

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní

**Využití termální kamery v oblasti  
krizového řízení**

**Jakub Dušek**

Bakalářská práce

2021

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub Dušek**  
Osobní číslo: **E18362**  
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**  
Studijní obor: **Informatika ve veřejné správě**  
Téma práce: **Využití termální kamery v oblasti krizového řízení**  
Zadávací katedra: **Ústav systémového inženýrství a informatiky**

### Zásady pro vypracování

Cílem práce je využití termální kamery v oblasti krizového řízení. Práce bude obsahovat charakteristiku sběru dat v termální části spektra a popis příkladů aplikace v oblasti krizového řízení.

Osnova:

- Dálkový průzkum Země v termální části spektra.
- Zpracování obrazu.
- Krizové řízení.
- Současný stav řešené problematiky.
- Vlastní zpracování.
- Vizualizace a interpretace výsledků.
- Popis možných přínosů v oblasti krizového řízení.

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

LILLESAND, Thomas M., Ralph W. KIEFER a Jonathan W. CHIPMAN. Remote sensing and image interpretation. 6th ed. Hoboken: Wiley, c2008. ISBN 978-0-470-05245-7.  
LONGLEY, Paul. Geographic information systems & science. 3rd ed. Hoboken: John Wiley, c2011. ISBN 978-0-470-72144-5.  
LYSENKO, Vladimír. Detektory pro bezdotykové měření teplot. BEN-Technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-180-2.  
PEŤKOVÁ, Viera. Termodiagnostika. VIENALA, 2016. ISBN 978-80-8126-132-9.  
SVATOŇOVÁ, Hana a Lubomír LAUERMAN, 2010. Dálkový průzkum Země – aktuální zdroj geografických informací. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-5162-1.  
ŠIMKO, Milan a Milan CHUPÁČ. Termovízia a jej využitie v praxi. EDIS-vydavateľstvo, 2007. ISBN 978-80-8070-654-8.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Pavel Sedlák, Ph.D.**  
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2021**

L.S.

---

**prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D.**  
děkan

---

**RNDr. Ing. Oldřich Horák, Ph.D.**  
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 2. září 2019

Prohlašuji:

Práci s názvem „*Využití termální kamery v oblasti krizového řízení*“ jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

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

V Pardubicích dne 30. 4. 2021

Jakub Dušek v. r.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Pavlovi Sedlákovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc, názory, připomínky, cenné rady a poskytnuté materiály.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce je zaměřena na využití termální kamery v oblasti krizového řízení. V první části je popsána problematika dálkového průzkumu Země v termální části spektra, zpracování obrazu a problematika krizového řízení. Ve druhé části se práce zabývá přípravou a sběrem termálních dat, jejich zpracováním, vizualizací a interpretací. Na závěr je vyhodnocen možný přínos využití termální kamery v oblasti krizového řízení.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Dálkový průzkum Země, krizové řízení, termální kamera, zpracování termálních dat

## **TITLE**

Use of thermal camera in the field of crisis management

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis is focused on the use of thermal camera in the field of crisis management. The first part describes issues of remote sensing in the thermal part of the electromagnetic spectrum, image processing and crisis management issues. The second part deals with the preparation and thermal data collection, their processing, visualization and interpretation. Finally, the possible benefits of use of thermal camera in the field of crisis management are evaluated.

## **KEYWORDS**

Remote sensing, crisis management, thermal camera, thermal data processing

# OBSAH

Úvod .....	12
<b>1 Dálkový průzkum Země v termální části spektra .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Zpracování obrazu .....</b>	<b>17</b>
2.1 Předzpracování dat.....	17
2.2 Zvýraznění obrazu .....	17
2.3 Klasifikace dat .....	17
2.4 Postklasifikační úpravy a spojování dat .....	18
<b>3 Krizové řízení.....</b>	<b>19</b>
<b>4 Současný stav řešené problematiky .....</b>	<b>20</b>
<b>5 Termální kamera .....</b>	<b>24</b>
5.1 Typy termálních kamer.....	25
5.1.1 Ruční termokamery.....	25
5.1.2 Stacionární termokamery .....	26
5.1.3 Termokamery pro letecké snímání.....	27
<b>6 Termokamera FLIR e5-xt .....</b>	<b>29</b>
6.1 Technické parametry termokamery FLIR E5-xt.....	29
6.2 Ovládání termokamery .....	29
6.3 Prvky obrazovky .....	30
<b>7 Software FLIR Tools.....</b>	<b>31</b>
7.1 Režimy snímku .....	32
7.2 Panel nástrojů.....	33
7.3 Paleta barev.....	33
<b>8 Příprava a sběr dat.....</b>	<b>35</b>
<b>9 Zpracování a vizualizace dat .....</b>	<b>38</b>
9.1 Vyhledávání osob v terénu .....	38
9.2 Detekce potenciální hrozby požáru .....	48
9.2.1 Hrozba vznícení požáru ve volné přírodě .....	48
9.2.2 Hrozba vznícení požáru v budově.....	49
<b>10 Interpretace dat .....</b>	<b>52</b>
10.1 Vyhledávání osob v terénu .....	52
10.2 Detekce potenciální hrozby požáru .....	56
10.2.1 Hrozba vznícení požáru ve volné přírodě .....	56

10.2.2	Hrozba vznícení požáru v budově.....	56
<b>11</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>57</b>
<b>12</b>	<b>Zdroje.....</b>	<b>58</b>



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Termogram .....	24
Obrázek 2 - Rozdíl ve výsledném zobrazení řady FLIR i .....	25
Obrázek 3 - Bezpečnostní termokamera FLIR řady FC .....	26
Obrázek 4 - Bezpečnostní termokamera FLIR řady FC - porovnání se standardní kamerou .....	26
Obrázek 5 - Obraz nasnímaný v absolutní tmě.....	26
Obrázek 6 - Funkce automatické obrazové detekce .....	27
Obrázek 7 - Termokamera FLIR DUO pro drony .....	28
Obrázek 8 - Umístění termokamery FLIR DUO na dron .....	28
Obrázek 9 - Přední strana termokamery FLIR E5-xt .....	30
Obrázek 10 - Zadní strana termokamery FLIR E5-xt .....	30
Obrázek 11 - Displej termokamery FLIR E5-xt.....	30
Obrázek 12 - Software FLIR Tools .....	31
Obrázek 13 - FLIR Tools - menu po připojení termokamery .....	31
Obrázek 14 - FLIR Tools - lišta s parametry snímku.....	32
Obrázek 15 - FLIR Tools - nabídka režimů snímku.....	32
Obrázek 16 - FLIR Tools - ukázka vyobrazení v různých režimech.....	32
Obrázek 17 - FLIR Tools - lišta panelu nástrojů a Paleta barev.....	33
Obrázek 18 - FLIR Tools - ukázka zobrazení v různé paletě barev .....	33
Obrázek 19 - FLIR Tools - nabídka šablon .....	34
Obrázek 20 - Postup zpracování dat .....	35
Obrázek 21 - Termokamera FLIR E5-xt .....	35
Obrázek 22 - Softwarové prostředí FLIR Tools.....	35
Obrázek 23 - Ukázka snímků zachycených pod různým úhlem .....	36
Obrázek 24 - Denní a noční snímek v režimu "Alarm nad" 12 °C.....	37
Obrázek 25 - Denní a noční snímek v režimu "Alarm nad" 13 °C.....	37
Obrázek 26 - Denní a noční snímek v režimu "Alarm nad" 16 °C.....	37
Obrázek 27 - Denní a noční snímek v režimu "Alarm nad" 18 °C.....	37
Obrázek 28 - Denní a noční snímek v režimu "Alarm nad" 24 °C.....	37
Obrázek 29 - Snímek osoby v režimu digitálním, MSX a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m .....	38
Obrázek 30 - Snímek osoby v režimu digitálním, MSX a "Alarm nad" ze vzdálenosti 5 m .....	38
Obrázek 31 - Snímek osoby v režimu digitálním, MSX a "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m .....	39
Obrázek 32 - Snímek osoby v režimu digitálním, MSX a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m .....	39
Obrázek 33 - Snímek osoby v režimu digitálním, MSX a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m .....	39
Obrázek 34 - Snímek osoby v tričku a bundě v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m .....	39
Obrázek 35 - Snímek osoby v tričku a bundě v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 5 m .....	40
Obrázek 36 - Snímek osoby v tričku a bundě v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m .....	40
Obrázek 37 - Snímek osoby v tričku a bundě v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m .....	40
Obrázek 38 - Snímek osoby v tričku a bundě v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m .....	40
Obrázek 39 - Osoba ležící na poli v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m ....	41
Obrázek 40 - Osoba ležící v lese v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m.....	41
Obrázek 41 - Osoba ležící pod celtou v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m.	41
Obrázek 42 - Osoba za stromem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m .....	41
Obrázek 43 - Osoba za keřem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m .....	42

Obrázek 44 - Osoba ležící na poli v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m..42	42
Obrázek 45 - Osoba ležící v lese v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m....42	42
Obrázek 46 - Osoba ležící pod celtou v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m..42	42
Obrázek 47 - Osoba za stromem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m ....42	42
Obrázek 48 - Osoba za keřem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m .....43	43
Obrázek 49 - Osoba ležící na poli v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m..43	43
Obrázek 50 - Osoba ležící v lese v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m....43	43
Obrázek 51 - Osoba ležící pod celtou v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m..43	43
Obrázek 52 - Osoba za stromem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m ....43	43
Obrázek 53 - Osoba za keřem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m .....44	44
Obrázek 54 - Myslivecký posed v režimu digitálním a IČ s figurantem a bez figuranta .....44	44
Obrázek 55 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 3 m.....44	44
Obrázek 56 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 5 m.....45	45
Obrázek 57 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m.....45	45
Obrázek 58 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 15 m.....45	45
Obrázek 59 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 20 m.....45	45
Obrázek 60 - Denní a noční snímek osoby ležícího na poli v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m .....46	46
Obrázek 61 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m.....46	46
Obrázek 62 - Denní a noční snímek osoby ležícího pod celtou v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m....46	46
Obrázek 63 - Denní a noční snímek osoby za stromem v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m .....46	46
Obrázek 64 - Denní a noční snímek osoby za keřem v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m .....46	46
Obrázek 65 - Denní a noční snímek osoby na poli v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m ..47	47
Obrázek 66 - Denní a noční snímek osoby v lese v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m ....47	47
Obrázek 67 - Denní a noční snímek osoby pod celtou v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m..47	47
Obrázek 68 - Denní a noční snímek osoby za stromem v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m...47	47
Obrázek 69 - Denní a noční snímek osoby za keřem v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m ....47	47
Obrázek 70 - Doutnající kupa listí v režimu digitálním a IČ v zobrazení "Rainbow" .....48	48
Obrázek 71 - Doutnající kupa slámy v režimu digitálním a IČ v zobrazení "Rainbow" .....49	49
Obrázek 72 - Snímek situace před pokusem s el. ohříváčem vzduchu v režimu digitálním a IČ .49	49
Obrázek 73 - Snímek situace po pokusu s el. ohříváčem vzduchu v režimu digitálním a IČ .....50	50
Obrázek 74 - Snímek před zahřátím dřevěné židle teplem z el. ohříváče v režimu digitálním a IČ ..50	50
Obrázek 75 - Snímek po zahřátí dřevěné židle teplem z el. ohříváče v režimu digitálním a IČ ...50	50
Obrázek 76 - Porovnání viditelnosti osoby ze vzdálenosti 3, 5, 10, 15 20 metrů .....52	52
Obrázek 77 - Porovnání viditelnosti osoby s různou mírou zakrytí ze vzdálenosti 3 metry .....53	53
Obrázek 78 - Denní a noční snímky osoby s různou mírou zakrytí ze vzdálenosti 10 metrů .....55	55
Obrázek 79 - Doutnající kupy jako možný zdroj vzniku požáru.....56	56

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Modelové situace snímané ve dne (Zdroj: vlastní zpracování).....51	51
Tabulka 2 - Modelové situace snímané v noci (Zdroj: vlastní zpracování) .....51	51

## SEZNAM ZKRATEK

DPZ	Dálkový průzkum Země
ETM	Enhanced Thematic Mapper
GIS	Geografický informační systém
GPS	Globální polohový systém
HDMI	Nekomprimovaný a obrazový a zvukový signál v digitálním formátu
HZS	Hasičský záchranný sbor
IČ	Infračervený
IZS	Integrovaný záchranný systém
LST	Mapování povrchové teploty
MSX	Multispektrální zobrazení
OEM	Original Equipment Manufacturer
OSN	Organizace spojených národů
PC	Osobní počítač
PWM	Pulzně šířková modulace
SW	Software
TM	Thematic Mapper
UAS	Unmanned Aircraft Systems
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
WCF	Wuda Coal Field
WIFI	Wireless Ethernet Compatibility Alliance

## ÚVOD

Dálkový průzkum Země je v současné době čím dál hojněji využíván pro získávání potřebných informací o zemském povrchu a části atmosféry. S rychlým rozvojem nejmodernějších technologií se stává tento obor součástí nejrůznějších aplikací a zařízení využívajících tento způsob získávání informací. Informace získané dálkovým průzkumem Země mohou být využívány v mnoha oborech, z nichž lze uvést například geodézii, zemědělství, astronomii a archeologii (Halounová, Pavelka, 2008, s. 1). Velice přínosné a důležité je využití dat získaných dálkovým průzkumem Země v oblasti krizového řízení. Data získaná měřením tepelného záření je možné využít nejen v boji s požáry, při nehodách, katastrofách či v boji s přírodními živly, ale také je díky nim možné nejrůznějším katastrofám předcházet.

Jedním z mnoha způsobů, jakým lze prozkoumávat a získávat potřebné informace o zemském povrchu a o změnách, kterým je vystaven, je snímkování povrchu Země pomocí kamer umístěných na nejrůznějších nosičích. Takovými nosiči mohou být například družice, letadla, helikoptéry a v poslední době stále populárnější bezpilotní zařízení – drony (Dobrovolný, 1998, s. 9). Výhodou snímkování pomocí nosičů je možnost opakovaně získávat potřebná data z nepřístupných či z nebezpečných oblastí.

Snímky, pořizované v rámci dálkového průzkumu Země, zabírají široké spektrum vlnových délek. Snímkování zahrnuje jak snímky ve viditelné části elektromagnetického spektra, tak i snímky z částí elektromagnetického spektra, jenž jsou pro nás neviditelná. Při analýze zkoumaného jevu lze pracovat se snímky využívajícími například infračervené záření, tepelné záření, ultrafialové záření, mikrovlnné záření a v neposlední řadě i viditelné záření (Dobrovolný, 1998, s. 17). Výběr druhu snímkování závisí na zkoumaném jevu a dle potřeby je možné využít více druhů najednou.

Cílem této práce je využití termální kamery v oblasti krizového řízení. V první části jsou vysvětleny pojmy související s dálkovým průzkumem Země a jsou zde uvedeny veškeré potřebné informace týkající se dané problematiky. Dále jsou v práci shrnuty informace zabývající se zpracováním a interpretací dat získaných z termální kamery. Práce je zaměřena na využití dat z termální kamery v oblasti krizového řízení, na současný stav dané problematiky a v práci jsou dále uvedeny konkrétní příklady využití termálních dat v oblasti krizového řízení. Druhá část bakalářské práce je zaměřena na zpracování a interpretaci získaných dat a jejich využití a možný přínos v oblasti krizového řízení.

# 1 DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ V TERMÁLNÍ ČÁSTI SPEKTRA

Dálkový průzkum Země je vědní obor, který lze definovat různými způsoby. Dle Dobrovolného (1998, s. 5) DPZ znamená získávání informací o objektech a jevech na dálku – bez přímého kontaktu s těmito jevy či objekty. Halounová a Pavelka (2008, s. 1) definici DPZ doplňují o informaci, že tato metoda je založena na přenosu informací pomocí elektromagnetického záření. James Campbell (c2011) nahlíží na DPZ jako na praxi odvozování informací o zemském povrchu a vodních plochách pomocí snímků získaných z ptačí perspektivy, s využitím elektromagnetického záření v jedné nebo více oblastech elektromagnetického spektra, odráženého od plochy Země. Některé definice přinášejí poměrně nekonvenční výklad DPZ. Dálkový průzkum Země lze vnímat i jako nejdražší způsob, jak vytvořit obrázek (Andrew Bashfield, Integraph Corporation).

K dálkovému průzkumu Země se využívá elektromagnetického záření. Dle Lysenka (2006) je každý objekt zdrojem elektromagnetického záření. Toto záření se pohybuje určitou rychlostí v závislosti na prostředí (vzduch, vakuum, voda), ve kterém se pohybuje. Jak uvádí Dobrovolný (1998, s. 13), rozsah tohoto záření je až 20 řádů a podle vlnové délky se dělí na několik základních oblastí. Mezi základní oblasti patří ultrafialové záření, viditelné záření, infračervené záření, tepelné záření a mikrovlnné záření. Termální (tepelná) oblast spektra zahrnuje vlnové délky od 3  $\mu\text{m}$ . K získávání informací se využívají především intervaly vlnových délek v rozmezí 3-5  $\mu\text{m}$  a 8- 14  $\mu\text{m}$ . V intervalu 3-5  $\mu\text{m}$  je intenzita odraženého záření Slunce velká a z tohoto důvodu je vhodné provádět měření v noci. Naopak v intervalu 8-14  $\mu\text{m}$  je podíl Slunce malý a je tedy možno měřit i ve dne. Dle Dobrovolného (1998, s. 49) v těchto delších vlnových délkách již převažuje vlastní vyzařování objektů nad odraženým slunečním zářením a umožňuje získat především informace o tzv. radiační teplotě objektů. Radiační (jasová) teplota tělesa je vyzářená energie tělesa, na jejíž změření se zaměřuje termální snímání.

Vzhledem k tomu, že jde o bezkontaktní sběr dat, využívají se k pořizování snímků například družice, letadla či drony, na něž se upevní senzory snímající intenzitu elektromagnetického záření. Tato metoda využívá poznatku, že objekty jsou zdrojem elektromagnetického záření, nebo ho alespoň odráží. Data získaná měřením mohou být prezentována formou snímků nebo grafů. Dálkový průzkum Země je tvořen dvěma základními subsystémy. Prvním subsystémem je sběr a přenos dat, druhým subsystémem je analýza a interpretace získaných dat. Snímky získanými prostřednictvím DPZ lze získat jak informace topologické, tak informace tematické. Na základě topologických informací lze získat údaje o poloze zobrazených objektů, jejich tvaru, velikosti a vzájemné vzdálenosti. Tematické

informace poskytují údaje o druhu vegetace, typu reliéfu, struktuře osídlení atd. (GJS, 2004-2005).

Metody dálkového průzkumu Země lze rozčlenit na několik skupin podle toho, jakým způsobem probíhá získávání a v jaké podobě jsou výsledná data. Dle Dobrovolného (1998, s. 8) lze metody DPZ rozdělit např. podle fyzikální podstaty snímkování, podle nosičů, na kterých snímky vznikly a podle účelu snímkování. Podle druhu výsledného záznamu sesbíraných dat je možné rozdělit metody DPZ na konvenční a nekonvenční. Výsledkem konvenční metody je obrazový materiál. Vznikají fotografie snímkaného území, které jsou posléze převedeny na fotografický papír. Klady této metody jsou především v tom, že je možné zaznamenat i nepatrné detaily, kterých není možné si povšimnout lidským okem. Nejčastěji se pro tento sběr dat využívají letadla, ale je možné využít i družic. Tato metoda je přínosná pro fotogrammetrii, která se zabývá měřickými vlastnostmi leteckých snímků, jejich zpracováním a praktickým využitím pro tvorbu map (Svatoňová, Lauermann, 2010, s. 18). Na základě získaných dat lze sestavit digitální model terénu a velmi přesné topografické mapy. Nevýhodou tohoto sběru dat je, že fotografie nezachytí příliš široké spektrum záření. Dalším druhem metody DPZ jsou tzv. nekonvenční metody, kdy snímky vznikají postupně tzv. řádkováním, kdy je záznam odraženého/vyzářeného elektromagnetického záření pořizován postupně po řádcích pomocí rozkladových zařízení označovaných jako skenery. Tento záznam je v digitální podobě (Halounová, Pavelka, 2008, s. 3). Oproti konvenční metodě má tato metoda menší prostorové rozlišení, ale naopak spektrální rozlišení má větší, díky čemuž lze získat podrobnější informace o elektromagnetickém záření. K sběru dat nekonvenční metodou se využívají převážně družicové, ale i letecké nosiče. Dalšími druhy metod dálkového průzkumu Země jsou metody aktivní a pasivní, podle zdroje elektromagnetického záření. Všechny objekty vyzařují elektromagnetické záření, nebo ho alespoň odrážejí. Aktivní metoda zaznamenává záření odrážené od objektů, na něž je záření vysíláno uměle ze zdroje umístěného na nosiči. Na základě odraženého záření je vytvářen obrazový záznam. Příkladem aktivních metod DPZ jsou radarové systémy. Pasivní metody se dále dělí na přímé a nepřímé. U přímých metod je zdrojem záření Slunce nebo Země. Příkladem této metody je např. letecká fotografie. U nepřímých metod je zdrojem měření záření vyzařované objekty na zemském povrchu nebo atmosféře. Příkladem této metody je tzv. termovize, díky níž lze získat informace o teplotních vlastnostech objektů (Dobrovolný, 1998, s. 9).

