

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a enviromentálního  
modelování**



**Bakalářská práce**

**Možnosti využití dronů pro přípravu podkladů k tvorbě  
hydrodynamických modelů**

**Dominik Čík**

© 2017/2018 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dominik Čík

Vodní hospodářství

Název práce

**Možnosti využití dronů pro přípravu podkladů k tvorbě hydrodynamických modelů**

Název anglicky

**The possibilities of exploiting drones for preparation of substrates for creation of hydrodynamic models**

---

**Cíle práce**

Charakteristika a vznik bezpilotních letounů

Popis možností využití komerčních dronů pro přípravu podkladů k tvorbě hydrodynamických modelů

**Metodika**

- 1) Úvod
- 2) Popis komerčně využívaných dronů
- 3) Softwarové řešení modelování objektů
- 3) Diskuze a závěr

**Doporučený rozsah práce**

cca 30 stran + grafické přílohy

**Klíčová slova**

Dron, bezpilotní letoun, vícevrtulový stroj, model, Softwar

---

**Doporučené zdroje informací**

Baichtal, J. Building your own drones : a beginner's guide to drones, UAVs, and ROVs. Indianapolis : Que, 2016. 249s. ISBN: 987-0-7897-5598-8

Juračka, P., Jan. Drony – fotografování z ptáčích perspektiv : co všechno potřebujete vědět o dronech a jejich využití pro leteckou fotografii a video. Praha : Grada, 2017. 103s. ISBN: 978-80-247-5787-2

Karas, J., Tichý, T. Drony. Brno : Computer Press, 2016. 264s. ISBN: 978-80-251-4680-4

---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Radek Roub, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2018

**doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2018

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2018

---

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti využití dronů pro přípravu podkladů k tvorbě hydrodynamických modelů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 25. 4. 2018

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval především svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Radku Roubovi, Ph. D. za pomoc, vedení a odborné rady při vypracování této práce.

# Možnosti využití dronů pro přípravu podkladů k tvorbě hydrodynamických modelů

## Abstrakt:

Cílem této práce je charakteristika a popis vzniku bezpilotních letounů, konkrétně komerčně dostupných vícevrtulových strojů, zvané drony a jejich možné využití pro přípravu podkladů k tvorbě hydrodynamických modelů. Dále se tato práce zabývá softwarovým řešením hydrodynamických modelů a možnostmi sběru potřebných dat. Pro získání daných informací jsem využil kromě odborné literatury i množství diskuzních portálů, zabývající se tvorbou různých druhů vícevrtulových strojů, jejich vzájemnými odlišnostmi a v neposlední řadě cenovou dostupností.

Rozvoj vícevrtulových dronů beru za velké plus, jednak co se týče přínosu sběru dat, tak i v ekonomičnosti finančních prostředků při jejich získávání.

**Klíčová slova:** Dron, bezpilotní letoun, vícevrtulový stroj, model, software. kvadrokoptéra

# **The possibilities of exploiting drones for preparation of substrates for creation of hydrodynamic models**

## **Abstract**

The aim of this work is to characterize and describe the creation of unmanned airplanes, especially commercially available multiturn machines, called drones and their possibilities of exploiting drones for preparation of substrates for creation of hydrodynamic models. In addition, this thesis deals with the software solution of hydrodynamic models and the possibilities of collecting necessary data. To get the necessary information, I have used professional literature as well as several discussion portals dealing with the production of different types of multi-spindle machines, their differences and, last but not least, price accessibility.

I consider the development of drones to be of great benefit in terms of the benefits of data collection, as well as in the economics of financial resources for their acquisition.

**Keywords:** Drone, unmanned airplane, multi-propeller machine, model, software, quadrocopter

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Cíl práce</b> .....	<b>10</b>
<b>3 Metodika</b> .....	<b>11</b>
<b>4 Dron</b> .....	<b>11</b>
4.1 Historie .....	12
4.1.1 První světová válka .....	13
4.1.2 Druhá světová válka.....	15
4.1.3 Současnost .....	15
4.2 Tělo dronu .....	16
4.2.1 Motor .....	16
4.2.1.1 Stejnoseměrný vs střídavý.....	16
4.2.1.2 Outrunner vs inrunner.....	16
4.2.2 Vrtule .....	17
4.2.2.1 Plast .....	18
4.2.2.2 Dřevo .....	18
4.2.2.3 Uhlíkové vlákno .....	18
4.2.3 ESC .....	18
4.2.4 Letový kontrolor .....	19
4.2.5 Rám dronu.....	20
4.2.6 Camera gimbal.....	21
4.2.7 Přistávací vzpěry .....	21
4.2.8 Hlavní indikátor .....	21
4.2.9 Přijímač.....	22
4.2.10 Gyroskop.....	22
4.2.11 Akcelometr.....	22
4.3 Vícevtulová platforma .....	23
4.3.1 BiCopter.....	23
4.3.2 TriCopter.....	24
4.3.3 QuadroCopter.....	24
4.3.4 PetnaCopter.....	24
4.3.5 HexaCopter .....	25
4.3.6 Y6.....	26
4.3.7 Octocoptéra.....	27
4.4 Princip letu .....	27
4.4.1 Vertikální pohyb .....	27



4.4.2	Otáčení kolem své osy .....	28
4.4.3	Pohyb dopředu a dozadu .....	28
<b>5</b>	<b>Hydrodynamické modely .....</b>	<b>29</b>
5.1	1D model .....	29
5.2	2D model .....	30
5.3	Typy hydrologických Softwarů pro přípravu hydrodynamických modelů .....	30
5.3.1	EPA SWMM .....	30
5.3.2	HEC-HMS .....	31
5.3.3	SWAT .....	32
5.3.4	HEC-RAS .....	32
5.3.5	GRASS GIS .....	33
5.3.6	TOPMODEL .....	33
5.4	Softwarové modely používané v ČR .....	33
5.4.1	Aqualog .....	33
5.4.2	Hydrog-S .....	34
5.4.3	Mike11 .....	35
<b>6</b>	<b>Možnosti sběru dat pro DMT .....</b>	<b>35</b>
6.1	Letecké laserové skenování .....	36
6.1.1	Rozdělení dle umístění nosiče pro sběr dat .....	37
6.2	Geodetické zaměření .....	37
6.3	Fotogrammetrie .....	38
6.4	Radarové snímání .....	38
<b>7</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>42</b>

# 1 Úvod

Tématem mé bakalářské práce je možnost využití komerčních dronů pro přípravu podkladů k tvorbě hydrodynamických modelů. V dnešní době se s modelovou vizualizací můžeme setkat na každém kroku, například jako u oborů typů stavebnictví, strojírenství či zdravotnictví, u kterých modelová vizualizace zajišťuje získávání dalších potřebných informací na základě naměřených hodnot. Sběr těchto důležitých informací zjednodušil rozvoj bezpilotních letounů, které mají veliké uplatnění hlavně z hlediska časového i finančního. S rozvojem techniky jsou bezpilotní letouny, mezi které patří také vícevtulové stroje, schopny zaznamenat hned několik možných druhů dat, jako je fotografický záznam terénu, laserové snímky, údaje o teplotě, výškové a letové souřadnice atd. Tato data jsou dále za pomoci různých softwarových programů převáděna na potřebné modely.

Důvodem výběru tohoto tématu je zjištění různého druhu získávání dat pro přípravu podkladů k tvorbě hydrodynamických modelů, za pomoci komerčně dostupných dronů, jejichž rozvoj přináší stále nové možnosti.

## 2 Cíl práce

Hlavním cílem mé práce je charakteristika a popis vzniku bezpilotních letounů, jakými jsou komerční vícevtulové stroje, zvané drony. Dále se tato práce zabývá popisem možností využití komerčně dostupných dronů pro přípravu podkladů k tvorbě hydrodynamických modelů a popisem různých druhů softwarů, potřebných k jejich tvorbě.

### **3 Metodika**

Pro získání informací na dané téma jsem začal s vyhledáváním odborné literatury v Národní technické knihovny České republiky, kde bylo možné si zapůjčit k prostudování knihy s danou tematikou. Ty mi především pomohly v první části bakalářské práce zabývající se charakteristikou a vznikem bezpilotních letounů. V Národní technické knihovně jsem objevil i řadu odborných článků zabývající se mnou řešenou problematikou vícevrtulových strojů a hydrodynamickým modelováním. Pro rozšíření dostupných dat jsem využíval většinou zahraniční články, které danou problematiku také řešily. Pro pochopení vícevrtulových bezpilotních letounů jsem využil i diskuzní fóra různých typů, které přinášely cenné informace v podobě určení rozdílů kvality a manipulace mezi jednotlivými typy dronů

### **4 Dron**

Definici dronu není tak úplně snadné určit. Drony dostaly své jméno po včele medonosné (z angl. honeybee drones), která se bezmyšlenkovitě zabývá svými úkoly, protože je vzdáleně ovládána příkazy její královny. Stejně tak jako je robotické letadélko s mikrokontrolerem naprogramovaným tak, aby fungovalo jako autopilot, pracuje hodně stejným způsobem, i když pomocí moderní technologie.

