lékařský předpis; a

- b) pilot, nebo kromě pilota i poučená osoba, mohl sledovat a vyhodnocovat dohlednost, překážky a okolní letový provoz.
- 5.4 Pilot musí zaznamenávat informace o letu do deníku letadla nebo rovnocenného dokumentu. Informace musí obsahovat datum letu, jméno pilota, označení letadla, místa vzletu a přistání, dobu letu a celkovou dobu letu, druh letové činnosti a potenciální události související s bezpečností letu.
- 6.3 Bezpilotní letadlo s maximální vzletovou hmotností větší než 0,91 kg musí být vybaveno vestavěným bezpečnostním systémem, který při poruše provede ukončení letu.
- 7.6 Autonomní bezpilotní letadlo nesmí být provozováno ve společném vzdušném prostoru.
- 8. Ochranná pásma. S výjimkou, kdy tak povolí ÚCL na základě předchozího souhlasu příslušného správního orgánu či oprávněné osoby, se let bezpilotního letadla nesmí provádět v ochranných pásmech stanovených příslušnými právními předpisy podél nadzemních dopravních staveb, tras nadzemních inženýrských sítí, tras nadzemních telekomunikačních sítí, uvnitř zvláště chráněných území, v okolí vodních zdrojů a objektů důležitých pro obranu státu. Nad těmito ochrannými pásmy smí být let prováděn pouze způsobem vylučujícím jejich narušení za běžných i mimořádných okolností.
- 12. Pohyb pilota. Bepilotní letadlo nesmí být bez povolení ÚCL provozováno při současném pohybu pilota pomocí technického zařízení.
- 14. Ostatní legislativa. Provoz bezpilotního letadla musí být v souladu s platnými právními předpisy jako např.: Zákon o nakládání s bezpečnostním materiálem č. 310/2006 Sb., Zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb., Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích č. 356/2003 Sb., Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., Zákon o požární ochraně č. 133/1985 Sb., Zákon o vodách č. 245/2001 Sb., Zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb., ve znění pozdějších předpisů a v souladu se stanoviskem Úřadu pro ochranu osobních údajů č. 1/2013.
- 16. Další podmínky pro provoz bezpilotního letadla. Při provozu bezpilotního letadla musí být dodrženy následující podmínky (pro přehlednost uvedené v Tabulce 1 níže, dále jen „tabulka“):

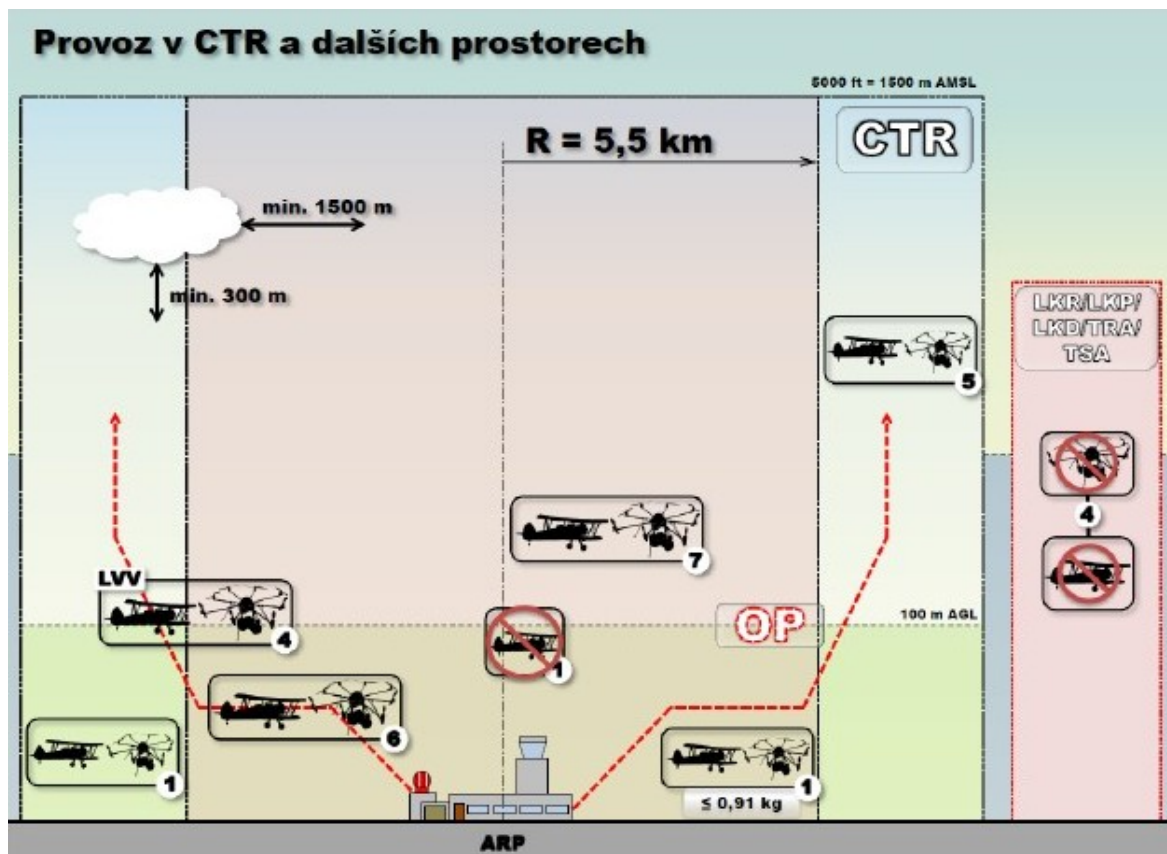
- a) bezpilotní letadlo podléhá evidenci ÚCL, jak vyplývá z řádku č. 1 tabulky;
- b) pilot bezpilotního letadla podléhá evidenci ÚCL, jak vyplývá z řádku č. 2 tabulky;
- c) podmínkou evidence pilota je prokázání základní schopnosti bezpečně řídit bezpilotní letadlo a požadovaného rozsahu teoretických znalostí, které stanoví ÚCL, jak vyplývá z řádku č. 3 tabulky;
- d) podmínkou provozu bezpilotního systému je povolení k létání vydané ÚCL, jak vyplývá z řádku č. 4 tabulky. Povolení k létání nahrazuje doklad o osvědčení letové způsobilosti a je dokladem o evidenci bezpilotního systému. Povolení k létání obsahuje seznam evidovaných pilotů a nahrazuje tak průkaz způsobilosti pilota;
- e) podmínkou provozování leteckých prací (LP) a leteckých činností pro vlastní potřebu (LČPVP) je povolení k provozování těchto činností vydané ÚCL, jak vyplývá z řádku č. 5 tabulky;
- f) bezpilotní letadlo musí být označeno ohnivzdorným identifikačním (ID) štítkem se jménem a telefonním číslem provozovatele a poznávací značkou, byla-li přidělena, jak vyplývá z řádku č. 6 tabulky;
- g) jak vyplývá z řádku č. 7 tabulky, bezpilotní letadlo se, s výjimkou kdy ÚCL povolí jinak, nesmí:
 - i) v průběhu vzletu a přistání přiblížit k jakékoliv osobě jiné než jeho pilot na horizontální vzdálenost menší než 50 m;
 - ii) za letu přiblížit k jakékoliv osobě, prostředku nebo stavbě, které nejsou součástí předmětného provozu, na horizontální vzdálenost menší než 100 m;
 - iii) za letu přiblížit k jakémukoliv hustě osídlenému prostoru na horizontální vzdálenost menší než 150 m.
- Minima uvedená pod body i) a ii) se nevztahují na osoby přímo zapojené do provozu bezpilotních systémů za předpokladu předchozí dohody zúčastněných pilotů a osob. V těchto případech musí být přijata přiměřená opatření proti ohrožení dle ust. 3.