Nejen v oblasti termálního spektra je měření ovlivněno okolními podmínkami, atmosférou a je tudíž nutné znát emisivitu objektů, což je míra vyzařovací schopnosti tělesa. Jde o nejdůležitější parametr, který musí být správně určen u každého objektu, aby výsledky měření byly co nejpřesnější. Podle Lillesanda a Kiefera (1994) závisí emisivita většiny reálných povrchů

na teplotě, vlnové délce a v případě distančního měření také na úhlu, pod jakým je měřena. Vyšší hodnoty emisivity obecně vykazují povrchy tmavé barvy, dále hrají roli i drsnost, struktura nebo obsah vody (Snyder a kol. 1998, Zhang, Wang, 2008). Důležitým poznatkem je, že interval 8 - 14  $\mu\text{m}$  obsahuje vlnovou délku, na které většina materiálů na zemském povrchu vyzařuje maximálně (Dobrovolný 1998, s. 50).

Významnou roli při měření v oblasti termálního spektra má atmosféra, která ovlivňuje naměřené výsledky. Důležité jsou zejména procesy pohlcování, rozptylu a vyzařování, díky nimž může dojít ke zkreslení naměřené hodnoty radiační teploty. V důsledku toho se objekty na zemském povrchu mohou jevit jako chladnější nebo naopak teplejší než jsou ve skutečnosti a to řádově o několik stupňů (Campbell, 1996). Dalším faktorem ovlivňujícím naměřenou tepelnou energii jsou meteorologické podmínky, měnící se s polohou, nadmořskou výškou a časem. K zajištění co nejpřesnější naměřené hodnoty je třeba získané záznamy podrobit atmosférické korekci.

Při dálkovém průzkumu v termální části spektra se využívají poznatky plynoucí z Kirchofova zákona a to, že emisivita objektu je rovna jeho pohltivosti na dané vlnové délce. Znamená to, že tělesa, která elektromagnetickou energii intenzivně vyzařují, jí budou také intenzivně pohlcovat a naopak. A dále také platí, že čím nižší je odrazivost tělesa, tím vyšší je jeho emisivita a naopak (Dobrovolný, 1998, s. 51-52). Dle Peřkové (2016) pro tělesa v termodynamické rovnováze platí, že energie pohlcená tělesem se rovná energii vyzářené. Objekty s nízkou emisivitou jsou např. zrcadla, leštěné kovové plochy, skleněné plochy atd. Příkladem objektu s vysokou emisivitou je třeba vodní hladina, lidská kůže, půda či omítnutá zeď. Důležitý poznatek související s emisivitou uvádí Lillesand a Kiefer (1994), kteří tvrdí, že v důsledku rozdílné emisivity mohou mít stejně teplé objekty odlišné hodnoty měřeného signálu termálním senzorem.

Snímky pořízené v termální části spektra se nejčastěji získávají z družicových systémů, ale je možné využít i letadla. Získávání takovýchto obrazových materiálů přináší důležité informace, díky kterým lze například odhalit a lokalizovat požáry v jakémkoliv terénu, lze detekovat půdní vlhkost, druhy půd a teplotu. Díky snímkům pořízeným v termální části spektra je možné určovat teplotu tání sněhu, teplotu moří, jezer a je možné dozvědět se více třeba o cirkulaci v nejrůznějších vodních plochách. Prostřednictvím dat z termálního skeneru lze získat informace o nejrůznějších jevech a podle toho, na jak velkou plochu je průzkum zaměřen, se tyto jevy dělí na bodové a plošné. Pro bodové jevy je charakteristická teplota výrazně odlišná od okolních povrchů. Tímto způsobem lze přesně zaměřit výstupové cesty podzemních vod, termálních pramenů apod. Plošné záznamy se zaměřují na změny teplotních poměrů větších ploch. Příkladem může být lokalizace lesních požárů, vulkanická činnost apod. (Dobrovolný, 1998, s. 53).

Aby při interpretaci obrazových záznamů získaných v termální části spektra nedošlo ke zkreslení výsledných dat, je při rozboru získaných dat důležité vzít v potaz celou řadu faktorů ovlivňujících teplotní chování zkoumaných objektů. Jedním z těchto faktorů je denní doba, během které byl obrazový záznam pořízen. Je třeba si uvědomit, že různé povrchy se zahřívají a ochlazují rozdílnou rychlostí a tento fakt významně ovlivňuje zkoumané objekty. Další vlastností, která má výrazný vliv na teplotní chování objektů je propustnost záření, což je schopnost vést teplo – vodivost (Scherer a Parlow, 1991). Příkladem jsou třeba kovové povrchy, které oproti horninám vedou teplo podstatně rychleji. Dále je také důležitý faktor, jak dlouho si objekt teplo dokáže uchovat. Tato vlastnost se nazývá tepelná kapacita. Příkladem dobré tepelné kapacity je voda. Další vlastností podílející se na teplotním chování objektů je tepelná setrvačnost. U objektů disponujících vysokou hodnotou tepelné setrvačnosti dochází jen k malým teplotním změnám v průběhu 24 hodin. Kromě tepelných vlastností povrchů výsledný vzhled termálních obrazových záznamů ovlivňují i další faktory jako např. přítomnost vody, porost vegetace, sklon povrchu či orientace směrem ke Slunci. Při interpretaci získaného obrazového záznamu je třeba ke všem těmto faktorům ovlivňujícím výsledné zobrazení přihlídnout, aby nedošlo k chybnému vyhodnocení (Dobrovolný, 1998, s. 54).

Teplotní obrazové záznamy bývají obvykle zobrazovány ve stupních šedé barvy. Výhodou těchto záznamů je možnost pořizovat je ve dne i v noci. Denní a noční zobrazení bude ale odlišné. Jako příklad lze uvést základní krajinné prvky vodu a lesní porost, které jsou na denních snímcích zobrazeny tmavě, zatímco okolní krajina je světlá. Vzhledem k vysoké odraznosti mraků jsou oblaka zobrazena bílou barvou. Naopak na snímcích pořízených v noci je vodní hladina světlejší než krajina, protože voda má dobrou tepelnou vodivost a udrží si teplo déle. Pro denní termální záznamy je nejvhodnější doba po západu Slunce, protože snímky pak nevykazují přílišnou tónovou proměnlivost, která bývá během dne způsobena vyzařováním okolních objektů a zpětným zářením atmosféry. Termální snímání je možné provádět bez ohledu na počasí či denní dobu, což je velkým pozitivem této metody. Nicméně, dle Šimka a Chupáče (2007) je při termografickém měření nutné zohlednit vliv rušivých faktorů, mezi něž patří např. vítr, déšť, sníh, vzdálenost objektu apod. Pro přesnost dat je nutné termální snímky kombinovat s fotografií nebo mapou, protože termální snímky nezobrazují důležité orientační prvky v krajině (Dobrovolný, 1998, s. 55).

Snímkování v termální části spektra je velice přínosná metoda, díky níž lze získat např. podklady k sestavení map teplot povrchu krajiny a oceánů. Získaná data je možné využít ke klasifikaci krajinného pokryvu, v zemědělství, v krizovém řízení, při kontrole úniku tepla a v mnoha dalších oblastech.



## **2 ZPRACOVÁNÍ OBRAZU**

Nasbíraná data, která byla shromážděna, je nutné dále zpracovat. S rychlým vývojem technologií je k dispozici stále více přesných přístrojů a zařízení. Naším cílem je převést vstupní data na data výstupní, která slouží k nejrůznějším prostorovým analýzám. V současné době se ke zpracování dat využívá výpočetní technika, díky které je zpracování dat rychlejší, přesnější a méně nákladné.

Digitální zpracování obrazových dat DPZ lze rozdělit do čtyř fází: předzpracování dat, zvýraznění obrazu, klasifikace dat a postklasifikační úpravy a spojování dat (Kolář, Halounová, Pavelka, 1997, s. 89-90).

### **2.1 Předzpracování dat**

Během předzpracování obrazových dat je nutné provést úpravy, které závisí na tom, jakým typem senzoru a za jakých atmosférických podmínek byl záznam dat pořízen. Vzhledem k výskytu chyb vznikajících při pořizování dat a při vytváření obrazových záznamů je nutné provést geometrickou, radiometrickou a atmosférickou korekci (Kolář, Halounová, Pavelka, 1997, s. 90). Součástí předzpracování obrazu je nutné upravit zaostření a jas. Těmito kroky se dosáhne větší shody snímků se skutečností a sníží se tak nedokonalosti obrazového záznamu.

### **2.2 Zvýraznění obrazu**

Postupy ve fázi zvýraznění obrazu slouží k získání kvalitnějšího obrazového materiálu, ze kterého lze vyčíst více potřebných dat. Dle Dobrovolného (1998, s. 106) je cílem zvýraznění obrazu efektivněji znázornit obraz, pro další vizuální či automatické zpracování. Ke každému snímku je nutné přistupovat individuálně a použít vhodné postupy při jeho úpravě. V této fázi není možné při úpravě snímku postupovat vždy stejně. Mezi postupy spadajících do tohoto kroku lze zařadit např. úpravu kontrastu, filtraci snímků, zvýraznění hran, práci s jednotlivými stupni šedi atd. Výsledkem postupů při zvýraznění obrazu by měl být snímek s větší informační hodnotou.

### **2.3 Klasifikace dat**

Klasifikace obrazu má za cíl identifikovat ve snímku jednotlivé povrchy, objekty či prvky. Klasifikace se běžně provádí za pomoci zkoumání spektrálního chování objektů a aplikace statistiky či rozhodovacích pravidel pro rozhodování o pokrytí terénu. Lze však klasifikovat i na základě geometrických a prostorových vlastností objektů, jako je třeba tvar, velikost,

topologie atd. (Lillesand, c2008). Kolář, Halounová a Pavelka (1997, s. 115) definují klasifikaci jako postup, kdy se na základě určitého rozhodovacího pravidla jednotlivé objekty začleňují do kategorií. Klasifikaci můžeme rozdělit na řízenou a neřízenou. Řízená klasifikace znamená, že se zvolí trénovací oblast, ve které jsou vyhledávány podobné pixely, které jsou následně zařazeny do tříd. Dochází k tzv. shlukování pixelů na základě jejich podobnosti. Při neřízené klasifikaci se předem nevoly trénovací oblast, ale určí se spodní a horní hranice počtu shluků, do kterých budou pixely tříděny. Jednotlivé pixely se budou shlukovat na základě stejných či podobných ploch (Dobrovolný, 1998, s. 156, s. 162).

## **2.4 Postklasifikační úpravy a spojování dat**

Postklasifikační úpravy, které jsou posledním krokem zpracování obrazu, jsou velice důležité a představují poslední fázi celého procesu. Během tohoto kroku je vyhodnocena přesnost a spolehlivost zvoleného klasifikačního algoritmu. V této fázi dochází k porovnání původních a klasifikovaných pixelů. Pokud se v jedné třídě pixelů objeví izolovaný pixel jiné třídy, je zřejmé, že došlo pravděpodobně ke klasifikační chybě. V takovém případě se přesune onen izolovaný pixel do třídy pixelů, kterými je obklopen. K takovému vyhlazovacímu procesu slouží modální filtr, který klasifikační obraz tímto způsobem vyčistí (Dobrovolný, 1998, s. 167-168).

Dobrovolný (1998, s. 170-171) zmiňuje tři základní formy prezentace výsledků klasifikace snímků, kterými jsou tematická mapa vytištěná na papír, tabulární data a digitální výstupy. Vzhledem k rozvoji výpočetní techniky, softwaru a elektronických přístrojů je výhodné využívat výstupy digitální. V tomto prostředí lze vytvářet vlastní informační vrstvy, které je dále možné propojovat s dalšími geografickými daty. Kombinace a propojování těchto dat s analytickými nástroji Geografického informačního systému poskytuje nové informace pro databázi GIS a lze tak přispět k přesnějšímu popisu určitého území a jevům, ke kterým dochází v daném území. Jak uvádí Longley (c2011), rozšíření internetu a zlepšení technologií umožňuje uživateli vytvářet mapu nejenom v kanceláři, ale i přímo v terénu, kde může lépe postihnout specifika dané oblasti.

### 3 KRIZOVÉ ŘÍZENÍ

Pojem krizové řízení (krizový management) se používá v nejrůznějších oblastech krizových situací, které mohou mít různý charakter např. charakter přírodní, sociální, ekonomický, bezpečnostní či dokonce vojenský (Roudný, Linhart, 2004. s. 24).

Krizový management se řadí do tzv. prediktivního projektového managementu, který aktivně předchází vzniku problémů, řízení rizik a zvládání krizí. Takový management vykazuje efektivnost řízení a vysokou produktivitu. Tím, že jsou problémy řešeny preventivně, je vytvořeno konstruktivní prostředí, ve kterém realizační týmy zvládají snáze řešit případné výjimečné jevy a krizové situace (Antušák, 2016, s. 15).

Krizový management lze charakterizovat jako ucelený souhrn teoretických přístupů, praktických doporučení a metod, které jsou uplatňovány v hierarchizovaném a funkčně propojeném systému, jehož součástí jsou orgány veřejné správy, právnické a fyzické osoby. Cílem krizového managementu je zamezit možnost vzniku krize a v případě, že krize již nastala, minimalizovat rozsah škod a dobu trvání krize. Nedílnou součástí krizového řízení je i odstraňování následků působení negativních krizových faktorů, obnova systému a návrat do nového běžného stavu (Antušák, 2016, s. 15).

Roudný a Linhart (2004, s. 24) definují krizový management jako něco, co předchází a řeší nežádoucí stavy a situace. Cílem však není krizový stav, ale naopak pozitivní výsledek či nejmenší ztráty.

Krizové řízení může probíhat na různých úrovních např. na úrovni vlády, územních a místních orgánů, řídicích orgánů podniků a organizací. Důležité je následné propojení s řízením složek integrovaného záchranného systému na dané úrovni. Mezi základní složky IZS patří Hasičský záchranný sbor ČR (HZS) a jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje, zdravotnická záchranná služba a Policie ČR (kr-vysocina, 2003).

Jednou z nejdůležitějších součástí krizového řízení je krizové plánování, jehož výsledkem je krizový plán, který poskytuje návod k řešení krizové situace. Krizový plán specifikuje činnosti, které je nezbytné zrealizovat pro úspěšné vyřešení a zvládnutí krize. Tyto činnosti jsou přidělené zúčastněným orgánům krizového řízení a zapojeným právnickým a fyzickým osobám (Roudný, Linhart, 2004, s. 25).

S rozvojem moderních technologií se velmi rychle rozmohlo jejich využívání při řešení krizových situací. Nejen preventivně, ale i při řešení již vzniklých krizových situacích může složkám velmi pomoci např. využití termálních kamer.

## 4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V článku „*A Study of Coal Fire Propagation with Remotely Sensed Thermal Infrared Data*“ (Hongyuan, 2015) se kolektiv autorů věnuje problematice využívání termálních kamer. Termální data mohou být využívána třeba při detekci povrchových a podzemních uhelných požárů, které představují vážný problém všude tam, kde jsou pod zemí uložena ložiska uhlí. Tyto nekontrolované požáry postihují např. USA, Čínu, Rusko a mnoho dalších zemí. Uhelné požáry představují hrozbu pro životní prostředí, klima a v neposlední řadě pro neobnovitelné zdroje. V Číně se v důsledku uhelných požárů vyčerpá či zneprístupní pro těžbu velká část uhelných ložisek. Zdravotním rizikům a přírodním katastrofám v důsledku uhelných požárů se dá předejít využitím termálních dat. Získáváním a vyhodnocováním termálních dat lze detekovat šíření uhelného požáru. Získaná data jsou důležitá nejen pro řízení a hašení požáru, ale i pro předvídání možného rozšíření nebezpečí. Představují tak pro hasiče kritické informace. V této studii byl směr šíření požáru uhlí ve Wuda Coal Field (WCF) v severozápadní Číně analyzován pomocí dat termální infračervené oblasti (TIR) Landsat Thematic Mapper (TM) a Enhanced Thematic Mapper (ETM+). Pomocí automatizované metody a teplot povrchu země (LST) získaných z termálních dat, byly na základě tepelných anomálií detekovány uhelné požáry.

Článek „*Manchester fire and rescue service*“ (DuPlessis, 2017) vydaný v rámci příručky *Drones in Humanitarian Action* se zabývá tematikou využití termální kamery. V praxi popisuje její užití v oblasti záchranných složek. Hasičská a záchranná služba v Manchesteru do své výbavy pro nouzové situace zařadila drony s termální kamerou jako jedna z prvních. Cílem bylo především zajistit větší bezpečnost personálu. Průzkumná jednotka AIR provádí letecké snímkování pomocí termálních kamer při nejrůznějších incidentech, při pátrání a záchraně ohrožených osob. V průběhu jednoho roku uskutečnila jednotka s drony a termální kamerou 161 misí, až tři lety denně. Nejednou záchranářům použití dronu zachránilo život. Při zásahu uvnitř hořící budovy dron dokázal včas detekovat hrozící nebezpečí. Na základě informace od operátora obsluhujícího dron, hasiči přijali opatření k zajištění jejich bezpečnosti a předešli tak ztrátám na životech. Využití dronů s termální kamerou se při zásazích záchranných jednotek velice osvědčilo a významně přispělo k větší bezpečnosti zasahujících jednotek.

Další příklad využití termální kamery v krizovém řízení je popsán v článku „*Real-time information after Typhoon Haiyan in the Philippines*“ (Alschner et al, 2016), který je součástí příručky *Drones in Humanitarian Action* a zabývá se využitím termálních kamer při přírodních katastrofách. Po tajfunu na Filipínách v roce 2013 společnost Danoffice IT podporovala aktivity reagující na katastrofu v těžce zasaženém městě Tacloban. Spolu s dalšími organizacemi, včetně jihokorejského pátracího a záchranného týmu, kanadského Červeného kříže a ve spolupráci se

Spojenými národy a týmy OSN pro hodnocení a koordinaci katastrof byla nasazena Quad-helikoptéra dronu Huginn X1, která byla vybavena dvěma kamerami, kamerou s vysokým barevným rozlišením a termokamerou. Použitá technika umožňovala živé pozorování oblasti snímané kamerou na obrazovce. Společnost Danoffice IT provedla řadu misí v oblasti Taclobanu a poskytla letecký pohled na silnice, poškozené budovy a další důležité informace v reálném čase. Jednou z takových misí bylo létání nad nemocnicí, která byla poškozena bouří, přístup do nemocnice byl obtížně přístupný a existovaly obavy o bezpečnost týmů, které by byly vyslány posoudit stav budovy. Nasazení quad-helikoptéry Huginn X1 poskytlo letecké snímky nemocnice, umožnilo záchrannému týmu posoudit poškození ze vzduchu a poskytlo přesné informace o potřebách opravy. Jednalo se o jeden z mnoha příkladů nasazení dronů v souvislosti s mimořádnou krizovou událostí.

Článek „*Use of land surface temperature (lst) data in the determination of high areas of forest fire risk in Erdemli district*“ (Salman, 2018), jež je obsažen v Journal of International Social Research, se zabývá problematikou lesních požárů a jejich předcházení pomocí využití termálních kamer. V Turecku často dochází k lesním požárům v důsledku přírodních podmínek. Jednou z příčin vzniku požárů je přehřátí povrchu země v závislosti na vysokých teplotách. V této studii bylo analyzováno poslední období lesních požárů v okrese Erdemli. V tomto období byla termální kamerou snímána teplota země. Na základě dat z termální kamery byla zkoumána průměrná teplota povrchu země. Výsledky studie ukazují, že velká část lesních požárů se kryje s měsíci srpnem a zářím, které jsou nejžhavějšími obdobími, podle výsledků získaných z dat LST. Výsledkem je, že tato studie potvrzuje, že riziko lesního požáru pomocí dat LST lze určit metodou dálkového průzkumu Země.

Studie „*Preliminary Study of UAS Equipped with Thermal Camera for Volcanic Geothermal Monitoring in Taiwan*“ (Chio a Lin, 2017) popisuje využití termokamery pro sopečné geotermální monitorování na Tchaj-wanu. V této studii byl vyvinut dron (kvadroptéra) UAS pro sběr termálních obrazů, který lze použít při vulkanickém geotermálním monitorování v obtížném terénu s vysoce proměnlivou topografií a extrémními podmínkami prostředí. V tomto systému sběru termálních snímků byla použita termální infračervená kamera XM6. Na dronu UAV byla navíc nesena OEM deska Trimble BD970 GNSS OEM, která shromažďovala přesná data o letové trajektorii pro určování polohy a orientaci termálních obrazů. Experiment byl úspěšně proveden v oblasti Hsiao-yukeng tchajwanského národního parku Yangmingshan. Systém v extrémních podmínkách prostředí fungoval velmi dobře. Studie dokazuje, že bezpilotní systém může podporovat monitorovací operace i v obtížných a nebezpečných podmínkách. Navrhovaný UAS by mohl najít uplatnění v budoucím monitorování vulkanické aktivity na Tchaj-wanu.