Zařízení definováno jako dron spadá do dvou základních kategorií. Za prvé existují autonomní roboti, jejichž provozovatelé podle potřeby přebírají nad přístrojem aktivní kontrolu. Po zbytek času se autopiloti ujímají vedení a teoreticky umožňují jedinému operátorovi spravovat více zařízení.

Druhá kategorie zahrnuje například kvadrokoptéry a helikoptéry, které publikum nazývá drony, nehledě na to, že většina z těchto přístrojů jsou pouze rádio-řízené a ne samostatné. [1]

## 4.1 Historie

Termín dron samovolně vznikl při zrození vysoko létajících strojů za použití moderní technologie. Ve skutečnosti drony nebyly vždycky vysoce moderní zařízení. Datují se už od poloviny 19. století, kde Rakušané použili létající balony k bombardování Benátek. Ačkoli některé opravdu byly svrženy na cíl, několik balónů šlo s větrem a explodovalo na rakouských linkách. K ovládní těchto balónů nebylo žádné zařízení umožňující dálkové ovládní, místo toho byla spuštěna se specifickou trajektorií směrem k obecnému směru cílů. [2]



Obr. 1 Australské bombardování Venice 1849 [3]

Vývoj letadlové techniky odstartovali už na počátku dvacátého století bratři Orville Wright a Wilbur Wright. Nová technologie se brzy rozšířila k civilním i armádním účelům.

Bezpilotní letecké vozidlo je dnes nejčastěji používaným pojmem, který popisuje, co svět pozná pod pojmem dron. Bezpilotní letadlo může být kontrolováno vysoce moderní technologií, jako je například GPS nebo pomocí jiných satelitních komunikačních systémů. Mohou být vzdáleně ovládnány člověkem, skupinou lidí nebo počítačovým pilotním systémem. Jsou již i naprosto nezávislé, bez asistence člověka, řízeny pouze dopředu naprogramovanými instrukcemi. [4]

#### 4.1.1 První světová válka

První bezpilotní dálkově ovládaná letadla byla postavena krátce po první světové válce. Tato letadla byla ovládána pomocí rádiových signálů. Později po roce 1916 byly vyvinuty automatické letouny nazvané "Létající bomby", které byly později používány k bombardování pozemních nebo námořních jednotek jako leteckých torpéd. Ty se svým způsobem částečně podobaly dnešním raketám a byly ovládány pomocí gyroskopů. Po první světové válce byl velký zájem na výrobě a vylepšování létajících zbraní s dálkovým ovládním. Americká armáda se ujala iniciativy k dalšímu zkoumání těchto strojů.



Obr. 2 Kettering BuG – první dálkově ovládaný letoun [5]

Již v roce 1939 se pod vedením vynálezce Igora Sikorskyho zrodily první helikoptéry. Letouny, které byly těžší než vzduch, a přitom schopné kolmého startu a přistání. Jedná se stále o velmi vynalézavý přístroj, k jehož ovládání je zapotřebí zkušený pilot, který ovládá letoun naklápěním listů hlavní a ocasní vrtule, čímž dokáže manipulovat s dráhou letu (stoupání, klesání, otáčení kolem svislé osy, směr horizontálního letu). S příchodem 21. století zapříčinil rozvoj technologie dronů rozšíření i mimo vojenské účely. [6]



Obr. 3 Igor Sikorsky [7]

Zhruba v této době sestrojil také svůj vynález pro americkou armádu George de Bothezat. Stroj, který byl méně složitý než první prototyp Sikorsky, ale stejně těžký. Vozidlo o váze 1600 kg s motorem o výkonu 220 koní se zvedlo do výšky 1,80 m a zůstalo ve vzduchu po dobu jedné minuty a 42 sekund. Nicméně americké letectvo se více zajímalo o autogyros a zablokovalo finanční prostředky de Bothezatovi, který byl proto nucen vzdát se experimentů. [8]

#### **4.1.2 Druhá světová válka**

V roce 1941 se uskutečnily ve Spojených státech amerických první testy s dálkově vedenými letouny zkonstruovaných z běžných typů. To vedlo k rychlému vyzkoušení bezpilotních letounů vybavenými kamerovými snímači ovládanými piloty v doprovodných letounech. Ti byli vybaveni televizními obrazovkami, na kterých byly zobrazovány pohledy ze snímačů bezpilotních letounů.

První rozsáhlá výroba leteckých bezpilotních letadel byla provedena společností Reginald Denny, která vyrobila patnáct tisíc dronů pro americkou armádu, které měly být použity v druhé světové válce. [9]

#### **4.1.3 Současnost**

Bezpilotní létající prostředky, zvané drony, se stávají neuvěřitelně populárními na celé planetě i v naší zemi, tento trh rychle roste. Podle odhadů se již v roce 2015 pohyboval celosvětový obrat s drony kolem 130 milionů dolarů (USD) s blízkou vidinou překročení jedné miliardy během dalších pár let. Některé evropské odhady poukazují na možný dosah až 10 % celkového obratu v leteckém průmyslu do roku 2025, vyčísleno na bezmála 20 miliard eur. V současné době je vytvořeno více než 2000 různých typů dronů, vytvořených asi pěti sty výrobci, z nichž má Evropa zhruba třetinové zastoupení. Právě Evropa má velké zásluhy na rozvoji dronů, díky vývoji by podle odhadů měly vzniknout v příštích pár desetiletích stovky tisíc nových pracovních míst. Nyní nejvíce na globálním trhu dominuje Izrael spolu s USA, kteří se ovšem zaměřují převážně na vojenské účely těchto zařízení. Obrovskou konkurenceschopností dominují i ostatní mimoevropské země, především Čína, Indie a Rusko.

Drony se začínají rychle uplatňovat ve všech sférách lidské činnosti, např. při monitorování vzdušného prostoru, zabezpečení pozemků, při záchranných akcích atd. [10]

## 4.2 Tělo dronu

Menší dron neznámá jistě menší pořizovací náklady než dron větších rozměrů. U menších vícevrtulových strojů klademe menší důraz na kapacitu baterie a motory potřebné k letu. Avšak výběr vysoce kvalitního střídavého motoru vyjde dražší nežli koupě jednosměrného motoru, bez ohledu na velikost. Totéž platí i u výběru baterie.

Každý podomácku vyrobený dron se bude od ostatních lišit, většina dronů však mají něco společného. [11]

### 4.2.1 Motor

#### 4.2.1.1 Stejnosměrný vs střídavý

S těmito pojmy přijde člověk nejvíce do kontaktu při nakupování motoru. Jedná se o způsob, jakým jsou magnetické cívkami uvnitř motoru napájeny. Stejnosměrné motory používají malé kovové kartáče, které se dotýkají cívkami a jsou zabaleny kolem rotoru – části motoru, který se otáčí. U střídavého motoru jsou cívkami statické, takže není kartáč zapotřebí.

Existují různé výhody obou typů. Střídavé motory mají lepší odvod tepla, a proto mohou být konstruovány kompaktněji. Na druhou stranu není možné je jednoduše zapojit, potřebují poměrně komplikované řídicí systémy. Na rozdíl od toho mohou být starší stejnosměrné motory provozovány pouze s baterií a nepotřebují regulátor. Nevýhodou, která přichází se stejnosměrnými motory, je rychlé opotřebení kartáčů z důvodu kontaktu s akumulátorem. V dnešní době se už téměř nepoužívají. [12]

#### 4.2.1.2 Outrunner vs inrunner

Jedná se o fyzický tvar skříně motoru. U motoru typu outrunner se otáčí celý plášť motoru napojený na osu a magnety, není zde rotor v obvyklém slova smyslu. Tyto motory je možné používat pro větší vrtule, vytváření větší točivý moment s menšími otáčkami a menší provozní teplotou. Inrunner motor má naopak větší otáčky a menší vrtule. [13]



#### 4.2.2 Vrtule

Vrtule jsou čepelky, které se připevňují k dronům, otáčejí se tak, aby vytvořily tah, a vynesly dron do oblak. Na rozdíl od modelů letadel se vrtule u vícevrtulových zařízení nejčastěji vyrábějí z plastu, pro výrobu vysoce výkonných čepelí se používá karbonové vlákno. Tuhé a lehké čepelky dosahují lepších výsledků nežli těžší a flexibilnější. [14] Důležitým faktorem vrtule je její průměr, ten má vliv na výslednou hodnotu generovaného tahu. Je přímo úměrný s rychlostí otáček motoru. Čím má vrtule větší průměr, tím méně otáček je motor schopen zajistit. Stejně tak jako tomu je u rámu, jsou vrtule vyráběny z mnoha druhů materiálů. [15]



Obr. 4 Letové vrtule pro drony [16]

#### 4.2.2.1 Plast

Vzhledem k nízké ceně a přiměřené trvanlivosti je plast nejčastější volbou pro vrtule typu s více rotory, ale i plastové vrtule mají své nevýhody, nejsou příliš spolehlivé. Hlavně v případě nárazu, zvláště pokud nejsou vrtule nijak chráněny, je velmi pravděpodobné, že dojde k jejich poničení. Nemělo by být obrovským problémem poničené vrtule nahradit, kvůli nízké ceně. Většina komerčních dronů má dokonce i několik náhradních vrtulí. [17]

#### 4.2.2.2 Dřevo

Dřevěné vrtule se stále používají v různých situacích, a to díky větší pevnosti dřeva oproti plastu. Kvůli své náročnosti na manufakturní výrobu se použití dřevěných vrtulí moc nerozšířilo. [17]