- Bezpečnou vzdáleností v tabulce se rozumí taková horizontální vzdálenost, která i v případě nastalé nouzové situace vyloučí možnost ohrožení dle ust. 3.
 - h) minimální výše pojistné částky, na kterou musí být sjednáno individuální nebo hromadné pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem bezpilotního letadla (limit plnění) je uvedena v řádku č. 8 tabulky pro běžný provoz a LVV;
 - i) projektování, výroba a počáteční letové zkoušky musí být dozorovány ÚCL, případně ÚCL pověřenou osobou, dle stanovených postupů, jak vyplývá z řádku č. 9 tabulky;
 - j) bezpilotní letadlo musí být vybaveno vestavěným bezpečnostním systémem („failsafe“ systém), který při selhání řídicího a kontrolního spoje provede ukončení letu, jak vyplývá z řádku č. 10 tabulky;
 - k) žadatel o povolení k létání bezpilotního letadla k jiným, než rekreačně-sportovním účelům je povinen k žádosti doložit provozní příručku UAS, jak vyplývá z řádku č. 11 tabulky;
 - l) události spojené s provozem bezpilotního letadla podléhají hlášení dle ust. 17 tohoto doplňku, jak vyplývá z řádku č. 12 tabulky.
- Legenda k obrázkům 7 a 8:
 -  Modely letadel s maximální vzletovou hmotností do 20 kg
 -  Bepilotní letadla (tj. včetně modelů letadel s maximální vzletovou hmotností nad 20 kg)
 - CTR Řízený okresek letiště LKR Omezený prostor
 - ATZ Letištní provozní zóna neřízeného letiště LKP Zakázaný prostor
 - OP Ochranná pásma letišť LKD Nebezpečný prostor
 - G / E Označení třídy vzdušného prostoru TSA Dočasně vyhrazený prostor
 - ARP Vztažný bod letiště TRA Dočasně vymezený prostor
 - AMSL Nadmořská výška AGL Nad úrovní země

- 1 Lety bez koordinace
- 2 Splnění podmínek provozovatele letiště (PL) + koordinace s letištní informační službou (AFIS)
- 3 Splnění podmínek PL + koordinace s AFIS
- 4 Souhlas/povolení ÚCL
- 5 Letové povolení příslušného stanoviště řízení letového provozu (ŘLP). ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru
- 6 Povolení ÚCL (nebo v případě leteckých prací (LP) koordinace s ŘLP + koordinace s PL). ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru
- 7 Povolení ÚCL (nebo v případě LP koordinace s ŘLP + koordinace s PL) + letové povolení ŘLP. ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru [4]



Obr. 7 Provoz v ATZ a prostorech třídy G a E [4]



Obr. 8 Provoz v CTR a dalších prostorech [4]

Tabulka 1 Podmínky používání [4]

Tabulka 1 (viz ust. 16)

ř.	maximální vzletová hmotnost	≤ 0,91 kg		> 0,91 kg a < 7 kg		7 - 20 kg		> 20 kg		bezpilotní letadlo provozované mimo dohled pilota
	účel použití / požadavek	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	
1	evidence letadla	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
2	evidence pilota	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
3	praktický a teoretický test pilota	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
4	povolení k létání	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
5	povolení k provádění LP a LČPVP	nelze	ano	nelze	ano	nelze	ano	nelze	ano	nelze
6	označení UA: ID štítek / ID štítek + pozn. Značka	ne / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ano
7	min. ve vzdálenosti (m): vzlet, přistání / osoby, stavby / osídlený prostor	bezpečná	bezpečná	bezpečná	bezpečná	bezpečná, ale minimálně 50 / 100 / 150	bezpečná, ale minimálně 50 / 100 / 150	bezpečná, ale minimálně 50 / 100 / 150	bezpečná, ale minimálně 50 / 100 / 150	bezpečná, ale minimálně 50 / 100 / 150
8	pojištění: běžný provoz / LVV (mil. Kč)	ne / 0,25	dle nař. č. 785/2004	ne / 1	dle nař. č. 785/2004	ne / 3	dle nař. č. 785/2004	dle nař. č. 785/2004	dle nař. č. 785/2004	dle nař. č. 785/2004
9	dozor	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ano	ano	ne
10	„failsafe“ systém	ne	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
11	provozní příručka UAS	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
12	hlášení událostí	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano

1 Nař. č. 785/2004 označuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 785/2004 o pojištění provozovatelů letadel

2.1.1 Úřad pro civilní letectví

Úřad pro civilní letectví České republiky (ÚCL) je úřad, ustanovený státem ve shodě s Chicagskou úmluvou o civilním letectví (ICAO), který vykonává dohled nad civilním letectvím nad územím České republiky, licencuje piloty a certifikuje letadla a letecká technická zařízení.

Úřad je podřízen Ministerstvu dopravy ČR V jeho čele stojí generální ředitel, který je jmenován ministrem dopravy. Současným generálním ředitelem ÚCL je Ing. Josef Rada.

2.1.2 Český telekomunikační úřad

Český telekomunikační úřad (ČTÚ) je ústředním orgánem státní správy pro výkon státní správy ve věcech stanovených zákonem, včetně regulace trhu a stanovování podmínek pro podnikání v oblasti elektronických komunikací a poštovních služeb.

Zřízen byl zákonem č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích) ke dni 1. května 2005.

V žebříčku vydávaném Evropskou asociací telekomunikačních operátorů ECTA (European Competitive Telecommunications Association) se ČTÚ v letech 2005-2011 umísťoval mezi nejhoršími regulátory v Evropě. Ukázkovým příkladem jeho činnosti je aukce kmitočtů pro LTE.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 TRH

Trh s drony je široký a dnes už rozšířený po celém světě. Mezi největší producenty dronů můžeme zařadit Německo a Čínu. Čína jako vždy nabízí kompromis – levný stroj, ale s nižší kvalitou, nicméně funkční. Zatímco Německo je s cenou podstatně výše, ale kvalita je na vysoké úrovni. Dle informací z médií je dnes za jednoho z největších producentů dronů považována i ČR.

3.1 Hlavní hráči trhu

Hlavními hráči jsou aktuálně německý Microdrones GmbH a čínský DJI. Mezi české hráče je potřeba zmínit Robodrone, který dle neveřejných informací využívá elektroniku DJI.

Microdrones GmbH, byla založena v říjnu 2005. Mnoho let před založením však základní tým pracoval na vývoji různých forem vzdušných dopravních prostředků. Sloučení schopností z různorodých oblastí byl, a stále je, jejich recept na úspěch.

Cílem společnosti je vývoj a výroba vzdušných dopravních prostředků založených na VTOL MAV (VTOL = vertikální vzlet a přistání, MAV = Malé létací stroje) ve třídě pod 25kg. První produkt, který vyrobili, byl microdrones md4-200 a šel do prodeje v dubnu 2006. Přes 250 jednotek bylo prodáno během krátké doby. V roce 2010 se připojil k rodině microdrones md4-1000, a ten nastavil nové standardy.

