

Monitorování obtížně dostupných prostor

Tomáš Malaník

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Malaník**
Osobní číslo: **A12613**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Způsoby monitorování obtížně dostupných prostor**
Téma anglicky: **Monitoring Methods for Hard-to-reach Areas**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši zaměřenou na způsoby monitorování obtížně dostupných prostor.
2. Vypracujte přehled výhod a nedostatků jednotlivých technik, které lze pro monitorování využít.
3. Popište obtížně dostupná prostředí, které je nutné monitorovat.
4. Provedte návrh ideálního monitorovacího prostředku.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Büchi, R. Fascination quadrocopter. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2011.
2. The Evolution and Application of Mini UAV System [online]. 2009-10-12. Dostupné z WWW: <http://www.scribd.com/doc/27686341/The-Evolution-and-Application-of-UAV-Mini-UAS>.
3. VISINGR, L. Bezpilotní vzdušné prostředky. ATM. 2006, Dostupný také z WWW: lvisingr.czweb.org/stazeni/atm/uav.rtf.
4. UAV Types. The UAV: Unmanned Aerial Vehicle [online]. Dostupné z WWW: <http://www.theuav.com/>.
5. EISENBEISS, Henri. The Potential of Unmanned Aerial Vehicles for Mapping. 2011. Dostupné z: <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phow011/140Eisenbeiss.pdf>.
6. Microdrones [online]. Dostupné z: <http://www.microdronesturkey.com/urun/md4-1000.html>.

Vedoucí bakalářské práce:

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

Datum zadání bakalářské práce:

6. února 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2015

Ve Zlíně dne 6. února 2015

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



L.S.

Ing. Jan Valbuch, Ph.D.
ředitel ústavu


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 27.5.2015


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na bezpilotní létající prostředky neboli drony využitelné pro monitorování obtížně dostupných prostor při mimořádných událostech. V teoretické části je popsán vývoj dronů, od těch prvních až po současné. Dále jsou popsány obtížně dostupné prostory a uvedeny možnosti využití dronů pro monitorování těchto prostor. V praktické části, která je zaměřená pouze na multikoptéry, jsou uvedeny a popsány ty současně používané a dále jsou navrženy vhodné typy pro konkrétní situace.

Klíčová slova: dron, UAV, multikoptéra, kvadroptéra, monitorování.

ABSTRACT

Bachelor thesis is focused on the unmanned aerial vehicles or drones for monitoring hard-to-reach areas in emergencies. The theoretical part describes development of drones, since the first ones to contemporary. The following part describes the hard-to-reach areas and there are listed ways of using drones to monitor these areas. In the practical part, which is focused only on multicopters, are listed and described the ones currently used and in the next part are suggested suitable types for particular situations.

Keywords: drone, UAV, multicopter, quadcopter, monitoring.

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce panu doc. Mgr. Milanu Adámkovi za odborné rady, vedení a připomínky, které mi pomohly při vypracování této práce.

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 MONITOROVACÍ PROSTŘEDKY.....	11
1.1 HISTORIE DRONŮ.....	11
1.1.1 Bezpilotní bombardér.....	11
1.1.2 Kettering Bug.....	12
1.1.3 Dron na více použití.....	13
1.1.4 Hromadně vyráběna střela.....	13
1.1.5 Mezikontinentální zbraňový systém.....	13
1.1.6 Průzkumný dron.....	14
1.1.7 Změna přístupu k bojovému nasazení dronů.....	14
1.2 SOUČASNÝ VÝVOJ DRONŮ.....	15
1.2.1 NASA Helios.....	15
1.2.2 MQ-1 Predator.....	16
1.2.3 RQ-4 Global Hawk.....	16
1.2.4 MQ-9 Reaper.....	17
1.3 KVADROKOPTÉRY.....	18
1.4 BUDOUCNOST DRONŮ.....	19
1.5 ROZDĚLENÍ DRONŮ.....	20
1.6 LEGISLATIVA V ČESKÉ REPUBLICCE.....	21
2 OBTÍŽNĚ DOSTUPNÉ PROSTORY.....	22
2.1 LESNÍ POŽÁRY.....	22
2.1.1 Faktory a příčiny vzniku lesních požárů.....	22
2.1.2 Boj s požáry.....	23
2.1.3 Oblasti sužované požáry.....	23
2.1.4 Velké požáry v České republice.....	24
2.1.5 Velké požáry ve světě.....	24
2.1.6 Organizace požární ochrany v České republice.....	24
2.1.7 Možnost využití dronů během lesních požárů.....	25
2.2 POVODNĚ.....	25
2.2.1 Druhy povodní.....	25
2.2.2 Stupně povodňové aktivity.....	26
2.2.3 Velké katastrofy.....	26
2.2.4 Možnost využití dronů během povodní.....	27
2.3 ZEMĚTŘESENÍ.....	27
2.3.1 Vznik zemětřesení.....	27
2.3.2 Intenzita zemětřesení.....	28
2.3.3 Velké katastrofy.....	28
2.3.4 Seismicita na území ČR.....	29
2.3.5 Využití dronů při zemětřesení.....	29
2.4 SESUVY PŮDY.....	29
2.4.1 Příčiny vzniku.....	29
2.4.2 Druhy sesuvů.....	30
2.4.3 Velké katastrofy.....	31

2.4.4	Možnost využití dronů k monitorování sesuvů.....	32
2.5	SOPEČNÁ ČINNOST.....	32
2.5.1	Vznik a klasifikace.....	32
2.5.2	Rizikové oblasti.....	33
2.5.3	Velké katastrofy.....	33
2.5.4	Možnost využití dronů při vulkanické činnosti.....	34
2.6	TSUNAMI.....	34
2.6.1	Vznik.....	35
2.6.2	Postižené oblasti.....	35
2.6.3	Předpověď a ochrana.....	35
2.6.4	Velké katastrofy.....	35
2.6.5	Možnost využití dronů k monitorování následků tsunami.....	36
2.7	TORNÁDA A TROPICKÉ CYKLÓNY.....	36
2.7.1	Vznik a klasifikace.....	37
2.7.2	Rizikové oblasti.....	38
2.7.3	Velké katastrofy.....	38
2.7.4	Možnost využití dronů k monitorování tornád a hurikánů.....	38
2.8	OSTATNÍ OBTÍŽNĚ DOSTUPNÉ PROSTORY.....	39
2.8.1	Muniční sklad ve Vrběticích.....	39
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	40
3	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	41
3.1	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU V ČESKÉ REPUBLICE.....	41
3.2	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU V ZAHRANIČÍ.....	42
3.3	SOUČASNÁ SITUACE V KOMERČNÍ SFĚŘE.....	46
3.4	SHRNUTÍ.....	49
4	NÁVRHY.....	51
4.1	POVODNĚ.....	51
4.1.1	Požadavky na dron.....	51
4.1.2	Návrh s nízkým rozpočtem.....	51
4.1.3	Návrh s vysokým rozpočtem.....	52
4.2	LESNÍ POŽÁRY.....	53
4.2.1	Požadavky na dron.....	54
4.2.2	Návrh s nízkými rozpočtem.....	54
4.2.3	Návrh s vysokým rozpočtem.....	55
4.3	SHRNUTÍ.....	56
	ZÁVĚR.....	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	60
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	65
	SEZNAM TABULEK.....	67

ÚVOD

Monitorování situace v reálném čase je klíčovým elementem při pátrání a záchraně osob, zásahu při přírodních katastrofách, udržování veřejného pořádku a vědeckých výzkumech. Často se je však monitorování ztíženo špatnou dostupností zájmové oblasti. Obtížně dostupnými prostory je možné rozumět jakákoliv místa, kde je nebezpečné nebo nemožné se pohybovat. Jedná se například o oblasti zasažené požárem, povodní, jinou přírodní katastrofou nebo činností člověka, která znemožní se v daném prostoru bezpečně pohybovat. Právě v těchto případech je ale nutné, mít aktuální informace o stávající situaci a stále častěji se pro tyto účely používají bezpilotní prostředky – drony.

Všestrannost použití, rychlost aplikace a nízká cena v porovnání s nasazením desítek či stovek osob jsou hlavními důvody. Historicky prvním a stále asi největším motivem pro využívání dronů je ale jejich nasazení v prostředí nebezpečném pro člověka. S vývojem technologií je možné drony přizpůsobit pro stále více činností. Přístroje vybavené zařízením k mapování terénu mohou být využity pro koordinování záchranných jednotek, detekování defektů budov a infrastruktury. Díky integrovaným kamerám s termovizí je možné drony nasadit při pátrání po pohřešovaných osobách. Případů, kdy se drony dají využít, je nespočetně mnoho, záleží jen na kreativitě.

V praktické části bakalářské práce jsou uvedeny aktuálně používané drony v České republice i ve světě. Jak již bylo zmíněno, využití dronů je opravdu široké a na jejich výrobu a vývoj se specializuje mnoho společností. Z toho vyplývá, že bezpečnostní složky různých zemí používají drony různých výrobců. Cílem bakalářské práce je tedy zmapovat používané drony, porovnat jejich vlastnosti a zjistit výhody a nevýhody používání konkrétních přístrojů. Na základě zjištěných faktů následně v závěru práce navrhnout možné alternativy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MONITOROVACÍ PROSTŘEDKY

Bezpilotními létajícími prostředky jsou míněna všechna letadla, vrtulníky, multikoptéry, které jsou bez posádky. Mohou být autonomní neboli předem naprogramované k jejich činnosti nebo mohou být ovládány na dálku. Díky rychlému rozvoji v oblasti elektroniky, řídicích systémů, bezdrátových komunikačních technologií, vývoji lehkých materiálů a mnoha dalších oblastí, se tyto prostředky začaly používat i v komerční sféře. V nedávné minulosti byly nasazovány pouze armádou. Tento rozvoj umožnil drony využívat nejen k zábavným a vědeckým účelům, ale i k prevenci před přírodními katastrofami a k zásahům v oblastech, které byly zasaženy živelnou pohromou, a není možné, aby do těchto prostor byl vyslán člověk.

Tyto bezpilotní létající prostředky jsou obecně nazývají jako drony nebo UAV (z anglického Unmanned Aerial Vehicle), je možné se setkat i s označením UAVS (Unmanned Aircraft Vehicle System) nebo UAS (Unmanned Aircraft System). V českém jazyce je možné se setkat i s označením bezpilotní prostředek, zkráceně BZP. Dále, co se týče terminologie, Úřad pro civilní letectví v roce 2012 zavedl termín remotely piloted aircraft (RPA), v překladu dálkově řízené letadlo.

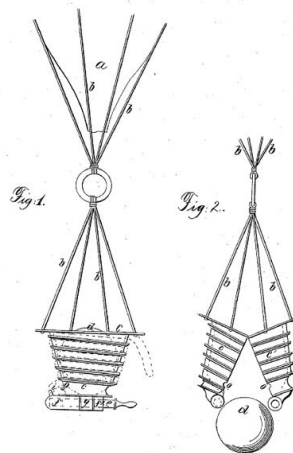
Co je správným pojmem není obecně jasné a dá se setkat s mnoha označeními, ale nejčastějším a nejznámějším je pojmenování dron [1].

1.1 Historie dronů

Není jednoduché určit, co se dá považovat za prvního předchůdce moderních dronů, ale určitě se jich najde několik, které je potřeba zmínit.

1.1.1 Bezpilotní bombardér

Roku 1863, dva roky po začátku Občanské války ve Spojených státech, byl registrován patent na bezpilotní bombardér. Byl to horkovzdušný balón, jehož autorem byl Charles Perley, který nesl košíky s výbušninami osazené časovanou rozbuškou, která tuto výbušninu uvolnila. Celý projekt byl velmi nebezpečný, protože horkovzdušný balon nebyl nijak ovládán, jeho rychlost a tedy zbývající čas do cíle bylo velmi obtížné spočítat, ale údajně byl během války s neurčitými výsledky nasazen [2], [3].