#### 4.2.2.3 Uhlíkové vlákno

Uhlíkové vlákno je mnohem silnější a tužší než plast, což znamená, že je méně pravděpodobné, že se při havárii zlomí, ale oproti plastu je tento materiál mnohem dražší. Co se poměru kvality a ceny týče, plastové vrtule stále dominují nad vrtulemi z karbonového vlákna. [17]

### 4.2.3 ESC

ESC znamená elektronický regulátor otáček (z angl. Electronic Speed Controller). Jak název napovídá, jsou zde k mání různé rychlosti ovládání motorů. ESC obdrží signál z regulátoru letu a pohání motor optimální rychlostí tím, že poskytuje odpovídající úroveň elektrické energie. Kvalitní ESC zajišťují spolehlivý a plynulý letový zážitek. [18]

#### 4.2.4 Letový kontrolor

Drony mohou létat sami od sebe, ale celá pointa létání s drony je vlastně v jejich řízení. Ovládání dronů se může provádět několika způsoby. V první řadě musíme pochopit, jak funguje letový kontrolor. Jednoduše řečeno je dron vybaven přijímačem. Přijímač přijímá informace, které mu říkají, co má dělat. Tyto informace jsou odeslány prostřednictvím vysílače. Od počátku dálkově ovládané lety komunikují pomocí přijímače a vysílače s využitím rádiových frekvencí (RF)

S dálkovými ovládacími prvky se příliš nezměnilo. Co se změnilo, jsou četné komunikační metody postavené dnes na spotřebitelských dronech:

- GPS – poskytuje přesné údaje o poloze dronu. To umožňuje mnohé velmi zajímavé autopilotní funkce,
- Wi-Fi – poskytuje schopnost přenášet velké množství dat do a z dronu v rámci určité vzdálenosti,
- Bluetooth – poskytuje další možnost pro přenos informací do a z dronu pro krátkou vzdálenost,
- 900Mhz/433Mhz – umožňují komunikaci s delším dosahem při pomalejší přenosové rychlosti.

Doplňkové komunikační metody otevřely dveře k několika úžasným funkcím létání dronů. Některé drony mají dálkové ovládání s ručními vysílači a nahrazují je smartphony a stolní ovládací prvky. Ovládání letu tvoří hlavní rozdíl mezi různými typy dronů a je velmi důležitou vlastností, kterou je třeba vzít v úvahu při výběru dronu. [19]

#### 4.2.5 Rám dronu

Každá část dronu je nějakým způsobem propojena s rámem přístroje. Ten největší měrou ovlivňuje jak vzhled, tak i technické možnosti celého stroje. Především výběr vhodného materiálu může výrazným způsobem ovlivnit váhu dronu a tím zlepšit jeho letové vlastnosti. U komerčních dronů se nejčastěji setkáváme s materiály:

- Plasty – Jedná se o velmi odolný materiál, který dominuje především svojí nízkou cenou, pružností a malou vahou.
- Karbonová vlákna – Jednoznačně nejlehčí používaný materiál, je velmi pevný a kvalitní. K jeho negativním vlastnostem patří vyšší cena, křehkost a náročnost na montáž.
- Hliník – Levný a pevný materiál, ale velmi těžký. Snadno se poničí,
- Dřevo – Téměř nepoužívaný materiál. Při použití nutno dbát na kvalitu a pevnost daného dřeva. [20]



Obr 5- karbonový rám [21]

#### **4.2.6 Camera gimbal**

Za použití moderní technologie k vyloučení vnějšího pohybu může fotoaparát zůstat velmi stabilní. To umožní zachytit hladké záběry, které by jinak byly možné pouze s protizávažným stabilizátorem, jako je Steadicam nebo Glidecam.

Tradiční stabilizátory se spoléhají na protizávaží pro hladký pohyb fotoaparátu. To funguje dobře, ale také je činí citlivými na vnější síly, jako je vítr nebo setrvačnost od okamžiku, kdy se přístrojem otočí. Výsledkem je, že udržení fotoaparátu v rovnováze s obzorem je obtížné, neboť protizávaží stabilizátoru má sklon se houpat.

Ještě horší je, jakmile se začne obraz houpat, může být obtížné ho dostat pod kontrolu, což může mít za následek záběry, které vypadají, že byly natočeny na lodi na moři. Naproti tomu gimbal používá senzory a motory, které udrží fotoaparát v klidné hladině, a to i přes to, jak se drží, takže se na houpání obrazu může zapomenout. [22]

#### **4.2.7 Přistávací vzpěry**

Kvadroptéry s kamerovým systémem gimbal stejně tak jako i další různé vyčnívající prvky potřebují přistávací vzpěru s nízkými nohami, na kterých dron spočívá, když je na zemi. Na druhou stranu, drony bez gimbal zařízení často nepotřebují vzpěry a prostě přistávají s celým tělem na zemi. Při výběru vzpěry je zapotřebí brát ohledy na kvalitu a tíhu materiálu, ze kterého je vzpěra vyrobena.

#### **4.2.8 Hlavní indikátor**

Operátor kvadroptéry potřebuje vědět kde se nachází přední strana vznášejícího stroje, to nemusí být vždy hned snadné určit. Nachází se zde několik možných řešení, jakými jsou například natření vrtulí různými barvami, světelným osvětlením, pokrytím reflektivním materiálem nebo jednoduchým připnutím pestrobarevného předmětu k tělu kvadroptéry.

(u knihy str. 7) [23]

#### **4.2.9 Přijímač**

Rádiový vysílač je zařízení, které umožňuje pilotům ovládat letadlo bezdrátově. Signál / příkazy jsou potom přijímány rádiovým přijímačem, který je připojen k řídicí jednotce letu.

Rádiové přijímače mohou mít následující funkce:

- Telemetrie – odesílání dat zpět do vysílače,
- Redundantní – dva přijímače připevněné k jednomu zařízení, pokud jeden z nich ztratí spojení, druhý z nich převezme jeho roli,
- Snadno vyměnitelná anténa
- Možnost upgradu softwaru [24]

#### **4.2.10 Gyroskop**

Pro pochopení role stabilizace gyroskopů, je důležité si uvědomit, že každý dron je neustále vystavován řadě sil přicházejících z různých směrů. Tyto síly, jako je vítr, ovlivňují zatáčení dronů a jeho tah, což potenciálně způsobuje, že je dron velmi těžké ovládat.

Integrované gyroskopy mohou téměř okamžitě detekovat změny polohy dronu a kompenzovat ho takovým způsobem, že se v podstatě zdá být neovlivněn, neboť znovu nastavuje svou pozici stokrát za každou vteřinu, takže se může klidně pohybovat na svém místě. [25]

#### **4.2.11 Akcelometr**

Funkce 3D akcelometru má měřit orientaci dronu vzhledem k zemskému povrchu. Funguje tak, že snímá zrychlení gravitace pomocí stejné technologie, která je také u gyroskopu, MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems). Tyto pokročilé senzory detekují lineární pohyb. To znamená pohyb na přímce. Jedná se o tři osy ve 3D prostoru: X, Y a Z. Akcelerometry detekují a měří pohyb podél os, ale ne kolem. [26]

### 4.3 Vícevtulová platforma

Jedná se o takový druh stroje, který pro svůj pohyb ve vzdušném prostoru využívá několika rotorů, připevněných na rámech, umožňující svůj let. Dle počtu a polohy rotorů rozeznáváme několik možných typů dronů: [27]

- Bicopter
- Tricopter
- Quadrocopter
- Y4
- Pentacopter
- Hexacopter
- Y6
- Octocopter
- Y8

#### 4.3.1 BiCopter

Bicoptéra se skládá ze dvou rotorů, které mohou být ovládány SERVOS motorem. Je považována za nejlevnější verzi vícevtulových strojů, protože používá pouze dva motory, ale jedná se o nejméně stabilní platformu, kterou je těžké naladit. Díky absenci rotorů se jedná o nejméně robustní a nejslabší vícevtulový stroj, co se tahu týče. Bicoptéra je nejméně populární konfigurací pro letové fanoušky, tak zde o ní nelze najít moc dostupných informací. [28]



Obr 6. BiCopter [29]

### **4.3.2 TriCopter**

Tento druh multikoptéry obsahuje pouze tři rotory svírající úhel  $120^\circ$ . Díky absenci jednoho z motorů fungují trikoptéry jiným způsobem nežli kvadrokoptéry. Drony nemají žádné řídicí kormidlo, stejně tak jako to mají letadla, díky kterému by se určoval směr letu, svůj pohyb ovlivňuje pouze změna otáček jednotlivých vrtulí. Celý tento proces má na starosti řídicí jednotka. V důsledku absence většího množství vrtulí dominují trikoptéry větší mrštností a jsou tedy hojně požívány především k závodním účelům, stejně tak jako kvadrokoptéry, které dominují jak dostatečnou mrštností, tak i vynikající stabilitou. Další dominantní pozitivní vlastností u stavby trikoptér je nižší náročnost na pořízení potřebných součástí. Na druhou stranu je zapotřebí složitějších konstrukčních prvků, jako je například použití serva motoru pro natáčecí mechanismus třetího rotoru. Oproti vícevrtulovým stojům je absence jednoho motoru při poničení podstatná, stroj se stává neovladatelným a dochází ke zřícení. [30]