Jen v prvním roce, se po celém světě prodalo více než 100 jednotek. S budoucími produkty, se nabízí mnoho dalších náročnějších řešení. Microdrones md4-1000 je nejnovější UAV z nabídky Microdrones GmbH, a definitivně již stanovila nové normy s vynikajícími vlastnostmi, jako je například doba letu až 88 minut s užitečnou hmotností až 1,2 kg. [10]

DJI je špičkovým výrobcem multikoptér a řídicích systémů pro rekreační i profesionální použití. Světově proslulé výrobky jsou využívány v mnoha odvětvích pro svoji dostupnost a univerzalitu.

Robodrone je bezpilotní letoun (UAV) řízený na dálku operátorem nebo létající samostatně pomocí letových plánů. Jednotlivé typy Robodrone představují šesti-vrtulové až osmi-vrtulové univerzální platformy s nosností 5 až 50 kg, určené k pátracím a záchranným operacím, monitorování průmyslových a zemědělských objektů, geodetickým pracím nebo pro filmařské účely.

Víceúčelová modulární konstrukce letounu, která umožňuje rychlé a operativní osazení výstroje podle momentální potřeby.

Robodrony se vyznačují minimálními požadavky na obsluhu a nízkými celkovými náklady vlastnictví.

Robodrony jsou navrženy tak, aby byla zajištěna nejvyšší úroveň bezpečnosti. Každý letoun je zalétáván a je vybaven proti selhání komponent. Aby se zabránilo nehodám či nebezpečí, je vybaven například integrovaným systémem pro nouzové přistání nebo je schopen letu při výpadku motoru. Ve všech zemích létáme v souladu s bezpečnostními požadavky místních úřadů pro civilní letectví.

3.2 Aktuální nabídka

Aktuální nabídka výrobců je vesměs obsáhlá a pokrývá širokou velikostní škálu. V našem případě se však budeme zabývat pouze poloprofesionálními až profesionálními modely, jelikož lze těžko předpokládat využití v praxi u dronu, který je zkonstruován a vyráběn pro zábavu a nelze na něj zavěsit doplňkové příslušenství.

3.2.1 Nabídka Microdrones GmbH

Microdrones md4 UAV je miniaturizované VTOL letadlo. Může létat pomocí dálkového ovládání nebo automaticky pomocí GPS trasovacích bodů navigačního softwaru. Model je dle nosnosti a samozřejmě velikosti rozdělen do tří typů.

Cenově vychází Microdrones dle typu na cca 350 000 – 1 000 000 Kč

Md4-200 má tělo z uhlíkových vláken, jeho doba letu je až 30 minut a může nést náklad až 200 g. Déšť, sníh a prach nepředstavují pro dron žádný zvláštní problém.

Robustní a odolné tělo z uhlíkových vláken ultra lehké konstrukce umožňuje md4-200 vystoupat až do provozní výšky 1000 m - ideální pro letecké snímkování a letecké inspekce. [11]

 md4-200



Obr. 9 microdrone md4-200 [11]

Md4-1000 má tělo z uhlíkových vláken, může se pochlubit dobou letu až 88 minut a unese zatížení až 1200 g. Déšť, sníh a prach nepředstavují žádný zvláštní problém.

Robustní a odolné tělo z uhlíkových vláken ultra lehké konstrukce umožňuje md4-1000 dosažení provozní výšky až 1000 m. [12]

 md4-1000



Obr. 10 microdrone md4-1000 [12]

Md4-3000 má tělo z uhlíkových vláken, ve vzduchu se udrží až 45 minut a může nést užitečné zatížení až do 3000 g. Déšť, sníh a prach nepředstavují žádný zvláštní problém.

Robustní a odolné tělo z uhlíkových vláken ultra lehké konstrukce umožňuje md4-3000 dosáhnout provozní výšky až 4000 m. [13]



Obr. 11 microdrone md4-3000 [13]

3.2.2 Nabídka DJI

Inspire

Maximální dostupná výška: 4500 m.n.m.

Letový čas: cca 18 minut

Cena: cca 100 000 Kč



Obr. 12 DJI Inspire [14]

Inspire 2

Maximální letová výška: 5000 m.n.m.

Letový čas: cca 27 minut

Cena: cca 190 000 Kč



Obr. 13 DJI Inspire 2 [15]

Phantom 4 Pro

Maximální dostupná výška: 6000m.n.m.

Letový čas: cca 30 minut

Cena: cca 45 000 Kč



Obr. 14 DJI Phantom 4 Pro [16]

Phantom 3

Maximální dostupná výška: 6000 m.n.m.

Letový čas: cca 23 minut

Cena: cca 25 000 Kč



Obr. 15 DJI Phantom 3 [17]

Matrice 600+

Maximální dostupná výška: 5000 m.n.m.

Letový čas: cca 35 minut

Cena: cca 150 000 Kč



Obr. 16 DJI Matrice 600+ [18]

Spreading wings

S900 Letový čas: 18 minut při zatížení až 5 kg, cena: cca 35 000 Kč

S1000 Letový čas: 15 minut při zatížení až 5,5 kg, cena: cca 70 000 Kč

S1000+ Letový čas: 15 minut při zatížení až 5 kg, cena: cca 50 000 Kč



Obr. 17 Spreading wings [19]

3.2.3 Nabídka Robodrone

Kingfisher – je univerzální UAV, tedy využitelný i pro pátrací operace. Je schopen nést libovolnou kombinaci kamer, čidel nebo jiného nákladu do hmotnosti 5 kg a pochopitelně přenášet data digitálním šifrovaným přenosem. Při nejvyšším možném zatížení je ovšem schopen letu po dobu "jen" 18 minut (při nižším zatížení 45 minut).

Sparrow – byl primárně vyvíjen právě pro pátrací a strážní úkoly. Standardně je osazen optickou a termovizní kamerou. Jejich obraz je ve vysoké kvalitě živě přenášen speciálním šifrovaným digitálním data linkem na vzdálenost nejméně 3 kilometry. V této konfiguraci vydrží ve vzduchu hodinu.

SuperHornet – byl primárně vyvinut pro taktický průzkum, ale samozřejmě díky své skladnosti (nosí se v batohu), může být se svým operátorem při pátracích misích na místě jako první a připraven k okamžitému využití. Je schopen rovněž kromě běžné kamery nést ještě termovizi, s letovou výdrží srovnatelnou s modelem Kingfisher.

Strix – je de facto nákladní koptérou, která může nést širokou paletu kamer, čidel a dalšího nákladu do souhrnné hmotnosti až 30 kg, přitom setrvat v letu hodinu (s elektromotorem) nebo 4 hodiny (se spalovacím motorem). Hodí se pro pátrací operace při živelných katastrofách velkého rozsahu, může například osobám odříznutým od pozemní pomoci donést náklad potřeb pro přežití a první pomoc apod.

Kingfisher

Nosnost až 5 kg při délce letu až 45 minut. Letoun je určen zejména pro pořizování video záběrů, včetně denního i nočního monitorování průmyslových objektů nebo rozlehlých pozemků, které nejsou pokryty bezpečnostními kamerami. Výstroj může obsahovat senzory k dálkovému průzkumu.

Cena: cca 300 000 Kč



Obr. 18 Robodrone Kingfisher [20]



Obr. 19 Robodrone Kingfisher v úpravě pro Horskou službu [20]

Sparrow

Bezpilotní letecký systém Robodrone Sparrow je konstruován pro hodinovou letovou výdrž. V základní verzi je dodáván s FullHD IP a termo kamerou. Jejich obraz současně přenáší na vzdálenosti 3 až 4 kilometry.