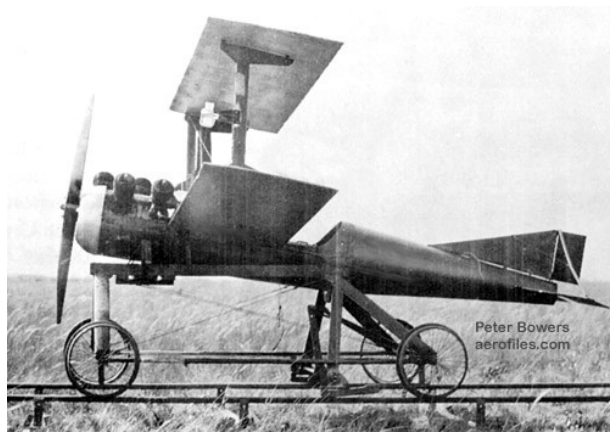


Obrázek 1: Patent na Perleyho
shazování bomb [2]

1.1.2 Kettering Bug

V roce 1918, během První světové války, byl vyvinut Kettering Bug a měl fungovat jako létající bomba. Jeho autorem byl Charles Kettering, který ho původně pojmenoval jako Ketteringovo Létající Torpédo, ale později se ujal název Kettering Bug.

Byl osazen jedním čtyřválcovým motorem o výkonu 40 koní a jeho dolet činil 121 km. Využíval gyroskopu, pneumatického, elektrického systému a barometru, který naváděl letadlo na jeho cíl. Bylo sestaveno celkem 45 exemplářů, ale nakonec žádný nebyl nasazen do boje, především kvůli strachu z přelétávání Bugu s bombami na palubě nad spojeneckými jednotkami. Mezi lety 1917 až 1920 Americká vláda spotřebovala na tento projekt okolo 275 000 dolarů [2], [3].



Obrázek 2: Kettering Bug [3]

1.1.3 Dron na více použití

V 30. letech vznikl projekt se jménem Queen Bee a byl to první bezpilotní letoun na více použití. Sloužil jako cvičný cíl pro britské Královské letectvo až do roku 1947. Byl ovládán rádiově na dálku a byl schopen se vrátit a přistát. Bylo jich vyrobeno celkem 380 [2].

1.1.4 Hromadně vyráběna střela

První hromadně používanou střelou svého druhu na světě byla V-1 s typovým označením Fieseler Fi 103. Vyvinuta byla v Německu během 2. světové války. Byla osazena pulsačně reaktivním motorem a měla délku 3,6m se schopností letu až rychlostí 650km/h a doletem 240km. Byla osazena náloží o hmotnosti 830kg a během války jich bylo vypáleno přes 20 000 [4].



Obrázek 3: Fieseler Fi 103 V-1 [4]

1.1.5 Mezikontinentální zbraňový systém

V Japonsku během Druhé světové války vznikl první mezikontinentální zbraňový systém s názvem FuGo. Byl to vodíkem plněný balon, který nesl 32 pytlů s pískem, dva zápalné prvky, jednu malou bombu a mechanismus na ovládání výšky. Byl určen ke způsobení rozsáhlých požárů, zničení měst a zemědělských oblastí v Severní Americe. Pouštěny byly z Japonska, vystoupaly do výšky 9km a postupně z nich unikal vodík, díky čemuž začaly klesat. Jakmile se dostaly do výšky 7,5km, shodily jeden z pytlů s pískem a nabraly výšku 10km, to se opakovalo až do doby, kdy zůstalo jen zápalné zařízení, které nakonec bylo také shozeno.

Japonsko během druhé světové války vypustilo přes 9 300 FuGo balonů, ale Severní Ameriky dosáhlo pouze 300 z nich. Způsobily šest ztrát na životech [3].



Obrázek 4: Balon FuGo [3]

1.1.6 Průzkumný dron

Během války ve Vietnamu v letech 1955 až 1975, kdy byl zaznamenán posun ve vývoji pohonných a naváděcích systémů, byl vyvinut systém s názvem Ryan Firebee. Sloužil původně jako cvičný cíl, ale později byl využit i jako průzkumný letoun, který byl nasazován během konfliktu ve Vietnamu. Obvykle byl vypouštěn z transportních letounů typu DC-130 Hercules [3].



Obrázek 5: Ryan Firebee osazeny na DC-130 Hercules [3]

1.1.7 Změna přístupu k bojovému nasazení dronů

Vývoj bezpilotních letadel v 80. letech pokračoval, ale začala být zpochybňována jejich užitečnost. To se změnilo v roce 1978, kdy byl v Izraeli vyvinut bezpilotní letoun z názvem Scout. Byl vyroben ze sklolaminátu díky kterému byl velice obtížně detekovatelný radary a byl tedy obtížným cílem pro nepřítele. Byl využit roku 1982 během konfliktu mezi Izraelem a Sýrií, kdy bylo díky němu sestřeleno 82 syrských letadel

s minimálními ztrátami. Scout sloužil jako elektronická návnada, rušička a umožňoval monitorování v reálném čase [2], [3].



Obrázek 6: Scout [3]

1.2 Současný vývoj dronů

V současnosti žádná jiná kategorie létajících strojů není věnována větší pozornost než právě bezpilotním létajícím prostředkům. Neustále probíhající vývoj v této oblasti umožnil vznik mnoha různých bezpilotních letounů různého využití. Kromě komerční sféry jsou využívány také například armádou, policií, hasiči, a dále k civilním nebo vědeckým účelům.

Vzhledem k jejich rozsáhlému počtu budou zmíněni pouze významní zástupci z kategorie bezpilotních létajících prostředků [3].

1.2.1 NASA Helios

Helios, vyvinutý firmou AeroVironment a užívaný Národním úřadem pro letectví a kosmonautiku (anglicky zkráceně NASA), byl prototyp výškového bezpilotního letounu s dlouhým dosahem sloužící jako tzv. atmosférický satelit. Byla to již čtvrtá verze bezpilotního letadla v rámci projektu na vývoj dronu na solární pohon.

Helios měl rozpětí 75m, byl vyroben především z kompozitových materiálů, zdrojem energie byly solární panely, lithiové a palivové články a o pohon se staralo 10 elektrických motorů o výkonu 1,5kW. Mezi jeho největší úspěchy patří dosažení výšky 29 524m, což je světový rekord v dané kategorii.

V roce 2003 se bohužel při testovacím letu tento prototyp porouchal a spadl do Pacifiku. Touto událostí NASA projekt ukončila, ovšem na základě poznatků z vývoje těchto bezpilotních letounů na solární pohon vzniklo mnoho dalších projektů tohoto typu [5].



Obrázek 7: NASA Helios HP-03 [5]

1.2.2 MQ-1 Predator

MQ-1 Predator vyvinutý pro letectvo Spojených států je bezpilotní letoun s dlouhým doletem. Jeho původní verze s názvem RQ-1A sloužila k průzkumným účelům, ovšem později byla vyzbrojena a přejmenována na současné označení MQ-1.

Tento bezpilotní letoun slouží ke vzdušné podpoře, zpravodajství, sledování a průzkumu. Je poháněn benzínovým motorem o čtyřech válcích s výkonem 84 kW. Je vybaven systémem pro zaměřování cílů, který obsahuje elektro-optické nebo infračervené kamery s laserovým naváděním. Může být vyzbrojen různými typy raket a bomb. V roce 2013 bylo letectvo Spojených států vybaveno celkem 268 Predátory a již další tohoto typu přestalo poptávat. Cena se pohybuje okolo 5 milionů dolarů, která nezahrnuje potřebné vybavení, jako pozemní řídicí stanice apod. [6], [7], [8].



Obrázek 8: MQ-1 Predator [8]

1.2.3 RQ-4 Global Hawk

Global Hawk, stejně jako MQ-1 Predator je využíván letectvem Spojených států a slouží k průzkumu, zpravodajství a sledování. Vyznačuje se svým dlouhým doletem

a operováním ve výšce až 20 km, ze které dokáže prozkoumávat rozsáhlé oblasti s dokonalou přesností a informovat v reálném čase například o lokaci nepřátelských jednotek. Pohonem je turbínový motor od společnosti Rolls-Royce o síle 31,4kN. Je schopen zcela autonomního fungování a jeho výdrž je až 32 hodin. V současnosti letectvo Spojených států disponuje 32 kusy. Cena se pohybuje okolo 131 milionů dolarů.

Jeho přímým nástupcem je bezpilotní letoun s označením MQ-4 Triton, je stále ve fázi testování, ovšem letectvo Spojených států již má naplánováno koupit 68 těchto strojů [7], [8].



Obrázek 9: RQ-4 Global Hawk [8]

1.2.4 MQ-9 Reaper

MQ-9 je větším, těžším a schopnějším strojem než jeho předchůdce MQ-1 Predator. Vyznačuje se dlouhým doletem a operováním ve velkých výškách. Je vybaven turbovrtulovým motorem o síle 712kW díky čemuž je schopen unést až 15krát více než Predator. Je vybaven systémem vizuálních detektorů pro zaměření. Tento systém obsahuje infračervený detektor, barevnou nebo monochromatickou kameru s denním nebo nočním viděním, laserovým naváděním a laserovým označováním. Také je vybaven průzkumným radarem a komunikačními systémy. Cena se pohybuje okolo 14 milionu dolarů [8].



Obrázek 10: MQ-9 Reaper [8]

1.3 Kvadrokoptyéry

Kvadrokoptyéra je bezpilotní létající prostředek, který má čtyři vrtule umístěné do kříže. Základem dnešních sestav je GPS modul, který umožňuje dron lokalizovat pokud se ztratí z dohledu a slouží také k samotnému řízení. Je vybaven pokročilou stabilizační technikou, která řídí jednotlivé motory. Kvadrokoptyéra obecně patří do rodiny multikoptyér, které nemusí mít jen 4 motory, ale mohou být osazeny i 6 motory, po té se jedná o hexakoptyéry, oktokoptyéry mají motorů osm. Jejich největší výhodou, mimo mnoho jiných, je možnost vertikálního startu z místa, tedy není vyžadována odpalovací rampa nebo celá startovací dráha.

V komerční sféře, kvadrokoptyéry určené zejména pro hobby účely, je pravděpodobně nejznámějším výrobcem DJI. Tyto kvadrokoptyéry se hodí zejména pro natáčení videa, fotografování z velkých výšek a podobné účely. Jejich výdrž se pohybuje okolo dvaceti minut [9], [10].



Obrázek 11: DJI Phantom 2 Vision+ [11]

Pro polici vhodnou kvadrokoptérou je řešení od společnosti Microdrones. Jejich model MD4-1000 může být ovládán dálkově nebo může být automatizován pomocí softwaru pro GPS navigaci. Je vyroben z uhlíkového vlákna a je schopen letu po dobu 88 minut a unese 1,2kg nákladu [12].



Obrázek 12: MD4-1000 [12]

V praktické části bude uveden rozsáhlejší přehled monitorovacích prostředků, zaměřených na multikoptéry.

1.4 Budoucnost dronů

Bezpilotní letouny zítřka jsou závislé především na vývoji výpočetní techniky a všech souvisejících oborů. Nejvíce jsou využívány k vojenským účelům, a proto je kladen důraz na jejich bojové nasazení, díky kterému jsou minimalizovány zbytečné ztráty na životech. Vzhledem k faktům, že současné bojové BZP již dosáhly požadovaných vzdáleností doletů, přesností navádění střel a kvality komunikace, zaměřuje se vývoj na jejich začlenění do letového provozu a součinnost s dalšími zbraňovými systémy.

Co bylo v minulosti bráno jako nerealizovatelné, je v současnosti běžnou skutečností. Seznam aplikací bezpilotních prostředků se stále rozšiřuje a je téměř neomezený. Mohou být využity policií k obecnému vymáhání práva, pohraniční hlídkou k hlídání hranic, ke hledání ztracených osob, boji proti pašeráctví drog a mnoha dalším účelům. Ku příkladu v Japonsku jsou již 20 let bezpilotní letouny využívány v zemědělství k setí a postřiku rostlin. Mohou být využity také k monitorování chovných zvířat a rostlinstva, detekování nemocí a plánování sklizně. Další uplatnění je v oblasti meteorologie, kdy během přírodních katastrof mohou BZP v nebezpečných situacích pro běžně pilotované letadlo provádět měření a získané poznatky mohou vést k přesnějšímu předvídaní budoucích přírodních katastrof [6].