### **4.3.3 QuadroCopter**

Kvadrokoptéra je vícevrtulový stroj se čtyřmi rotory svírající úhel většinou  $90^\circ$ . S větším počtem vrtulí zraní vždy dron na mrštnosti, ale získává na stabilitě, což je klíčové při pořizování různých typů fotek a videí. Jedná se momentálně o nejrozšířenější typ komerčně dostupných dronů, a to především díky své jednoduchosti na pochopení, nenáročnosti na konstrukci, ideálnímu vyvážení vlastností jako je stabilita a mrštnost. S přidáním rotorem stoupá jak stabilita, tak i výsledný tah přístroje. Stejně tak jako u trikoptéry je absence jednoho z funkčních rotorů pro přístroj nepřekonatelnou záležitostí. [31]

### **4.3.4 PetnaCopter**

Jedná se o druh dronu poháněný pěti rotory. Stejně tak jako tomu je u Bicoptér, jedná se spíše o unikátní hojně nevyužívanou letovou platformu, o které zatím neexistuje dostatek informací pro porovnání výhod a nevýhod. Jedinou zřejmou výhodou pentakopteru je široký úhel dvou předních ramen, který umožňuje vrtulím zůstat co nejdále ze záběru kamerového systému [32]



### 4.3.5 HexaCopter

Tato vícevtulová platforma poháněná šesti rotory se velice podobá kvadrokoptěře. Každý z rotorů je symetricky rozmístěn na ramenech přístroje svírající úhel  $60^\circ$ . Jakožto nástupce kvadrokoptér dominuje šestivrtulový stroj vyšší stabilitou přístroje a větší silou v tahu, důležitou pro přenos kamer či různých druhů vybavení. Přidané množství rotorů má ovšem za následek i negativní vlastnosti v podobě větší hmotnosti, větších pořizovacích nákladů a náročnosti na sestavení. Hexacoptéry jsou první skupinou vícevtulových strojů, které při poničení jednoho z rotorů jsou schopny bezpečné manipulace pro přistání. Tato vlastnost má za následek finální úsporu financování při havárii. [33]



Obr 6- HexaCopter [34]

#### 4.3.6 Y6

Y6 je označení pro šestivrtulový stroj, který má svých šest rotorů uspořádaných ve tvaru “Y“ obdobně jako má trikoptéra, s tím rozdílem, že na každém rameni má hned dva rotory, jeden nad a jeden pod. Tento typ vícevrtulových strojů může být kompaktnější, stejně tak jako trikoptéra a mít podobnou tahovou sílu jako hexacoptéra, která ovšem díky svému uspořádání rotorů dosahuje většího zvedání až o 20%. S počtem rotorů se zachovává vlastnost hexacoptér bezpečného přistání i přes vysazení jednoho z rotorů. Nejpodstatnější nevýhody se nachází ve větší pořizovací ceně i s náklady na potřebnou opravu spolu s menším zorným polem pro záznam kamery. [35]



Obr 7 Y6 [35]

### 4.3.7 Octocoptéra

Zatím nejsložitější a nejnákladnější dron, co se počtu a uspořádání rotorů týče. Osmivrtulový stroj, který se opět velmi podobá kvadrokoptéře a hexakoptéře. Je to zdokonalená verze šestivrtulového dronu s ještě větší zdvihací schopností a svojí vysokou stabilitou. Je také spolehlivější, protože v případě selhání jednoho nebo dvou rotorů by měl být přístroj schopen bezpečně přistát. S největším počtem rotorů přichází také největší náročnost, co se energie týče, to může mít za následek nutné přidání několika akumulátorů. Shodně jako u hexakoptéry zde vznikl koncept "Y8", který stejně jako "Y6" využívá koaxiálního uspořádání rotorů v podobě kvadrokoptéry. [36]

## 4 . 4 Princip letu

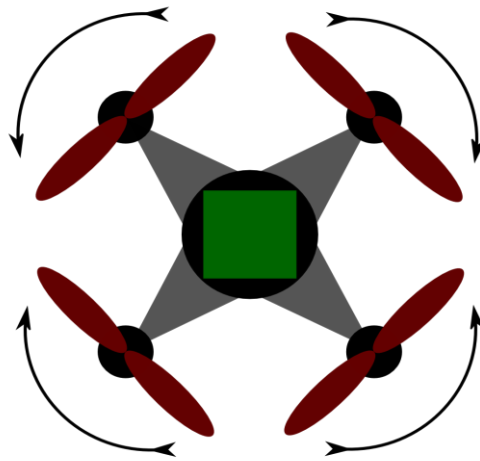
### 4.4.1 Vertikální pohyb

Drony používají rotory pro pohon a řízení. Otáčející se kotouče tlačí vzduch dolů. Samozřejmě zde platí zákon akce a reakce, což znamená, že když rotor tlačí dolů do vzduchu, vzduch se tlačí zpět na rotor. Tento jednoduchý princip nám umožňuje pohyb, který zapříčiní ovládání stroje směrem vzhůru a dolů. Čím rychleji rotory rotují, tím větší je vztlak a naopak.

Korigováním výkonu rotorů můžeme vícevrtulové stroje libovolně pohybovat ve vertikální rovině třemi způsoby. V případě žádoucího pozastavení dronu ve vzduchu se musí rovnat síla rotorů, která tlačí dron nahoru, síle gravitační. Pro posun stroje po vertikální ose směrem vzhůru stačí zvýšit tah (rychlost) rotorů tak, aby zde nebyla nenulová síla tlačící proti síle hmotnosti přístroje. Sestupný pohyb vyžaduje přesný opak: jednoduché snížení tahu rotorů (rychlosti) pod danou mez gravitačního odporu zapříčiní klesání. [37]

#### 4.4.2 Otáčení kolem své osy

O něco složitěji probíhá manipulace při nutnosti otočení stroje. U čtyřvrtulového stroje se nachází dva levotočivé a dva pravotočivé rotory, které při konstantní rychlosti otáčení rotorů udržují dron nasměrovaný stejným směrem. Pro dosažení točivého pohybu lze zpomalit jeden z rotorů, tak aby převládala síla protichůdných rotorů. Tento princip zapříčiní otáčení stroje, ale díky poklesu tahu jednoho z páru rotorů, také pohyb stroje po horizontální ose směrem dolů. Tento negativní důsledek ovlivní rovnoměrné zesílení a zeslabení protichůdných rotorů. [38]



Obr. 8. Kvadrokoptéra – schéma rotace vrtulí [38]

#### 4.4.3 Pohyb dopředu a dozadu

Rozdíl mezi pohybem dronu vpřed a vzad není žádný, stejně tak jako pro pohyb ze strany na stranu. Jedná se totiž o symetrický stroj, který má v zásadě každou stranu přední. Daný směr letu dosáhneme zvýšením rychlosti otáčení zadních rotorů a snížením rychlosti předních rotorů. Celková vztlaková síla zůstane rovna síle hmotnosti stroje, takže dron zůstane ve stejné vertikální úrovni. Také, jelikož jeden ze zadních rotorů se otáčí proti směru hodinových ručiček a druhý ve směru hodinových ručiček, zvýšené otáčení těchto rotorů bude stále produkovat nulový hybný moment. Totéž platí pro přední rotory, a tak se dron neotáčí. Nicméně větší síla v zadní části dronu znamená, že se nakloní dopředu. Nyní mírné zvýšení tahu u všech rotorů vytvoří tahovou sílu. [39]

## 5 Hydrodynamické modely

Pro modelaci hydraulických jevů se využívají hydrodynamické modely, které jsou schopny na základě abstrakce reálného prostředí a matematických rovnic popsat a znázornit proudění vody. Přesnost je určena především měřítkem a parametrizací zájmového území. Dle schematizace reálného prostředí můžeme hydraulické modely rozlišovat dle několika kritérií. Jedním z nich je dimenze modelu, kde rozlišujeme modely na:

- 1D modely- ustálené/neustálené proudění v korytech toků,
- 2D modely – použití pro povrchový odtok a odtok ve vodních korytech. Výpočet již vyžaduje detailní digitální model reliéfu (DMR),
- Kombinace (1D/2D),
- 3D – uplatňuje se pro modelování podzemního odtoku v nasycené zóně. [40]

### 5.1 1D model

Pokud jde o ekologické vodní hospodářství, měl by být přírodní vodní tok zachován co nejpřirozeněji. Zachování integrovaného vodního útvaru v jeho prostředí, včetně biologických aspektů a malebných krás, je jedním ze základních principů. To zahrnuje zachování vegetace a přirozeně deformované struktury za účelem zachování biotopu fauny a flóry. Tyto hrubé prvky způsobují složitější tokové procesy. K zobrazení těchto interakcí mezi vegetací a drsnými prvky v řekách se používají hydraulické modely. Velmi rychlou metodou výpočtu průtoku v otevřených korytech je metoda jednorozměrná. Tato metoda redukuje vícerozměrné, přirozené procesy na jednorozměrné, přijetím konstantní rychlosti pohybu vody podél průtokové cesty.