Kvadrokoptéra se uplatní všude tam, kde je požadována dlouhá letová výdrž – zde až 1 hodina. Standardně je osazena FullHD IP kamerou s 23x optickým zoomem a termovizní kamerou FLIR. Data z obou kamer současně jsou digitálně přenášena na pozemní stanici na vzdálenost 4 až 5 kilometrů. Pro větší dosah lze v případě pokrytí oblasti mobilní sítí data přenášet přímo prostřednictvím 3G/LTE sítě. Stroj spadá do kategorie ≥ 7 kg UAV a vejde se do kufru vozu typu kombi (pro větší skladnost ji lze osadit skládacími vrtulemi). Stroj je určen především pro ostrahu rozsáhlých areálů, inspekci liniových staveb, pátrací a záchranné operace, případně pro monitoring déle trvajících událostí.



Obr. 20 Robodrone Sparrow [21]



Obr. 21 Robodrone Sparrow camouflage [21]

SuperHornet

Kvadrokoptéra SuperHornet se vyznačuje extrémně nízkým profilem - pouze 5,5 cm. Je vyrobena z uhlíkových ploch, díky čemuž je odolná a velmi lehká. Na zcela plochý trup lze umístit nejrůznější techniku jako například senzory, přičemž data z nich lze digitálně přenášet na pozemní stanici. Ramena a vrtule jsou sklopné, takže SuperHornet lze snadno přenášet třeba v batohu a v terénu tak nepředstavuje samostatné zavazadlo, které by vytvářelo další zátěž. Konstrukční přednosti také umožňují dosáhnout nadprůměrné letové doby, jelikož nízký profil nevyžaduje takové korekce vlivu bočního větru, čímž šetří baterii. Další výhodou letadla je umístění gimbálu na přídi, zatímco většina dronů jej má pod sebou. Lze tak dosáhnout vertikální pozorovací úhel téměř 180 stupňů.

Cena: cca 30 000 Kč



Obr. 22 Robodrone SuperHornet [22]



Obr. 23 Robodrone Hornet [23]

Strix

Nosnost nákladu do 15 kg při délce letu přibližně 30 minut. Se snižující se váhou nákladu samozřejmě stoupá délka letu. Letoun nabízí širokou škálu senzorové a kamerové techniky a prostředky pro řízení letu, navigaci a přenos dat. Díky modulární konstrukci může být vybaven boxem pro transport materiálu a technického vybavení, senzory pro multispektrální průzkum objektů, případně robotickou rukou pro manipulaci s nástroji a materiálem.



Obr. 24 Robodrone Strix [24]



Obr. 25 Robodrone Strix na výstavě Future Forces 2014

4 PRAKTICKÉ VYUŽITÍ SLOŽKAMI IZS

Jako nejvhodnější se nabízí využít drony při pátrání po pohřešovaných osobách. Standartní pátrání, tak jak probíhá dnes, je velmi zdlouhavé a samotný počátek hledání bývá opožděn o několik hodin, než je pátrání vyhlášeno a kontaktují se příslušné složky. Ty se po příjezdu na místo musí rozdělit do skupin a informovat se o situaci. Nejčastěji pátrání probíhá formou rojnice, což je zatím nejúčinnější uspořádání, avšak vyžadující velké množství sil / pátračů. Všichni účastníci postupují souběžně jedním směrem tak, aby mezi sebou neustále mohli udržovat vizuální kontakt. Současně jsou propojeni i komunikačně, pomocí radiostanic nebo mobilních telefonů. Po prohledání vymezeného prostoru se hledání opakuje, ale v kolmém směru, případně se pokračuje s hledáním v dalším vymezeném prostoru.

Výsledek hledání může být negativně ovlivněn počasím, například hustou mlhou, hledaná osoba může být pátrači přehlédnuta, i když se od nich bude nacházet 2 metry. Stejně tak může být neúspěšné hledání v noci nebo ve tmě, i za použití různorodé osvětlovací techniky.

Jeden dron by výše zmíněné mohl nahradit. K pátrání na místě události může být vyslán téměř okamžitě, pokud jím bude disponovat útvar PČR, alespoň na krajské úrovni. Vymezenou oblast může prohledávat podle předem nadefinovaného programu, který může být velmi podobný pohybu rojnice, pouze s rozdílem, že by dron létal tam a zpátky. Nebylo by tak potřeba několika desítek osob, ale maximálně dvou pilotů/operátorů. Celé pátrání by se zvládlo za výrazně kratší dobu díky možnosti rychlého nasazení a kameře s možností termovize by neuniklo nic ani při nepřízni počasí, jako je hustá mlha nebo absolutní tma. Jediná omezení vyplývají ze špatného počasí, kdy stejně jako vrtulník, tak ani dron se ve vzduchu spolehlivě neudrží při silném bočním větru nebo bouřce. V takové situaci by byla posádka vrtulníku ohrožena na životě a nedostala by povolení vzlétnout. Proti tomu by riziko nehody a ztráty dronu bylo mnohem přijatelnější a možnost záchrany života by za přijetí takového rizika stálo.

Pokud by dron hledanou osobu našel, nabízejí se další možnosti jak jeho potenciál maximálně využít. Kromě kamery může být na těle dronu připevněn i menší náklad jako například vysílačka, termofólie, krabička s léky nebo klasická lékárníčka, podle předpokládané potřeby hledaného. Diabetikovi by tak mohl být dopraven inzulin nebo cukr, alergikovi potřebné léky a v případě otravy (uštknutí apod.) protijed. Hledanému by se tímto způsobem dostalo pomoci ještě dříve, než by k němu dorazil záchranný tým.

Dosavadní nejčastější příčinou neúspěchu při pátracích operacích je pozdní zahájení i zdoluhavý samotný průběh. Tradičním prostředkem je rojnice – trvá dlouho, než se pátrači shromáždí a obdrží všechny pokyny. I pak se stanoveným prostorem pohybují pomalu – pátrači potřebují přestávky na oddych. K tomu se přidává závislost na lidském faktoru, zraku – ve tmě nebo mlze lze totiž osobu přehlédnout i na krátkou vzdálenost.

Dalším typickým nástrojem jsou služební psi, ti ale postupují jen tak rychle jako jejich psovodi a určité faktory je také mohou mást. Pokud hledaná osoba postupuje dále nebo je naopak v bezvědomí, je šance na její vyhledání bez využití technických prostředků minimální.

Proto se v dalších fázích nasazuje vrtulník s termokamerou, jemu ale často ve vzletu brání nepříznivé povětrnostní podmínky a rychlost jeho nasazení komplikuje také vzdálenost místa pátrání od letecké základny, případně může být vrtulník nasazen u jiné události.

Další možností využití dronu se nabízí monitoring požárů, ať už se myslí rozsáhlé lesní požáry nebo velké požáry průmyslových objektů, sledování dopravní situace a hromadných nehod, kde by drony mohly nahradit policejní vrtulníky, další možností je monitorování živelných pohrom, jako jsou povodně, záplavy, sesuvy půdy. Ve všech těchto případech by drony nahradily vrtulníky, jejichž vzlet a provoz vychází finančně zcela nesrovnatelně.