1.5 Rozdělení dronů

Existuje mnoho kritérií podle kterých lze dělit bezpilotní letouny. Může to být podle:

- účelu,
- doletu,
- konstrukce,
- velikosti,
- rychlosti,
- hmotnosti,
- letové hladiny.

Hlavním hlediskem, jak lze posuzovat bezpilotní létající prostředky, je především jejich účel, a to civilní nebo vojenský.

Vojenský typ BZP již našel v uplatnění snad v každé armádě a bylo jich vyvinuto nespočetné množství, především kvůli velkým investicím do vývoje. Nejvíce tyto bezpilotní prostředky využívá letectvo Spojených států a nejvíce úspěchů slaví především bojový MQ-1 Predator, zejména v boji proti terorismu. Poprvé nasazen v roce 1996 v Bosně. Slouží především k monitorování terénu, průzkumu, detekování chemických, biologických nebo nukleárních hrozeb, řízení boje, komunikaci, vysílání střel proti pozemním nebo leteckým cílům, doplňování munice atd.

V současnosti jsou BZP čím dál více dostupnější, jejich cena neustále klesá, a tak se na trhu objevuje čím dál více těchto bezpilotních letounů pro civilní využití. I když do této kategorie není ani zdaleka tak investováno jako do vojenských BZP, zažívá rozmach. Civilní sféra se ovšem dívá na bezpilotní letadla s jistým odstupem, a to je hlavním důvodem, kromě nedostatku finančního toku tímto směrem, proč se v této oblasti do teď nedalo setkat s masivním rozvojem. V civilní neboli komerční sféře nachází mnoho uplatnění, a to pro monitorování davů a dopravy, vyhledávání a záchraně ztracených osob, monitorování lesů, při ochraně proti rybolovu, odebírání vzorků ze vzduchu při znečištění nebo pro meteorologické účely, v zemědělství nebo pro monitoring a záchranu v případě přírodních katastrofách [14].

1.6 Legislativa v České republice

Létání s letadly bez pilota stanovuje zákon o civilním letectví č. 49/1997 Sb. § 52 o létání letadel bez pilota.

Bez povolení úřadu je běžně možné létat s drony do hmotnosti 20 kilogramů, pokud se neztratí z dohledu a pokud se získané záběry nevyužívají komerčně. Pokud ze získaných záběrů pochází zisk, je nutné mít patřičnou licenci. Zákon ovšem pochází z roku 1997 a není adekvátní reakcí na současnou popularitu dronů.

V současnosti je snaha sjednotit národní legislativy v Evropské unii, ty jsou buď nejednotné nebo žádné. Velkým tématem je ochrana soukromí, pro kterou by měla být jasně definována bezpečnostní pravidla [15].

2 OBTÍŽNĚ DOSTUPNÉ PROSTORY

Jsou to oblasti, kde je nebezpečné, popřípadě nemožné, aby se pohyboval člověk. Tyto prostory nebo oblasti mohou být přírodního nebo lidského původu.

V posledních letech přibývá přírodních katastrof i v oblastech, kde ještě před nějakou dobou se s podobnými pohromami vůbec nepočítalo. Živelné pohromy budou pravděpodobně ovlivňovat život lidí čím dál více. Mezi tyto živelné pohromy patří:

- Lesní požáry
- Povodně
- Zemětřesení
- Sesuvy půdy
- Laviny
- Sopečná činnosti
- Tsunami
- Tornáda a tropické cyklóny

Mezi obtížně dostupné prostory způsobené činností člověka patří budovy zasažené požárem, budovy s poškozenou statikou, průmyslové nehody a další [16], [17].

2.1 Lesní požáry

Lesní požáry způsobují kromě škod na majetku a na dřevě i ztráty na životech. Již neplatí, že požáry se týkají neobydlených oblastí, s rostoucí populací se nebezpečí týká čím dál více obydlených oblastí.

Velké požáry představují zejména pro hasiče velké nebezpečí. Tzv. spotfire bývá velkým nebezpečím, kdy se oheň může přenést do týlu hasičských oddílů. I silný vítr může znamenat riziko, protože může rychle změnit směr šíření plamenů [18].

2.1.1 Faktory a příčiny vzniku lesních požárů

Lesní požáry jsou velice nebezpečné, protože se samovolně rozšiřují velkou rychlostí (i přes 100km/h) po velké ploše. Vhodnými podmínkami pro vypuknutí požáru jsou dlouhá období sucha a horka, kdy velice snadno může dojít ke vznícení a také vysoká rychlost

větru, která pomáhá k rychlému rozšíření. Chování ohně mnohdy bývá nevyzpytatelné, nikdy nelze přesně určit, jakým směrem se bude šířit, také se může šířit pod zemí, v tomto případě nelze odhadnout, kde se znova vynoří.

Nejčastější příčinou je požáru je lidská nedbalost, v naprosto minimálních případech může být příčinou přírodní jev, např. blesk. Častými příčinami může být nerespektování zákazu zakládání ohňů, či jejich nedostatečné následné uhašení, ale také odhozený nedopalek cigarety. V některých případech se může jednat i o úmysl [16], [17].

2.1.2 Boj s požáry

Lesní požáry mnohdy bývají nedostupné pozemními prostředky, kvůli těžce dostupnému terénu a neexistenci cest, kdy nelze plně využít hasičskou techniku. Zásahy jsou velmi časově náročné a vyžadují nasazení velkého množství jednotek požární ochrany. Při likvidaci lesních požárů je také použito velké množství vody, které je velmi obtížné dostat na postižené místo. K efektivnímu boji proti lesním požárům je nutné je včas lokalizovat, než se rozšíří a napáchají obrovské škody [16], [17].



Obrázek 13: Lesní požár [19]

2.1.3 Oblasti sužované požáry

Obecně nejvíce ohroženými oblastmi jsou ty, kde převládá středozevní nebo kontinentální klima. Mezi tyto regiony patří oblasti při pobřeží Středozevního moře, Kalifornie, jihozápad USA, Španělsko, jihovýchodní Asie, Afrika kolem rovníku a Austrálie. Především Austrálie je nejrizikovějším místem pro vznik požárů [16], [17].

2.1.4 Velké požáry v České republice

Nejrozsáhlejším požárem v České republice je ten z 24. května 2012, který vznikl v Bzenecké Doubravě. Šířil se především díky suchému prostředí a silnému větru. Pohyb zásahových vozidel byl značně komplikován písčitém terénem a velká vzdálenost od zdroje vody. Spotřebovalo se 20 milionů litrů vody. Zasažena byla plocha o velikosti 200 hektarů [19].

2.1.5 Velké požáry ve světě

Série lesních požárů vznikla v Řecku 28. června 2007, která trvala až do 3. září 2007, celkově vzniklo až 3 000 požárů. 2 100 budov bylo zničeno a zasaženo 6 700 hektarů.

Obrovský požár vznikl v roce 1939, kdy bylo zničeno přes tisíc budov. Okolo tří čtvrtin státu Victoria bylo nějakým způsobem zasaženo ohněm.

Mezi nejničivější požáry v dějinách patří incident v státech Wisconsin a Michigan z roku 1871, kdy bylo postiženo 700 000 hektarů lesa, čímž se řadí na první místo mezi největší katastrofy tohoto druhu. Tento požár si vyžádal 1 500 obětí. Nejsou přesné informace o tom, čím byl zapříčiněn, ale stalo se to při extrémně suchém létě při pokládání kolejí [16], [17].

2.1.6 Organizace požární ochrany v České republice

Organizace požární ochrany je stanovena zákonem č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve kterém je následující ustanovení:

(1) Účelem zákona je vytvořit podmínky pro účinnou ochranu života a zdraví občanů a majetku před požáry a pro poskytování pomoci při živelních pohromách a jiných mimořádných událostech stanovením povinností ministerstev a jiných správních úřadů, právnických a fyzických osob, postavení a působnosti orgánů státní správy a samosprávy na úseku požární ochrany, jakož i postavení a povinností jednotek požární ochrany.

(2) Každý je povinen počínat si tak, aby nezavdal příčinu ke vzniku požáru, neohrozil život a zdraví osob, zvířata a majetek; při zdolávání požárů, živelních pohrom a jiných mimořádných událostí je povinen poskytovat přiměřenou osobní pomoc, nevystaví-li tím vážnému nebezpečí nebo ohrožení sebe nebo osoby blízké anebo nebrání-li mu v tom důležitá okolnost, a potřebnou věcnou pomoc [20].

2.1.7 Možnost využití dronů během lesních požárů

Boj s lesními požáry bývá nelehkou záležitostí, především kvůli rychlým změnám směru šíření a intenzity požáru v rámci jednotek sekund. Drony mohou být okamžitě nasazeny k vytvoření přehledu nad situací a mohou získávat informace, které jsou posílány přímo zasahujícím jednotkám. Tyto informace mohou být využity k bojování s požárem v oblastech, kde hrozí napáchání velkých škod, především pokud se požár začne přibližovat lidským obydlím.

Díky existenci bezpilotních vrtulníků, které dosahují již větší rozměrů než běžné drony, mohou tyto bezpilotní prostředky přímo hasit požár, protože jsou schopny transportovat větší množství materiálu, v tomto případě vody.

Drony se také dají využít během období sucha, kdy hrozí vzniknutí lesního požáru. Tyto drony mohou přelétávat nad lesy a detekovat tak požár ihned při jeho vzniku a nemusí tedy dojít k jeho rozšíření a napáchání značných škod [21], [22].

2.2 Povodně

Povodně jsou nejčastějším typem přírodní katastrofy způsobující ve světě každým rokem různě velké škody na majetku, ekologické škody, ale také oběti na lidských životech. Je to přírodní jev, který je způsoben rozlitím velkého množství vody mimo koryta vodních toků, někdy také např. protržením hráze přehrady, sesuvem svahu během dešťů, atd [16], [17].

2.2.1 Druhy povodní

Jarní povodně jsou způsobeny táním sněhu, obvykle v březnu až dubnu. Důležitým faktorem je obsah vody ve sněhu, množství srážek v období tání, teplota vzduchu, aj. Největším nebezpečím je období dlouhodobého trvání záporných hodnot teplot, po kterém dojde k rychlému oteplení doprovázeném deštěm

Ledové povodně vznikají kvůli blokování odtoku vody ledovými bariérami. Protržením ledových bariér vznikají povodňové vlny naakumulované za těmito bariérami.

Letní povodně vznikají v případech dlouhotrvajících intenzivních srážkách.

Přivalové povodně, někdy nesprávně nazývané jako bleskové povodně, jsou způsobené přivalovými srážkami. Důsledkem je prudké rozvodnění malých potoků. Nebezpečím je rychlý vývoj situace, takže provést protipovodňová opatření není možné.

Mezi zvláštní povodně patří případy, kdy dojde k protržení hrází. Nejsou časté, ale jejich dopady na život pod hrázemi jsou katastrofické, zejména protože přílivová vlna má velkou destrukční sílu [23].

2.2.2 Stupně povodňové aktivity

Stupeň povodňové aktivity vyjadřuje míru povodňového nebezpečí. Slouží k určení rozsahu protipovodňové ochrany. Stupně jsou následující:

- *První stupeň (stav bdělosti)*
Nastává při nebezpečí povodně a zaniká při pomnutí příčin povodňového nebezpečí. Je nutné při tomto stupni věnovat pozornost vodním tokům nebo jiným zdrojům povodňového nebezpečí.
- *Druhý stupeň (stav pohotovosti)*
Je vyhlášen, pokud nebezpečí povodně přetrvává a způsobí povodeň, ale nedojde k větším rozlivům a škodám mimo koryto. Protipovodňová ochrana se uvádí do pohotovosti, provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu.
- *Třetí stupeň (stav ohrožení)*
Je vyhlášen v případě bezprostředního nebezpečí, při ohrožení životů nebo vzniku škod velkého rozsahu. Provádějí se protipovodňové práce podle povodňových plánů, evakuace nebo záchranné práce [23].