Na webové stránce Fire Rescue 1, která je zaměřena na vybavení pro hasičské záchranné

sbory, jsou v článku „*First responders use heat-seeking drones in deadly tornado aftermath*“ (Sainz, 2019) uvedeny konkrétní případy využití termálního snímkování. Termální kamery připevněné na dronech byly použity např. ve státě Alabama v USA. Zde byly drony nasazeny po smrtelném tornádu, které napáchalo nedozírné škody a během kterého zemřelo 23 lidí. Drony vybavené termální kamerou pomáhaly záchranným posádkám vyhledávat případné oběti a také umožnily rychlejší postup při zásahu. Díky datům z termokamery měli záchranáři údaje o tom, zda při svém zásahu nepřehlédli žádného zraněného uvězněného v troskách. Využití dronů nesoucích termokameru je velkým přínosem během zásahu, protože pohyb záchranných složek by byl ve zrušeném terénu složitý a pomalý. Díky této technologii, která je významným nástrojem na ochranu a záchranu životů, byl zásah záchranných složek efektivnější a zároveň bezpečnější pro zasahující záchranáře.

V tomtéž článku autor popisuje další konkrétní příklad využití termální kamery. V USA v oblasti San Franciska má okres protipožární ochrany Menlo Park k dispozici flotilu asi 15 dronů s různým vybavením, některé s běžnými kamerami, jiné s termovizí. Během loňských ničivých požárů v severní Kalifornii mapovaly bezpilotní letouny oblasti, kde zuřily požáry. Fotografie byly odeslány do mobilních telefonů hasičů a pomohly jim tak účinně likvidovat plameny a rozsáhlé požáry uhasit. Hasiči z Menlo Parku také pomocí termálních dronů pátrali po lidech, kteří se ztratili v zálivu San Francisco a se svými drony pomáhali např. v Texasu po hurikánu Harvey. Hasiči v Kalifornii běžně využívají drony s termokamerou k mapování lesních požárů a k prohledávání spálených domů. Nejen v USA, ale i v dalších zemích vzrůstá využití zařízení s termovizí v krizovém řízení při nejrůznějších krizových situacích. V Číně, Nepálu či v Mexiku byly drony s termální kamerou použity např. po ničivých zemětřeseních.

Další příklad využití termální kamery je uveden v článku „*Applications of Thermal Images for Monitoring Surficial Temperature Changes of Naked Slope*“ (Chen a Liu, 2017) uveřejněném v odborném časopise *Proceedings of Engineering and Technology Innovation*. Termokamery byly nasazeny po přírodních katastrofách na Tchaj-wanu. V roce 1999 po zemětřesení Chi-Chi a v roce 2009 po tajfunu Morakot Typhoon. Záchranným snahám bránily následné záplavy, poruchy přehrad, selhání silnic a mostů a sesuvy půdy. Termální kamery byly využity při mapování katastrof a při snaze o prevenci sekundárních katastrof. Díky využití termokamer je možné detekovat změny teploty povrchového záření a může tak být včas lokalizována nestabilita oblasti, čímž lze předcházet možným katastrofám. Termální snímky se v posledních letech běžně používají pro monitorování činnosti sesuvů. Jejich výhodou je bezkontaktní dálkové ovládání a využití je vhodné jak pro dlouhodobé, tak i pro krátkodobé monitorování míst se změnami teploty povrchového záření.

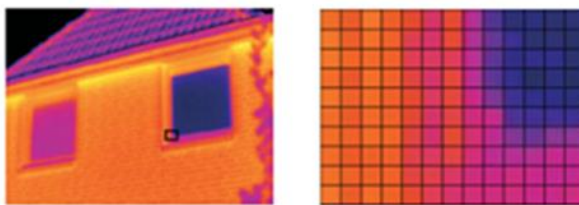
Na webové stránce Future of privacy forum je v článku „*Thermal imaging as pandemic exit strategy: Limitations, use cases and privacy implications*“ (Schaller et al, 2020) popsáno využití termální kamery v boji s nakažlivou nemocí. Termální kamery pomáhají i v době celosvětové pandemie koronaviru. Pomocí termokamery lze odhalit lidi se zvýšenou teplotou, kteří tak mohou být potenciálním zdrojem nákazy ostatních. Při umístění kamer na frekventovaná místa s vyšším počtem osob lze bezkontaktně měřit více osob najednou. Bezkontaktní měření teploty snižuje pravděpodobnost nakažení a zároveň zvyšuje rychlost měření. Tento způsob zjišťování teploty vykazuje vysokou přesnost měření a je to způsob velice účinný. Vzhledem k jeho možnostem využití je možné termokamery instalovat například v nákupních centrech, v nemocnicích, v sociálních zařízeních či na úradech. Termální kamery využívají letiště po celém světě. Některé země, včetně Číny, Japonska, Jižní Koreje, Singapuru, Kanady a Indie, je začaly používat v letech 2002-2003 (v reakci na SARS) nebo 2009 (v reakci na prasečí chřipku) a nadále je používají v reakci na COVID-19. Některá letiště v těchto zemích v posledních měsících nainstalovala další kamery. Jiné země, například Itálie, začaly v poslední době poprvé na letištích používat termální zobrazování. Římské letiště Fiumicino testuje přilby vybavené termokamerami, které nosí jeho zaměstnanci, aby detekovaly teploty cestujících a odhalily tak případné zdroje nákazy.

Další příklad využití satelitního a pozemního tepelného zobrazování je uveden v článku „*Testing satellite and ground thermal imaging of low-temperature fumarolic fields: The dormant Nisyros Volcano (Greece)*“ (Lagios et al, 2007), který pojednává o využití tepelného zobrazování při měření fumarolických polí spící sopky Nisyros (Řecko) v letech 2000-2002. V průběhu monitoringu byly naplánovány tři noční termální snímky ostrova Nisyros pro získání teploty povrchu země. Údaje o pozemní teplotě byly shromážděny také prostřednictvím satelitu, který nad měřenou oblastí prolétal. Zpracovaná měření ukazují, že měřená oblast vykazuje tepelnou anomálii. Povrch země kráteru je o 5-10° teplejší než jeho okolí. V roce 2002 byly pomocí přenosné termální infračervené kamery také shromážděny pozemní termální snímky hydrotermálního kráteru Stephanos. Snímky odhalily rozdíl 0-2 °C mezi teplotními obrazy země a teplotou země. Studie ukazuje, že satelitní dálkový průzkum nízkoteplotních fumarolických polí v kalderách může poskytnout spolehlivý dlouhodobý monitorovací nástroj spících sopek, které mají potenciál znovu se aktivovat. Podobně lze přenosnou termokameru snadno nasadit pro monitorování v reálném čase pomocí telemetrického přenosu dat. Tato studie prokázala, že využití termálních kamer se stalo důležitou součástí systému včasného varování.

## 5 TERMÁLNÍ KAMERA

K zachycení snímků v termální části spektra slouží termální kamera. Termální kamera detekuje infračervené záření, které je vyzařováno objektem a získaná data zobrazí v stupnici barev od modrých tónů u chladných předmětů až po sytě rudé u nejvíce zahřátých. Termokamera obsahuje i klasickou kameru a výsledkem snímání jsou jak digitální, tak i IČ snímky. Výhodou termálních kamer je jejich použitelnost i v noci (Mobilmania.zive.cz, 2016).

Termokamera je konstrukčně srovnatelná s běžnou kamerou či fotoaparátem. Výsledným snímkem je tzv. termogram, který je složený z pixelů, jenž odpovídají povrchové teplotě měřeného objektu v daném bodě. Termogram je zdrojem informací o povrchovém rozložení teploty měřeného objektu. Nejdůležitějšími částmi termokamery jsou optika, detektor a elektronika pro zpracování a prezentaci obrazu (Termokamera.cz, 1999).



Obrázek 1 - Termogram (Zdroj: (Termokamera.cz, 1999))

Vzhledem k rozdílnému průchodu infračerveného záření čočkou klasické videokamery, používá se u termálních kamer spojka z germánia bez možnosti optického zoomu. Nanesením antireflexní vrstvy na povrch čočky se zvýší propustnost infračerveného záření až na 90 % a více. Optika zároveň plní funkci filtru. Dopadající elektromagnetické záření všech vlnových délek filtruje a propouští pouze záření požadovaných vlnových délek (Termokamera.cz, 1999).

Dopadající infračervené záření je detektorem převáděno na elektrický signál, který je pomocí elektroniky dále převeden na výsledný termogram. Detektory se dělí na tepelné a fotonové. Dle Termokamery.cz je většina termokamer osazena tepelným detektorem, který převádí energii optického záření na tepelnou energii. Nejdražší termokamery využívají fotonový detektor, který pracuje na principu počítání fotonů. Fotonové detektory vykazují větší citlivost než tepelné detektory, s čímž je spojena i vyšší hmotnost kvůli nutnosti chlazení detektoru. Rozdílná je i spektrální citlivost detektorů. Fotonové detektory jsou úzkopásmové, schopné detekovat záření pouze v úzkém rozsahu vlnových délek. Tepelné detektory jsou oproti tomu širokopásmové (Plasticportal.cz, 2019).

Elektronika vyhodnocuje elektronické signály z čidel detektoru a následně využívá nástroje a algoritmy ke korekci obrazu. Výsledkem všech těchto kroků je termogram (Termokamera.cz, 1999).



## 5.1 Typy termálních kamer

Termokamery lze rozdělit dle způsobu jejich použití na ruční, stacionární či termokamery vhodné pro pilotní i bezpilotní letecké prostředky. V této práci byla použita ruční termální kamera FLIR E5-xt, která je vhodná pro využití v situacích týkajících se krizového řízení (Spektravision.cz, 2020).

### 5.1.1 Ruční termokamery

Ruční termokamery jsou přenositelné a k tomu je uzpůsobena i jejich velikost, tvar, nízká hmotnost, jednoduché použití a flexibilita využití. Na rozdíl od kamer stacionárních je časový úsek použití závislý na akumulátoru použité termokamery, což je jisté omezení a nevýhoda. Nabídka ručních termokamer je poměrně široká a v závislosti na druhu použitého detektoru i cenově rozdílná. Nejvíce rozšířené jsou ruční termokamery s tepelným detektorem. Kvalita výsledného měření závisí na znalosti postupů a eliminaci jevů, které mohou ovlivnit měření a jeho přesnost. Rozlišení ručních termokamer je nejčastěji v rozmezí 320×240 až 1 024×768. Další parametry, kterými se od sebe termokamery mohou lišit a při výběru je nutné je zvážit, jsou např. kvalita SW pro tvorbu výsledných reportů, možnost online přenosu dat do PC, technická podpora, způsob ukládání a reprezentace dat, možnosti a typy vyměnitelných objektivů atd. Do této kategorie termokamer se řadí např. modely FLIR i3, FLIR i5 a FLIR i7 od výrobce značky FLIR, které se od sebe liší rozlišením senzoru a rozsahem zorného pole (Termokamera.cz, 1999).



Obrázek 2 - Rozdíl ve výsledném zobrazení řady FLIR i (Zdroj: (Termokamera.cz, 1999))

## 5.1.2 Stacionární termokamery

Stacionární termokamery používají rozdílné aplikace než ruční termokamery. Využívají aplikace bezpečnostní, protipožární, trvalý monitoring procesů, strojové vidění apod. Stacionární termokamery jsou propojeny s PC, kde buď dochází k záznamu dat a jejich následnému vyhodnocení, nebo jsou vyhodnoceny online. Často jsou využívány pro dohled nad majetkem, osobami a ostrahu osob, v průmyslu např. pro kontrolu kvality a bezpečnosti výrobních procesů. Do této kategorie termokamer se řadí i bezpečnostní termokamery značky FLIR, které poskytují vysoce kvalitní a kontrastní obraz za jakéhokoliv počasí, v naprosté tmě, částečně skrze porost, kouř, dým a mlhu nebo v oslňujícím slunci. Dokonce ani přímý pohled do Slunce nepoškodí vysoce kvalitní a odolné VOx senzory (Termokamera.cz, 1999).



Obrázek 3 - Bezpečnostní termokamera FLIR řady FC (Zdroj: (Termokamery-flir.cz, 2017))



Obrázek 4 - Bezpečnostní termokamera FLIR řady FC - porovnání se standardní kamerou (Zdroj: (Termokamery-flir.cz, 2017))



Obrázek 5 - Obraz nasnímaný v absolutní tmě (Zdroj: (Termokamery-flir.cz, 2017))

Termokamery značky FLIR disponují funkcí automatické detekce obrazu, tj. rozpoznání člověka, motorového vozidla a jiných možných hrozeb. Dále tyto kamery udávají informace o teplotě v obraze, čehož se využívá v aplikacích jako je požární bezpečnost, sledování prostředí kde hrozí riziko vznícení požáru a monitoring teploty sledovaných předmětů (Termokamery-flir.cz, 2017).



Obrázek 6 - Funkce automatické obrazové detekce (Zdroj: (Termokamery-flir.cz, 2017))

Termokamery FLIR určené pro ostrahu jsou vhodné jak pro kontrolu malých zorných polí a krátké vzdálenosti, tak i pro kontrolu rozlehlých prostor a rozpoznání narušitele na velké vzdálenosti. Flexibilita a přizpůsobení systému sledované scéně je dáno množstvím výměnných objektivů s různými ohniskovými vzdálenostmi a zorným úhlem. Pokročilé řady bezpečnostních termokamer disponují kombinací několika sensorů. Termokamery vybavené chlazených detektorem dohlédnou 2x dále než termokamery s nechlazenými senzory. Díky tomu je možné rozpoznat lidskou postavu vzdálenou 4-5km. Díky své konstrukci se může termokamera otáčet o 360° a může tak zvětšit rozsah snímané oblasti (Termokamery-flir.cz, 2017).

### 5.1.3 Termokamery pro letecké snímání

Významný přínos pro získávání dat představuje letecká termografie, tj. kombinace dronu s termokamerou. Letecká termografie nachází své uplatnění při monitoringu nepřístupných oblastí, nebezpečných oblastí, oblastí zahrnujících větší plochu atd. Snímky získané z termokamer v kombinaci s pilotním či bezpilotním leteckým prostředkem poskytují důležitá termografická data např. při diagnostice staveb, v zemědělství, v archeologii, při pátracích operacích bezpečnostních a záchranných složek za nejnáročnějších podmínek. Zástupcem termokamer vhodných pro pilotní i bezpilotní letecké prostředky je např. termokamera FLIR DUO, která je základním modelem vhodným pro drony. Kamera používá zároveň termokameru a klasickou barevnou kameru. Předností této kamery je nízká váha a kompaktnost. Kamera nabízí řadu funkcí např. online ovládání skrz klasické PWM vstupy, disponuje funkcí MSX, díky které je možné zvýraznit obrysy měřených objektů atd. Kamera má HDMI i analogový výstup (w-technika, 2016).



**W-TECHNIKA**  
PRŮMYSLOVÉ A TERMOVIZNÍ KAMERY

Obrázek 7 - Termokamera FLIR DUO pro drony (Zdroj: (w-technika, 2016))



Obrázek 8 - Umístění termokamery FLIR DUO na dron (Zdroj: (Eshop.pro-drony.cz, 2016))

## **6 TERMOKAMERA FLIR E5-XT**

Data použita v této práci byla nasnímana ruční termokamerou značky FLIR E5-xt. Jedná se o základní model řady FLIR Ex. Manipulace s tímto modelem termokamery je uživatelsky příjemná a osvojení práce s ní není časově náročné.

### **6.1 Technické parametry termokamery FLIR E5-xt**

Model E5-xt disponuje rozlišením 160×120 px a dokáže měřit teploty v rozsahu – 20 °C až + 400°C. Teplotní citlivost je menší než 0,10 °C. Tato termokamera svým uživatelům nabízí různé profesionální měřicí funkce, mezi něž se řadí například vyhledání bodu s maximální/minimální teplotou. V závislosti na měřeném objektu lze nastavit i odpovídající emisivitu. Součástí modelu E5 - xt je vestavěný digitální fotoaparát, který umožňuje spolu s termovizním snímkem (tj. s termogramem) pořídit fotografii místa měření a měřeného objektu. Tato funkce se ukázala být velice důležitá, protože po pořízení většího množství snímků, tato funkce usnadnila jejich následnou identifikaci. Termokamera E5-xt disponuje různými paletami barev, díky kterým může být analýza snímku přesnější. Další funkce, kterou je tento model vybaven, je „Prolínání obrazu“ nebo-li tzv. MSX funkce (Multi Spectral Dynamic Imaging). MSX funkce umožňuje zvýraznění hran reálné fotografie a její prolínání s termosnímkiem, díky čemuž umožňuje rozpoznat větší detaily, poskytuje lepší orientaci v prostoru a případný problém tak může být identifikován rychleji. Termokamera disponuje třípalcovým barevným displejem, na kterém lze jak v reálném čase sledovat měřený objekt, tak i procházet již pořízené snímky. Na jedno nabití vydrží baterie až 4 hodiny provozu. Nasnímané snímky se ukládají ve standardním formátu JPEG a lze je spolu se všemi naměřenými a zaznamenanými daty snadno přenášet přes microUSB rozhraní do PC či do tabletu. K přenosu dat je možné využít i WIFI. Následná analýza snímků probíhá v softwaru FLIR Tools a FLIR Tools+ se kterými je termokamera FLIR E5-xt plně kompatibilní (User's manual FLIR Ex series,

### **6.2 Ovládání termokamery**

Za účelem spolehlivého měření je nezbytně nutné seznámit se s ovládáním a funkcemi kamery řady FLIR E5-xt ještě před použitím. Vzhledem k tomu, že kamera neobsahuje velké množství tlačítek, není její obsluha náročná. Největší část přední strany kamery zabírá třípalcový barevný displej, který zobrazuje měřený objekt a nabídku funkcí. Na přední straně kamery je tlačítko „Zapnout/Vypnout“, kterým spustíme a opět vypneme kameru. Dále je zde tlačítko „Archiv“, díky němuž je možné procházet si již pořízené snímky a pak je zde tlačítko „Storno“, kterým rušíme

svůj výběr a vracíme se o krok zpět. Posledním tlačítkem je tlačítko „Funkce“, které umožňuje vybrat a procházet si nabídku a dialogová okna, která se po jeho zmáčknutí zobrazí na displeji termokamery.



Obrázek 9 - Přední strana termokamery FLIR E5-xt (Zdroj: vlastní zpracování)

Na zadní straně termokamery je objektiv digitálního fotoaparátu a infračervený objektiv. Před každým použitím kamery je nejprve nutné otevřít kryt těchto objektivů páčkou, která je taktéž na zadní straně kamery. Posledním prvkem na této straně kamery je spoušť pro snímání obrázků.



Obrázek 10 - Zadní strana termokamery FLIR E5-xt (Zdroj: vlastní zpracování)

### 6.3 Prvky obrazovky

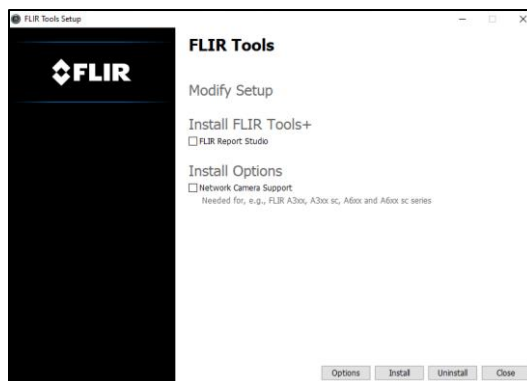
Po vyvolání nabídky se na displeji zobrazí panel hlavní nabídky, který nabízí následující funkce: „Nastavení, Režim snímku, Měření, Barva a Teplotní stupnice“. Po aktivaci této hlavní nabídky se zobrazí panel podnabídky. V rámci funkce „Nastavení“ je možné upravovat parametry měření, nastavení ukládání, teplotní rozsah kamery a nastavení zařízení. Ve funkci „Režim snímku“ je možné zvolit si vzdálenost seřízení, režimy MSX, tepelný režim, obrázek v obrázku, teplotní mísení a digitální kamera. Funkce „Měření“ nabízí možnost změřit středový bod, horký bod, studený bod a bez měření. V rámci funkce „Barva“ je možné vybrat si z nabídky „Železo“, „Duha“, „Šedá“, „Alarm pod limitem“ a „Alarm nad limitem“. V pravé části displeje je teplotní lišta, na které lze sledovat nejnižší a nejvyšší naměřenou teplotu.