4.1 Hasičský záchranný sbor České republiky

Jak bylo napsáno v úvodu, rád bych se zabýval zejména využitím dronů v rámci Hasičského záchranného sboru České republiky. Příslušníci HZS ČR řeší několik typů událostí, kde by drony našly své praktické využití, ušetřily by nemalé finanční prostředky a činnost hasičů by mohly udělat efektivnější a bezpečnější, protože častokrát hasiči vstupují do míst, kam by stačilo poslat pouze speciální techniku, v našem případě dron. Dalším důvodem je to, že ve většině případů, respektive událostí, kde je aktivován IZS, je velitelem zásahu příslušník HZS ČR, tudíž by pro tyto případy měli mít drony k dispozici zejména velitelé zásahů, kteří organizují i ostatní složky IZS.

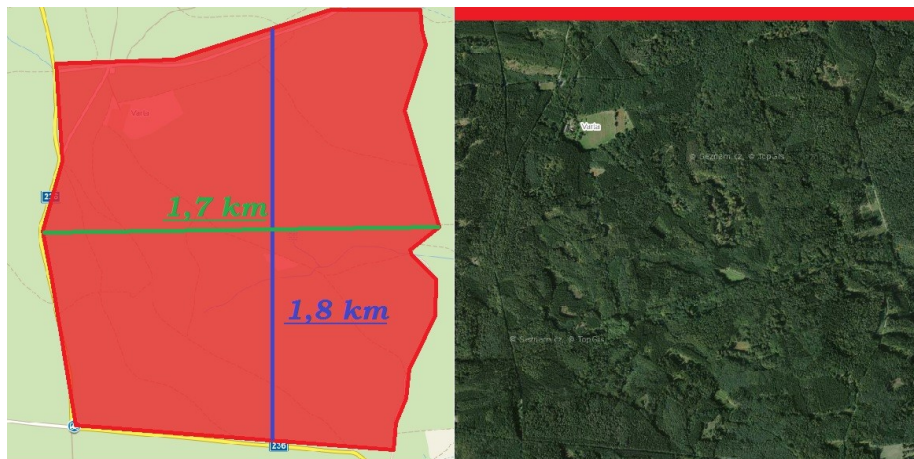
5 MODELOVÁ SITUACE

Pro modelovou situaci jsem si vybral tři typy událostí. Jedná se o události, se kterými se hasiči setkávají několikrát do roka, a proto by při nich mohlo použití dronů přinést kýžený efekt. První modelová situace je drobnou výjimkou, zpravidla spadá do gesce Policie ČR, avšak téměř vždy je potřeba takové množství lidí, že hasiči bývají nedílnou součástí, i díky svému vybavení. I přes to, že jsem si dal závazek věnovat se využití zejména u HZS ČR, jsem se rozhodl tuto modelovou situaci zařadit, neboť to není situace vyjímečná, ale pro hasiče téměř běžná.

5.1 Pátrání po ztracené osobě

Scénář modelové situace v tomto případě vychází z reálné události, které jsem se jako zasahující dobrovolný hasič zúčastnil a spočívá v hledání muže s psychickou poruchou, který odstavil a opustil svůj pracovní vůz, rozšlapal svůj mobilní telefon a odešel do lesa. Pohřešování oznámil zaměstnavatel muže, který viděl na lokalizačním zařízení ve vozidle, že vozidlo stojí již delší dobu v lese, byť by se mělo nacházet na vykládce ve městě a telefon muže byl nedostupný.

Svolány byly jednotky profesionálních i dobrovolných hasičů a policie. Shromáždění zasahujících, zbudování velitelského stanoviště a rozdělení úkolů trvalo od vyhlášení KOPISu zhruba hodinu a půl. Naproti tomu začlenění dronu do akce by trvalo sotva půl hodiny. Pro dron a jeho dvoučlennou obsluhu, kdy jeden operátor ovládá samotný dron a druhý operátor má na starost ovládání podvěšeného zařízení, by byly vymezeny dva sektory k prohledání ve stejném čase, kdy srovnatelně velké další sektory musely prohledávat rojnice tvořené desítkami osob. Zhruba po dvou hodinách by se na místo teprve dostavil také policejní vrtulník, aby prohledával další sektor.



Obr. 26 Oblast pátrání mezi obcemi Svatá, Hudlice, Kublov

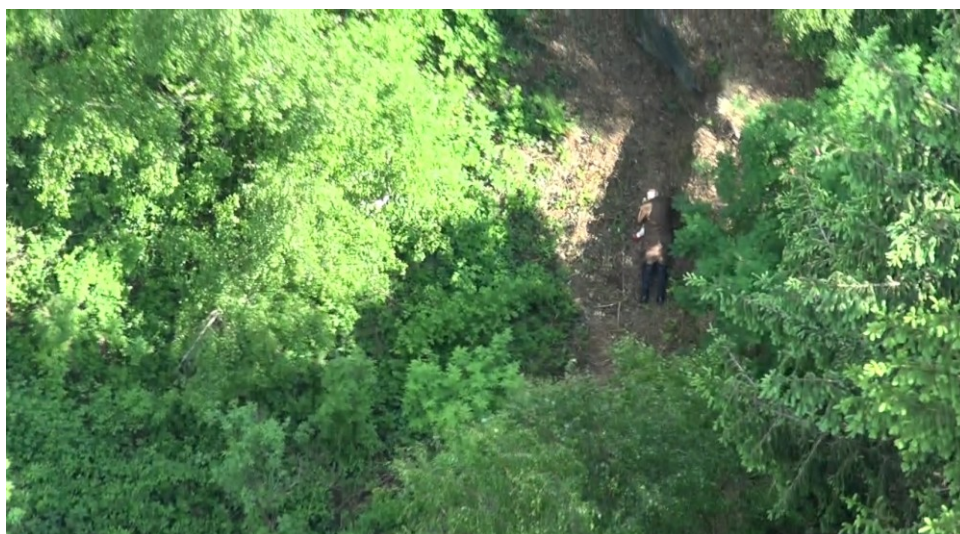
Rojnice byla tvořena asi 60 členy jednotek sborů dobrovolných hasičů, 20 studenty policejní akademie, 10 příslušníky PČR a 10 příslušníky HZS ČR. Celá rojnice byla schopna pokrýt šířku území v délce cca 500 metrů. Vzhledem k hustému přízemnímu porostu, základním zásadám rojnice, kdy by měli pátrači neustále vidět kolegy nalevo i napravo a zejména potřebě důsledně prohledávat svůj přidělený prostor, je rychlost pohybu rojnice značně nízká, v takovém terénu zhruba 2 km/h. Nutno podotknout, že tato konkrétní situace nastala uprostřed léta za tradičních vysokých teplot, proto je k rychlosti pohybu rojnice ještě nutné započítat i pauzy pro občerstvení tekutinami, což znamená snížení rychlosti a v tomto případě tedy rychlost prohledání prostoru 1x1 km za 2 hodiny. Přičteme-li ještě čas na seznámení se se situací, shromáždění a vytvoření rojnice v délce 1,5 hodiny, pak se dostaneme na celkový čas pro prohledání oblasti 1x1 km cca 3,5 hodiny od příjezdu na místo události.



Obr. 27 Ilustrační termovizní foto z dronu

Na místo zásahu by se dron dostal již s první skupinou. Z technického hlediska je vzletu schopen během 5 minut. Ve známém terénu je možno jej nechat automaticky pátrat podle předem vytvořeného plánu – souřadnic letu, tzv. trasování (toho využívá například Horská služba pro lavinová pole). Nicméně i ve zcela neznámém terénu trvá školenému operátorovi zadání trasovacích bodů nejvýše 20 minut.