2.2.3 Velké katastrofy

V České republice nejčastějším druhem povodní jsou přívalové a letní povodně z trvalých dešťů.

Přívalové povodně zasáhly ČR v červnu 1998 sérií dlouhotrvajících bouřkových srážek, která vytvořila přívalovou povodeň v Orlických horách, v roce 2006 na Dyji nebo červenci 2009 zejména na Novojičínsku.

Letní vytrvalé deště způsobily v červenci 1997 a srpnu 2002 katastrofické škody. V povodí Vltavy a Labe povodně v roce 2002 [23].



Obrázek 14: Povodeň [23]

2.2.4 Možnost využití dronů během povodní

Během dešťů je pro letadla a vrtulníky velmi obtížné se dostat do zasažené oblasti a právě tady se využívají drony. Mohou letět i v nepříznivém počasí, nemohou sice vyzvednout a zachránit člověka nebo shodit zásoby, ale mohou vytvořit mapy, díky kterým se získá přehled o způsobených škodách a o velikosti zasažené oblasti. Tyto mapy také umožňují soustředit záchranné jednotky na místa, kde jsou opravdu potřeba. Drony se hodí i při prohledávání zasažených oblastí, mohou v nebezpečných oblastech najít lidi v nouzi, zjistit zda potřebují pomoc, zda jsou zranění nebo mrtví [21], [22].

2.3 Zemětřesení

Zemětřesení jsou rozlohou i způsobenými škodami nejnebezpečnějším přírodním jevem. Otřesy přichází náhle a trvají pouze pár sekund a způsobí obrovské škody. Ani v současné době, nelze s dostupnou technikou předpovídat tyto katastrofy [24].

2.3.1 Vznik zemětřesení

Způsob vzniku zemětřesení je vysvětlen v následujících řádcích.

Otřesy vznikají, pokud dojde k náhlému uvolnění energie v zemském tělese. Ta se pod povrchem hromadí v důsledku silových pochodů, které v horninách zemské kůry a pláště neustále vytvářejí napěťové stavy. Mezi tyto procesy patří konvekční proudění, izostáze, gravitační působení apod. Jestliže dojde k náhlému uvolnění této nashromážděné energie,

vzniká zemětřesení, které můžeme definovat jako "soubor krátkodobých pohybů reprezentující proces při změně napětového stavu hornin". [24].

2.3.2 Intenzita zemětřesení

Pro určení velikosti zemětřesení se používá více stupnic. Ale za nejpoužívanější se považuje Richterova stupnice. Vedle Richterovy se používají ještě Mercalliho, MCS a MKS stupnice. Richterova stupnice je logaritmická a nemá horní hranici [25].

Richterova stupnice udává intenzitu pohybu země měřenou ve vzdálenosti 100km od epicentra zemětřesení [25].

Tabulka 1: Richterova stupnice [25]

Magnitudo	Následky
1, 2	Není cítit, lze pouze měřit přístroji
3	Nejmenší hodnota, kterou člověk rozpozná; bez poškození
4	Slabé zemětřesení
5	Slabé poškození budov blízko epicentra
6	Vážné poškození špatně postavených budov
7	Velké poškození budov
8	Téměř úplné zničení

2.3.3 Velké katastrofy

Největší zemětřesení se stalo v čínské provincii Šan-si roku 1556, kdy při 8. stupni Richterovy škály způsobilo mohutné sesuvy půdy a o život přišlo 830 000 lidí, což v dané oblasti znamenalo smrt 60 % populace.

V Chile roku 1960 zasáhlo zemětřesení jižní oblast. Zanechalo za sebou 2 000 mrtvých a 200 000 osob bez domova. Navíc toto zemětřesení způsobilo tsunami, které zasáhlo celou tichomořskou oblast.

Za nedávné velké zemětřesení se považuje to, co se odehrálo v Pákistánu roku 2005. Udává se, že zahynulo 87 350 obětí, podle jiných odhadů se může jednat i o 100 000 mrtvých. Kvůli hornaté povaze oblasti bylo otřesy způsobeno velké množství sesuvů.

Za poslední nejsilnější zemětřesení se považuje zemětřesení v Nepálu 25. dubna 2015, s epicentrem 77km od hlavního města Káthmándú. Počet obětí se odhaduje na 10 000. Toto zemětřesení také způsobilo rozsáhlou lavinu pod horou Mount Everest a bylo poškozeno mnoho památek, které jsou zapsané do seznamu světového kulturního dědictví UNESCO [26], [27].



Obrázek 15: Zemětřesení v Nepálu [27]

2.3.4 Seismicita na území ČR

V České republice nehrozí riziko velkých zemětřesení, vykazuje malou seismickou aktivitu.

2.3.5 Využití dronů při zemětřesení

Bezpilotních létajících prostředků nelze během zemětřesení využít, protože obvykle trvají velmi krátce, samotné nasazení je nebezpečné a zkrátka nemá význam monitorovat samotný průběh.

Drony se nasazují až po zemětřesení, kdy slouží k průzkumu napáchaných škod a popřípadě k lokalizaci zraněných osob, které vyžadují rychlou pomoc [21], [22].

2.4 Sesuvy půdy

Svahové pohyby jsou jedním z nejrozšířenějších environmentálních hazardů. Jedná se o pohyb materiálu dolů po svahu účinky gravitace, bez působení tekoucí vody, ledu nebo větru [28].

Dopady tohoto jevu jsou pouze regionálního rozsahu, největším nebezpečím obvykle čelí horské oblasti [28].

2.4.1 Příčiny vzniku

Mohou vzniknout z mnoha příčin, např. zemětřesnou aktivitou, nadměrnými srážkami, ale také mohou být způsobeny lidmi, při umělých úpravách svahů nebo odlesňování.

Obecně vznikají v důsledku účinků gravitace, která na svah působí. Pokud je narušena stabilita svahu, dojde ke svahovému pohybu. [28]

Poměr sil, které způsobují pohyb materiálu dolů po svahu a sil, které brání tomuto pohybu, určuje stabilitu svahu. Pohyb nastává, pokud velikost smykového napětí překročí velikost smykového odporu, jejichž rovnováha určuje mez bezpečnosti svahu [28].

Tabulka 2: Faktory podmiňující stabilitu svahu [28]

Faktor	Příklady
<i>Faktory zvyšující smykové napětí svahového materiálu</i>	
Zvýšení sklonu svahu	boční eroze vodního toku, stavební činnost
Odstranění laterální opory svahu	vodní eroze, procesy zvětrávání, stavební činnost
Zatížení svahu	akumulace zvětralin, nárůst vegetace, zvýšení obsahu vody, stavby budov
Laterální tlak	zamrzání vody v puklinách
Odstranění vegetace	požáry, odlesňování, stavební činnost
Otřesy	zemětřesení, těžká doprava
<i>Faktory snižující smykový odpor svahového materiálu</i>	
Nárůst objemu vody ve svahovině	saturace důsledkem srážkové činnosti
Procesy zvětrávání	rozpad horniny podloží
Změny struktury	vznik trhlin a puklin
Činnost organismů	tlení kořenových systémů

2.4.2 Druhy sesuvů

Sesuvy lze charakterizovat podle dvou skutečností, a to rychlost a měřítko procesu. Z hlediska rychlosti se svahové pohyby dělí na pomalé, středně rychlé a rychlé.

- Pomalý sesuv většinou nepředstavuje riziko, protože rychlost těchto sesuvů se počítá v desítkách centimetrů za rok.
- Středně rychlé sesuvy půdy již nabírají rychlosti metrů za hodinu až za den. Tyto sesuvy mohou ničit komunikace a lidská obydlí. Katastrofy většího charakteru mohou i způsobit ztráty na životech.
- Rychlé sesuvy jsou největším rizikem, způsobují velké škody na životech a majetku. Rychlost dosahuje desítek až stovek kilometrů za hodinu. Do této kategorie patří zejména řícení skal, řícení ledovců, apod.

Měřítka procesu určuje rozsah oblasti, který byl postižen katastrofou a také množství sesunutého materiálu.

Zvláštní kategorií sesuvů půdy jsou sněhové laviny. Lavina rychlým a náhlým sesuvem velkého množství sněhu, představuje velké nebezpečí. Mnoho obětí je zcela zasypáno a velkou roli hraje čas. Udává se, že pokud je osoba pod lavinou více než 18 minut, nemá již šanci na přežití, kvůli nedostatku vzduchu a silnému podchlazení [28].

2.4.3 Velké katastrofy

Čína, provincie Kan-Su roku 1920 zažila jednu z nejtragičtějších událostí 20. století. Spráše, což je za normálních podmínek jemný sediment mající velkou soudržnost často tvořící poměrně strmé svahy, byl tehdy ve formě plošiny postižen velkým zemětřesením, čímž nastal ničivý sesuv, při kterém miliony metrů krychlových půdy zasypaly sídla položená v údolích. Údajně se ztráty na životech mohou pohybovat okolo stovky tisíc.

Další katastrofou způsobenou sesuvem půdy byla ta, co se stala Itálii roku 1963. V té době druhá největší přehrada světa Viaont, vysoká 265m, byla díky vytrvalým deštům zasažena sesuvem půdy takových rozměrů, se kterými nikdo nepočítal. Objem materiálu se odhaduje na 100 milionů m³. Vznikla obrovská vlna o výšce 165m, která se přelila přes hráz a zničila vše v údolí pod přehradou. Počet obětí se čítá na 2 000 [28].



Obrázek 16: Příklad sesuvu půdy [27]

2.4.4 Možnost využití dronů k monitorování sesuvů

Pomocí dronů lze získávat informace pro záchranné týmy, které vyžadují zprávy o způsobených škodách, a detailní 2D i 3D mapy o zasažené oblasti. Díky těmto informacím je možné soustředit záchranné jednotky tam, kde jsou vyžadovány a tím jim usnadnit práci.

Drony se mohou využít i k předvídání sesuvů půdy. Pokud jsou vybaveny přístroji k detekci změn teplot a dalšími prvky, mohou při pravidelném přelétávání nad kritickým oblastmi předvídat tyto katastrofy [21], [22].

2.5 Sopečná činnost

Sopečná činnost je projevením vnitřní energie planety. Představuje velké riziko, neboť mnoho sopek se probouzí náhle a právě díky nepřipravenosti a podcenění mohou být následky katastrofické [24].

2.5.1 Vznik a klasifikace

Velmi obecně je za sopku považována vyvýšenina na zemském povrchu tvořená sopečným materiálem, v rámci které dochází k výstupu magmatu na zemský povrch [24].

Základními prvky sopky jsou kráter, což je místo erupční činnosti, sopouch, který představuje přírodní cestu hlavního kráteru a sopeční uzel. Pod povrchem je sopka obvykle spojena s magmatickým krbem, který představuje zdroj energie pro sopku, obvykle se nachází v hloubce 30 až 100km.

Sopečná činnost, neboli vulkanismus se projevuje stoupáním teplejšího magmatu ze svrchních částí planetárních obalů a jeho průnikem až na povrch, kde se ve formě lávy dále šíří.

Sopečnou činnost nelze přímo klasifikovat, neexistuje, jako např. u zemětřesení, žádná univerzální škála, která by hodnotila rozsah procesů podle velikosti, množství uvolněné energie nebo podle rozsahu škod. Existují ovšem sopky různého charakteru, díky kterým je možné různé druhy sopečné činnosti začlenit [24].