Obrázek 11 - Displej termokamery FLIR E5-xt (Zdroj: vlastní zpracování)

## 7 SOFTWARE FLIR Tools

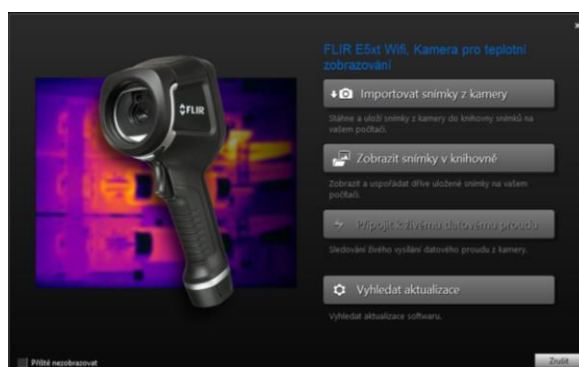
Ke zpracování pořízených snímků byl z nabídky programů určených ke zpracování termálních snímků využit software FLIR Tools, protože je nabízen stejnou firmou jako použitá termokamera FLIR E5-xt. Tento software je volně stažitelný například na webové stránce termokamery-flir.cz. Po stažení softwaru si uživatel volí, jaké nabízené části softwaru bude instalovat do svého PC.



Obrázek 12 - Software FLIR Tools (Zdroj: vlastní zpracování)

Kromě základní verze FLIR Tools, která je dostupná zdarma, je v nabídce i rozšířená verze programu označená FLIR Tools+. Tato verze je již placená a oproti základní verzi nabízí propojení s MS Word, ve kterém umožňuje tvořit protokoly. Další výhodou je možnost záznamu a přehrání radiometrického videa. Pro tuto práci byl využit software FLIR Tools. Mezi základní funkce programu patří editace a úprava snímků, tvorba jednoduchých zpráv o měření, export snímků z termokamery do počítače a aktualizace firmwaru termokamery. Pro přesun pořízených snímků z termokamery do počítače je nutné propojit obě zařízení USB kabelem (Termokamery-flir.cz, 2017).

Po připojení termokamery se rozbalí přehledné menu, které nabízí varianty aktivit, které lze tímto propojením uskutečnit.



Obrázek 13 - FLIR Tools - menu po připojení termokamery (Zdroj: vlastní zpracování)

Pro nahrávání snímků je třeba zvolit možnost „Importovat snímky z kamery“. Poté se snímky zobrazí v PC. Pro přehlednější ukládání snímků je lze nahrát do připravených složek. Pro editaci snímku stačí na vybraný snímek kliknout a zobrazit si ho v nezmenšeném zobrazení. V pravé části

se zobrazí lišta s parametry snímku, kterými jsou emisivita, odražená teplota, vzdálenost, relativní vlhkost a další. Ke každému snímku lze připojit textový komentář a poznámku. Dále se zobrazují informace o snímku, které udávají např. model a sériové číslo kamery, objektiv, rozlišení, velikost souboru, datum vytvoření a poslední změny souboru.

Poznámka	
Parametry	
Emisivita	0,98
Odr. tepl.	23,0°C
Vzdálenost	5,0m
Atmosférická teplota	20,0°C
Teplota externí optiky	20,0°C
Propustnost externí optiky	1,00
Relativní vlhkost	50,0%
Skrýt ▲	
Textové komentáře	
Přidat řádek	+
Informace o snímku	
Model kamery	FLIR E5xt Wifi
Sériové číslo kamery	639061041
Objektiv	FOL 7 mm
Infračervené rozlišení	160 x 120
Velikost souboru	58,2 KB
Datum vytvoření	10. 4. 2021 22:26:10
Poslední změna	10. 4. 2021 22:26:10

Obrázek 14 - FLIR Tools - lišta s parametry snímku (Zdroj: vlastní zpracování)

Vedle snímku vpravo je umístěna informativní teplotní stupnice. Barevné odstupňování teplotní stupnice odpovídá různým teplotám.

## 7.1 Režimy snímku

Nad snímek se nachází lišta s šesti možnými režimy snímku. Prvním z nich je režim MSX, který zobrazí v infračerveném snímku zvýrazněné hrany objektů. Díky této funkci jsou snímky lépe vykreslené a jsou patrnější detaily. Dalším režimem je „Infračervený režim“, který zobrazí plně teplotní snímek. Další nabízený režim, který je možné si vybrat je „Tepelné prolnutí“. Tato možnost zobrazí digitální snímek, v němž jsou některé části zobrazeny infračerveně v závislosti na teplotním limitu, který lze upravovat právě v programu FLIR Tools. Režim „Tepelné mísení“ zobrazí sloučený snímek využívající směsi pixelů infračervených a digitální fotografie. Dalším zajímavým režimem je „Obraz v obraze“, kdy je v digitálním snímku zobrazen rámeček infračerveného snímku. Posledním režimem je „Digitální kamera“, kterou lze zobrazit snímek v reálné podobě (Uživatelská příručka Flir Tools/Tools+, 2013).



Obrázek 15 - FLIR Tools - nabídka režimů snímku (Zdroj: vlastní zpracování)

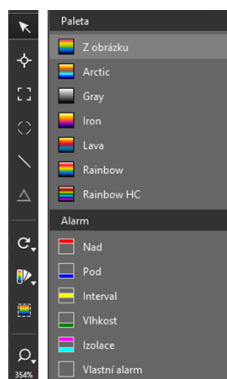


Obrázek 16 - FLIR Tools - ukázka vyobrazení v různých režimech (Zdroj: vlastní zpracování)



## 7.2 Panel nástrojů

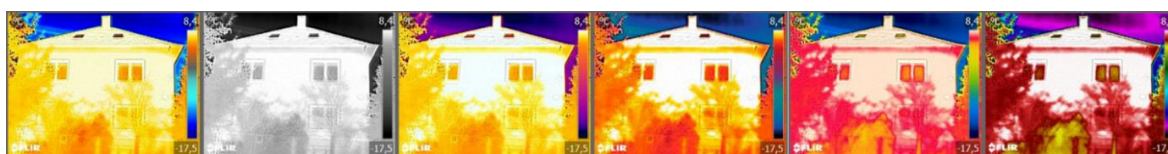
Vedle vybraného snímku je v levé části lišta panelu nástrojů pro další úpravy snímku. Prvním nástrojem je „Možnost výběru“, kterou lze využít pro pohyb zvolenými měřicími nástroji po snímku. Další funkcí, kterou lze využít je „Bodové měření“. Pokud je vybrána tato funkce, pak má uživatel možnost zjistit hodnotu teploty ve zvoleném bodě či bodech. Stačí na patřičné místo ve snímku kliknout a tím umístit bod měření. V pravé části monitoru PC se zobrazují naměřené teplotní hodnoty ve vybraných místech spolu s dalšími informacemi o snímku. Dále je možné zvolit si „Měřicí funkci nástroje pravoúhelníku“, jenž vymezení námi vybrané zkoumané území v rámci pořízeného snímku. Následně v tomto ohraničeném prostoru program sám určí maximální, minimální a průměrnou teplotu ve vybrané části snímku. Na stejném principu funguje i další nástroj, kterým je „Elipsovité měření“, který se liší pouze tvarem námi vybraného území. Další měření, které lze použít, je „Čárové měření“. Tímto nástrojem lze vytvořit libovolnou čáru, na níž se opět zobrazí místo s minimální a místo s maximální teplotou. Na základě těchto dvou hodnot software vypočítá průměrnou teplotu, která se zobrazí v postranních informacích o měření. Další funkcí je „Referenční funkce“, která umožňuje porovnat měřené hodnoty s referenční teplotou. Následuje funkce „Otočení obrázku“, díky které je možné obrázek otočit vždy o 90° (Uživatelská příručka Flir Tools/Tools+, 2013).



Obrázek 17 - FLIR Tools - lišta panelu nástrojů a Paleta barev (Zdroj: vlastní zpracování)

## 7.3 Paleta barev

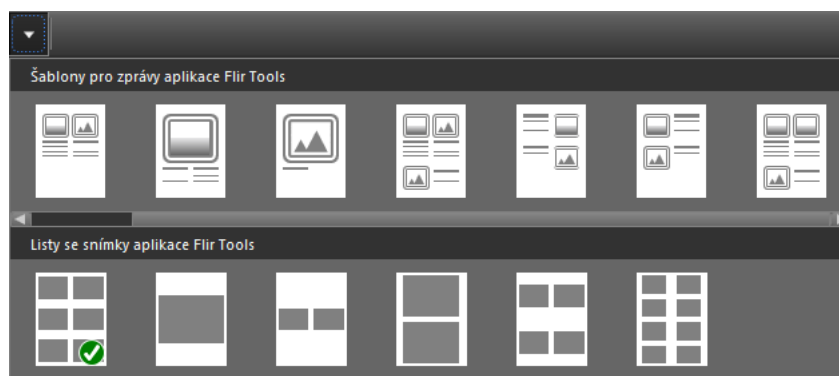
Dále lze pracovat s funkcí „Paleta barev“, díky které je možné zobrazit snímek v různé barevné škále. Jednotlivé barvy odpovídají různým teplotám ve snímku. Změna barevné palety může usnadnit analýzu snímku. Software nabízí například barevnou paletu „Arctic, Gray, Iron, Lava, Rainbow a Rainbow HC“.



Obrázek 18 - FLIR Tools - ukázka zobrazení v různých paletě barev (Zdroj: vlastní zpracování)

V rámci funkce „Paleta barev“ lze rozbalit nabídku s názvem „Alarm“. V této nabídce lze zvolit z podnabídky některé z dalších možných zobrazení, mezi něž se řadí zobrazení „Nad, Pod a Interval“. V rámci této funkce je možné nastavit teplotu udávající spodní či horní hranici. Poté lze zvolit barvu, kterou se zobrazí objekty vyhovující svou teplotou danému parametru. Stejně je možné vymežit teplotní limit, na jehož základě se zobrazí pouze objekty, jejichž teplota spadá do vymezeného rozmezí zadané minimální a maximální teploty. Dále je možné na základě rosného bodu využít funkci „Alarm vlhkosti“, který zobrazuje objekty odpovídající danému parametru. Poslední přednastavený alarm je „Alarm izolace“, díky kterému lze detekovat potenciální izolační vady stěn. V rámci nabídky lišty panelu nástrojů je funkce „Zoom“, díky níž je možné snímek zobrazit v původní velikosti jako na kameře FLIR E5-xt či ve velikosti zvětšené pro monitor PC (Uživatelská příručka Flir Tools/Tools+, 2013).

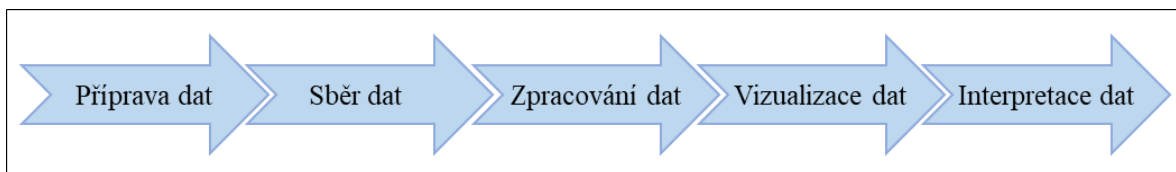
Součástí aplikace FLIR Tools jsou přednastavené šablony pro vytváření zpráv. Je možné zvolit si z nabídky šablon různé listy se snímky aplikace FLIR Tools.



Obrázek 19 - FLIR Tools - nabídka šablon (Zdroj: vlastní zpracování)

## 8 PŘÍPRAVA A SBĚR DAT

Vlastní zpracování práce se dělí na několik dílčích fází, kterými jsou příprava a sběr dat, zpracování dat a interpretace dat.

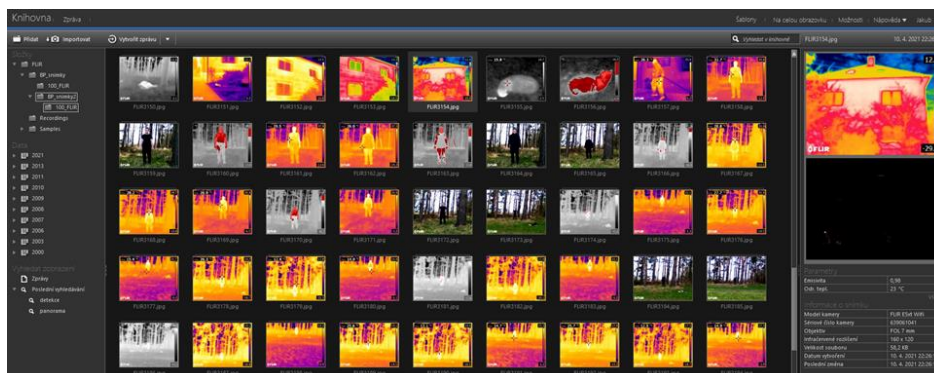


Obrázek 20 - Postup zpracování dat (Zdroj: vlastní zpracování)

Data použita v této práci byla pořízena ruční termokamerou FLIR E5-xt s rozlišením 160×120 px. Kamera je konstruována tak, aby byla dobře přenositelná a manipulace s ní co nejjednodušší. Rozměry této kamery jsou 244×95×144 mm. Její váha nepřesahuje 575 gramů. Obsluha kamery je snadná i pro začátečníky. Dále byla data připravena ke zpracování pomocí softwaru FLIR Tools, díky kterému lze nasnímaná data importovat do počítače. V tomto prostředí lze data dále analyzovat a upravovat. Detailněji jsou kamera a software popsány v kapitolách 6 a 7.



Obrázek 21 - Termokamera FLIR E5-xt (Zdroj: vlastní zpracování)

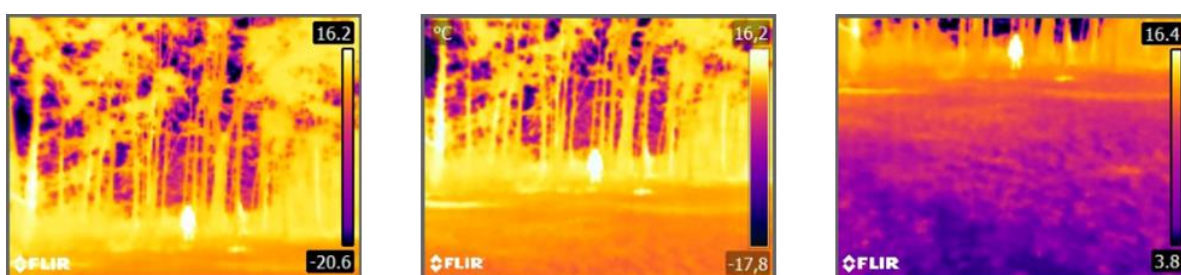


Obrázek 22 - Softwarové prostředí FLIR Tools (Zdroj: vlastní zpracování)

Sběr dat proběhl v různých denních a nočních hodinách. Součástí oblasti, která byla pro pořizování snímků vybrána, bylo pole, do něhož zasahoval vzrostlý les s členitým terénem. Pole bylo pokryto velice nízkým porostem, zatímco les obsahoval veškerá lesní patra. Snímky byly

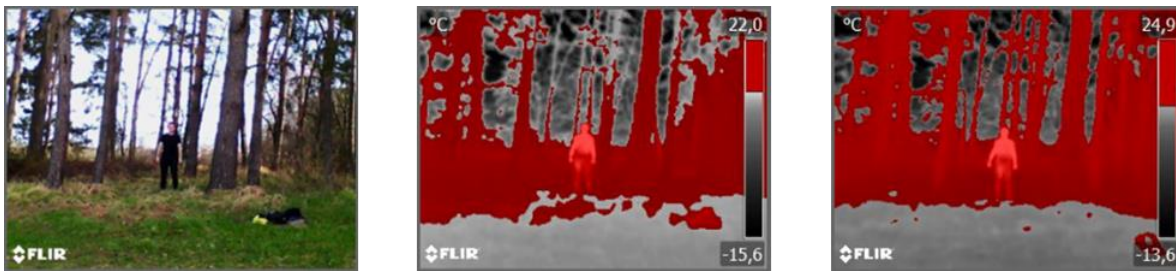
vždy pořízeny z předem zvolených vzdáleností, aby data mohla být následně mezi sebou porovnána. Při sběru dat byly simulovány nejrůznější situace, které by při využití v rámci krizového řízení mohly nastat.

V přípravné fázi před vlastním sběrem dat určených ke zpracování byly nasnímány cvičné snímky. V době pořizování snímků byla obloha polojasná, spíše jasná, což se projevilo na teplotní stupnici. V případě jasného nebe je odráženo tzv. „chladné záření nebe“ (~ -50 °C ... -60 °C). Pokud se nepodařilo tento jev na snímcích eliminovat, projevil se na teplotní stupnici (Termokamery-testo.cz, 2015). Na obrázku 23 je vidět, že při pořizování snímků záleží i na úhlu, pod kterým jsou snímány. Na snímcích je patrné, že v závislosti na úhlu snímání se mění barevné spektrum snímku, které vychází z nasnímaných teplot zabraného území. Barevné spektrum snímku může tak ovlivnit rozpoznatelnost objektu zájmu.

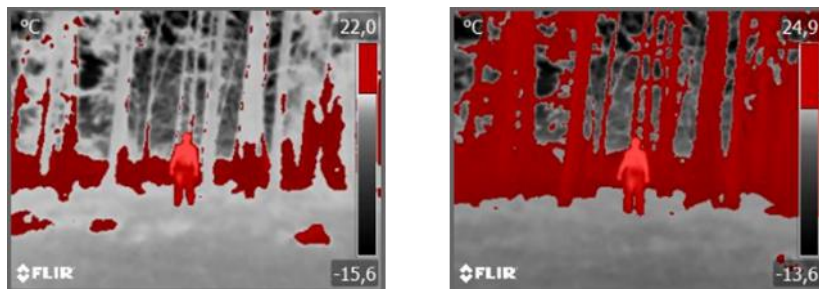


Obrázek 23 - Ukázka snímků zachycených pod různým úhlem (Zdroj: vlastní zpracování)

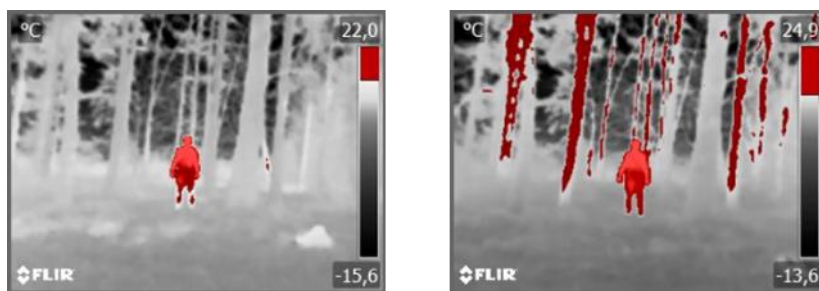
V průběhu přípravné fáze byla v režimu „Alarm nad“ prozkoumána míra barevného zobrazení v závislosti na zvolené teplotní úrovni. V tomto režimu se ve snímku zabarví kontrastní barvou všechny pixely, které mají vyšší teplotu, než je stanovena teplotní úroveň. Bylo nezbytné mezi sebou porovnat zobrazení s různě nastavenou minimální teplotou, aby mohla být vhodně zvolena minimální teplota při vlastním snímání. Výsledné zobrazení v tomto režimu může významně pomoci při zobrazování hledaného objektu. Testování tohoto režimu proběhlo v 11:00 dopoledne a ve 21:00 večer. V dopoledních hodinách bylo polojasno, teplota vzduchu se pohybovala kolem 13 °C. Ve večerních hodinách teplota vzduchu klesla na 10 °C a bylo polojasno. Snímky byly pořízeny ze vzdálenosti 10 metrů. Následující kompozice snímků představuje ukázkou zobrazení v režimu „Alarm nad“ při různě nastavených teplotách. Teploty pro tuto ukázkou byly zvoleny tak, aby demonstrovaly výrazné rozdíly v zobrazení. Teplota byla u těchto ilustračních snímků nastavena na hodnoty 12 °C, 13 °C, 16 °C, 18 °C a 24 °C. Vedle sebe je vždy dvojice snímků pořízených v denní a noční dobu, pro srovnání je přidán i jeden referenční snímek pořízený ve viditelné části spektra. Na základě tohoto testování byla pro tuto práci v režimu „Alarm nad“ zvolena hodnota 18 °C. Při této teplotě bylo patrné na denních i nočních snímcích výrazné oddělení figuranta od okolní krajiny.