V případě dronu, který by pátral za pomoci kamer ve výšce 25 metrů a na jeden průlet by prohlédl pás o šířce 50m (při průměrné rychlosti 30 km/h) by danou oblast 1x1 km prohlédl za 40 minut. Pokud k tomuto času přičteme čas potřebný k uvedení dronu do provozu, seznámení se operátorů se situací a samotný start a nastavení dronu, pak se dostaneme cca na 1 hodinu od příjezdu dronu na místo události, což je třetinový čas oproti využití živé síly. Důležitou výhodou také je, že dron může oblast snímkovat pomocí klasické kamery a zároveň pomocí termokamery, která je zejména v ranních hodinách, kdy jsou rozdíly teplot nejvyšší, schopna odhalit živou osobu v lesním porostu stejně jako policejní vrtulník.



Obr. 28 Ilustrační foto z dronu

5.2 Hromadná nehoda

Modelová situace, při které došlo k nehodě několika osobních automobilů, autobusu a nákladního automobilu. Na místě se nachází větší množství zraněných, hrozí zde riziko úniku hořlavých kapalin z vozidel, situace je nepřehledná a nebezpečná. Při obdobné hromadné nehodě lze dron využít k monitorování celkové situace a ke kontrole z jiného úhlu pohledu. Operátor dronu má zároveň dostatečný přehled o širokém okolí a může tak odhalit případnou oběť nehody, která byla vymrštěna mimo komunikaci nebo skrýváni oběti v šoku. Veškeré tyto informace jsou také dostupné veliteli zásahu.



Obr. 29 Foto hromadné nehody 1



Obr. 30 Foto hromadné nehody 2

V případě modelové situace došlo při nehodě k vymrštění jedné osoby z vozidla, která se poté nacházela mezi vozidly a nebylo možno ji z žádného vnějšího úhlu zhlédnout. Zároveň bylo pro zasahující velmi důležité zjištění, že dron zahlédl na nákladním vozidle označení ADR, což znamená, že nákladní automobil převážel nějaké nebezpečné chemické látky a bylo proto nutné zjistit konkrétní označení převážené látky a následně tomu přizpůsobit zásah.



Obr. 31 Foto hromadné nehody – nalezení osoby



Obr. 32 Foto hromadné nehody – nalezení osoby 2

Bez využití dronu, by mohlo dojít k několika situacím, které by výrazně ovlivnily průběh zásahu. Osoba zaklíněná mezi vozidly a z vnějších úhlů neviditelná, by s největší pravděpodobností byla objevena až při bližším prohledávání vraků automobilů, případně až při likvidačních pracích, což by zcela jistě mohlo výrazně snížit šance na její záchranu.

Pokud by v havarovaném nákladním automobilu, jehož označení nebylo z vnějších úhlů vidět, byla převážena například nějaká vysoce hořlavá látka (benzín, aceton, líh), mohlo by během zásahu dojít k výbuchu, či velkému požáru a tím k ohrožení života a zdraví zachráněných a zejména zasahujících hasičů a záchranářů. Stejně tak pokud by nákladní automobil převážel zdraví nebezpečné látky (kyseliny, jedy). V obou případech je nutné identifikovaným látkám přizpůsobit průběh zásahu.



Obr. 33 Foto hromadné nehody – objevení tabulky ADR

5.3 Požár velkých objektů / ploch

Jako poslední příkladovou situaci jsem si vybral rozsáhlý požár objektů nebo ploch. Při rozsáhlých požárech je největším nebezpečím pro zasahující hasiče samotný rozsah požáru, neznalost místa požáru a zejména málo informací o požáru z nedostupných míst. Snadno se při takových požárech může stát, že požár zasahující hasiče obklopí a uzavře jim ústupovou cestu. V souhře špatných náhod pak může dojít k poruše dodávky vody a v tu chvíli jsou zasahující hasiči v přímém ohrožení života. Obrovským problémem je zároveň možnost několika ohnisek požáru, o kterých zasahují hasiči nemusí na zemi vědět. Dalším rizikem v případě rozsáhlých požárů je také možnost obětí, které se nestihly evakuovat, případně se v prostoru ztratili a mohou se nacházet na místech, kde jsou sice aktuálně mi-

mo dosah plamenů, ale to se může během několika minut změnit, a to zejména v případě, kdy záchranné a likvidační práce budou probíhat jiným, zdánlivě důležitějším směrem.

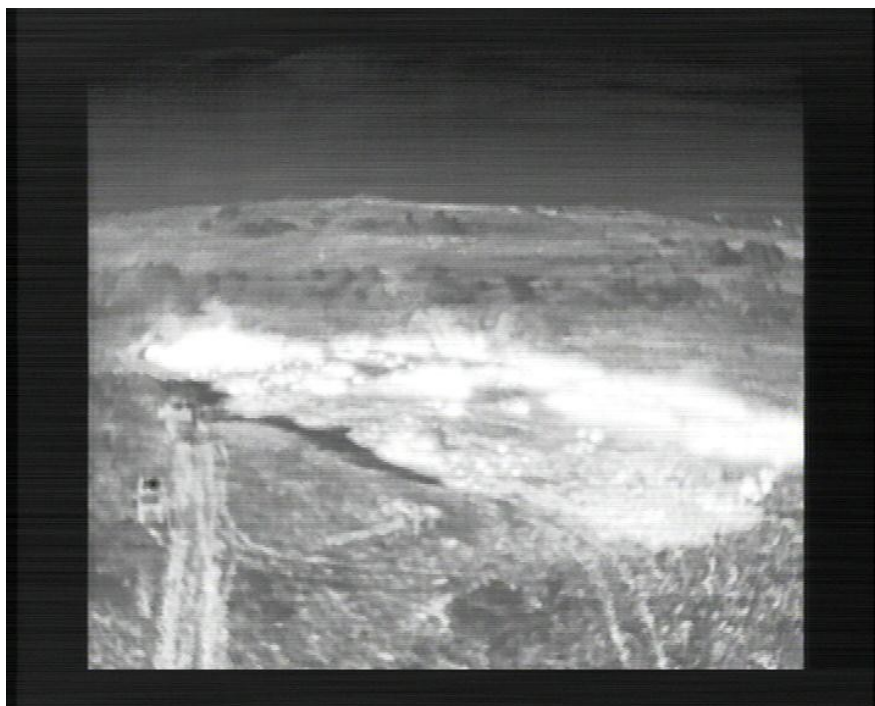


Obr. 34 Foto ze cvičení požáru a zřícení budovy [25]

V případě nasazení dronů jej můžeme využít v několika směrech. V první fázi by dronem operátor ve spolupráci s velitelem zásahu za pomoci digitální kamery prohlédl celé místo události pro případné nalezení ztracených, či neevakuovaných osob a celkový rozsah požáru. Tyto informace jsou důležité pro velitele zásahu pro jeho další rozhodování o průběhu zásahu, o vedení útočných proudů, o případném přesunu techniky a v neposlední řadě ho rozsah požáru viditelný z dronu může přesvědčit k povolání dalších jednotek na místo události.



Obr. 35 Foto požářiště z dronu



Obr. 36 Foto požářiště z dronu termovizní kamerou

V další fázi by operátor s dronem pouze monitoroval celé místo události ze vzduchu a poskytoval by tak důležité informace o průběhu zásahu veliteli zásahu. V této chvíli jsou opět pro velitele zásahu veškeré informace důležité pro přeskupování sil, změnu taktiky vedení útočných proudů nebo nasazení dalších. Zároveň může operátor během monitoringu ko-

munikovat se zasahujícími hasiči a navádět je na místa, která jsou ze země špatně identifikovatelná, případně je může včas varovat před nebezpečím.