Tabulka 3: Klasifikace sopečné činnosti [24]

Typ	Popis
<i>Havaj</i>	Tekutá láva vytéká klidně puklinami; vznikají mocné pokryvy lávou
<i>Stromboli</i>	stratovulkány, vzniklé postupným vrstvením tefry, láva je vyvrhována plynnými explozemi jako struska, krátkodobé lávové výlevy; střídá se období silnější a slabší činnosti
<i>Vulcan</i>	stratovulkán s centrálním kráterem; viskózní láva ucpává přívody, tlak plynů po čase proráží jícen, nastává výbuch a vývrh tefry, po explozi klidně vytéká láva
<i>Vesuv</i>	z hluboko uloženého magmatického krbu se na povrch dostává láva bohatá na plyny, silnými explozemi je vyvrhována do atmosféry (několik km) a dopadá zpět jako popel, aktivita je epizodická, dlouhá období klidu
<i>Mt. Pelée</i>	velmi viskózní láva ucpává přívod a vytváří vulkanický dóm; tvoří se žhavá mračna

2.5.2 Rizikové oblasti

Nejvíce činných sopek je vázáno na okraj tichomořské desky a desky Nasca. Celkem se jedná o 500 sopek, z nichž u 50 dochází k erupcím.

V České republice je možné se setkat pouze s projevy posopečné aktivity, jako jsou minerální a termální prameny a bahenní sopky.

K předpovídání erupcí se používají především statistiky erupcí dané sopky a jejich účinků [24].

2.5.3 Velké katastrofy

Největším projevem vulkanismu byla exploze na ostrově Santorini, odehrála se 1470 př. n. l. Celé území tehdy bylo pokryto sopečným prachem o vrstvě 60m a byla zničena veškerá antická kultura na ostrově. Tato katastrofa bývá často námětem vzniku o zmizení bájně Atlantidy.

Roku 79 n. l. v Neapolském zálivu v Itálii byla zaznamenána erupce sopky Vesuv. Tzv. tefra, což je obecné označení pro sopečný prach, pohřbila celé přilehlé město a zapříčinila tak konec jeho existence.

Významnou událostí 20. století je ta, co se odehrála roku 1991 na ostrově Luzon na Filipínách. Tehdy bylo zničeno 75 000 domů a postiženo 2,1 mil. obyvatel, erupce sopky také znatelně poškodila ozonovou vrstvu. Ztráty na životech díky přesné předpovědi se čítají na 300 [29].



Obrázek 17: Činná sopka [29]

2.5.4 Možnost využití dronů při vulkanické činnosti

I přes vysílání dronů do velkých výšek nad sopku, je velmi obtížné je studovat. Je to proto, že sopky, kromě vyzařování obrovského množství tepla, chrlí popel a nebezpečné chemikálie, které mohou poničit motory dronů a většinou se tak nepočítá s jejich návratem. Právě kvůli sazím a chemickým plynům, které sopka chrlí, je nebezpečné vysílat letadla nebo vrtulníky s posádkou nad tyto přírodní živly.

Drony se při těchto přírodních pohromách používají k monitorování sopečné aktivity a k mapování proudu lávy [22].

2.6 Tsunami

Tsunami jsou dlouhé vlny katastrofického rázu, vznikající hlavně tektonickými pohyby na dně moří [30].

Většina katastrof vzniká díky velkým podmořským zemětřesením. Vlny tsunami představují globální nebezpečí i přes vývoj předpovědních systémů, protože v mnoha

případech vlna tsunami může vzniknout nedaleko přímořských oblastí, a tedy často bývá čas na evakuaci velice krátký, někdy pouze pár minut [30].

2.6.1 Vznik

Vlna tsunami, jak již bylo řečeno, vzniká díky podmořským zemětřesením, neboli při pohybu oceánského dna. Na volném moři je obtížně detekovatelná, ovšem pokud se dostane do mělkých vod, výška vlny roste a tím ohroží přímořská území. Statistiky uvádějí, že ne vždy musí dojít ke vzniku tsunami při pohybu mořského dna pokud se jedná o slabé zemětřesení. Obecně se udává, že pokud zemětřesení dosáhne síly 7,3 RichtEROVY stupnice, vždy způsobí vlnu tsunami.

Dalším způsobem, jak může vzniknout tsunami, je sopečná činnost a podmořské svahové pohyby [30].

2.6.2 Postižené oblasti

Tsunami kromě Tichého a Indického oceánu může postihnout všechny přímořské oblasti světa. Japonsko patří mezi nejvíce postižené země světa, právě proto mají vybudovaný kvalitní systém ochrany a prevence proti této živelné pohromě [30].

2.6.3 Předpověď a ochrana

V oblasti prevence a ochrany před tsunami jsou nejvýznamnějšími systémy PTWC (Pacific Tsunami Warning Center) a DART (Program Deep-Ocean Assessment and reporting of Tsunami). PTWC byl zřízen roku 1948 a využívá v současnosti 30 seismických stanic a 70 mareografů. Systém DART byl vybudován roku 2001, který měří tlak tzv. tsunametry, které jsou umístěné na dně oceánu [31].

2.6.4 Velké katastrofy

Mezi historicky významné vlny tsunami patří z roku 1470 př. n. l., vyvolaná sopečnou činností, kterou doprovázelo zemětřesení. Tehdy byl zničen celý ostrov Santorini v Řecku.

V moderní historii se za největší živelnou pohromu považuje tsunami, která vznikla 26. prosince 2004 v Indickém Oceánu. Tato katastrofa byla způsobena zemětřesením o síle více než 9,0 RichtEROVY škály a vyžádala si přes 220 000 obětí na životech. Vlny tsunami vznikly nedaleko ostrova Sumatra a dosáhly pobřeží Indonésie do 15 minut, evakuovat obyvatelstvo tedy nebylo možné nejen kvůli absenci jakéhokoliv systému prevence

a ochrany, ale i kvůli naprosté neinformovanosti obyvatelstva, které bylo nepřípraveno na podobnou katastrofu. Největší vlna dosála až 17m.

Druhá největší katastrofa způsobená tsunami se stala v Japonsku 11. března 2011 a byla vyvolaná zemětřesením o síle 9,0 Richterovy škály. Byly způsobeny škody za 10 miliard dolarů a byla způsobena ztráta 230 000 lidských životů. Největší vlna dosáhla výšky 38,9m v prefektuře Iwata [31].



Obrázek 18: Tsunami [31]

2.6.5 Možnost využití dronů k monitorování následků tsunami

Drony se využívají k monitorování napáchaných škod po vlnách tsunami, přelétávají nad oblastí a posílají informace záchranným jednotkám k pomoci řízení jejich prací [22].

2.7 Tornáda a tropické cyklóny

Tornádo je velkou rychlostí rotující vítr, který se dotýká zemského povrchu. Silné proudění větru může srovnat se zemí domy, ničit lesní porosty a strhávat elektrické vedení vysokého napětí.

Hurikán, odborněji tropická cyklóna, je typ atmosférického jevu, který se také někdy nazývá tajfun nebo cyklón. Skládá se z prudkých dešťů a oblačné fronty doprovázené silnými větry. Tento bouřkový systém se točí ve spirále a vytváří tak oko uragánu. Rychlost větru musí dosahovat alespoň 120 kilometrů za hodinu, aby se mohlo jednat o hurikán. Často způsobují vysoké škody, ať už silným větrem, který vyvrací stromy a převrací auta nebo deštěm způsobující rozsáhlé záplavy.

Současným rizikem je, že neexistuje žádný systém předvídání a ochrany před tornády. Ke vzniku tornáda přispívá mnoho faktorů a je tedy velmi obtížné vybudovat systém předvídání, který by spolehlivě tyto atmosférické jevy předvídal [32].

2.7.1 Vznik a klasifikace

Hurikány vznikají obvykle v období jara až do podzimu, kdy jsou zvýšené teploty. Tvoří se z vlhkého teplého vzduchu, který nad mořem stoupá a tvoří za sebou oblasti velmi nízkého tlaku. Do této oblasti může přitékat další teplý a vlhký vítr a vytvoří tak spirálový systém počasí [32].

Tornáda vzniknou, jakmile se studený a prudký výškový vítr překříží s teplým přízemním větrem. Jejich střetnutí vyvolá horizontální rotaci vzduchu. V případě, že k tomuto střetu větrů dojde v bouřkovém oblaku, proudění vystupující z teplého bouřkového mraku zdvihne rotující vzduchový válec a vztyčí ho do vertikální polohy. Spojení vertikálního a otáčivého pohybu vytváří velmi široký sloup zviřeného vzduchu. Z dosud nedostatečně známých příčin se někdy uvnitř objeví vír, který se stává viditelným, jestliže je vzduch dostatečně vlhký, aby mohlo dojít ke kondenzaci. Poté se spustí dolů, až dosáhne země – čímž se vytvoří tornádo v pravém slova smyslu [32].

Síla tornáda se dělí do šesti stupňů, dle Fujitovy stupnice, F0 až F5:

- *F0 - rychlost do 119km/h, lehké škody - spadlé komíny, zlámané větve stromů, vyrvané mělce kořenicí stromy, škody na vývěsních štítech.*
- *F1 - rychlost 120 až 180 km/h, mírné škody - strhává střešní kryt, posunuje nebo otáčí prefabrikované domy a vytlačuje auta ze silnic.*
- *F2 - rychlost 180 až 250 km/h, značné škody - strhává střechy, ničí prefabrikované domy, převrací vagóny, vyvrací a láme vzrostlé stromy, z lehkých předmětů vytváří nebezpečné projektily, zdvihá automobily ze země.*
- *F3 - rychlost 250 až 330 km/h, vážné škody - ničí střechy i zdi dobře postavených domů, převrací vlaky, většina stromů v lesích je vyvrácena, těžká auta jsou zdvihána ze země a odvrhávána.*
- *F4 - rychlost 330 až 420 km/h, zničující škody - srovnává se zemí dobře postavené domy, stavby se slabými základy odnáší, auta jsou odmršťována a z těžkých předmětů se stávají poletující projektily.*

- *F5 - rychlost přesahuje 420 km/h, ohromující škody - silné konstrukce domů jsou srovnávány se zemí a odnášeny, projektily velikosti automobilu poletují vzduchem a jsou odmršťovány do vzdálenosti přesahující 100 m, stromy jsou odkorňovány, objevují se i jiné neuvěřitelné jevy [32].*

2.7.2 Rizikové oblasti

Nejčastěji zasaženými oblastmi tornád jsou Severní Amerika v Karibské oblasti, západní Pacifik, Madagaskar a východní Afrika.

Tropické cyklóny nejčastěji vznikají v okolí rovníku.

V České republice tornáda a hurikány se vyskytují zřídka, ale dokázaly napáchat i velké škody [32].

2.7.3 Velké katastrofy

Hurikán Katrina v srpnu 2005 na jihu Spojených států rychlostí větru až 280km/h způsobil obrovské škody. Zasáhl New Orleans a vytvořil škody až 100 miliard dolarů. Evakuace města nebyla povinná, a tak zůstalo v New Orleans 20 % obyvatel. Počet obětí se oficiálně udává 1 833 [32].



Obrázek 19: Hurikány [32]

2.7.4 Možnost využití dronů k monitorování tornád a hurikánů

K monitorování průběhu tornád se používají drony k měření teplot, vlhkosti a směru větru. Na rozdíl od běžných letadel a vrtulníků, mohou být vyslány do blízkosti anebo přímo do bouřkových mraků, aniž by byla ohrožena posádka. Jsou vysílány do supercelových

bouřkových mraků, ve kterých se vytváří tornáda a tak tyto drony slouží k získávání vědeckých poznatků, které by mohly pomoci k lepšímu pochopení vzniku tornád a následně k vytvoření systému prevence a ochrany [22].

2.8 Ostatní obtížně dostupné prostory

Budovy, u kterých hrozí zřícení po výbuchu plynu, vyhoření nebo zkrátka stářím, jsou pro osoby nebezpečné a nepředvídatelné. Pomocí bezpilotních létajících prostředků nebo pozemních robotů lze lokalizovat slabá místa budovy, zjistit stav střechy, lokalizovat požár, popřípadě i v rámci budovy vyhledat osoby, které potřebují pomoc. Hasiči pomocí těchto prostředků mohou lokalizovat ohniska požáru, části budovy kde je největší žár a zaměřit se na tato místa a především se jim vyhnout při nasazování vlastního života.