Pokud se pohyb vodního útvaru zmenší na jednorozměrný problém, budou všechny vypočtené výsledky průměrnými hodnotami. To znamená, že parametr je zprůměrován na hloubku vody a průřez. Zaznamenává se pouze změna uvažovaných parametrů, například rychlosti vodního útvaru. Tento 1D model je také použitelný pro kanály a náporové vodní toky. [41]

## 5.2 2D model

Dvojměrné stálé a nejisté simulace povodní a přílivu popisují prostorový pohyb vodních útvarů spolu s jejich průtokem v pobřežních vodách, ústí řek, řekách a záplavových oblastech. Tyto domény obvykle zvyšují toky vzorků, které jsou v podstatě 3D. Pokud lze předpokládat logaritmickou distribuci rychlosti, 2D hloubkové integrované modely jsou obyčejným zjednodušením komplexního modelu toku. Umožňují efektivní výpočty a rychlejší zpětnou vazbu na technické otázky. Obvykle tyto domény nemohou být reprezentovány pomocí 1D síťového modelu bez dramatické ztráty informací a přesnosti. 2D modely jsou typickou volbou pro modelování komplexních prostorových rozdělení hladiny. Typické aplikace proto zahrnují modelování povodňového rozsahu, úvahy v okolí strukturálních zásahů, překrytí hráze nebo určení rizika způsobeného záplavami v městských a průmyslových oblastech poblíž řek. Označující složité interakce různých vodních toků, 2D modely jsou často spojeny s 1D modely. Příklady těchto propojených modelů mohou sloužit k simulaci složitého nadzemního toku společně se současným zvážením potrubních městských toků. [42]

## 5.3 Typy hydrologických Softwarů pro přípravu hydrodynamických modelů

### 5.3.1 EPA SWMM

Model pro řízení vod SWMM (Storm Water Management) je používán po celém světě pro plánování, analýzu a návrh související s odtokem dešťových vod a různých druhů kanalizačních systémů v městských oblastech. V mimoměstských oblastech existuje mnoho aplikací na drenážní systémy.

SWMM je dynamický hydrologicky-hydraulický simulační model kvality vody. Používá se pro jednorázovou nebo dlouhodobou (nepřetržitou) simulaci množství a kvality odtoku především z městských oblastí. Součástí odtoku pracuje na sběru podpovrchových oblastí, které dostávají srážky a vytvářejí odtoky a zatížení znečišťujících látek. Směrová část přenáší tento odtok přes systém trubek, kanálů, zařízení pro skladování / úpravu, čerpadla a regulátory.

SWMM sleduje množství a kvalitu odtoku v každém dílčím povodí. Sleduje tok průtoku, hloubku průtoku a kvalitu vody v každé trubce a kanálu během simulačního období, které se skládá z několika časových kroků. SAC-SMA

SAC-SMA je kontinuální model účtování vlhkosti půdy s prostorově soustředěnými parametry, které simulují odtok v nádrži. Model rozděluje nádrž na dolní a horní zóny v různých hloubkách a definuje rozložení vlhkosti, tzn. napěťové vodní komponenty (poháněné evapotranspirací a difúzí) a volné vodní komponenty (poháněné gravitačními silami) v každé z těchto dvou zón pomocí řady parametrů. Model využívá srážkových a teplotních proměnných spolu s parametry o stavu půdní vlhkosti a relativní propustnosti povodí pro odhad množství vody, která vstupuje, je uložena v nádrži a opouští ji. Model proto odhaduje několik klíčových hydrologických procesů včetně evapotranspirace, perkolace, průtoku a různých forem odtoku z povodí. SAC-SMA má rovněž modelovací komponentu, která modeluje účinky zmrzlé půdy na proces srážkových toků. Model SAC-SMA se používá pro různé aplikace, které jsou hlavně zaměřeny na proudění nebo odtok, například prognóza řek, prognóza zásobování vodou, odhady hydrologického ohrožení pánve a posouzení změny klimatu povodí. Model je ideální pro velké odvodňovací nádrže a používá se několik let pro kalibraci. Model SAC-SMA je klíčovým modelem používaným americkým národním meteorologickým systémem pro prognózu řek (NWSRFS), který vydává prognózy řek v celé zemi. Modelový kód (napsaný ve Fortranu) je veřejně přístupný. [43]

### **5.3.2 HEC-HMS**

Hydrologický modelovací systém HEC-HMS je navržen tak, aby simuloval kompletní hydrologické procesy systémů dendritických povodí. Software obsahuje řadu tradičních metod hydrologické analýzy. HEC-HMS také zahrnuje postupy nezbytné pro nepřetržitou simulaci, včetně evapotranspirace, sněhové pokrývky a půdní vlhkosti. Pokročilé funkce jsou také poskytovány pro mřížkovou simulaci odtoku pomocí lineární kvazi-distribuované runoff transformace (ModClark). Doplnkové nástroje pro analýzu jsou poskytovány pro modelovou optimalizaci, prognózu proudění, snížení hloubkové plochy, posuzování modelové nejistoty, eroze a transportu sedimentů a kvality vody.

Software obsahuje plně integrované pracovní prostředí včetně databáze, nástrojů pro zadávání dat, výpočetního stroje a nástrojů pro vykazování výsledků. Grafické uživatelské rozhraní umožňuje bezproblémovému pohybu uživatele mezi různými částmi softwaru. Výsledky simulace jsou uloženy v systému HEC-DSS (Data Storage System) a mohou být použity ve spojení s jiným softwarem pro studium dostupnosti vody, městského odvodnění, prognózy toku, budoucího urbanistického dopadu, konstrukce přelivu nádrží, snížení povodňových škod, regulace záplavových oblastí systémy provozu. [44]

### **5.3.3 SWAT**

Nástroj pro hodnocení půdy a vody (SWAT) je model povodí vyvinutý k vyčíslení dopadu praktik správy půdy ve velkých komplexních povodích. SWAT je model podporovaný softwarem veřejného sektoru, který je aktivně podporován službou USDA (United States Department of Agriculture). Jedná se o hydrologický model s následujícími složkami: povětrnostní, povrchový odtok, zpětný tok, průsak, evapotranspirace, ztráty přenosu, skladování rybníků a nádrží, růst plodin a zavlažování, proudění podzemní vody, směrové toky, zatížení živin a pesticidů a přenos vody. SWAT lze považovat za vodohospodářský dopravní model. Tento model se používá celosvětově a neustále se vyvíjí. Od července 2012 bylo vydáno více než 1000 recenzovaných článků, které dokumentují různé aplikace. [45]

### **5.3.4 HEC-RAS**

HEC-RAS je jednorozměrný hydraulický model s konstantním průtokem, navržený tak, aby pomohl hydraulickým inženýrům při analýze průtokových kanálů a stanovení záplavových oblastí. Výsledky modelu lze aplikovat v studiích nakládání s povodněmi a povodňových pojištění. Pokud si vzpomeneme na hydrauliku, rovnoměrný tok popisuje podmínky, kdy se hloubka a rychlost na daném místě kanálu nemění s časem. Postupně různý průtok je charakterizován malými změnami hloubky a rychlosti vody z průřezu na průřez. Primární postup, který HEC-RAS používá pro výpočet profilů povrchů vody, předpokládá stabilní scénář postupně se měnícího toku a nazývá se metodou přímých kroků. [46]



### **5.3.5 GRASS GIS**

Systém podpory geografických zdrojů (obecně nazývaný GRASS GIS) je softwarový systém geografického informačního systému (GIS) používaný pro správu a analýzu geoprostorových dat, zpracování obrazu, výrobu grafiky a map, prostorové a časové modelování a vizualizaci. Může pracovat s rastrovým, topologickým vektorem, zpracováním obrazu a grafickými daty. GRASS GIS obsahuje více než 350 modulů pro vykreslování map a obrázků. [47].

### **5.3.6 TOPMODEL**

TOPMODEL je povodňový model, který simuluje hydrologické toky vody (infiltrace – přebytek nadzemního toku, saturace nadzemního toku, infiltrace, podpovrchový tok, evapotranspirace a směrování kanálů). Model simuluje explicitní interakce podzemních vod a povrchových vod předpovídáním pohybu vodního toku, který určuje, kde se vyvíjejí nasycené plochy půdy a mají potenciál produkovat saturaci nadzemního toku. [48]

## **5.4 Softwarové modely používané v ČR**

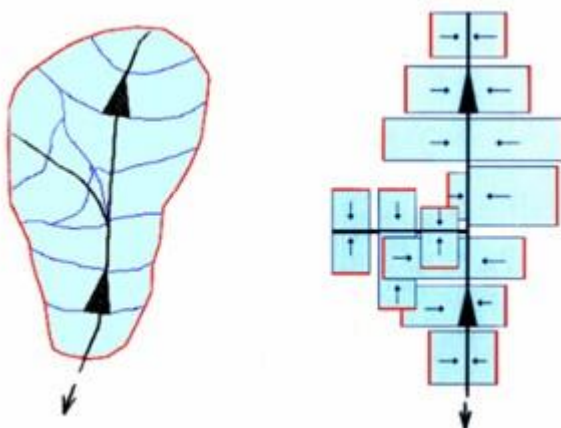
### **5.4.1 Aqualog**

Od roku 1999 byl postupně na povodí Labe spuštěn hydrologický předpovědní systém Aqualog, který plní funkci zjišťování průtoků v daném povodí. Pro Český hydrometeorologický ústav, dále jen ČHMÚ, byl vytvořen software firmou AquLogic, jenž byl inspirován předpovědním softwarem NWSRFS (National Weather Service River Forecasting System). „Operativně je AQUALOG používán od roku 2001. Jednotlivé regionální předpovědní pracoviště ČHMÚ (v Plzni, Českých Budějovicích, Hradci Králové, Ústí nad Labem a Praze) provozují příslušné části modelu pro povodí v jejich správě. Vlastní systém AQUALOG se skládá z dílčích modulů simulujících jednotlivé hydrologické procesy v povodí.“ [49]

### 5.4.2 Hydrog-S

Tento srážkoodtokový model slouží k nasimulování povodňových vln v povodí, k předpovědi průtoků v říční síti povodí a manipulaci vodohospodářských děl. Na českém území je model využíván v Ostravě a v Brně pro výpočet předpovědí pro povodí Moravy a Odry. Výstupem nasimulovaného povodí jsou grafy s tzv. zavěšených ploch, hran a vrcholů viz obr. č. 9.