Obr. 37 Ilustrační termosnímek budovy z dronu, kamera WIRIS [26]



Obr. 38 Ilustrační snímek budovy z dronu, kamera WIRIS [26]

Po lokalizaci či likvidaci požáru by operátor s dronem a termokamerou zahájil třetí fázi průzkumu, zaměřenou zejména na vyhledávání skrytých ohnisek, případně nedohašených míst, kde by mohlo dojít k opětovnému vznícení a obnovení požáru.



Obr. 39 Foto z dronu – hledání skrytých ohnisek

Informace ze všech fází průběhu zásahu jsou následně důležité i pro vyšetřovatele příčin požáru, který se na základě všech dostupných dat a informací musí pokusit určit pravděpodobnou příčinu požáru a v podstatě tak označit viníka. Proto se v případě vyšetřování příčiny požáru vyšetřovatel často vyptává i samotných zasahujících hasičů, jak místo události vypadalo hned po jejich příjezdu a jaký byl průběh zásahu. Toto vše by v našem případě bylo natočeno dronem a vyšetřovatel by tak měl k dispozici obsáhlý materiál k analýze.

6 NÁVRH SESTAVY PRO HZS ČR

V poslední kapitole se pokusím na základě vyhledávání, porovnávání parametrů a konzultací s odborníky navrhnout jednu využitelnou sestavu pro HZS ČR, která by díky své univerzálności měla být schopna pokrýt potřeby při různých typech událostí.

Vhodnou koptéru budu vybírat mezi značkami DJI a Robodrone. Microdrones GmbH hned na začátku vyřadíme a to zejména z důvodu ceny, ač je německá výroba kvalitativně na vysoké úrovni, tak cenově je proti své konkurenci řádově dvakrát až pětkrát dražší při srovnatelných parametrech.

Vhodnou termokameru / kameru budu vybírat od značky FLIR, což je jeden z největších a nejlepších výrobců termokamer na světě. Případně budeme pracovat s nabídkou výrobců koptér.

6.1 Výběr dle parametrů

Pátracích a monitorovacích operací jsou schopny všechny modelové řady Robodrone. Volba modelu se odvíjí od očekávané délky nasazení a požadovaných schopností, resp. neseném užitečném zatížení.

Všechny modely Robodrone mohou být navíc vybaveny geolokátorem GINA. Tento systém používá například OSN. [25]

U značky DJI je potřeba oddělit modely pro rekreační létání od modelů pro profesionální použití. Po této selekci nám v podstatě z celé nabídky zůstane model Matrice M600+ a model Inspire.

Základní parametry pro výběr konkrétní sestavy jsou následující:

- pořizovací cena – dostupná
- délka letu – min. 40 minut
- nosnost – min. 2 kg
- rozměry – vhodné pro přepravu OA a manipulaci max. 2 osobami
- optické zařízení – ideálně kombinace digitální kamery a termokamery
- váha optického zařízení – max. 1 kg

Jako nejvhodnější kameru jsem vybral Workswell WIRIS 2nd gen 640, která je v současné době nejpokročilejším termovizním systémem určeným pro komerční bezpilotní letouny. Jedná se o kompaktní systém, který v jednom krytu kombinuje termokameru, standardní digitální kameru (viditelné spektrum) a procesorovou jednotku s možností záznamu radiometrických dat s digitálním HDMI výstupem. Váha kamery je 400g, k tomu musíme přičítat váhu zdroje, např. powerbanka s kapacitou 10 000 mAh a hmotností cca 200g, takže celková váha optického zařízení je 600g, což znamená, že námi nastaveným podmínkám vyhovuje. Cena cca 250 000 Kč.



Obr. 40 Workswell WIRIS 2nd gen 640 [26]

V případě koptéry mluví nastavené podmínky pro výrobce Robodrone. Finální rozhodování probíhá mezi modelem Kingfisher a modelem SuperHornet. Dobou výdrže jsou oba modely zhruba na stejno – oba vydrží ve vzduchu dle zatížení asi 45 minut. Pro námi vybranou kameru WIRIS je s ohledem na svou nosnost a velikost vhodnější model Kingfisher. Skladnost a manipulovatelnost však mluví pro model SuperHornet, který se při složeném stavu může přenášet například v batohu, zatímco model Kingfisher má pevné tělo a k převozu je potřeba minimálně osobního automobilu velikosti kombi. S ohledem na důležitost nosnosti a na jeho osvědčení v praxi vítězí v tomto výběru model Kingfisher. Cena cca 300 000,- Kč

6.2 Specifikace vybrané sestavy

Robodrone Kingfisher

- Rozměry rámu: 1200 x 1400 x 220 mm
- Max. vzletová hmotnost: 10 kg
- Max. letová výdrž: 45 min.
- Max. rychlost: 70 km/h
- Max. dostup: 1000 m AGL
- Odolnost větru: 10 m/s
- Odolnost teplotám: -10 až + 50 °C
- Servisní intervaly: 50 / 100 letových hodin
- Cena: 300 000 Kč

Workswell WIRIS 2nd gen 640

- Rozlišení: až 640 x 512 px
- Teplotní rozsah: -25°C do + 150°C, -40°C do + 550°C, + 1 500°C na vyžádání
- Teplotní citlivost: až 30 mK
- Vysoká přesnost: $\pm 2\%$ or $\pm 2^\circ\text{C}$
- Váha: 400g + externí napájecí zdroj cca 200g
- Externí paměť: USB Flash disk
- Integrovaná paměť: 32GB
- Kontinuální zoom: až 16x digitální
- Kalibrace: Ano vč. certifikátu
- SBus
- CAN bus
- Cena: 250 000 Kč

6.3 PARC

Až do teď jsme se nezmínili o systému vyvinutém společností CyPhy Works, jejíž dron PARC (Persistent Aerial Reconnaissance and Communication / Trvalý vzdušný průzkum a komunikace) není omezen baterií, a to z jednoho prostého důvodu – žádnou nemá, tedy alespoň jako hlavní zdroj energie. Hlavní baterie je v tomto případě nahrazena mikrovlnným kabelem s délkou až 150 metrů, jímž je dron napájen přímo ze země, tudíž může být ve vzduchu neomezeně dlouho. Výrobce nicméně doporučuje nepřekračovat 100 hodin letu v kuse. Zároveň je kabelové spojení využito ke komunikacím k přenosu dat v HD kvalitě a samozřejmě k ovládání dronu. Pro případ poruchy napájecího kabelu je dron vybaven záložní baterií, která mu v případě nouze umožňuje návrat. Tento systém se mi však nepodařilo najít dostupný v Evropě, nicméně je dobré vědět, že existuje.



Obr. 41 CyPhy Works PARC [27]



Obr. 42 CyPhy Works PARC – v letu [27]



Obr. 43 CyPhy Works PARC - komplet [27]

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo představení bezpilotních letadel / koptér a jejich možné použití v praxi v rámci Integrovaného záchranného systému. Nastínili jsme si historii a vývoj bezpilotních létajících prostředků.

Dalším důležitým cílem bylo seznámení s konstrukcí a technickými parametry koptér, které mohou mnohým uživatelům pomoci pochopit principy chodu strojů, usnadnit jejich možnou konstrukci a užívání.

Vzhledem k tomu, že létání s bezpilotními letadly je v současné době velice populární, důležitým cílem bylo seznámit s pravidly legálního provozování bezpilotních letadel a modelů a s bezpečností při jejich užívání.