Asistence ze strany BZP může být využívána při průmyslových nehodách. Při leteckých katastrofách mohou být využívány k vyhledávání přeživších a mapování oblasti havárie. Dále při nehodách průmyslových, kdy je potřeba zasáhnout při chemických, biologických, radioaktivních, nukleárních nebo výbušných hrozbách. V těchto situacích není nutné vystavovat lidské životy nebezpečím. Například při nehodě v Japonsku ve Fukušimě byly využity drony k monitorování uniklého radioaktivního oblaku a vyhledání kritických poškozených míst, odkud mohlo toto nebezpečí pocházet [22].

2.8.1 Muniční sklad ve Vrběticích

Ve Vrběticích, kde v říjnu 2014 explodoval muniční sklad byla celá oblast kvůli nebezpečí výbuchu uzavřena. Byla tehdy kontrolována každá budova, kterou nejprve zkontroloval dron, zjistil zda se v okolí nenachází nevybuchlá munice, není poškozena střecha, statika budovy a také byly měřeny teploty. Teprve po zmonitorování místa byli do budov vpuštěni pyrotechnici. Celkem bylo potřeba zkontrolovat 40 budov [34].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

V následující části budou analyzovány a popsány současné bezpilotní létající monitorovací prostředky, které se využívají při mimořádných událostech.

3.1 Analýza současného stavu v České republice

V současnosti v České republice je snaha ze strany policie o objednávku několika dronů pro monitorování povodní, jakožto reakce na povodně z roku 2013. Díky dronům by byl zásah v postižených místech efektivnější a bezpečnější. Tato zakázka za 9,2 milionu byla zamítnuta z důvodu nepřipravené legislativy pro provoz u policie a pro nasazení při mimořádných událostech.

Policie České republiky má ve svém inventáři multikoptéru z produkce Vojenského technického ústavu (VTÚ) s názvem BRUS (akronym pro Bepilotní rotorový univerzální systém), která byla poprvé nasazena ve Vrběticích po explozi muničního skladu. V současnosti Policie ČR nedisponuje žádnými bezpilotními létajícími prostředky, které by byly přímo určené k zásahu při živelných pohromách. Při povodních z roku 2013, které zasáhly zejména Čechy, byly využity drony k monitorování záplav společností GEODIS. Konkrétně byla použita bezpilotní kvadroptéra opatřená digitální kamerou. Díky tomu byly získány obrazové materiály postižené oblasti, které umožnily efektivnější nasazení záchranných jednotek.



Obrázek 20: BRUS [35]

BRUS je multikoptéra se šesti motory, z nichž každý má příkon 400W, je určený k pracím a k humanitárním účelům, je osazen kamerou s denním i nočním režimem, je možné jej osadit i dalšími zařízeními, např. laserovým dálkoměrem nebo detektory na měření

chemických a radioaktivních látek. Konstruován je z uhlíkových vláken. Hmotnost bez zařízení činí 4,5kg, vzletová hmotnost 7kg [34], [35].

Tabulka 4: Technické údaje dronu BRUS [35]

Rozpětí	120cm
Hmotnost	4,5kg
Výdrž	40min
Pohon	6x elektrický motor
Cena	-
Klady	univerzalita
Zápory	výdrž

3.2 Analýza současného stavu v zahraničí

Největším průkopníkem v nasazování dronů na světě je letectvo Spojených států amerických. Jejich drony Predator, Reaper a Global Hawk jsou nasazovány zejména na blízkém východě při boji s terorismem. Ale na samotném území Spojených států, stejně jako v České republice, je nedostatečně vyřešena legislativa stanovující podmínky používání bezpilotních létajících prostředků, a to je velkým problémem při nasazování dronů při mimořádných událostech ve Spojených státech.

Ve Velké Británii se pro létání s drony vztahuje podobná legislativa jako u nás. Vládní agentury a policie drony používají čím dál více. Nejvíce je využívána kvadrokoptéra Qube od společnosti AeroVironment. Slouží především k udržování veřejného pořádku, k hledání podezřelých a ztracených osob, k nasazení při živelných pohromách a k podpoře hasičských jednotek.

Qube je dron malých rozměrů, je schopný přenášet video v reálném čase operátorovi díky duální kameře s vysokým rozlišením a termální kameře. Jeho výdrž s kamerou a dalším zařízením pro monitoring činí 40 minut. Qube je vybaven se zařízením pro dálkové ovládání s dotykovou obrazovkou, díky které jsou nároky na obsluhu minimální. Dotyková obrazovka umožňuje tomuto dronu zadat místo kam má letět, jeho rychlost, výšku a zkrátka všechny důležité aspekty pro přesné ovládání tohoto bezpilotního létajícího prostředku [36].



Obrázek 21: The Qube [36]

Tabulka 5: Technické údaje The Qube [36]

Rozpětí	90cm
Hmotnost	2,5kg
Výdrž	40min
Pohon	4x elektrický motor
Cena	1 mil. Kč
Klady	Termální kamera
Zápory	Chybí odolnost proti vodě, cena

V Německu jsou užívány policií drony zejména od firmy Microdrones. V současnosti je to model MD4-1000 a v budoucnu by ho mohl doplnit nový model od této firmy zaměřený více na robustnost, nosnost a celkový výkon. Model MD4-1000 vyniká konstrukcí z uhlíkového vlákna, jeho hmotnost je tedy nízká a díky tomu má velkou výdrž. Je odolný vůči povětrnostním podmínkám, tedy déšť nebo sníh nelimituje nasazení tohoto dronu. Ovládání je možné dálkově, je možný i autonomní režim. Může být v provozu při teplotách v rozmezí -20°C až $+50^{\circ}\text{C}$

Mezi jeho doplňkové vybavení patří laserový skener, který je možné využít k naskenování terénu pod kvadrokoptérou rychle a s velkou přesností. Dalším je kamera s termovizí, která je aplikovatelná především při misiích v naprosté tmě [12].



Obrázek 22: MD4-1000 [12]

Tabulka 6: Technické údaje MD4-1000 [12]

Rozpětí	1,03m
Hmotnost	2,6kg
Výdrž	88min
Pohon	4x elektrický motor
Cena	1,6 mil Kč
Klady	Univerzalita, odolnost, výdrž
Zápory	Cena

Dalším řešením od společnosti Microdrones je model MD4-3000. Stejně jako předešlý model je konstruován z uhlíkového vlákna a jeho odolnost je taktéž na stejné úrovni. Největším rozdílem jsou použité motory. Maximální tah modelu MD4-1000 je 118N, zatímco tah modelu MD4-3000 činí až 280N. Díky silnějším elektrickým motorům je možné jej osadit těžším zařízením a operovat ve větší výšce, ovšem kvůli hmotnosti se jeho výdrž snížila na 45 minut. Doplňkové vybavení, které je možné nainstalovat na tento dron, je obdobné, jako u předchozího modelu. Cena tohoto modelu není uvedena, tento model se ještě na trhu nevyskytuje. Cena předešlého modelu MD4-1000 činí 1,6 mil. Kč, dá se předpokládat, že cena nového modelu překročí 2 mil. Kč [12].



Obrázek 23: MD4-3000 [12]

Tabulka 7: Technické údaje MD4-3000 [12]

Rozpětí	1,03m
Hmotnost	10kg
Výdrž	45min
Pohon	4x elektrický motor
Cena	Více než 2 mil. Kč
Klady	Výkon, univerzalita, odolnost
Zápory	Výdrž

V Kanadě, stejně jako ve Spojených státech se lze setkat s modely multikoptér od společnosti Draganfly, především s jejich nejvyšším modelem DraganFlyer X4-ES.

Stejně jako všechny předchozí modely, i tento je konstruován z uhlíkových vláken. Vyznačuje se kompaktností, kdy je možné rám složit a je tedy jednoduše přenositelný. Draganflyer je osazen duální kamerou určenou pro zachycování videa o vysokém rozlišení a zároveň termokamerou určenou k zachycování obrazu v naprosté tmě. Je určený k udržování veřejného pořádku [37].



Obrázek 24: Draganflyer X4-ES [37]

Tabulka 8: Technické údaje Draganflyer X4-ES [37]

Rozpětí	87cm
Hmotnost	1,6kg
Výdrž	20min
Pohon	4x elektrický motor
Cena	0,5 mil. Kč
Klady	Hmotnost, skladnost
Zápory	Výdrž

3.3 Současná situace v komerční sféře

Výše byly uvedeny multikoptéry ve vysokých cenových relacích určených zejména pro záchranné mise a udržování veřejného pořádku. Tyto multikoptéry nejsou běžně na prodej a jsou využívány zejména policií a hasiči. Ovšem v komerční sféře se vyskytují také multikoptéry, které lze za určitých podmínek použít pro podobné účely, a to s daleko nižšími cenami.

Nejpopulárnější a nejznámější značkou vyrábějící a vyvíjející tyto drony patří DJI. DJI Phantom patří mezi nejprodávanější kvadrokoptéry. Phantom je určený především pro rekreační létání, natáčení videa a fotografování. Integrovaná kamera má rozlišení 14 Mpx a je možné ji dálkově ovládat pomocí telefonu s operačním systémem Android nebo iOS, na kterém se v reálném čase zobrazuje obraz zachycený touto kamerou. Konstrukci tvoří skořepinový výlisek z plastu. Kvadrokoptéru není možné použít v dešti [11].



Obrázek 25: DJI Phantom 2 Vision+ [11]

Tabulka 9: Technické údaje dronu DJI Phantom 2 [11]

Rozpětí	29cm
Hmotnost	1,3kg
Výdrž	25min
Pohon	4x elektrický motor
Cena	27 tis. Kč
Klady	Cena, ovládání kamery, rozměry
Zápory	Chybí odolnost proti vodě

Vrcholovým modelem značky DJI je Inspire 1. Je to profesionální platforma určená pro zachycení videa a fotografií ve vysokém rozlišení a kvalitě. Je dálkově ovládán dodávaným ovladačem, ke kterému je možné přikoupit druhý ovladač pro ovládání 12Mpx kamery, která pořizuje video v rozlišení 4K se zorným polem 360° a stejně jako u Phantomu, kameru je možné ovládat i pomocí mobilního telefonu s operačním systémem Android nebo iOS [11].



Obrázek 26: DJI Inspire 1 [11]

Tabulka 10: Technické údaje kvadroptéry DJI Inspire 1 [11]

Rozpětí	45cm
Hmotnost	2,9kg
Výdrž	18min
Pohon	4x elektrický motor
Cena	90 tis. Kč
Klady	Ovládání kamery, kvalita záběrů a videa
Zápory	Výdrž, cena

Firma DJI vyrábí také tzv. oktokopty, což jsou multikopty s osmi motory. Jejich hlavní výhodou je rychlost, výkon a stabilita. Model S1000 Professional je možné jej osadit kamerou a slouží stejně jako DJI Inspire 1 k pořizování fotek a videa na vysoké úrovni [11].



Obrázek 27: DJI S1000 Professional [11]

Tabulka 11: Technické údaje DJI S1000 Professional [11]

Rozpětí	1,03m
Hmotnost	6kg
Výdrž	15min
Pohon	8x elektrický motor
Cena	130 tis. Kč
Klady	Stabilita, výkon
Zápory	Hmotnost, rozměry, výdrž

3.4 Shrnutí

Kapitola je zaměřená na multikoptéry a tvoří přehled bezpilotních létajících prostředků, které se používají k monitorování obtížně dostupných prostor. Může se zdát, že na trhu se vyskytuje velké množství různorodých multikoptér, rozdíly mezi jednotlivými modely nejsou velké.

Multikoptéry využívané policií nebo hasiči nejsou běžně na trhu dostupné, především kvůli jejich cenovým relacím, které se pohybují nad půl milionem korun. Vyznačují se především velkou odolností, mohou tedy být využívány i při nepříznivém počasí a teplotách. Jejich výdrž je taktéž nadprůměrná.