V uvedených grafech hrany znázorňují koryta, vrcholy představují uzly říčních sítí nebo místa vodohospodářských zařízení, plochy kopírují jednotlivé dílčí povodí, či mezipovodí, ze kterých je odveden odtok do příslušného úseku koryta toku. Znázorněné plochy v grafu ponechávají velikost plochy povodí s dalšími parametry povodí, jako je například sklon, délka povrchového odtoku a drsnost povrchu, které se považují za konstantní. „Hodnota parametrů drsnosti a hydrologické vodivosti se mění v průběhu roku v závislosti na vývoji vegetace. Pro simulaci chování vodních děl (nádrží) HYDROG – S využívá metodu Runge-Kutta IV. řádu. Simulace tání sněhu je řešena kalibrovaným degree-day modelem. Model HYDROG-S je koncipován tak, aby nevyžadoval kontinuální provoz a bylo ho možné spustit pouze v případě výskytu povodňové situace. Počáteční podmínkou výpočtu je proto znalost velikosti a rozdělení podzemního odtoku. Zároveň počáteční povrchový odtok vody na zavěšených plochách musí být roven nule. Počátek výpočtu tedy musí spadat do bezsrážkového období před vznikem povodně.“ [50]



Obr. 9 princip schematizace povodí modelem HYDROG-S [50]

### 5.4.3 Mike11

MIKE 11 je počítačový program, který simuluje průtok a hladinu vody, kvalitu vody a dopravu sedimentů v řekách, záplavových pláních, zavlažovacích kanálech, nádržích a dalších vnitrozemských vodních útvarech. MIKE 11 je jednorozměrný model řeky. Má schopnost simulovat standardní hydraulické konstrukce, jako jsou jezy, propustky, mosty, čerpadla, ztráty energie a brány hradítka. Byl vyvinut společností DHI. [51]

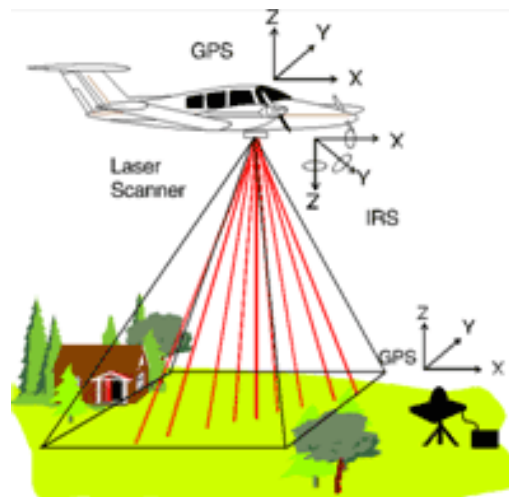
## 6 Možnosti sběru dat pro DMT

Digitální model terénu (DMT) je výstupem prostorového mapování území. Pro získání takto jedinečných informací o výškových a morfologických dat, lze dospět za použití různých metod a zdrojů. Přesnost získaných údajů se může výrazně lišit. Od přesností na milimetry u geodetického, až po odchylky v řádech desítkách metrů u radarového snímání. [52]

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G), který se zaměřuje pouze na průběh topografických ploch tzn. z povrchu jsou odfiltrovány všechny budovy, vegetační pokryv atd., výškové body jsou uvedeny v referenčním systému Balt po vyrovnání (BPV) s úplnou střední chybou výšky 18cm v odkrytém terénu a 30cm v zalesněném terénu. Hodnoty byly naměřeny pomocí leteckého laserového skenování (LLS). DMR mají velké uplatnění především v oblasti hydrologických, geologických a archeologických aplikací v GIS. [53]

## 6.1 Letecké laserové skenování

Metoda leteckého laserového skenování, nebo také LIDAR (z angl. Light Detection And Ranging) je založena na principu odrazu laserových paprsků, které umožňují bezkontaktní zprostředkování prostorových souřadnic, sběru 3D dat o objektech a zemském povrchu na základě vyslaného paprsku a určení jeho vzdálenosti s pomocí změření času, který laserový paprsek urazí ze zdroje k místu dopadu a zpět. Letecké laserové skenování je nejmodernější technologií pro sběr 3D dat zajišťující bezpečné, rychlé a velmi přesné výsledné hodnoty s přesností na 10 – 20cm. Výsledné hodnoty mohou být pomocí softwaru zobrazeny ve formě mračka bodů, na jejichž základě lze vytvořit 3D model. V současnosti se jedná o tak vyspělou metodu, díky které je možno nasnímat i polohopisné objekty menších rozměrů. K získání přesného určení polohy naměřených bodů je zapotřebí souřadnice a polohu snímacího přístroje.



Obr. 10 Letecké laserové skenování [54]

### **6.1.1 Rozdělení dle umístění nosiče pro sběr dat**

- Pozemní laserová skenování – zařízení je stacionárně umístěno na zemském povrchu. Uplatňuje se především v architektuře a při dokumentaci různých stavebních prvků
- Letecké laserové skenování – probíhá ve vzdušném prostoru s umístěním měřických stanic na letových prostředcích (letadla, vrtulníky, družice). Tato metoda se používá pro získání digitálního modelu terénu větších území, mapování břehů vodních toků a při zmapování staveb jako jsou například silniční komunikace různé liniové stavby.
- Mobilní laserové skenování – jsou umístěna na dopravním prostředku (automobil) použity především k získávání dat o dopravním značení, inženýrských sítí, komunikací atd. [54]

## **6.2 Geodetické zaměření**

Geodetické pozemní zaměření dosahuje vysokých přesností za použití moderních geodetických přístrojů a postupů. Pro co nejpřesnější určení polohy a výšky bodů se používají totální stanice, které pro určení daných bodů kombinují přesné zaměření úhlů a délek mezi jednotlivými body. Maximální hodnota vzdálenosti mezi jednotlivými body se pohybuje v rozmezí několika desítek až stovek metrů. Při prováděném měření se musí brát ohled na co možná nejvýstižnější zaměření daného terénu, které zachytí všechny významné změny. Jedná se finančně i technicky o nejnáročnější metodu co se času a práce týče. S příchodem modernější techniky se rozšířilo používání GNSS (Global Navigation Satellite Systems) aparatur, které přijímají signály z různých navigačních systémů a určují tím s velmi vysokou přesností polohu. Pro dosažení ještě vyšší přesnosti se postaví jedno zařízení GNSS na již známý bod, výsledné hodnoty druhého zařízení se poté porovnávají s výslednou chybou dosaženou na prvním zařízení. [55]

### 6.3 Fotogrammetrie

Fotogrammetrie je věda zabývající se určením tvaru, velikosti a polohopisným umístěním předmětů v prostoru z fotografických snímků s přesností na 20–50 cm.

Vstupem do fotogrammetrie jsou fotografické snímky a výstupem je obvykle mapa, kresba, měření nebo 3D model nějakého reálného objektu nebo reliéfu. Mnoho map, které dnes používáme, je vytvořeno pomocí fotogrammetrie a fotografií pořízených z letadel.

Fotogrammetrii lze klasifikovat několika způsoby, ale standardní metodou je rozdělení na základě umístění kamery během fotografování. Dle této metody rozdělujeme fotogrammetrii na:

- leteckou – stanoviště fotografického snímače je umístěno mimo povrch Země, snímá údaje z leteckých nosičů (letadla, balóny, drony atd.),
- pozemní – stanoviště je pevně umístěno na zemském povrchu,
- družicovou – stanoviště fotografického snímače zachycuje údaje z vesmíru na umělé družici Země.