V práci nacházíme možnosti využití bezpilotních prostředků v akci pro záchranné operace, které by mohly inspirovat dotčené orgány k vyšší aktivitě v tomto směru.

Jedním z cílů bylo také navrhnout konkrétní sestavu pro využití HZS ČR. Tato sestava byla navrhována, a i přes relativně vyšší cenu přes půl milionu korun za sestavu, je v porovnání s provozem vrtulníku finanční návratnost velmi rychlá.

Věřím, že tato práce pomůže všem, kteří se problematikou bezpilotních letadel zabývají a pomůže jim k bezproblémovému a hlavně bezpečnému létání.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DJI - The World Leader in Camera Drones/Quadcopters for Aerial Photography. DJI - The Future Of Possible [online]. 2017- [cit. 12.05.2017]. Dostupné z: <https://www.dji.com/flame-wheel-arf>
- [2] MICRODRONES GMBH. *User manual md4-200*. Kreuztal, 2004.
- [3] SCHWARZ, David. Využití bezpilotních létajících prostředků pro telemetrické účely. Elektronický odborný časopis o technologii, technice a logistice v dopravě [online]. 2010, 5(3), 7 [cit. 2016-09-21]. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/19_2010/Schwarz.pdf
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA. *LETECKÝ PŘEDPIS L 2: PRAVIDLA LÉTÁNÍ*. In: . Praha, 2012.
- [5] Bepilotní letadlo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Bezpilotní_letadlo
- [6] Bratři Montgolfierové. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Bratři_Montgolfierové
- [7] *GOPHER / Moby Dick / GENETRIX* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.globalsecurity.org/intell/systems/gopher.htm>
- [8] HAMBLETON, Chalkley J. *Aphrodite/Anvil* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/aphroditeanvil-chalkley-j-hambleton>
- [9] MONTGOMERY, Clym. *Multi-Rotors, First-Person View, And The Hardware You Need* [online]. 2014 [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <http://www.tomshardware.com/reviews/multi-rotor-quadcopter-fpv,3828-2.html>
- [10] *Microdrones: Company profile* [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <https://www.microdrones.com/en/company/profile/>
- [11] *Microdrones: md4-200* [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <https://www.microdrones.com/en/mdaircraft/md4-200/>
- [12] *Microdrones: md4-1000* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://www.microdrones.com/en/mdaircraft/md4-1000/>

- [13] *Microdrones: md4-3000* [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.microdrones.com/en/mdaircraft/md4-3000/>
- [14] *DJI: Inspire* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.dji.com/inspire-1>
- [15] *DJI: Inspire 2* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.dji.com/inspire-2>
- [16] *DJI: Phantom 4 pro* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.dji.com/phantom-4-pro>
- [17] *DJI: Phantom 3 pro* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.dji.com/phantom-3-pro>
- [18] *DJI: Matrice 600 pro* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.dji.com/matrice600-pro>
- [19] *DJI: Spreading wings s1000 plus* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.dji.com/spreading-wings-s1000-plus>
- [20] *Robodrone: Kingfisher* [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.robodrone.com/kingfisher>
- [21] *Robodrone: Sparrow* [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.robodrone.com/sparrow>
- [22] *Robodrone: SuperHornet* [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.robodrone.com/superhornet>
- [23] *Robodrone: Hornet* [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.robodrone.com/hornet>
- [24] Robodrone. In: *Flickrriver: robodrone* [online]. [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.flickrriver.com/photos/tags/robodrone/interesting/>
- [25] Robodrone. *Využití: Pátrání a záchrana* [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.robodrone.com/patrani-a-zachrana>
- [26] FLIR: Dodavatel termokamer. *Termokamery flir: WORKSWELL WIRIS* [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.termokamery-flir.cz/workswell-wiris/>
- [27] CyPhy: Persistent Aerial Solutions. *CyPhy: PARC* [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <https://www.cyphyworks.com/products/parc/>
- Úřad pro civilní letectví: *ÚCL* [online]. [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VTOL	Vertical take-off and landing.
UAV	Unmanned aerial vehicle.
Li-Pol	Lithium-Polymer.
mAh	mili ampér hodina
FC	Flight Controller
PID	Proportional–integral–derivative
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
LP	Letecké práce
LČPVP	Letecká činnost pro vlastní potřebu
ID	IDentification
UAS	Unmanned Aircraft System
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
PČR	Policie České republiky
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
IZS	Integrovaný záchranný systém
ADR	Accord Dangereuses Route
OSN	Organizace spojených národů
AGL	Above ground level

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rám dronu DJI [1]	13
Obr. 2 Karbonové vrtule	14
Obr. 3 Motor Microdrones GmbH [2]	15
Obr. 4 Motor T-MOTOR MN3508-29 [3].....	15
Obr. 5 Akumulátor [2]	16
Obr. 6 Blokové schéma dronu Microdrones md4-200	17
Obr. 7 Provoz v ATZ a prostorech třídy G a E [4]	23
Obr. 8 Provoz v CTR a dalších prostorech [4]	24
Obr. 9 microdrone md4-200 [11].....	30
Obr. 10 microdrone md4-1000 [12].....	30
Obr. 11 microdrone md4-3000 [13].....	31
Obr. 12 DJI Inspire [14].....	32
Obr. 13 DJI Inspire 2 [15].....	32
Obr. 14 DJI Phantom 4 Pro [16]	33
Obr. 15 DJI Phantom 3 [17].....	33
Obr. 16 DJI Matrice 600+ [18]	34
Obr. 17 Spreading wings [19].....	34
Obr. 18 Robodrone Kingfisher [20].....	36
Obr. 19 Robodrone Kingfisher v úpravě pro Horskou službu [20]	36
Obr. 20 Robodrone Sparrow [21]	37
Obr. 21 Robodrone Sparrow camouflage [21].....	37
Obr. 22 Robodrone SuperHornet [22]	38
Obr. 23 Robodrone Hornet [23].....	38
Obr. 24 Robodrone Strix [24]	39
Obr. 25 Robodrone Strix na výstavě Future Forces 2014.....	39
Obr. 26 Oblast pátrání mezi obcemi Svatá, Hudlice, Kublov.....	43
Obr. 27 Ilustrační termovizní foto z dronu	43
Obr. 28 Ilustrační foto z dronu.....	44
Obr. 29 Foto hromadné nehody 1	45
Obr. 30 Foto hromadné nehody 2	45
Obr. 31 Foto hromadné nehody – nalezení osoby	46
Obr. 32 Foto hromadné nehody – nalezení osoby 2	46

Obr. 33 Foto hromadné nehody – objevení tabulky ADR.....	47
Obr. 34 Foto ze cvičení požáru a zřícení budovy [25].....	48
Obr. 35 Foto požářiště z dronu	49
Obr. 36 Foto požářiště z dronu termovizní kamerou	49
Obr. 37 Ilustrační termosnímek budovy z dronu, kamera WIRIS [26]	50
Obr. 38 Ilustrační snímek budovy z dronu, kamera WIRIS [26].....	50
Obr. 39 Foto z dronu – hledání skrytých ohnisek.....	51
Obr. 40 Workswell WIRIS 2nd gen 640 [26].....	53
Obr. 41 CyPhy Works PARC [27].....	55
Obr. 42 CyPhy Works PARC – v letu [27].....	55
Obr. 43 CyPhy Works PARC - komplet [27]	56

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Podmínky používání [4]	25
--	----

SEZNAM PŘÍLOH – NEOBSAHUJE PŘÍLOHY