Běžně dostupné multikoptéry sloužící především k zachycení videa a fotografií mohou být také za určitých podmínek použity k zásahu při živelných pohromách a jiných

mimořádných událostech. Jejich výdrž nebývá o tolik nižší, aby byla znemožněno jejich použití, problém nastává při již zmíněném nepříznivém počasí, pro které nejsou běžně dostupné multikoptéry přizpůsobeny. Omezující je také výběr dodatečného vybavení, ve kterém schází zejména kamera s termovizí díky které by bylo možné použít multikoptéru ve tmě, ovšem je možné toto vybavení u profesionálních multikoptér objednat na zakázku. Cenový skok, mezi běžně dostupnými multikoptéry a multikoptéry pro bezpečnostní účely, je také způsoben pozemní řídicí stanicí, kterou je bezpilotní prostředek řízen. Náklady na vývoj softwaru a celkové vybavení bývají vysoké.

Největší rozdíl mezi samotnými multikoptéry je daný především jejich konstrukcí, tedy počtem použitých motorů. Kvadroptéry používají čtyři motory a použitím malého množství motorů se vyznačují nižší hmotností, tedy větší výdrží a nižší cenou, proto jsou také nejpobulárnější v komerční sféře. Nevýhodou je malý výkon, stabilita, při náročnějších povětrnostních podmínkách je tedy obtížnější let. Hexakoptéry jsou osazeny šesti motory, jsou tedy proti kvadroptérám těžší, ale zato výkonnější a je tedy možné je osadit zařízeními o větší hmotnosti. Oktokoptéry mají osm motorů, jsou velmi rychlé, mohou dosáhnout díky vysokému výkonu motorů velkých výšek, také mohou být osazeny zařízeními velkých hmotností a v neposlední řadě jsou velmi stabilní a to je předurčuje k použití při náročných povětrnostních podmínkách. Nevýhodou jsou jejich rozměry, vysoká cena daná především velkým počtem motorů a kvůli hmotnosti je výdrž baterie velmi nízká.

4 NÁVRHY

Bezpilotní létající prostředky se dostávají mezi vybavení policie a hasičů čím dál více a v blízké budoucnosti, po vyřešení legislativních aspektů je pravděpodobné, že se stanou naprosto standardním prostředkem. Drony, které v současnosti jsou využívány při živelných pohromách a jiných mimořádných událostech bývají přímo zkonstruovány k danému účelu, ale lze narazit i na vhodnější adepty k daným účelům, především v nižších cenových relacích.

4.1 Povodně

Již bylo řečeno výše, že nejčastějším typem přírodní katastrofy jsou povodně. Způsobují velké škody na majetku, ekologické škody a v některých případech i oběti na lidských životech. Tento jev je způsoben rozlitím velkého množství vody mimo koryta vodních toků, nebo protržením přehradní hráze [23].

Drony se při těchto situacích nasazují zejména pro zmapování oblasti. Tyto mapy poté slouží k vytvoření přehledu o způsobených škodách, k vymezení zasažené oblasti a v budoucnu k tvorbě protipovodňových opatření. Díky monitorování v reálném čase, které drony mohou během povodní poskytovat, je usnadněna práce záchranných jednotek, mohou tedy svou snahu soustředit tam, kde je potřeba. Je usnadněno vyhledání osob čekajících na záchranu. Použitím dronů se eliminuje riziko havárie v případě použití pilotovaného letadla nebo vrtulníku, kdy při počasí, které znesnadňuje použití těchto prostředků k zásahu a také jsou značně sníženy náklady [36].

4.1.1 Požadavky na dron

Při zásahu při povodních je nutné, aby dron byl osazen monitorovacím zařízením, které bude v reálném čase zasílat operátorovi obraz. Povodněmi bývá často zasažena velká oblast, je tedy důležité, aby operátor mohl ovládat dron na dálku prostřednictvím přenášeného obrazu. Výhodou, ale ne nutností, je odolnost proti větru a dešti, který obvykle při povodních panuje.

4.1.2 Návrh s nízkým rozpočtem

Prostředek, který splňuje nejdůležitější požadavky uvedené výše, je prostředek od společnosti Walkera. Jeho největší výhodou je především vysoká doba výdrže, která může dosáhnout až šedesáti minut. Umožňuje monitorování v reálném čase v základní sestavě

dodávaným zařízením k řízení až do vzdálenosti dvou kilometrů. Nutné je dokoupení kamery Gopro, pro kterou je konstrukce přizpůsobena. Tato kvadrokoptéra o čtyřech motorech má konstrukci vyrobenou z uhlíkového vlákna, je tedy lehká a odolná, měla by tedy vydržet i případný pád. Doporučenou kamerou je GoPro HERO4 s rozlišením 1080p s 60 snímků za sekundu [38].



Obrázek 28: Walkera QR X800 [38]

Tabulka 12: Technické údaje Walkera QR X800 [38]

Rozpětí	1,2m
Hmotnost	3,9kg
Výdrž	60min
Pohon	4x elektrický motor
Cena	70 tis. Kč
Klady	Výdrž
Zápory	-

4.1.3 Návrh s vysokým rozpočtem

Prostředkem, který umožňuje monitorování bez kompromisů je SkyRanger vyrobený a vyvinutý společností Ayreon. Je to profesionální kvadrokoptéra určená k okamžitému získávání informací při nasazení v případě mimořádných událostí. Největší předností této sestavy je vysoce kvalitní kamera schopná nahrávat video v rozlišení 1080p a přenášet ho v reálném čase operátorovi. Další vlastností kamery je schopnost termovize, která se osvědčí především při nočním monitorování. Ovládání umožňuje pouze dotykem zadat cílové místo, kam má dron letět, nároky na obsluhu jsou tedy minimální. Mezi přednosti

patří odolnost proti dešti a větru, který může dosáhnout až 90km/h bez ovlivnění letových vlastností. Dosah činí až 3km, je možné nainstalovat vybavení, které umožní řízení až na vzdálenost 5km [39].



Obrázek 29: SkyRanger [39]

Tabulka 13: Technické údaje Skyranger [39]

Rozpětí	1,02m
Hmotnost	2,4kg
Výdrž	50min
Pohon	4x elektrický motor
Cena	2,6 mil. Kč
Klady	Univerzalita, dosah, odolnost
Zápory	Cena

4.2 Lesní požáry

Lesní požáry jsou živlem, který tvoří vysoké riziko nebezpečí zejména v oblastech, kde panují sucha. Během požáru bývají využívány snímky ze satelitů, které ovšem bývají den až dva staré. Informace z takto starých snímků bývají málokdy využitelné.

Drony na rozdíl od pilotovaných letadel a vrtulníků nemohou v noci létat nad oblastí a sloužit k předávání informací. Bezpilotní prostředky mohou sloužit mimo jiné také k monitorování situace z hlediska větru, tedy směru vývoje požáru a zabránit tak, aby se požár dostal do obydlených oblastí [17].

4.2.1 Požadavky na dron

Podobně jako v případě povodní, je nutné aby zasahující prostředek byl vybaven monitorovacím zařízením, které bude umožňovat dálkové řízení a monitoring oblasti v reálném čase. Kladen je důraz především na možnost operovat ve větších výškách z důvodů vysokých teplot, které obvykle nastávají při lesních požárech. Není tedy vhodné, aby dron byl sestaven z materiálů, které nemají odolnost proti teplotám, tedy konstrukce z plastu nepřipadá v úvahu. Výhodou je termální kamera, která umožní lokalizovat osoby, které by se v zasažených oblastech mohly vyskytovat, tato kamera citlivá na teploty může také sloužit pro vyhledání nejvyšších teplot, které panují při tomto živlu, usnadnit tedy zásah a soustředit tedy síly zasahujících jednotek na oblasti s nejvyššími teplotami, které bývají zdrojem největšího nebezpečí. Tato kamera může také sloužit pro preventivní účely, kdy při největším riziku požáru, při dlouhodobém suchém počasí, je možné využít drony k monitorování lesů a zneškodnění požáru ihned v jeho počátcích.

4.2.2 Návrh s nízkými rozpočtem

Neexistuje mnoho multikoptér, které mohou nabídnout téměř stejné služby jako současně používané, a to s daleko menším rozpočtem. Výše uvedené požadavky, tedy dlouhá výdrž, poskytování obrazu v reálném čase, ale především termální kamera, která v komerční sféře nebývá obvyklá z důvodu vysoké ceny, je obtížné splnit.

Řešením je hexakoptéra XM Series od novozélandské společnosti Aeronavics. Díky konstrukci tvořené ze šesti ramen má dron dostatečnou stabilitu a spolehlivost. V případě selhání jednoho z motorů zbylých pět ho dokáže nahradit a navrátit k operátorovi, nehrozí tedy ztráta celého dronu. Použitím šesti motorů je multikoptéra dostatečně stabilní a umožňuje zachytit dostatečně kvalitní obraz při nepříznivých povětrnostních podmínkách. Provedení ochrany elektroniky umožňuje nasazení i při lehkém dešti.

Ke konstrukci je vhodné připevnit různé vybavení. K monitorování živelné pohromy je nutné osadit dron kamerou, která bude v reálném čase odesílat obraz operátorovi. Překvapením je, že u výrobce je možné objednat také termovizní kameru. Cena této kamery začíná na 80 tis. Kč. Nevýhodou tohoto dronu je nízká doba výdrže způsobená vysokou hmotností a spotřebou šesti elektrických motorů [40].



Obrázek 30: Hexakoptéra XM-6 [40]

Tabulka 14: Technické údaje XM-6 [40]

Rozpětí	0,77m
Hmotnost	4kg
Výdrž	30min
Pohon	6x elektrický motor
Cena	100 tis. Kč
Klady	Odolnost, výkon
Zápory	Výdrž

4.2.3 Návrh s vysokým rozpočtem

Pro monitorování lesních požárů je vhodným prostředkem Phoenix 60LE. Tento model vyniká mezi hexakoptéry především vysokou dobou výdrže v poměru s jeho hmotností, která činí až 18kg. Je určena hlavně k rychlému nasazení do obtížně dostupných prostor, kde se využije jeho duální kamera schopná rozpoznávat teploty. Tato termální kamera se využije především ke vyhledání osob v zasažené oblasti, také k usnadnění boje s požárem soustředíc se na oblasti s nejvyšší teplotou. Je schopná vystoupat až do výšky 3km, ze které umožňuje vytvořit přehled nad situací [41].



Obrázek 31: Phoenix 60LE [41]

Tabulka 15: Technické údaje Phoenix 60LE [41]

Rozpětí	1m
Hmotnost	18kg
Výdrž	50min
Pohon	6x elektrický motor
Cena	600 tis. Kč
Klady	Termovizní kamera, cena
Zápory	Hmotnost

4.3 Shrnutí

Drony, které se v současnosti používají k monitorování obtížně dostupných prostor při mimořádných situacích splňují nutné požadavky, které jsou dány charakterem jejich použití. Výše uvedené návrhy slouží k porovnání daných parametrů a vytvoření přehledu současných monitorovacích prostředků, které jsou k dispozici. Všechny současné drony mají podobné vlastnosti a tím pádem se stává výběr toho nejlepšího poněkud subjektivním.

Návrh poukázal na to, že i levnější a snadněji dostupné drony mohou být použity k monitorování obtížně dostupných prostor. Samozřejmě jejich vlastnosti vždy nedosahují nejvyšší úrovně, ale za určitých podmínek mohou být velmi dobrou alternativou. Zejména odolnost proti vodě je standardem až u zmíněných dražších dronů. Mimo to je jejich základní výbava větší, často je integrována termální kamera, systém pro mapování terénu,

a pozemní řídicí a vyhodnocovací stanice. O tato zařízení je možné i levnější drony, ale mohou vznikat problémy s kompatibilitou a samozřejmě vzrůstá i pořizovací cena.