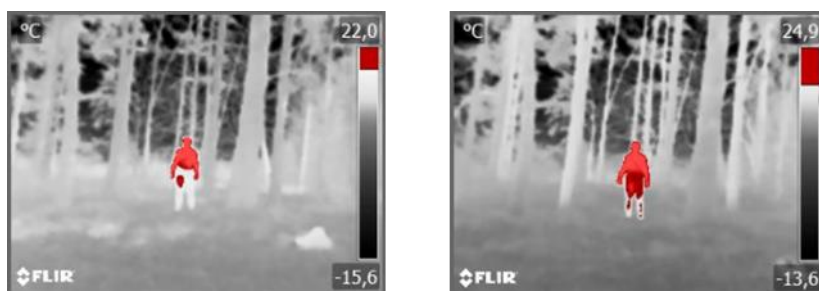
Obrázek 24 - Denní a noční snímek v režimu "Alarm nad" 12 °C (Zdroj: vlastní zpracování)



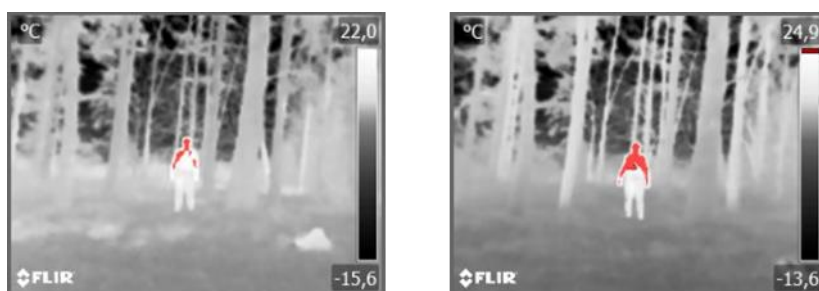
Obrázek 25 - Denní a noční snímek v režimu "Alarm nad" 13 °C (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 26 - Denní a noční snímek v režimu "Alarm nad" 16 °C (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 27 - Denní a noční snímek v režimu "Alarm nad" 18 °C (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 28 - Denní a noční snímek v režimu "Alarm nad" 24 °C (Zdroj: vlastní zpracování)

## 9 ZPRACOVÁNÍ A VIZUALIZACE DAT

Vzhledem k tomu, že práce se zabývá využitím termokamery v krizovém řízení, jsou pořízené snímky zaměřeny na situace, ke kterým by v rámci krizového řízení mohlo dojít. Po prostudování statistik Hasičského záchranného sboru ČR (hzscr.cz, 2020, 2021) byly navrženy modelové situace týkající se vzniku požáru ve volném terénu a v budově. Část práce týkající se vyhledávání osob v terénu byla inspirována článkem o využití termokamery Hasičským záchranným sborem Pardubického kraje (irozhlas.cz, 2019).

### 9.1 Vyhledávání osob v terénu

První sada snímků byla pořízena dne 10. 4. 2021 během dopoledních hodin kolem 11:00. Počasí bylo polojasné s dobrou viditelností, teplota dosahovala 13 °C. Vál slabý vítr o rychlosti 13 km/h. Snímky zaměřené na vyhledávání osob v terénu byly všechny pořízeny na místě označeném GPS souřadnicemi: 50.0690461N, 15.6468997E. Snímky byly nasnímány ze vzdáleností 3 m, 5 m, 10 m, 15 m a 20 metrů. Zobrazené snímky jsou v režimu digitálním, MSX a v režimu „Alarm nad“ teplotou 18 °C, která byla nastavena v programu FLIR Tools. Digitální režim byl vybrán, aby byl zřejmý rozdíl v reálném pohledu a v pohledu přes termokameru. Režim „Alarm nad“ byl zvolen, protože je na snímcích v tomto režimu velice patrné, jak vzdálenost ovlivňuje viditelnost snímaného objektu. U snímků v termálním režimu je připojena teplotní stupnice.



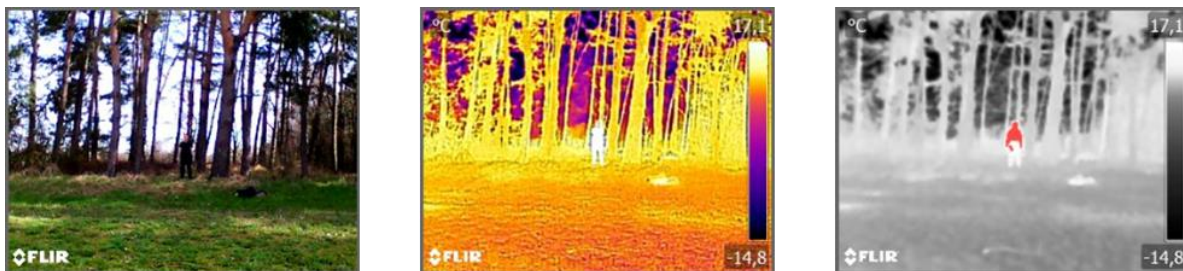
Obrázek 29 - Snímek osoby v režimu digitálním, MSX a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m (Zdroj: vlastní zpracování)



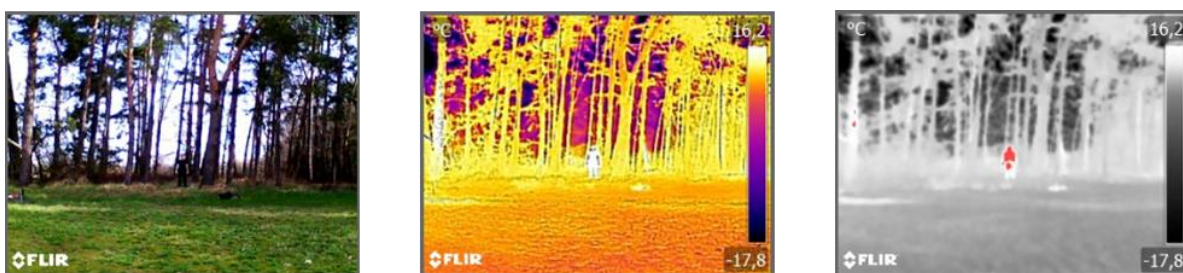
Obrázek 30 - Snímek osoby v režimu digitálním, MSX a "Alarm nad" ze vzdálenosti 5 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 31 - Snímek osoby v režimu digitálním, MSX a "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)

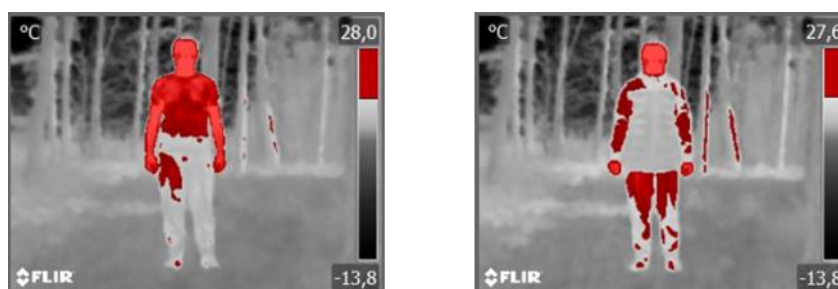


Obrázek 32 - Snímek osoby v režimu digitálním, MSX a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 33 - Snímek osoby v režimu digitálním, MSX a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m (Zdroj: vlastní zpracování)

Druhá sada snímků byla pořízena za stejných podmínek jako předešlá sada. Tato kompozice snímků znázorňuje postavu opět ze vzdálenosti 3 m, 5 m, 10 m, 15 m a 20 metrů. Zobrazené snímky jsou v režimu „Alarm nad“ 18 °C. Režim „Alarm nad“ byl vybrán z důvodu dobrého grafického znázornění výsledného rozdílu. Snímky jsou zaměřeny na zobrazení stojící osoby plně oblečené tj. s bundou a osoby bez bundy tj. v tričku. Tato situace byla vybrána, aby bylo možné posoudit, zda budou mít vrstvy oblečení vliv na lepší či horší rozpoznatelnost osoby v termálním zobrazení.



Obrázek 34 - Snímek osoby v tričku a bundě v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 35 - Snímek osoby v tričku a bundě v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 5 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 36 - Snímek osoby v tričku a bundě v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 37 - Snímek osoby v tričku a bundě v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m (Zdroj: vlastní zpracování)



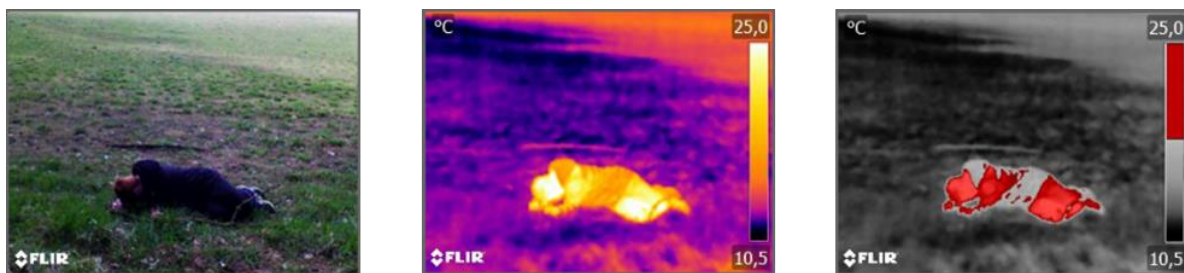
Obrázek 38 - Snímek osoby v tričku a bundě v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m (Zdroj: vlastní zpracování)

Následující tři sady snímků byly pořízeny za stejných denních podmínek jako předešlé sady. Snímky jsou pořízeny ze vzdálenosti odstupňované na 3 m, 15 m a 20 metrů. Do kompozice snímků byly zařazeny snímky v režimu digitálním, infračerveném a s alarmem nad 18 °C. Digitální režim byl zvolen pro porovnání situace v reálném vidění se zobrazením v termální části spektra. Tyto sady snímků jsou opět zaměřené na situace, které mohou nastat při vyhledávání osob. V tomto případě byly u vybraných snímků simulovány nejrůznější typy překážek v částečně zalesněném terénu. Figurant byl postupně zachycen v následujících situacích: v otevřeném terénu



vleže na poli, v zalesněném terénu vleže v nízkém porostu, vleže zcela zakrytý celtou, částečně zakrytý kmenem stromu a částečně zakrytý větvemi keře. Cílem bylo prozkoumat a porovnat, jakým způsobem ovlivňují překážky viditelnost hledané osoby v termální části spektra a dále porovnat jejich viditelnost z různých vzdáleností.

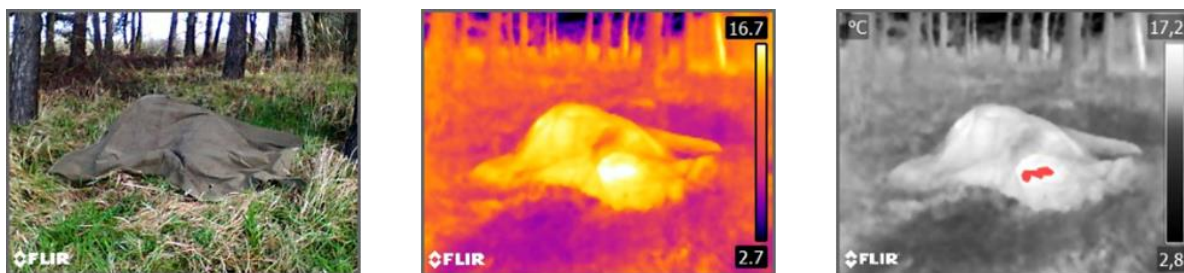
Vzdálenost 3 metry u této kompozice snímků byla stanovena jako ukázka krátké vzdálenosti, při které je v členitém terénu hledaná osoba pouhým okem snadno přehlédnutelná.



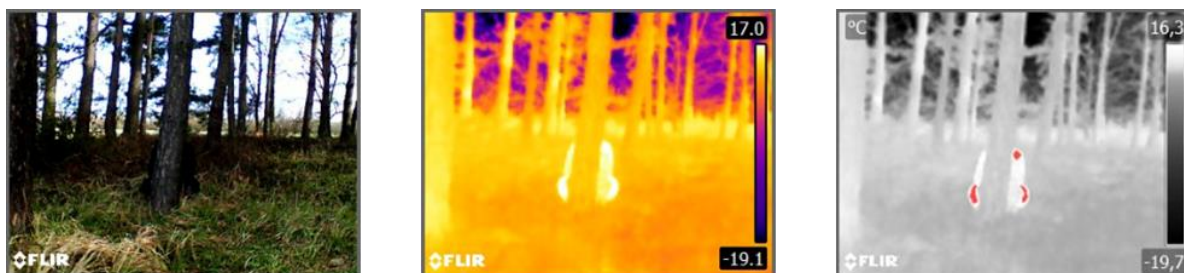
Obrázek 39 - Osoba ležící na poli v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m (Zdroj: vlastní zpracování)



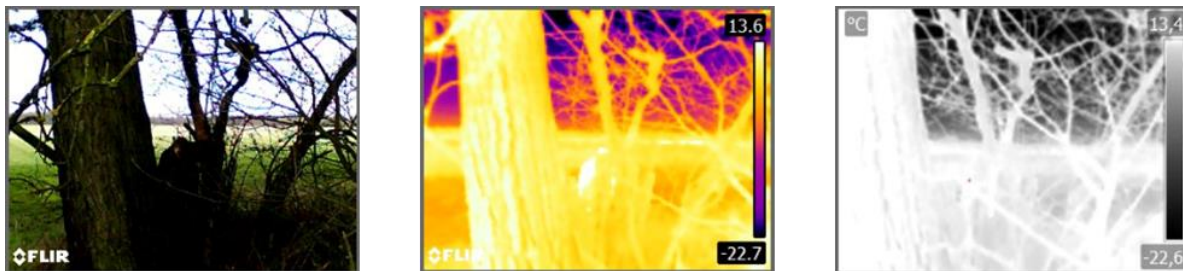
Obrázek 40 - Osoba ležící v lese v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 41 - Osoba ležící pod celtou v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m (Zdroj: vlastní zpracování)

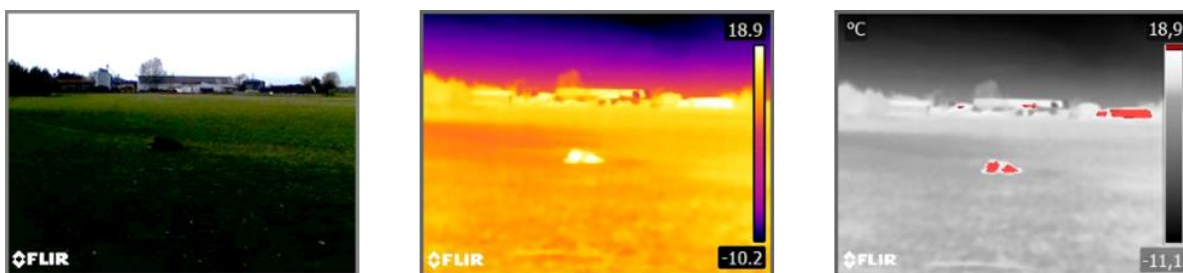


Obrázek 42 - Osoba za stromem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m (Zdroj: vlastní zpracování)

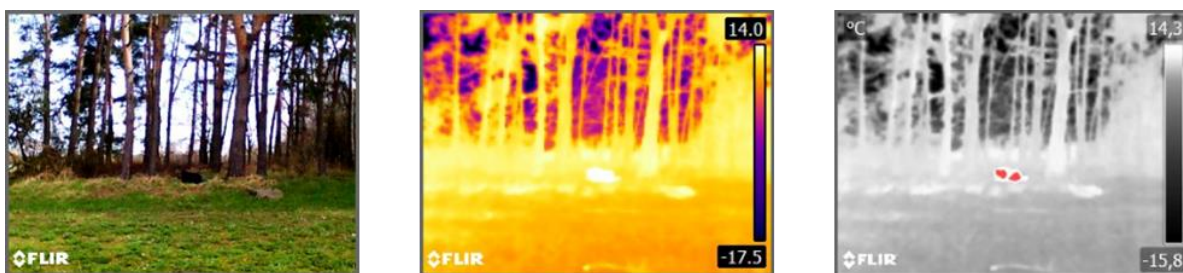


Obrázek 43 - Osoba za keřem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 3 m (Zdroj: vlastní zpracování)

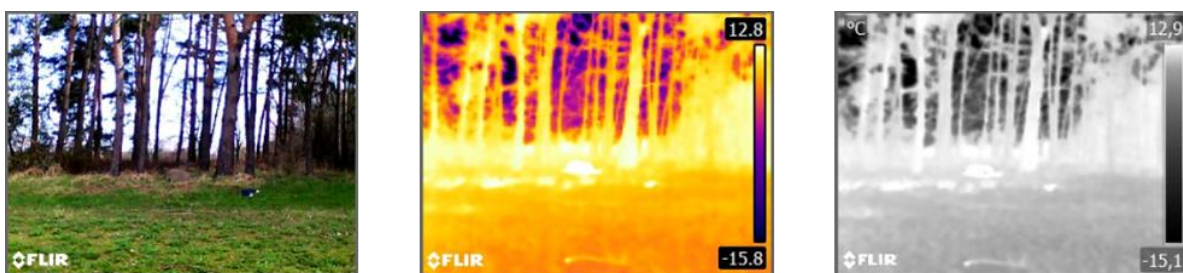
Zkoumané situace byly na následující kompozici snímků zachyceny ze vzdálenosti 15 metrů. Tato vzdálenost byla zvolena pro porovnání, s nižší a s vyšší vzdáleností, ze které je snímek pořízen.



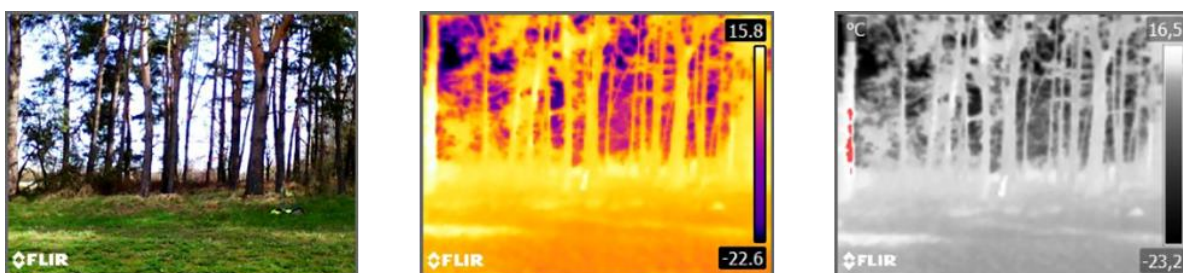
Obrázek 44 - Osoba ležící na poli v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m (Zdroj: vlastní zpracování)



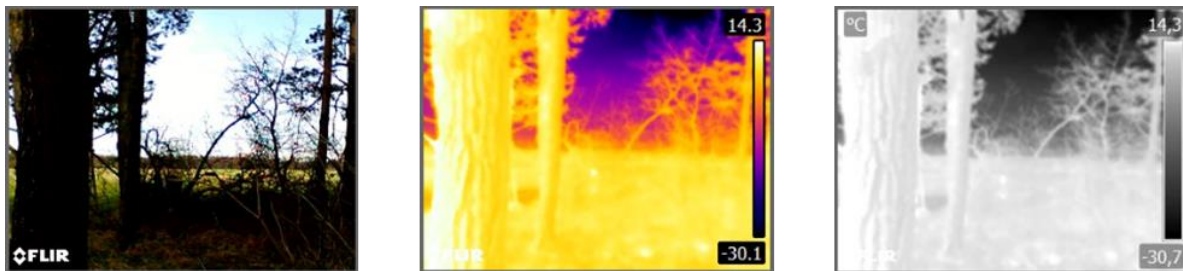
Obrázek 45 - Osoba ležící v lese v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 46 - Osoba ležící pod celtou v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m (Zdroj: vlastní zpracování)

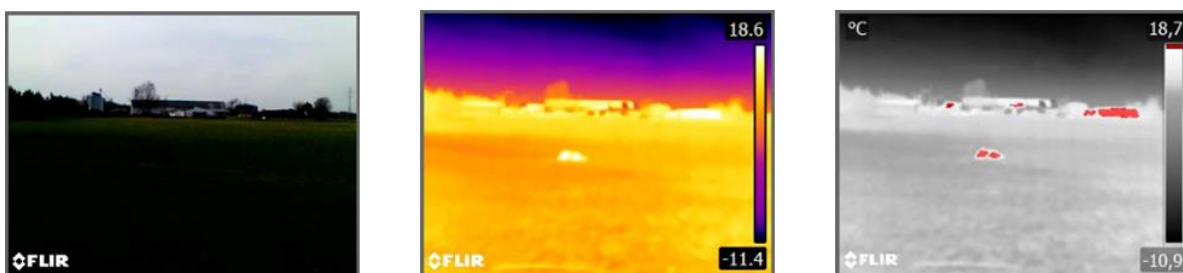


Obrázek 47 - Osoba za stromem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m (Zdroj: vlastní zpracování)

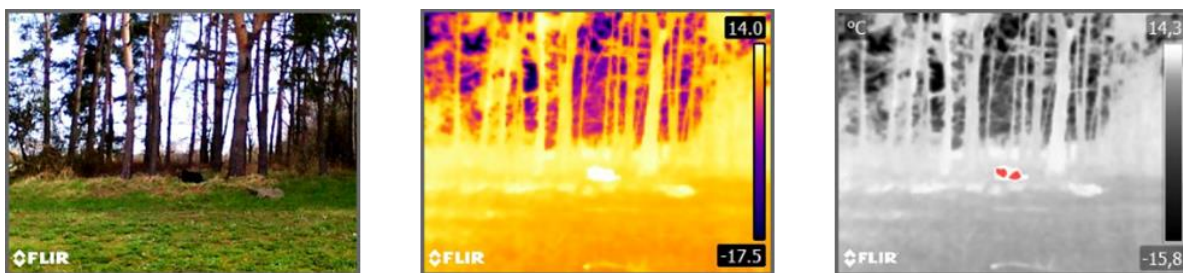


Obrázek 48 - Osoba za keřem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 15 m (Zdroj: vlastní zpracování)

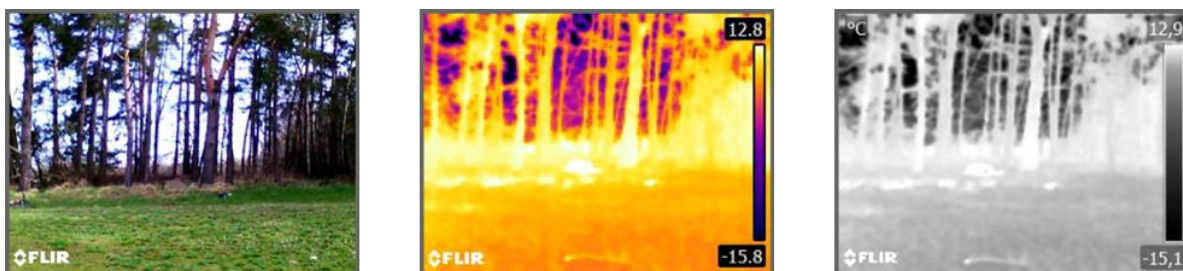
Poslední vybraná vzdálenost v těchto třech sadách snímků je 20 metrů. Tato vzdálenost byla zvolena za účelem stanovení vzdálenosti, při které je v terénu hledaná osoba již obtížně vyhledatelná.