Dále fotogrammetrii dělíme dle počtu snímků, kterých je potřeba pro znázornění tvaru, velikosti a umístění předmětů:

- jednosnímkovou – s využitím jednotlivých snímků lze vytvořit pouze polohopisnou složku mapy,
- vícesnímkovou – nutnost nejméně dvou vzájemně se překrývajících snímků. U vytváření dat pouze ze dvou snímků s použitím stereoskopického vjemu se jedná o stereofotogrammetrickou metodu. Při použití dvou a více snímků pro prostorové protínání se používá metoda průseková. [55]

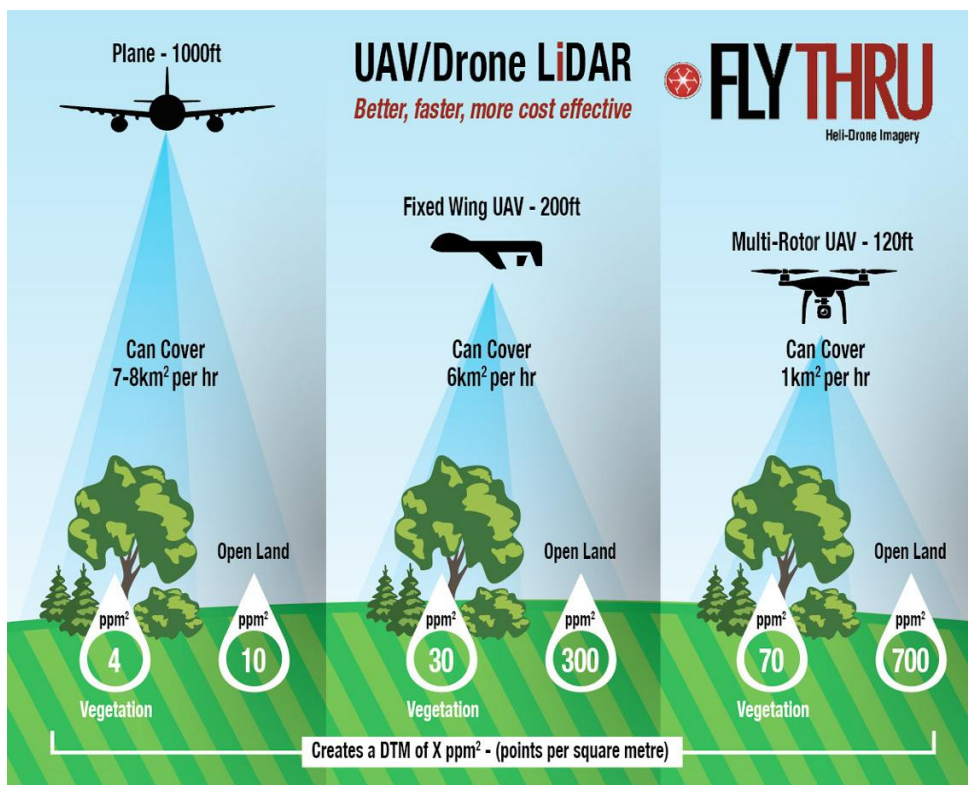
### 6.4 Radarové snímání

Jedná se o specifický sběr dat. Tyto snímky se pořizují v mikrovlnné části elektromagnetického spektra, nejedná se tedy přímo o obrazová data. Obdobně jako tomu je u LLS, radarové snímače zachycují vlastní vyslané pulsy odražené od zemského povrchu. Výhodou tohoto sběru dat je možnost snímání i za zhoršených klimatických podmínek, radarové pulzy dokáží proniknout i hustou mlhou a deštěm, nehledě na noční či denní režim. [56]

## 7 Výsledky a diskuse

Hlavním cílem při zpracování této bakalářské práce byla charakteristika a popis vzniku komerčně dostupných dronů pro přípravu podkladů k tvorbě hydrodynamických modelů. První část byla zaměřena na vznik a charakteristiku komerčně dostupných dronů. Tato kapitola velkou měrou přispěla k samotné představě o využitelnosti různých typů bezpilotních vícevrtulových strojů. S rostoucím počtem vrtulí vždy stoupá tahová síla dronu a s ní i možnost užití výkonnějších (často těžších) měřických zařízení. Z tohoto důvodu se stal nejlepším řešením, pro přepravu snímkovacích zařízení, osmivrtulový dron, který je momentálně nejvyspělejší platformou a v případě poničení jedné či dvou vrtulí nedojde k jeho zřícení a tím k poničení drahého měřického zařízení. Pro dosažení větších tahových výsledků je podstatné použití prvků z uhlíkového vlákna, které velkou měrou dron odlehčí. Tato uhlíková vlákna lze použít na podstatnou část těla dronu, jako je rám stroje, vrtule či přistávající vzpěra.

Pro přípravu hydrodynamických podkladů, mají drony obrovský potenciál. Dokáží nahradit velice nákladné letecké snímkování z helikoptér či letadlových prostředků. Se snadnou ovladatelností bezpilotních vícevrtulových strojů lze snímat daný terén vícekrát, v různých ročních obdobích či během dne. Díky snadné manipulaci lze provést snímkování v těžko dostupném terénu. Přesnost zaznamenaných údajů se liší v závislosti na dané letové výšce přístroje a na typu snímkovacího zařízení. Za pomoci stabilizačního držáku (tzv. gimbal) lze zaznamenávat terén i při manévrování či nepříznivých poryvech větru. Při použití LIDAR technologie zapříčiní právě kombinace klidného snímkování s možností využití v nižší výšce nad terénem několikanásobně vyšší přesnost měřených hodnot oproti DMT G5.



Obr. 11 porovnání sběru dat UAV vůči běžným prostředkům [57]



## 8 Závěr

Nástup moderní technologie, v podobě komerčních bezpilotních vícevtulových prostředků (dronů), se stává v mnoha oblastech využívaným zařízením. Své místo začínají nacházet i ve vizualizačním modelování různých oborů, jako je například stavebnictví, zdravotnictví a strojírenství, kde naměřené hodnoty lze převést pomocí různých druhů softwarů na námi zvolený model.

Pro možnost využití dronů k tvorbě podkladů pro hydrodynamické modelování nasvědčuje jejich neustálý vývoj. Modernizace bezpilotních vícevtulových prostředků umožňuje stále nové metody použití a tím zdokonalení naměřených vstupních dat pro danou schematizaci. Nejvyspělejším a nejvhodnějším typem pro přípravu hydrologických podkladů je osmivrtulový dron, který oproti konkurenčním typům dominuje svou tahovou silou, která umožňuje přenášení těžších či větších množství zařízení. Tato výhoda je umocněna při použití nejkvalitnějšího materiálu pro stavbu dronu v podobě karbonových vláken, která velkou měrou odlehčí celkovou hmotnost. Největší výhoda bezpilotních vícevtulových strojů spočívá v jejich manipulaci. Drony jsou schopny zaznamenat údaje i v těžko dostupných podmínkách s možností snadného opětovného naměření hodnot.

V porovnání s ostatními možnostmi sběru dat pro DMT se jeví využití dronů jako ta nejlepší volba do budoucna. Sice nedosahuje tak velkých naměřených přesností jako například geodetické přístroje, ale v porovnání časové a finanční náročnosti silně dominuje. Díky možnosti klidného leteckého snímání v nižší výšce nad terénem zaznamenávají drony několikanásobně více bodových údajů o terénu oproti klasickému laserovému snímání, které bylo použito i pro DMR 5G.

Přes nesporné výhody použití dronů při schematizaci terénu je potřeba podotknout, že každé snímání dat je limitováno externími zařízeními a jejich vlastnostmi. V současné době je vhodné využití dronů pro sběr dat v těžko dostupných podmínkách a tam, kde potřebujeme vstupní data co nejpřesnější. Na území České republiky lze využít již vytvořený model DMR 5G, který nabízí, za drobný poplatek, český úřad zeměměřický a katastrální (ČUZK).

V diplomové práci bych rád navázal na toto téma, konkrétně samotným postavením dronu pro přípravu podkladů k tvorbě hydrodynamických modelů a porovnání jim naměřených hodnot s DMR 5G.

## 9 Seznam použitých zdrojů

1. What are Drones?. *Dronezon.com* [online]. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/what-is-drone-technology-or-how-does-drone-technology-work/>
2. A Brief History of Drones: The Remote Controlled Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Interestingengineering* [online]. [cit. 2017-07-18]. Dostupné z: <https://interestingengineering.com/a-brief-history-of-drones-the-remote-controlled-unmanned-aerial-vehicles-uavs>
3. What-is-a-drone-and-why-should-you-know. *Skystance* [online]. [cit. 2017-07-18]. Dostupné z: <http://skystance.com/blog/post/what-is-a-drone-and-why-should-you-know>
4. Orville Wright. *Biography* [online]. [cit. 2017-07-23]. Dostupné z: <https://www.biography.com/people/orville-wright-20672999>
5. Kettering Bug. *Daviddarling* [online]. [cit. 2017-07-23]. Dostupné z: [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/K/Kettering\\_Bug.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/K/Kettering_Bug.html)
6. Igor Sikorsky's experience with helicopter design quickly advanced him in the world of airplane development as well. *Disciplesofflight* [online]. [cit. 2017-09-15]. Dostupné z: <https://disciplesofflight.com/igor-sikorsky-first-helicopter/>
7. Igor Sikorsky's experience with helicopter design quickly advanced him in the world of airplane development as well. *Disciplesofflight* [online]. [cit. 2017-09-15]. Dostupné z: <https://disciplesofflight.com/igor-sikorsky-first-helicopter/>
8. Igor Sikorsky. *Britannica* [online]. [cit. 2017-09-25]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Igor-Sikorsky>
9. The Early Days Of Drones – Unmanned Aircraft From World War One And World War Two. *Warhistoryonline* [online]. [cit. 2017-09-26]. Dostupné z: <https://www.warhistoryonline.com/world-war-ii/heinze-reinhard-heydrich-tale-two-brothers.html>
10. What-is-a-drone. *Mydronelab* [online]. [cit. 2017-09-27]. Dostupné z: <http://mydronelab.com/blog/what-is-a-drone.html>
11. How Do Drones Work And What Is Drone Technology. *Dronezon* [online]. [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/what-is-drone-technology-or-how-does-drone-technology-work/>
12. Brushless motors - how they work and what the numbers mean Guides motor. *Dronetrest* [online]. [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: <https://www.dronetrest.com/t/brushless-motors-how-they-work-and-what-the-numbers-mean/564>
13. How to Choose the FPV Drone Propellers. *Citacepro* [online]. [cit. 2017-10-15]. Dostupné z: <https://filmora.wondershare.com/drones/drone-propellers.html>
14. BAICHTAL, John. *Building your own drones : a beginner's guide to drones, UAVs, and ROVs*. Indianapolis: Que, 2016. ISBN 978-0-7897-5598-8.
15. Carbon-fiber-props-vs-plastic. *Dronethusiast* [online]. [cit. 2017-10-15]. Dostupné z: <https://www.dronethusiast.com/carbon-fiber-props-vs-plastic/>
16. Drone Propellers – Know Everything About Them!. *Topdronesforsale* [online]. [cit. 2017-10-17]. Dostupné z: <http://www.topdronesforsale.org/drone-propellers/>