ZÁVĚR

Využívání bezpilotních prostředků při monitorování obtížně dostupných prostor je v dnešní době již velmi časté a lze očekávat další zvyšování počtu nasazení dronů v těchto situacích. Území zasažené sesuvem půdy, zemětřesením, povodní nebo požárem je pro člověka nebezpečné a právě díky nasazení dronů je možné toto nebezpečí značně eliminovat. Není tedy například nutné při hledání přeživších vysílat početné týmy záchranářů, místo toho tuto práci může vykonat pro tyto účely vybavený bezpilotní prostředek. Ten zároveň zmapuje okolní prostředí, díky čemuž je možné najít optimální a bezpečnou cestu k cíli.

Bezpilotní létající prostředky umožňují udržovat kontinuální přehled nad situací i za podmínek, které nedovolí vzlétnout pilotovaným letadlům a helikoptérám. Jejich další výhodou je mimo jiné velmi velká škála možných vlastností, v závislosti na použitých komponentech. Dalo by se říci, že ke standardnímu vybavení patří kamera, mezi specializovanější výbavu patří zařízení pro mapování terénu, kamera s termovizí nebo zařízení pro sběr vzorků z ovzduší.

Bezpečnostní složky různých zemí světa využívají drony právě pro jejich všestrannost. Vzhledem k množství výrobců není překvapením, že různé země využívají odlišné bezpilotní prostředky. I když je jejich účel vždy velmi podobný, liší se konstrukcí, využitými materiály, váhou, pohonem a výdrží a samozřejmě také cenou. Pro všechny je potom společná vysoká odolnost. Zmíněné charakteristiky také odlišují drony používané bezpečnostními složkami od těch běžně dostupných, které nedosahují takových kvalit a jsou výrazně levnější.

Největší rozdíly mezi vlastnostmi multikoptér je způsoben odlišnou konstrukcí, respektive počtem motorů. Drony s nižším počtem motorů, nejčastěji se čtyřmi, jsou výrazně lehčí, díky tomu mají vyšší výdrž. Jejich nevýhodou je špatná stabilita ve větru, která má vliv na ztížené ovládání. Tento problém odpadá u osmi motorových dronů, jejichž stabilita je velmi dobrá, navíc jsou rychlejší, dostanou se do větších výšek a mohou nést těžší zařízení. Na druhou stranu vysoká hmotnost způsobuje rapidní snížení výdrže a samozřejmě s počtem použitých motorů roste také cena.

Jak již bylo zmíněno, většina států vlastní jiné druhy dronů. Co je však pro velkou část z nich, zahrnující i Českou republiku, společné je špatná legislativa upravující používání bezpilotních létajících prostředků. Z tohoto důvodu nebyla například schválena zakázka pro Policii ČR, která chtěla získat drony v reakci na povodně v roce 2013. V současné

době Policie ČR disponuje jedinou multikoptérou, využívanou při monitorování situace po explozi muničního skladu ve Vrbětčích. Použití tohoto i ostatních dronů je však upraveno pouze zastaralým zákonem, který nekoresponduje se současnou situací a neupravuje využívání dronů při mimořádných událostech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BÜCHI, Roland. *Fascination quadrocopter*. 1., neue Ausg. Norderstedt: Books on Demand, 2011. ISBN 9783842367319.
- [2] DARACK, Ed. *A Brief History of Unmanned Aircraft: From bomb-bearing balloons to the Global Hawk* [online]. 2011 [cit. 2015-04-16]. Dostupné také z: <http://www.airspacemag.com/photos/a-brief-history-of-unmanned-aircraft-174072843/?no-ist>
- [3] TETRAULT, Cam. *A Short History of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)* [online]. [cit. 2015-04-16]. Dostupné také z: <http://www.draganfly.com/news/2009/03/04/a-short-history-of-unmanned-aerial-vehicles-uavs/>
- [4] BULUT, Hüseyin H. *Erster Marschflugkörper der Welt aus Bettenhausen: Fisler VI* [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://www.erinnerungen-im-netz.de/aw/Testseiten/~yq/Erster_Marschflugkoerper_der_Welt_aus_Bettenhausen/
- [5] *NASA: Helios* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.nasa.gov/centers/dryden/news/ResearchUpdate/Helios/>
- [6] KEANE, John F. a Stephen S. CARR. *A Brief History of Early Unmanned Aircraft*. 2013. Dostupné také z: http://www.jhuapl.edu/techdigest/TD/td3203/32_03-Keane.pdf
- [7] SPRINGER, Paul J. *Military robots and drones: a reference handbook*. Santa Barbara, Calif.: ABC-CLIO, 2013, xii, 297 p. ISBN 978-159-8847-338.
- [8] *U.S. Airforce* [online]. 2014 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.af.mil/Home.aspx>
- [9] UAV Types. *The UAV: Unmanned Aerial Vehicle* [online]. Dostupné z : <http://www.theuav.com/>
- [10] EISENBEISS, Henri. *The Potential od Unmanned Aerial Vehicles for Mapping*. 2011. Dostupné z: <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo11/140Eisenbeiss.pdf>
- [11] DJI. *The World Leader in Quadcopters for Aerial Photography* [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.dji.com/>

- [12] UAV: drone solutions for mapping, aerial inspection, unmanned cargo. *Microdrones* [online]. 2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.microdrones.com/en/home/>
- [13] UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS [online]. [s.l.] : [s.n.], 2008 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: .
- [14] HOFFER, Nathan V., Calvin COOPMANS, Austin M. JENSEN a YangQuan CHEN. *A Survey and Categorization of Small Low-Cost Unmanned Aerial Vehicle System Identification*. 2014.
- [15] *SECURITY Magazín*. 2015. ISSN 1210-8723.
- [16] BRYANT, Edward. 2005. *Natural hazards*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, ISBN 05-215-3743-6.
- [17] SMITH, Keith. 2002. *Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster*. New York: Routledge. ISBN 04-152-2464-0.
- [18] Moravskoslezský kraj: Hasičský záchranný sbor České republiky. *Hasiči radí: Lesní požáry* [online]. [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/pozarni-prevence-hasici-radi-lesni-pozary.aspx>
- [19] *Bushcraft.cz: Vše o životě v přírodě* [online]. [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: <http://bushcraft.cz/>
- [20] Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně a související předpisy (zákon o požární ochraně). In: Sbíрка zákonů: 1. 7. 1986.
- [21] *Státní ozbrojené a bezpečnostní složky* [online]. PAŠKOVÁ, Miroslava. 2015 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: <http://www.ozbrojeneslozky.cz/clanek/potencial-vyuziti-dronu-v-armade-ceske-republiky>
- [22] Tech 4 Relief. *Exploring the Use of Drones in Emergency Response* [online]. 2013 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.tech4relief.com/2013/10/09/exploring-the-use-of-drones-in-emergency-response/>
- [23] *Český hydrometeorologický institut* [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: www.chmi.cz
- [24] BRÁZDIL, R.: *Úvod do studia planety Země*. 1. vyd. SPN, Praha, 1988.
- [25] BUREŠ, Jiří. *Richterova stupnice* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/richterova-stupnice.htm#nejvetsi>

- [26] *Largest and Deadliest Earthquakes by Year 1990 - 2005* [on-line]. US Geological Survey. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/regional/world/byyear.php>
- [27] *United States Geological Survey: Earthquake Hazards Program* [online]. 2015 [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/>
- [28] SUMMERFIELD, M. A.: *Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms*. Pearson Prentice Hall, Harlow, 1991. ISBN 0582301564
- [29] *Icanic Hazards: Gases* [on-line]. US Geological Survey. 2006 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://volcanoes.usgs.gov/Hazards/What/VolGas/volgas.html>
- [30] KUKAL, Z.: *Přírodní katastrofy*. 2. vyd. Horizont, Brno, 1983.
- [31] *National Tsunami Warning Center* [online]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://wcatwc.arh.noaa.gov/>
- [32] *Meteocentrum: Encyklopedie* [online]. 2015 [cit. 2015-05-22].
- [33] *National Aeronautics and Space Administration* [online]. DUNBAR, Brian. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.nasa.gov/>
- [34] *Ministerstvo obrany České republiky* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.mocr.army.cz/>
- [35] Vojenský technický ústav. *Bezpilotní rotorový univerzální systém: (BRUS)* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.vtusp.cz/a/bezpilotni-rotorovy-univerzalni-system-brus>
- [36] *Quadcopter Academy* [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://www.quadcopteracademy.com/>
- [37] *Draganfly. Innovative UAV Aircraft Aerial Video Systems* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.draganfly.com/>
- [38] *Walkera* [online]. 2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.walkera.com/en/>
- [39] Ayreon: Labs inc. *Ayreon: SkyRanger* [online]. 2015 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://aeryon.com/aeryon-skyranger>
- [40] XM-6 Series. *Aeronavics: Droidworx* [online]. 2015 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://aeronavics.com/>

- [41] Phoenix. *UAV Solutions* [online]. 2015 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://uav-solutions.com/phoenix60/>
- [42] VISINGR, L. *Bezpilotní vzdušné prostředky*. 2006, Dostupné z: lvisingr.czweb.org/stazeni/atm/uav.rtf
- [43] *The Evolution and Application of Mini UAV System* [online]. 2009 Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/27686341/The-Evolution-andApplication-of-UAVER-Mini-UAS>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

UAV Unmanned Aerial Vehicles

RPA Remotely Piloted Aircraft

BZP Bezpilotní prostředek

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Patent na Perleyho shazování bomb [2].....	12
Obrázek 2: Kettering Bug [3].....	12
Obrázek 3: Fieseler Fi 103 V-1 [4].....	13
Obrázek 4: Balon FuGo [3].....	14
Obrázek 5: Ryan Firebee osazený na DC-130 Hercules [3].....	14
Obrázek 6: Scout [3].....	15
Obrázek 7: NASA Helios HP-03 [5].....	16
Obrázek 8: MQ-1 Predator [8].....	16
Obrázek 9: RQ-4 Global Hawk [8].....	17
Obrázek 10: MQ-9 Reaper [8].....	18
Obrázek 11: DJI Phantom 2 Vision+ [11].....	18
Obrázek 12: MD4-1000 [12].....	19
Obrázek 13: Lesní požár [19].....	23
Obrázek 14: Povodeň [23].....	27
Obrázek 15: Zemětřesení v Nepálu [27].....	29
Obrázek 16: Příklad sesuvu půdy [27].....	31
Obrázek 17: Činná sopka [29].....	34
Obrázek 18: Tsunami [31].....	36
Obrázek 19: Hurikány [32].....	38
Obrázek 20: BRUS [35].....	41
Obrázek 21: The Qube [36].....	43
Obrázek 22: MD4-1000 [12].....	44
Obrázek 23: MD4-3000 [12].....	45
Obrázek 24: Draganflyer X4-ES [37].....	46
Obrázek 25: DJI Phantom 2 Vision+ [11].....	47

Obrázek 26: DJI Inspire 1 [11].....	48
Obrázek 27: DJI S1000 Professional [11].....	49
Obrázek 28: Walkera QR X800 [38].....	52
Obrázek 29: SkyRanger [39].....	53
Obrázek 30: Hexakoptéra XM-6 [40].....	55
Obrázek 31: Phoenix 60LE [41].....	56

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Richterova stupnice [25].....	28
Tabulka 2: Faktory podmiňující stabilitu svahu [28].....	30
Tabulka 3: Klasifikace sopečné činnosti [24].....	33
Tabulka 4: Technické údaje dronu BRUS [35].....	42
Tabulka 5: Technické údaje The Qube [36].....	43
Tabulka 6: Technické údaje MD4-1000 [12].....	44
Tabulka 7: Technické údaje MD4-3000 [12].....	45
Tabulka 8: Technické údaje Draganflyer X4-ES [37].....	46
Tabulka 9: Technické údaje dronu DJI Phantom 2 [11].....	47
Tabulka 10: Technické údaje kvadrokoptéry DJI Inspire 1 [11].....	48
Tabulka 11: Technické údaje DJI S1000 Professional [11].....	49
Tabulka 12: Technické údaje Walkera QR X800 [38].....	52
Tabulka 13: Technické údaje Skyranger [39].....	53
Tabulka 14: Technické údaje XM-6 [40].....	55
Tabulka 15: Technické údaje Phoenix 60LE [41].....	56