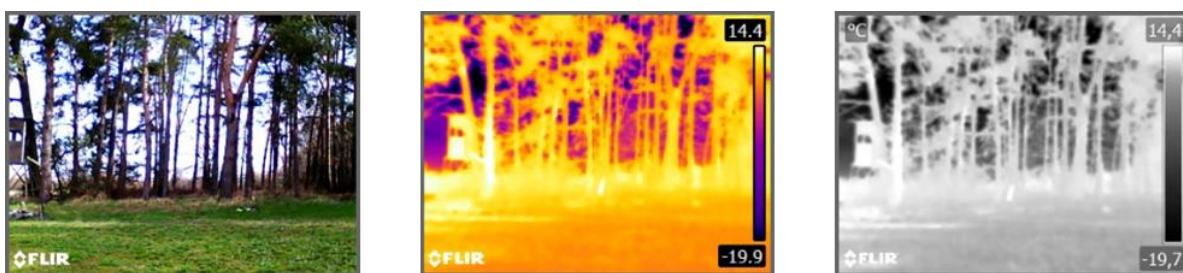
Obrázek 49 - Osoba ležící na poli v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m (Zdroj: vlastní zpracování)



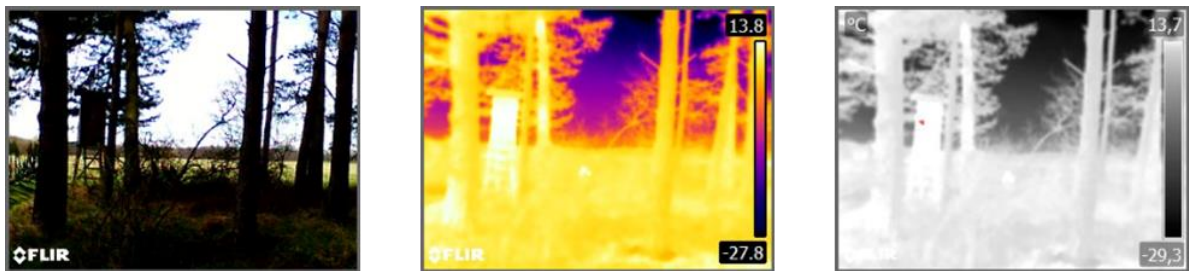
Obrázek 50 - Osoba ležící v lese v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 51 - Osoba ležící pod celtou v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m (Zdroj: vlastní zpracování)

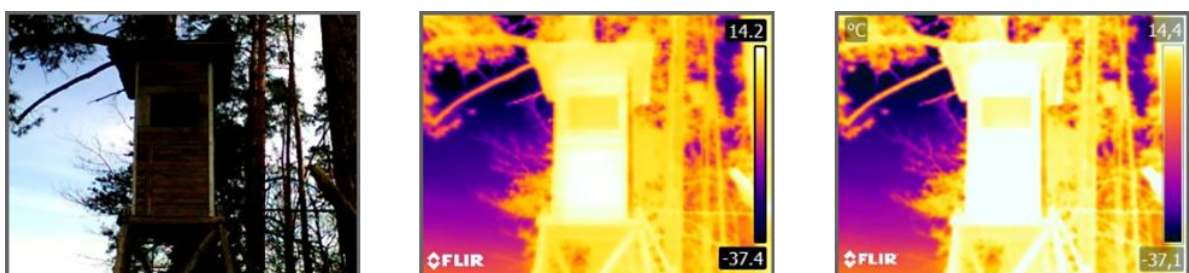


Obrázek 52 - Osoba za stromem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m (Zdroj: vlastní zpracování)



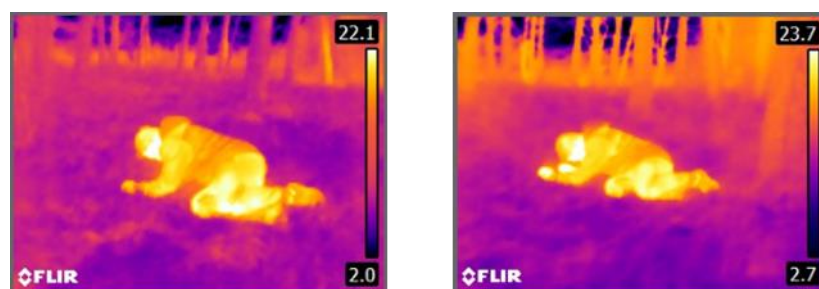
Obrázek 53 - Osoba za keřem v režimu digitálním, IČ a "Alarm nad" ze vzdálenosti 20 m (Zdroj: vlastní zpracování)

Poslední série denních snímků zaměřených na vyhledávání osob v terénu zobrazuje myslivecký posed, který představuje překážku, přes kterou není hledaná osoba vidět ani částečně. Tato překážka byla zvolena za účelem prozkoumání možnosti zobrazení osoby, která je zcela zakryta stěnou, při použití zobrazení v termální části spektra. Posed byl nasnímán ze vzdálenosti 5 metrů.

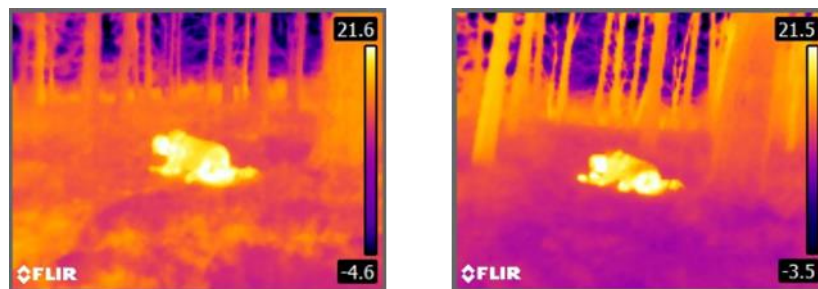


Obrázek 54 - Myslivecký posed v režimu digitálním a IČ s figurantem a bez figuranta (Zdroj: vlastní zpracování)

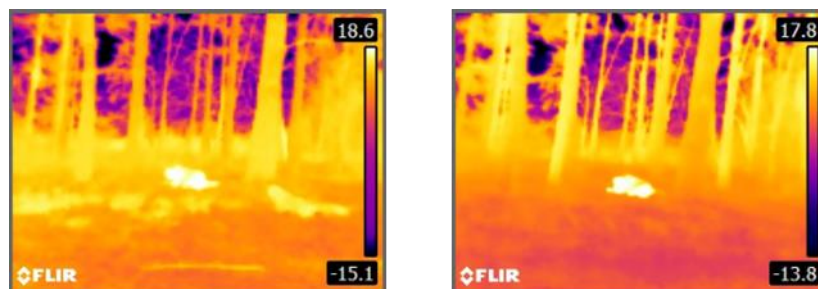
Následující sada snímků byla pořízena ve dvou různých denních dobách. Denní snímky zachycující dané situace byly pořízené během dopoledne mezi 10:00 až 11:00 hodinou. Teplota se pohybovala kolem 13 °C, vál slabý vítr s rychlostí 13 km/h. Bylo polojasno s dobrou viditelností. Noční snímky byly pořízeny dne 10. 4. 2021 kolem 21:00. Počasí bylo polojasné, povětrnostní podmínky byly téměř zanedbatelné. Teplota vzduchu se pohybovala okolo 10 °C. V dané oblasti byla úplná tma, snímání nebylo narušeno žádným umělým světlem. Snímky byly pořízeny ze vzdáleností 3 m, 5 m, 10 m, 15 m a 20 metrů. Zachycena je ležící osoba, jejíž poloha nebyla v průběhu snímání měněna. Zobrazená kompozice snímků je v infračerveném režimu. Po stranách snímku je viditelná teplotní stupnice. Stejně snímky zachycené v různou denní dobu - ve dne a v noci, byly zvoleny pro porovnání a prozkoumání vlivu denní doby na data pořízená termokamerou v termální části spektra.



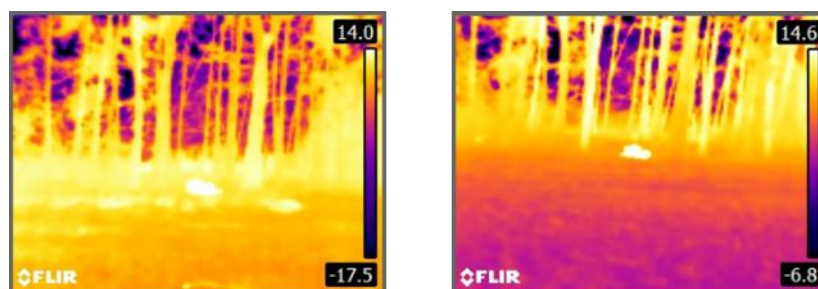
Obrázek 55 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 3 m (Zdroj: vlastní zpracování)



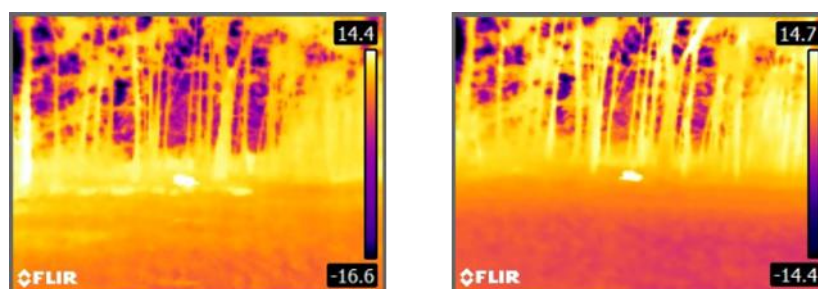
Obrázek 56 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 5 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 57 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)

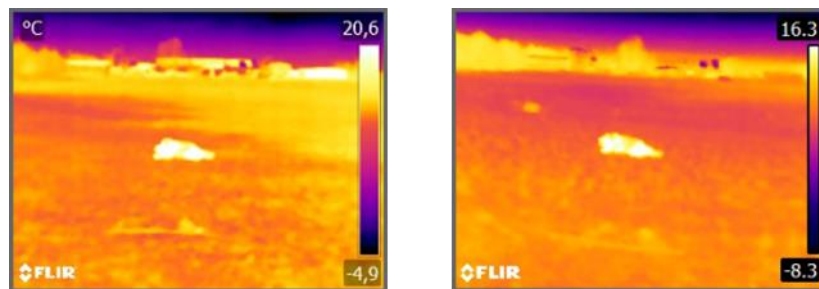


Obrázek 58 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 15 m (Zdroj: vlastní zpracování)

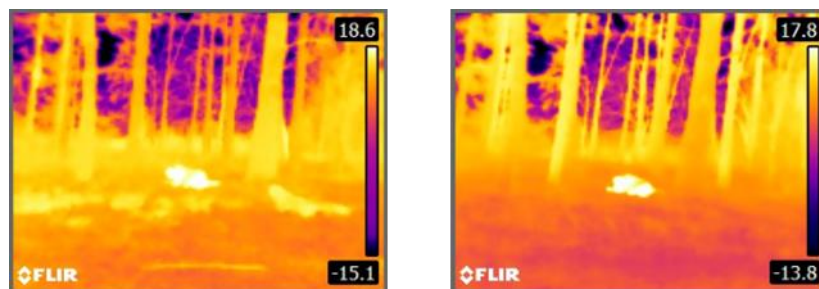


Obrázek 59 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 20 m (Zdroj: vlastní zpracování)

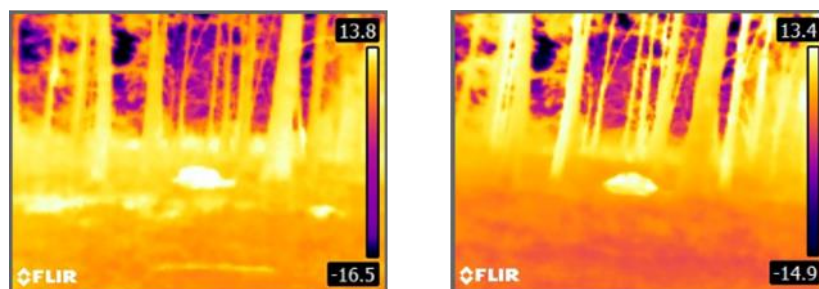
Tato kompozice snímků byla pořízena za stejných podmínek jako sada snímků v předešlé kompozici. Snímky byly pořízeny ze vzdálenosti 10 metrů. Na jednotlivých záběrech figurant měnil svou pozici a míru zakrytí svého těla. Kompozice snímků je zaměřena na porovnání vlivu denního a nočního snímání a překážek, které ztěžují viditelnost figuranta. Snímky jsou v režimu IČ.



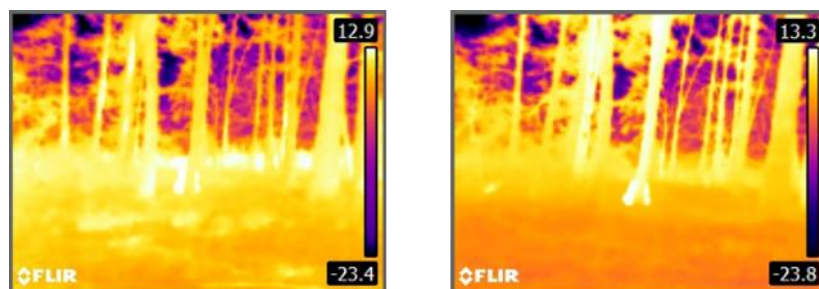
Obrázek 60 - Denní a noční snímek osoby ležícího na poli v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)



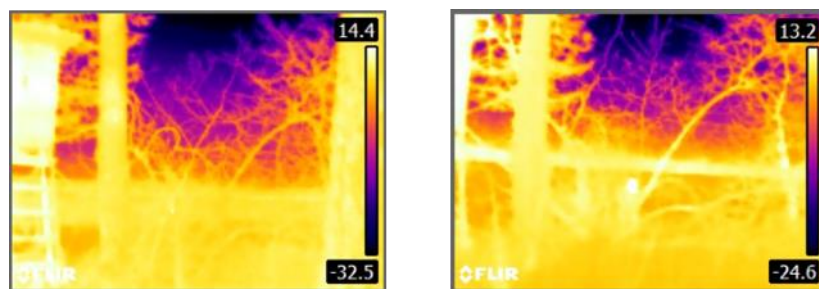
Obrázek 61 - Denní a noční snímek osoby ležícího v lese v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 62 - Denní a noční snímek osoby ležícího pod celtou v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)

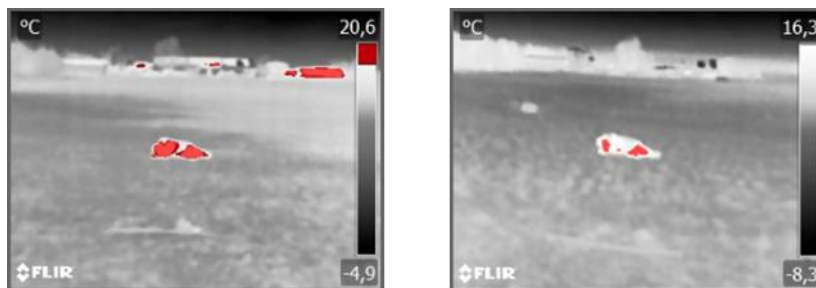


Obrázek 63 - Denní a noční snímek osoby za stromem v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)

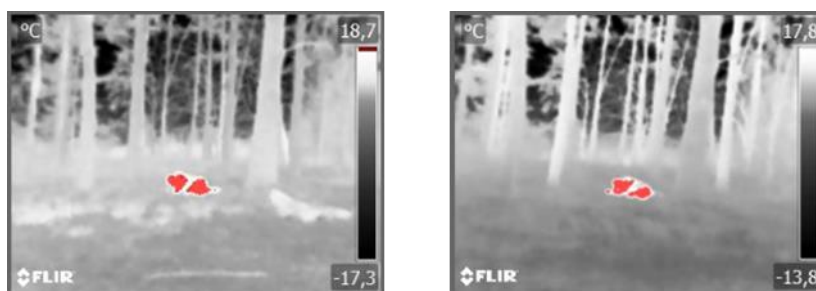


Obrázek 64 - Denní a noční snímek osoby za keřem v režimu IČ ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)

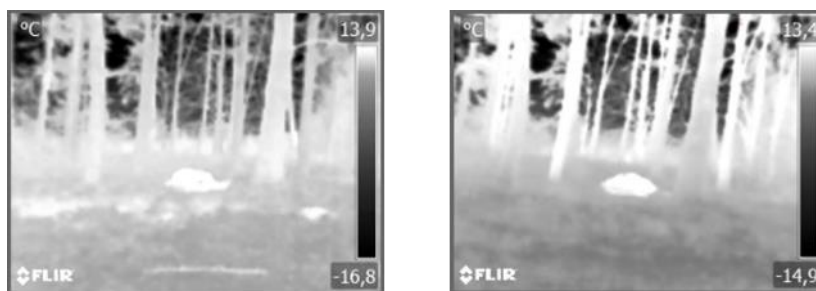
Další sada snímků zachycuje stejné situace jako sada předešlá. V tomto případě byl zvolen režim zobrazení „Alarm nad“ 18 °C. Tento režim byl vybrán pro prozkoumání a porovnání, zda režim se zadanou hodnotou nejnižší teploty je více efektivní v některou z těchto dvou denních dob.