17. Carbon Fiber Props V Plastic or Wood Props? Which are the best?. *Diydrones* [online]. [cit. 2017-11-02]. Dostupné z: <https://diydrones.com/forum/topics/carbon-fiber-props-v-plastic-or-wood-props-which-are-the-best>
18. All About Multirotor Drone FPV Electronic Speed Controllers. *Getfpv* [online]. [cit. 2017-11-02]. Dostupné z: <https://www.getfpv.com/learn/new-to-fpv/all-about-multirotor-fpv-drone-electronic-speed-controller/>
19. LAFAY, Mark. *Drones for dummies*. Hoboken: John Wiley, 2015. ISBN 978-1-119-04978-4. Choosing an Airframe for Your Quadcopter Drone. *Informat* [online]. [cit. 2017-11-03]. Dostupné z: <http://www.informat.com/articles/article.aspx?p=2434782>
20. Cortex Carbon Airframe. *Carboncore* [online]. [cit. 2017-11-03]. Dostupné z: <http://www.carboncore.com/cortex/>
21. How does handheld 3-axis gimbal camera stabilizer work. *Quora* [online]. [cit. 2017-11-03]. Dostupné z: <https://www.quora.com/How-does-handheld-3-axis-gimbal-camera-stabilizer-work>
22. Understanding Brushless Camera Gimbals. *Droneflyers* [online]. [cit. 2017-11-03]. Dostupné z: <https://www.droneflyers.com/understanding-brushless-camera-gimbals/>
23. All About Multirotor Drone Radio Transmitters and Receivers. *Getfpv* [online]. [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: <https://www.getfpv.com/learn/new-to-fpv/all-about-multirotor-fpv-drone-radio-transmitter-and-receiver/>
24. Drone Gyro Stabilization, IMU And Flight Controllers Explained. *Dronezon.com* [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/three-and-six-axis-gyro-stabilized-drones/>
25. Autopilot UAV & ROV. *Colibrys* [online]. [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: <https://www.colibrys.com/mems-application/autopilot-uav-rov/>
26. Types-of-drones. *Droneomega* [online]. [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: <http://www.droneomega.com/types-of-drones/>
27. Modeling and attitude control of Bi-copter. *Ieeexplore.ieee.org* [online]. [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7748042/>
28. Rc-bicopter-drone. *Opengameart* [online]. [cit. 2018-01-18]. Dostupné z: <https://opengameart.org/content/rc-bicopter-drone>
29. Tricopter-vs-quadcopter. *Dronepedia* [online]. [cit. 2018-01-19]. Dostupné z: <https://dronepedia.xyz/tricopter-vs-quadcopter/>
30. Kvadroptéra nebo octoptéra? Proč je počet vrtulí důležitý a kdy je na škodu?. *Droni* [online]. [cit. 2018-01-19]. Dostupné z: <https://www.droni.cz/kvadroptera-octoptera-dron/>
31. Five-Rotor Flying Drone – Pentacopter – Quadcopter’s Cousin. *Robot-kingdom* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://robot-kingdom.com/five-rotor-flying-drone-pentacopter/>
32. Differences Between Hexacopters, Quadcopters and Octocopters. *3dinsider* [online]. [cit. 2018-01-22]. Dostupné z: <http://3dinsider.com/hexacopters-quadcopters-octocopters/>
33. YUNEEC Typhoon H Hexacopter with Intel RealSense, GCO3+ 4K Camera, Wizard Wand, and Backpack. *Bhphotovideo* [online]. [cit. 2018-01-23]. Dostupné

- z: [https://www.bhphotovideo.com/c/product/1261382-REG/yuneec\\_yuntyhbrus\\_typhoon\\_h\\_hexacopter\\_with.html](https://www.bhphotovideo.com/c/product/1261382-REG/yuneec_yuntyhbrus_typhoon_h_hexacopter_with.html)
34. Y6 Copter, Y3 Copter & other Multicopter Configurations. *Dronethusiast* [online]. [cit. 2018-01-26]. Dostupné z: <https://www.dronethusiast.com/what-you-should-know-about-multicopter-configurations/>
  35. 3D Robotics RTF Y6 Multicopter. *Epfilms* [online]. [cit. 2018-01-26]. Dostupné z: <http://epfilms.tv/3d-robotics-rtf-y6-multicopter-review/>
  36. Kvadroptéra nebo octoptéra? Proč je počet vrtulí důležitý a kdy je na škodu?. *Droni* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://www.droni.cz/kvadroptera-octoptera-dron/>
  37. How Do Drones Fly? Physics, of Course!. *Wired* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://www.wired.com/2017/05/the-physics-of-drones/>
  38. A Virtual Bird. *Arachnoid* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://arachnoid.com/drones/index.html>
  39. How Do Drones Fly? Physics, of Course. *Wired* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.wired.com/2017/05/the-physics-of-drones/>
  40. NOVÁK, Pavel, Radek ROUB a Tomáš HEJDUK. Využití hydrologického měření při tvorbě hydrodynamických modelů z dat leteckého laserového skenování. *Vodní hospodářství*. 2011, **61**, 297.
  41. Fundamentals of mathematical river flow modelling - 1D water level calculation. *Daad.wb.tu-harburg* [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://daad.wb.tu-harburg.de/tutorial/flood-probability-assessment/hydrodynamics-of-floods/1d-hydrodynamic-models/>
  42. 2D Hydrodynamic Models. *Daad.wb.tu-harburg* [online]. [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <http://daad.wb.tu-harburg.de/tutorial/flood-probability-assessment/hydrodynamics-of-floods/2d-hydrodynamic-models/>
  43. Storm Water Management Model (SWMM). *Epa.gov* [online]. [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>
  44. HEC-HMS. *Hec.usace.army* [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>
  45. Soil and Water Assessment Tool: SWAT. *Swat.tamu* [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://swat.tamu.edu/>
  46. Introduction to HEC-RAS. *Ce.utexas* [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/grad/tate/research/RASExercise/webfiles/hecras.html>
  47. GLASS-GIS. *Grass.osgeo* [online]. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <https://grass.osgeo.org/>
  48. TOPMODEL. *Csdms.colorado* [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://csdms.colorado.edu/wiki/Model:TOPMODEL>
  49. (Předpovědní systém AQUALOG. *Portal.chmi* [online]. [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/pruvodce\\_vodohospodari\\_modelove\\_predpovedi.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/pruvodce_vodohospodari_modelove_predpovedi.html))
  50. Předpovědní systém HYDROG-S. *Portal.chmi* [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z:

[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/pruvodce\\_vodohospodari\\_modelove\\_predpovedi.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/pruvodce_vodohospodari_modelove_predpovedi.html)

51. MIKE 11. *Mikepoweredbydhi* [online]. [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://www.mikepoweredbydhi.com/download/mike-2016/mike-11?ref=%7B181C63FF-2342-4C41-9F84-F93884595EF3%7D>
52. Digitální modely terénu (DMT). *G4d* [online]. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <https://www.g4d.cz/digitalni-3d-modely/digitalni-modely-terenu>
53. Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G). *Cuzk* [online]. [cit. 2018-04-06]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(cuif3ocbgsvnaoxuw4ven15p\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head\\_tab=sekce-02-gp&menu=302](http://geoportal.cuzk.cz/(S(cuif3ocbgsvnaoxuw4ven15p))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302)
54. Données LIDAR ou cartographie mobile « photogrammétrie. *Groupetrifide* [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://www.groupetrifide.com/lidar/>
55. CHAMOUN, Lubomír. *Základy geodzie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013, s. 131. ISBN Česká zemědělská univerzita v Praze.
56. Radarová data. *Arcdata* [online]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/druzicova-data/radarova-data>
57. Lidar. *Flythru* [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.flythru.co.uk/services/uav-drone-lidar/>