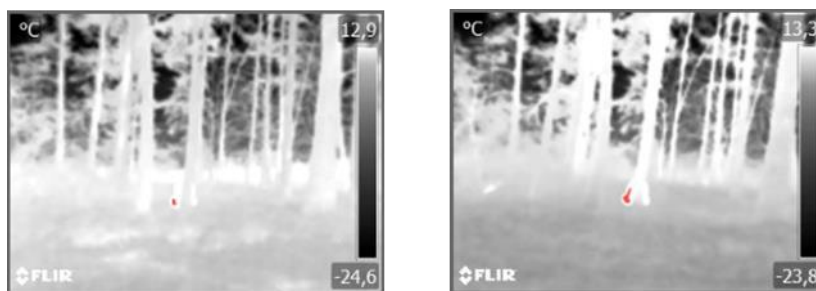
Obrázek 65 - Denní a noční snímek osoby na poli v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)



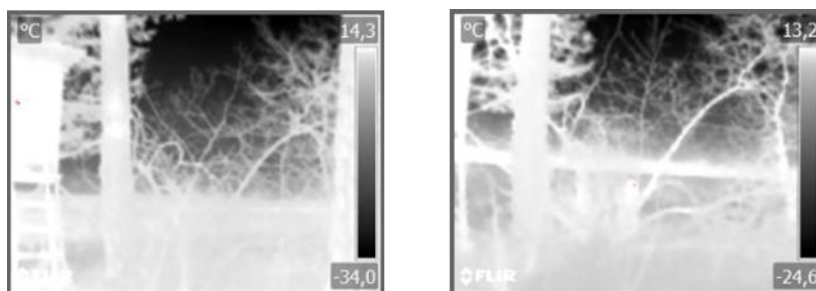
Obrázek 66 - Denní a noční snímek osoby v lese v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 67 - Denní a noční snímek osoby pod celtou v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 68 - Denní a noční snímek osoby za stromem v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 69 - Denní a noční snímek osoby za keřem v režimu "Alarm nad" ze vzdálenosti 10 m (Zdroj: vlastní zpracování)

## 9.2 Detekce potenciální hrozby požáru

### 9.2.1 Hrozba vznícení požáru ve volné přírodě

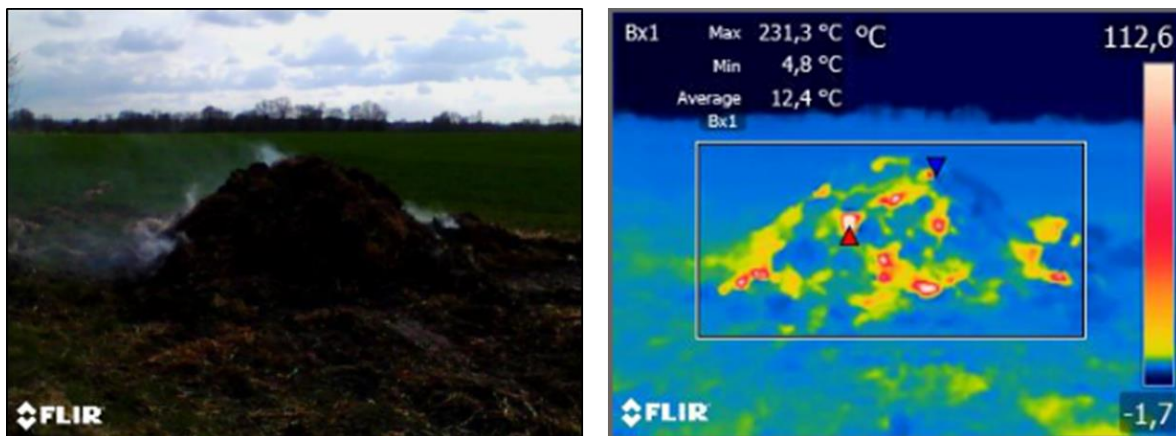
První dvojice snímků byla pořízena dne 4. 4. 2021 v odpoledních hodinách kolem 17:00. Počasí bylo oblačné, foukal slabý vítr, jehož rychlost dosahovala hodnoty 10 km/h. Teplota se pohybovala okolo 8 °C. GPS souřadnice místa jsou: 50.0620311N, 15.6486236E. Snímek je zachycen ze vzdálenosti 2 metrů. Předmětem zájmu je doutnající ohniště založené uměle za účelem pořízení snímků. První snímek je zobrazen v digitálním režimu, aby bylo možné porovnat reálný pohled s pohledem v termální části spektra. Druhý snímek je zobrazen v IČ režimu s nastavenou paletou barev „Rainbow“ a s využitím měřicího nástroje pravoúhelník. Hodnoty naměřené tímto nástrojem jsou zobrazeny v levé horní části snímku. Údaje udávají maximální, minimální a průměrnou naměřenou teplotu ve vytyčeném území. Po straně snímku je zobrazena teplotní stupnice.



Obrázek 70 - Doutnající kupa listí v režimu digitálním a IČ v zobrazení "Rainbow" (Zdroj: vlastní zpracování)

Druhá dvojice snímků byla pořízena dne 3. 4. 2021 v odpoledních hodinách kolem 17:00 hodin. Počasí bylo oblačné a teplota nepřesahovala 7 °C. Foukal mírný vítr, jehož rychlost dosahovala 20 km/h. GPS souřadnice místa pořízení snímku jsou: 50.0522711N, 15.6653778E. Snímek byl pořízen ve volné krajině na kraji pole ze vzdálenosti 5 metrů. Modelovou situací byla doutnající kupa staré slámy smíchaná se zeminou a drny, jenž byla pravděpodobně pálena zemědělci. První snímek je zobrazen v digitálním režimu, aby byla zdokumentována situace z reálného pohledu. Druhý snímek je zobrazen ve stejném režimu a se stejnými údaji jako snímek z předešlé kompozice snímků.

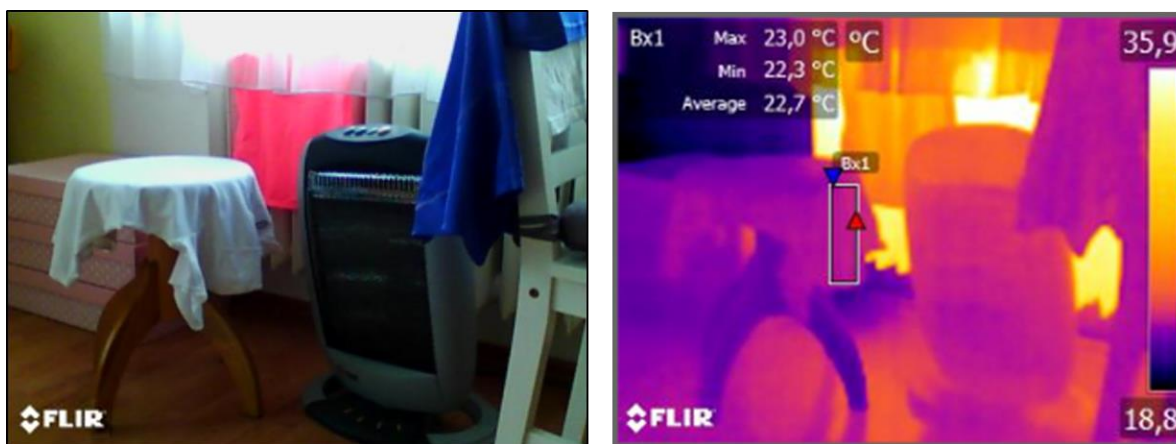




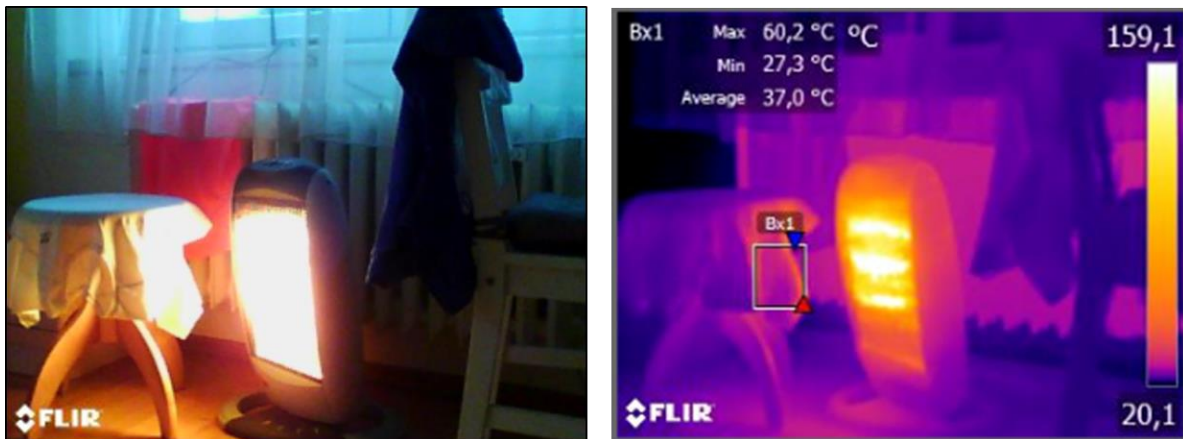
Obrázek 71 - Doutnající kupa slámy v režimu digitálním a IČ v zobrazení "Rainbow" (Zdroj: vlastní zpracování)

## 9.2.2 Hrozba vznícení požáru v budově

Následující kompozice snímků byla pořízena dne 5. 4. 2021 v 17:00 a v 19:00 hodin. Modelová situace je zaměřena na možnost vznícení při užití elektrického ohřívače. Snímky vznikly při pokojové teplotě 21 °C. Snímky byly pořízeny ze vzdálenosti 1 metru. Součástí snímané scény byl elektrický ohřívač, kolem kterého byly rozestavěny židle s volně položeným oblečením. Cílem bylo zjistit, o kolik se zvýší teplota objektů v blízkosti ohřívače značky LuxTronic o výkonu 1 200 W. Objekty byly umístěny do bezprostřední blízkosti ohřívače, ale z důvodu dodržení bezpečnosti se ho nedotýkaly. Objekty byly vystaveny působení tepla z ohřívače po dobu dvou hodin. Pro ukázkou byl použit snímek v digitálním režimu a snímek v režimu IČ, v němž bylo využito měřicího nástroje pravoúhelník. V horní části snímku jsou zobrazeny hodnoty naměřené na povrchu položeného oblečení.

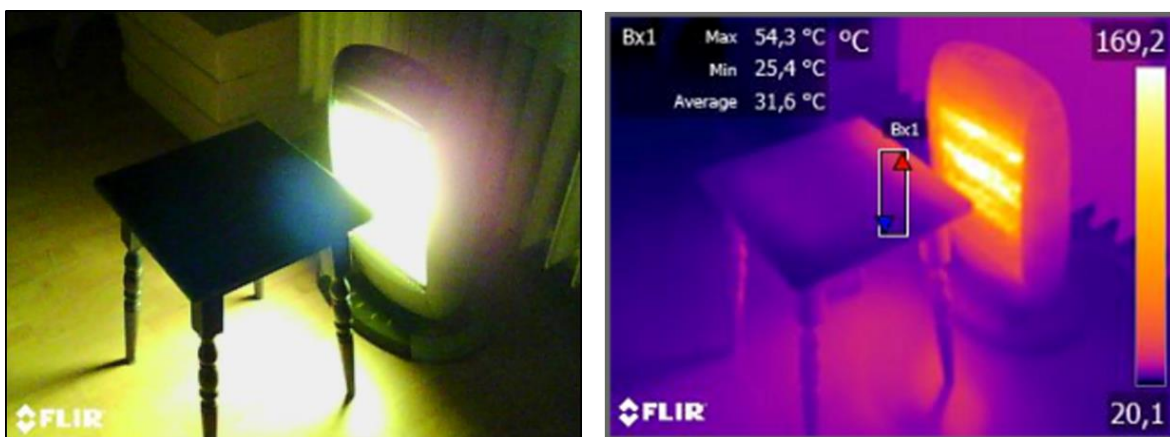


Obrázek 72 - Snímek situace před pokusem s el. ohřívačem vzduchu v režimu digitálním a IČ (Zdroj: vlastní zpracování)

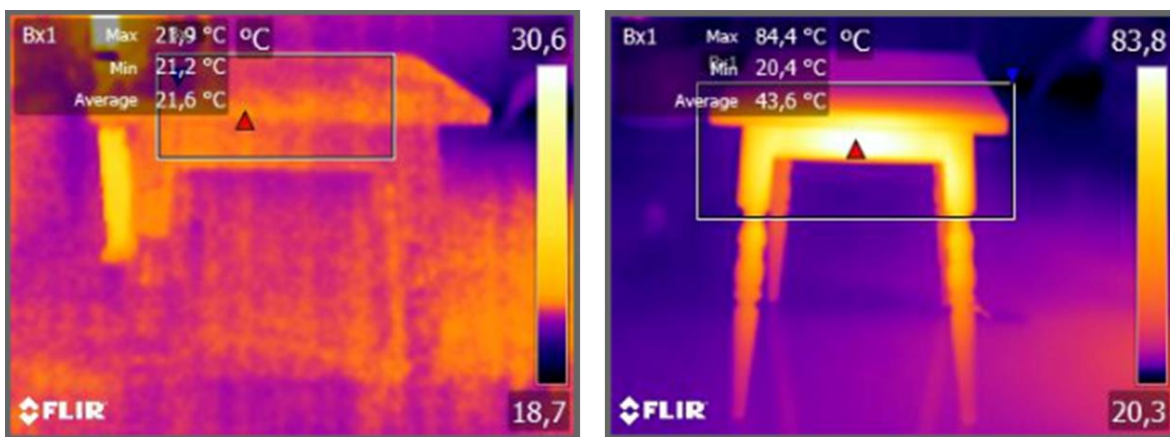


Obrázek 73 - Snímek situace po pokusu s el. ohřivačem vzduchu v režimu digitálním a IČ (Zdroj: vlastní zpracování)

Elektrický ohřivač byl použit i při pokusu s dřevěnou židlí, která byla nahřívána po dobu 30 minut. Židle byla umístěna do vzdálenosti 20 cm od ohřivače. První dva snímky byly pořízeny v 19:00 hodin a zachycují scénu před započítím pokusu. Na snímku v režimu IČ jsou zobrazeny počáteční naměřené hodnoty na okraji dřevěné židle, který bude vystaven působení tepla z ohřivače. Další dva snímky porovnávají výchozí teplotu hrany dřevěné židle s teplotou po 30 minutách působení tepla z elektrického ohřivače. Snímky byly pořízeny v 19:30 a ve 20:00 hodin. Podmínky při tomto pokusu byly stejné jako u pokusu předešlého.



Obrázek 74 - Snímek před zahřátím dřevěné židle teplem z el. ohřivače v režimu digitálním a IČ (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 75 - Snímek po zahřátí dřevěné židle teplem z el. ohřivače v režimu digitálním a IČ (Zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 1 - Modelové situace snímané ve dne (Zdroj: vlastní zpracování)

Modelová situace (snímána ve dne)	Režim														
	Digitální					IČ					„Alarm nad“				
	Vzdálenost (v metrech)														
	3	5	10	15	20	3	5	10	15	20	3	5	10	15	20
Stojící osoba v tričku															
Stojící osoba v bundě	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Ležící osoba na poli		x	x				x					x			
Ležící osoba v lese		x	x									x			
Ležící osoba v lese zcela zakryta celtou		x	x				x					x			
Osoba částečně zakrytá kmenem stromu		x	x				x					x			
Osoba zakrytá keřem		x	x				x					x			
Osoba zcela zakryta stěnou	x		x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x
Legenda (viditelnost osoby)															

Tabulka 2 - Modelové situace snímané v noci (Zdroj: vlastní zpracování)

Modelová situace (snímána v noci)	Režim														
	Digitální					IČ					„Alarm nad“				
	Vzdálenost (v metrech)														
	3	5	10	15	20	3	5	10	15	20	3	5	10	15	20
Stojící osoba v tričku	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Stojící osoba v bundě	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ležící osoba na poli	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Ležící osoba v lese	x	x	x	x	x						x	x		x	x
Ležící osoba v lese zcela zakryta celtou	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Osoba částečně zakrytá kmenem stromu	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Osoba zakrytá keřem	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Osoba zcela zakryta stěnou	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Legenda (viditelnost osoby)															

## 10 INTERPRETACE DAT

### 10.1 Vyhledávání osob v terénu

V sadě snímků zaměřených na viditelnost figuranta z odstupňovaných vzdáleností je na obrázcích 29 a 30 patrné, že ze vzdálenosti 3 m je figurant dobře viditelný ve všech třech zvolených režimech. Na obrázku 31 již figurant na digitálním snímku přestává být zřetelně vidět a figura zaniká v lesním porostu. Naopak na snímku v MSX režimu je figurant stále dobře rozeznatelný a na snímku v režimu „Alarm nad“ je zvýrazněna horní část těla figuranta, což výrazně přispívá k jeho identifikaci. Na obrázku 32 je vidět, že ze vzdálenosti 15 metrů je v digitálním režimu figurant lehce přehlédnutelný, zatímco na dalších dvou snímcích je stále dobře patrný. Na dalším obrázku č. 33, kdy probíhalo měření z největší vzdálenosti tj. 20 metrů, je patrné, že figurant na digitálním snímku splývá s lesním porostem a je lehce přehlédnutelný. Na snímku v MSX režimu začínají identifikaci figuranta znesnadňovat kmeny stromů na pozadí, jejichž zabarvení v závislosti na teplotě začíná dosahovat stejných odstínů jako figurant. Nejlépe z této trojice snímků figuranta v terénu zvýraznil snímek v režimu „Alarm nad“. Zvolená červená barva zvýraznila horní polovinu těla figuranta tak, že je stále dobře patrný i na vzdálenost 20 metrů. Na základě porovnání této sady snímků lze říci, že figurant je v lesním porostu dobře rozpoznatelný do vzdálenosti 10 metrů. Od vzdálenosti 20 metrů a více je již vyhledávání osob výrazně ztíženo okolním porostem a lepších výsledků je možné dosáhnout přiblížením se k hledané osobě.

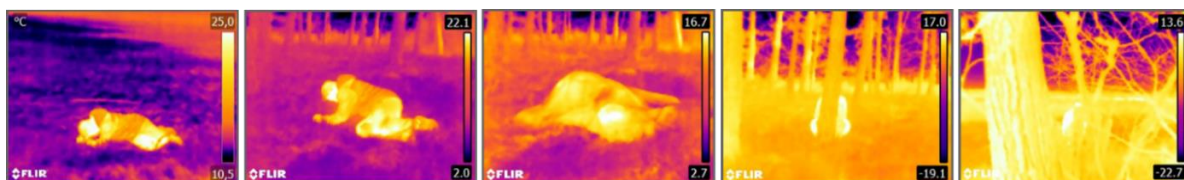


Obrázek 76 - Porovnání viditelnosti osoby ze vzdálenosti 3, 5, 10, 15 20 metrů (Zdroj: vlastní zpracování)

Kolekce snímků zaměřená na rozdíl v zobrazení figury v závislosti na zakrytí a odkrytí části těla je zobrazena s použitím režimu „Alarm nad“ pro zvýraznění případného rozdílu. Ze snímků je patrné, že viditelněji je zobrazen figurant, jenž má odhalené paže, oproti figurantovi, který má paže zakryty oděvem. Na obrázku 34 je vidět figurant zřetelně na obou snímcích, nicméně na snímku, kdy má figurant na sobě bundu, je zobrazení tímto negativně ovlivněno. Na obrázku 35 je rozdíl v zobrazení již velice patrný. Zatímco u figuranta oblečeného pouze v tričku a s odhalenými pažemi je stále zvýrazněna horní polovina těla, u figuranta s bundou jsou barevně zvýrazněny již jen malé plochy částí těla. Tento rozdíl v zobrazení je s narůstající vzdáleností stále více markantní. Na základě snímků obrázek 34 až 38 lze usoudit, že lépe detekována bude osoba s více odkrytými částmi těla, než osoba se zcela zakrytým tělem. Tento rozdíl bude narůstat se

vzdáleností od dané osoby.

V kompozici snímků zaměřené na zobrazení figuranta s různou mírou překážky zabraňující jeho snadné detekci jsou snímky pořízeny ze vzdálenosti 3 m. Na obrázku 39 a 40 je figurant dobře rozpoznatelný ve všech režimech, které jsou zobrazeny. Na obrázku 41 je figurant v digitálním režimu lehce přehlédnutelný, zatímco na stejném snímku v zobrazení IČ a „Alarm nad“ je ležící figurant zobrazen výrazně. Oproti obrázkům 39 a 40 je vidět, že použití překážky v podobě cely mělo vliv na výsledné zobrazení obrysů figury, které tímto částečně zanikly. Je těžko rozpoznatelné, že na snímku je zachycena figura osoby. Na snímku v režimu „Alarm nad“ je patrné, že celta významně negativně ovlivnila barevné zvýraznění figury. Na obrázku 42 je figura sedící za stromem jen těžko rozpoznatelná v digitálním režimu, ale v ostatních dvou režimech jsou části figuranta stále patrné. Zvýrazněné jsou jen části těla nezakryté kmenem stromu, čímž je porušena celistvost zobrazené figury. Kmen stromu negativně ovlivňuje výsledné zobrazení a snadnou identifikovatelnost osoby za stromem. Navzdory blízkosti figuranta jsou v režimu „Alarm nad“ zvýrazněny jen malé části těla. Na obrázku 43 figurant zakrytý větvemi keře zcela zaniká. Na snímku v režimu IČ je patrná jen malá část figury a na snímku v režimu „Alarm nad“ je v místě pozice figuranta pouze drobná tečka. Navzdory krátké vzdálenosti od figuranta představuje zakrytí jeho těla překážku, která zásadně ovlivní výsledné zobrazení figuranta. Již na vzdálenost 3 m je významným faktorem ovlivňujícím kvalitu zobrazení velikost nezakryté plochy části těla. Čím větší část těla zůstává nezakryta překážkou, tím větší je šance, že bude osoba detekována.



Obrázek 77 - Porovnání viditelnosti osoby s různou mírou zakrytí ze vzdálenosti 3 metry (Zdroj: vlastní zpracování)

Na snímcích ze vzdálenosti 15 metrů, jejichž předmětem zájmu bylo nasnímat figuranta s různým stupněm zakrytí, je vidět, že s narůstající vzdáleností se kvalita zobrazení figury výrazně snížila. Na žádném ze snímků není rozpoznatelné, že je na snímku zobrazena osoba. Na obrázku 44 je tělo detekováno především v zobrazení IČ a „Alarm nad“. Na obrázku 45 je figurant ležící v lesním porostu zvýrazněn především v režimu „Alarm nad“. V digitálním režimu je tělo figuranta hůře identifikovatelné a v IČ zobrazení tělo figuranta zaniká v barevném vyobrazení lesního porostu. Na obrázcích 46, 47 a 48 tělo figuranta již není rozpoznatelné od okolí v žádném ze zvolených režimů. Na obrázku 47 v režimu „Alarm nad“ je barevně zvýrazněn kmen stromu, zatímco figurant není barevně označen. Takové zobrazení může vést k chybnému určení pozice hledaného objektu. Z obrázků 44 až 48 je zřejmé, že ze vzdálenosti 15 metrů je figurant detekován, pouze pokud není jeho tělo zakryto ať už částečně, nebo úplně. Zakrytí těla osoby představuje

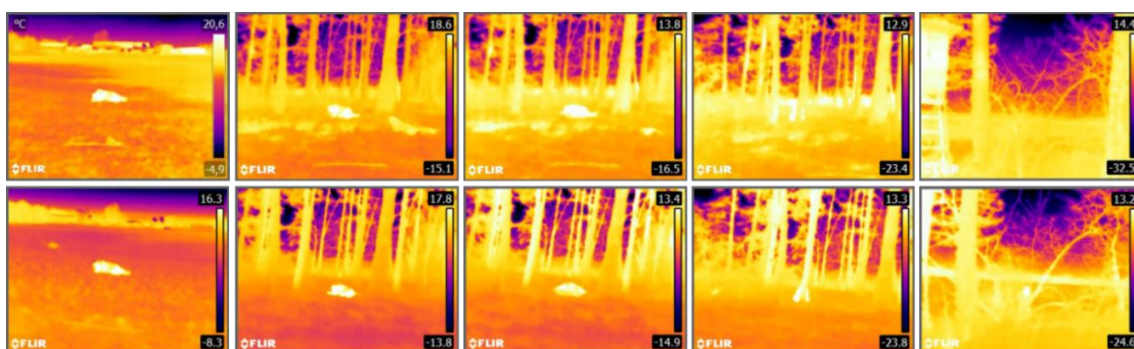
na větší vzdálenost vážnou překážku ve snímání. Na základě pozorování lze říci, že pokud je osoba v členitém terénu zakryta, tak je její detekce velice obtížná.

Snímky, které byly pořízeny ze vzdálenosti 20 metrů od figuranta, zobrazují jeho tělo s různým stupněm zakrytí. Na obrázku 49 a 50 v digitálním režimu není tělo téměř rozpoznatelné. Na obrázku 49 je v zobrazení v termální části spektra tělo oproti okolí zvýrazněno dobře. Na obrázku 50 v IČ zobrazení tělo splývá s barevným vyobrazením členitého lesního porostu. V zobrazení „Alarm nad“ je tělo oproti lesnímu porostu stále zvýrazněno. Na obrázcích 51, 52 a 53 již figurant není zřetelně rozpoznatelný a barevně vyčleněný z pozadí lesního porostu, který ho obklopuje. Snímky pořízené ze vzdálenosti 20 metrů, které by měly zobrazit částečně či zcela zakryté tělo figuranta, ukazují, že výrazněji byla detekována figura, pokud nebyla zakryta či obklopena lesním porostem. Při takto velké vzdálenosti a možnosti, že osoba bude za nějakou překážkou, je pro lepší nasnímání nutné dostat se do větší blízkosti dané osoby.

Myslivecký posed na obrázku 54 představuje překážku, která zcela zakrývá tělo figuranta. Jak je na snímcích patrné, přes tuto překážku se přítomnost figuranta na snímcích neprojevila. Na základě zpracování nasnímaných dat je patrné, že pokud překážka, která simuluje stěnu s plnou výplní, zakrývala zcela tělo figuranta, tak jeho tělo za překážkou nebylo žádným způsobem detekováno.

Kompozice snímků pořízených ve dne a v noci ukazuje, že výsledné zobrazení je ovlivněno i denní dobou, kdy byl snímek pořízen. Na obrázcích 55 a 56 není mezi snímky výraznější rozdíl, jako na snímcích z větší vzdálenosti. Na obrázku 57 je figura na obou snímcích stále dobře patrná. Na nočním snímku, kdy klesla teplota zemědělské půdy a tudíž je zobrazena tmavší barvou, vystupuje tělo figuranta do popředí. Na obrázku 58 na denním snímku tělo figuranta zaniká v lesním porostu, který se v průběhu dne vyhřál na vyšší teplotu. Na nočním snímku je stále patrná hranice lesa, který vykazuje vyšší teploty, ale vzhledem k nižší teplotě pole je tělo figuranta tímto zvýrazněno. Na obrázku 59 je tělo figuranta opět lépe identifikovatelné na nočním snímku, nicméně u obou snímků je již rozpoznatelnost ovlivněná větší vzdáleností od objektu. Na základě porovnání snímků pořízených ve dne a v noci je především na snímcích z větší vzdálenosti patrný rozdíl v zobrazení. Lépe identifikovatelná postava figuranta je na nočních snímcích. Na denních snímcích s narůstající vzdáleností tělo více splývalo s okolní krajinou, jejíž teplota během dne stoupala. Tělo figuranta bylo zřetelnější na nočních snímcích především proto, že teplota pole v noci klesla a na snímcích byla zobrazena tmavší barvou. Je však pravděpodobné, že pokud by figurant byl umístěn hlouběji v lese, tak by jeho vyhledání bylo obtížnější. Na snímcích je vidět, že lesní porost a kmeny stromů si stále uchovávají vyšší teplotu ze dne. Tato okolnost by činila noční vyhledávání obtížnějším. Jak je ze snímků patrné, tak v otevřené krajině s velmi nízkým porostem lze za pomoci termokamery i v noci úspěšně najít hledanou osobu.

Kompozice snímků pořízených ve dne a v noci ze vzdálenosti 10 metrů zachycuje rozdíly v zobrazení. Na obrázcích 60 až 62 je na nočních snímcích pole zobrazeno tmavší barvou, což je způsobeno poklesem teploty v průběhu noci. Tento jev napomáhá výraznější viditelnosti lidského těla. Na denních snímcích je na obrázcích 60 a 61 tělo figuranta stále dobře patrné, nicméně na obrázku 62 již začíná splývat s lesním porostem. Na obrázku 63 je na denním snímku tělo figuranta částečně zakryté kmenem stromu, téměř nerozeznatelné od lesního porostu. Na nočním snímku části těla figuranta, které nejsou kmenem zakryty, díky shodnému barevnému zobrazení splývají s kmenem a tělo za stromem je tak téměř nerozpoznatelné. Na obrázku 64 za větvemi keře tělo figuranta na denním snímku není vůbec rozpoznatelné, nicméně na nočním snímku je lehce patrný objekt světlejší, než je okolí. Vzhledem k tomu, že i větve a kmeny ve figurantově okolí jsou zobrazeny podobným odstínem, není ze snímku zcela jasné, že v zákrytu za křovím je osoba. Ze snímků, kdy figurant je částečně či zcela zakryt za nějakou překážkou je vidět, že tím dojde k narušení siluety člověka a může to mít negativní vliv na jeho identifikaci. Lesní porost významně ovlivňuje zobrazení v termální části spektra jak ve dne, tak i v noci. Dřeviny udržující si teplo získané během dne, se zobrazují v termální části spektra světlejšími barvami, stejně jako lidské tělo. Zakrytí figuranta nemělo vliv na rozdílné zobrazení ve dne a v noci. Zobrazení figuranta bylo téměř totožné. Vliv na odlišné denní a noční zobrazení měla především teplota okolního prostředí.



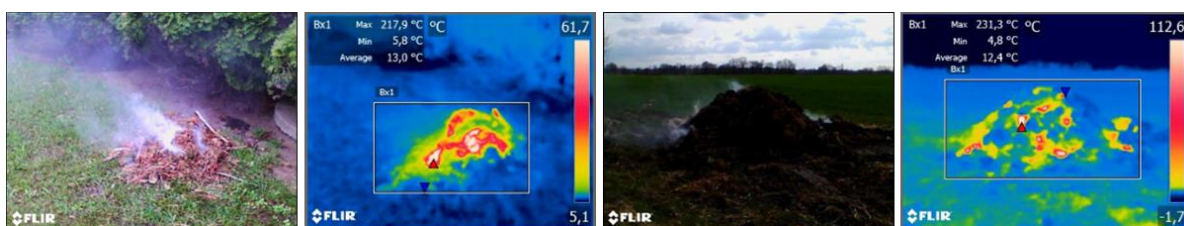
Obrázek 78 - Denní a noční snímky osoby s různou mírou zakrytí ze vzdálenosti 10 metrů (Zdroj: vlastní zpracování)

Kompozice denních a nočních snímků v režimu „Alarm nad“, která zobrazuje figuranta s různou mírou zakrytí, ukazuje, že výrazná barevná identifikace je především u snímků bez zakrytí. Z obrázků 65 a 66 je patrné, že mezi denním a nočním snímkem nezakrytého figuranta není velký rozdíl. Na obrázku 67, kdy je figurant zcela zakryt celtou, není jeho tělo barevně zvýrazněno na denním i nočním snímku. Na obrázku 68 je na obou snímcích barevně zvýrazněna nezakrytá část těla, která je na nočním snímku zvýrazněna o něco více. Na obrázku 69 není barevně tělo figuranta zvýrazněno ani na jednom snímku. Z kompozice denních a nočních snímků v režimu „Alarm nad“ je patrné, že zobrazení v termální části spektra není zásadně ovlivněno denní a noční dobou. Překážka, kterou je figurant částečně či zcela zakryt, výrazně ovlivní barevné zvýraznění jeho těla, což má negativní vliv na případné vyhledání dané osoby.

## 10.2 Detekce potenciální hrozby požáru

### 10.2.1 Hrozba vznícení požáru ve volné přírodě

Obrázky 70 a 71 zobrazují doutnající kupy, které v digitálním režimu zobrazení nenasvědčují tomu, že by mohly představovat riziko vzniku požáru. Nicméně, ze zobrazení v termální části spektra je patrné, že uvnitř probíhá proces hoření. Na snímcích je vidět několik ohnisek, které vykazují výrazně vyšší teploty. Za přispění silnějšího větru by mohlo případně i dojít k nečekanému vznícení. Na snímcích zachycujících doutnající kupy není na první pohled znatelné riziko možného požáru, což může vést k milnému vyhodnocení situace a k jejímu podcenění. Z termosnímků je však patrné, že pod povrchem kupa vykazuje ohniska s vyšší teplotou a tudíž existuje hrozba vzniku požáru.



Obrázek 79 - Doutnající kupy jako možný zdroj vzniku požáru (Zdroj: vlastní zpracování)

### 10.2.2 Hrozba vznícení požáru v budově

Na obrázku 72 je zobrazena výchozí situace, která simuluje možné využití elektrického ohřívače. Na snímku v IČ režimu jsou zobrazeny naměřené hodnoty na oděvu, který byl umístěn do bezprostřední blízkosti ohřívače. Na obrázku 73 je zobrazena situace po ukončení tepelného působení elektrického ohřívače na položený oděv. Jak je ze snímku patrné výchozí teplota trička se zvýšila o 37,2 °C a výrazně se zvýšila i nejvyšší naměřená hodnota na snímku. Pokus zaměřený na užití elektrického ohřívače v blízkosti hořlavých materiálů, které se jeho teplotou mohou snadno vznítit, demonstruje nebezpečnost nevhodného užití elektrického ohřívače v budově. V případě, že by se tyto materiály elektrického ohřívače přímo dotýkaly, je riziko vzniku požáru velmi vysoké.

Obrázek 74 znázorňuje situaci, kdy je v blízkosti zapnutého elektrického ohřívače předmět z hořlavého materiálu, v tomto případě dřevěná židle. Na IČ snímku je zobrazena naměřená výchozí teplota hrany židle, která bude vystavena působení tepla z elektrického ohřívače. Na obrázku 75 je zachycena situace před a po 30 minutách působení tepla sálajícího z ohřívače. Z teplot zaznamenaných v obou snímcích je vidět, že teplota hrany židle po pouhých 30 minutách vzrostla o 62,5 °C a dosahovala maximální teploty 84,4 °C. Z kompozice snímků zaměřených na vliv působení tepla z elektrického ohřívače na dřevěný objekt je vidět, že nesprávné užití elektrického ohřívače může být příčinou požáru a ohrozit tak obyvatele objektu.



## 11 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo prozkoumat možnosti využití termální kamery v oblasti krizového řízení.

Za tímto účelem byla pořízena sada snímků v termální části spektra. Nasbíraná data posloužila k následnému průzkumu této problematiky.

Práce je rozdělena na dvě části. První část je zaměřena na objasnění pojmů vztahujících se k tematice dálkového průzkumu Země v termální části spektra, zpracování obrazu, vysvětlení pojmů z oblasti krizového řízení a dále byl zpracován současný stav řešené problematiky. Součástí práce je popis jednotlivých typů termálních kamer využitelných v oblasti krizového řízení. Podrobněji se práce zabývá popisem termokamery FLIR E5-xt a softwaru FLIR Tools, pomocí nichž byla získána a zpracována data pro tuto práci. Druhá část je zaměřena na využití termální kamery v krizovém řízení, k čemuž bylo nutné pořídit dostatečné množství snímků v termální části spektra. Tato část práce byla rozdělena na jednotlivé fáze, mezi něž spadá příprava a sběr dat, zpracování dat, vizualizace dat a interpretace dat. Snímky byly pořízeny v různých režimech, vzdálenostech, denních dobách a v různých podmínkách, které simulovaly možné situace v oblasti krizového řízení. Za pomoci programu FLIR Tools byly snímky dále zpracovány a vzájemně mezi sebou porovnány. Na závěr byly vybrané snímky vizualizovány, vyhodnoceny a okomentovány. Po vyhodnocení snímků bylo patrné, že výrazněji lepšího zobrazení bylo dosaženo na kratších vzdálenostech. S narůstající vzdáleností se snižovala kvalita nasnímaného obrazu. Dalšími faktory, které mohou znesnadňovat vyhodnocení snímaného obrazu, se ukázaly být členitý terén, lesní porost a další překážky stínící siluetu figuranta. Velký vliv na výsledné zobrazení měly i meteorologické podmínky, které nebylo vždy úplně možné eliminovat. Navzdory všem těmto překážkám se ovšem termokamera osvědčila. Velice užitečná se ukázala být při nočním použití. Za podmínek, které nastávají v noci, kdy je viditelnost minimální, bylo možné nadále získávat potřebná data.

Na základě získaných informací a zkušeností nabytých při práci s termální kamerou lze potvrdit, že využití termální kamery v oblasti krizového řízení může přispět k efektivnějším výsledkům a je tudíž přínosné. Její výhodou je funkčnost ve dne, v noci, za snížené viditelnosti, v terénu i v budovách. Termální kamery mají potenciál stát se nezbytnou součástí vybavení nejen všech záchranných složek, ale i oblastí, kde hrozí nějaké riziko, kterému lze včasnou detekcí předejít. Termální kamera bezesporu najde své uplatnění při akcích záchranných složek, ať už jde o záchranu lidských životů či o prevenci před možným hrozícím nebezpečím. V současné době termodiagnostika zaznamenala velký vzestup v souvislosti s detekcí zvýšené teploty osob, jenž může být jedním z projevů vysoce infekčního onemocnění COVID-19. Možných přínosů využití termokamery v oblasti krizového řízení je jistě více, než bylo v této práci popsáno a lze očekávat, že v budoucnu bude termální kamera využívána stále více i v oblastech běžného života.

## 12 ZDROJE

- [1] A Study of Coal Fire Propagation with Remotely Sensed Thermal Infrared Data [online]. 2015, 17 March 2015 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/rs70303088>
- [2] ANTUŠÁK, Emil a VILÁŠEK, Josef. Základy teorie krizového managementu. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3454-8
- [3] CAMPBELL, James B. a Randolph H. WYNNE, c2011. Introduction to remote sensing. 5th ed. New York: Guilford Press. ISBN 978-1609181765
- [4] Dálkový průzkum Země - DPZ. GJS [online]. [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: <http://www.gjs.cz/vedy-o-zemi/dpz.htm>
- [5] DOBROVOLNÝ, Petr, 1998. Dálkový průzkum Země: digitální zpracování obrazu. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-1812-7
- [6] Elektřina jako jedna z příčin vzniku požárů domácností. Hzscr.cz [online]. 2020 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xix-cislo-11-2020.aspx?q=Y2hudW09Mw%3D%3>
- [7] First responders use heat-seeking drones in deadly tornado aftermath. Fire Rescue 1 [online]. 2019, 7 May 2019 [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://www.firerescue1.com/fire-products/drones/articles/first-responders-use-heat-seeking-drones-in-deadly-tornado-aftermath-h1z5L9uGNuZlIXRD/>
- [8] FLIR DUO R. Eshop.pro-drony.cz [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://eshop.pro-drony.cz/flir-duo-r.html>
- [9] HALOUNOVÁ, Lena a Karel PAVELKA. Dálkový průzkum Země. V Praze: České vysoké učení technické, 2008 dotisk. ISBN 978-80-01-03124-7
- [10] Chien-Yuan, Chen, and Liu Zhe-Hao. "Applications of Thermal Images for Monitoring Surficial Temperature Changes of Naked Slope." International Journal of Pure and Applied Mathematics, 2017, <https://core.ac.uk/download/pdf/228834025.pdf>
- [11] Konstrukce termokamery. Termokamera.cz [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/konstrukce-termokamery/>
- [12] Kraj Vysočina. Krizový management.[online] 2003. [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: <https://www.kr-vysocina.cz/krizovy-management/d-318141>
- [13] LILLESAND, Thomas M., Ralph W. KIEFER a Jonathan W. CHIPMAN, 2008. Remote sensing and image interpretation. 6th ed. Hoboken, NJ: John Wiley. ISBN 978-0-470-05245-7
- [14] LONGLEY, Paul. Geographic information systems & science. 3rd ed. Hoboken: John Wiley, c2011. ISBN 978-0-470-72144-5

- [15] LYSENKO, Vladimír. Detektory pro bezdotykové měření teplot. BEN-Technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-180-2.
- [16] Manchester fire and rescue service. Drones in Humanitarian Action [online]. 2017 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://zoinet.org/wp-content/uploads/2018/01/12.Manchester.pdf>
- [17] Měřený objekt a jeho okolí. Termokamery-testo.cz [online]. 2015 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.termokamery-testo.cz/prirucka-termografie/>
- [18] PEŤKOVÁ, Viera. Termodiagnostika. VIENALA, 2016. ISBN 978-80-8126-132-9.
- [19] Počet požárů, které způsobí vypalování trávy a pálení biologického odpadu, neustále roste. Hzscr.cz [online]. 2021, 25. března 2021 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/pocet-pozaru-ktere-zpusobi-vypalovani-travy-a-paleni-biologickeho-odpadu-neustale-roste.aspx>
- [20] Preliminary Study of UAS Equipped with Thermal Camera for Volcanic Geothermal Monitoring in Taiwan [online]. 2017 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: doi:10.3390/s17071649
- [21] Přehled o místě zásahu, hledání ztracených lidí. Pardubičtí hasiči mají dron s termokamerou. Irozhlas.cz [online]. 2019, 1. prosince 2019 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: [https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/drony-pardubice-hasici-police\\_1912011539\\_elev](https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/drony-pardubice-hasici-police_1912011539_elev)
- [22] Příklady termokamer. Termokamera.cz [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/priklady-termokamer/>
- [23] ROUDNÝ, Radim. Krizový management I: ochrana obyvatelstva, mimořádné události: kombinovaná forma studia. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. 97 s
- [24] Stacionární termokamery vhodné pro bezpečnostní aplikaci. Termokamery-flir.cz [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/bezpecnostni-termokamery/>
- [25] SVATOŇOVÁ, Hana a Lubomír LAUERMAN, 2010. Dálkový průzkum Země – aktuální zdroj geografických informací. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-5162-1
- [26] ŠIMKO, Milan a Milan CHUPÁČ. Termovízia a jej využitie v praxi. EDIS-vydavateľstvo, 2007. ISBN 978-80-8070-654-8.
- [27] Tepelné záření. Termokamera.cz [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/tepelne-zareni/>
- [28] Termokamera FLIR DUO pro drony. W-technika.cz [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.w-technika.cz/termokamera-flir-duo-pro-drony-termovize-pro-drony.html>
- [29] Termokamery FLIR pro průmysl, výzkum a další použití. Spektravision.cz [online]. [cit.

- 2021-04-20]. Dostupné z: <http://www.spektravision.cz/produkty/termokamery-pro-prumysl-vyzkum-a-dalsi-pouziti/>
- [30] Termokamery Flir FC-Series S/R. Termokamery-flir.cz [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/termokamery-flir-fc-series/>
- [31] Termokamery pro smartphony: Zábavné i užitečné. Mobilmania.zive.cz [online]. 2016, 22. ledna 2016 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://mobilmania.zive.cz/clanky/termokamery-pro-smartphony-zabavne-i-uzitecne/sc-3-a-1333223/default.aspx>
- [32] Testing satellite and ground thermal imaging of low-temperature fumarolic fields: The dormant Nisyros Volcano (Greece). Journal of Photogrammetry & Remote Sensing [online]. 2007(62), 14 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: doi:10.1016/j.isprsjprs.2007.07.003
- [33] Thermal Imaging, Night Vision and Infrared Camera Systems | FLIR Systems [online]. Copyright ©5i [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.flir.com/globalassets/imported-assets/document/flir-ex-series-user-manual.pdf>
- [34] Thermal imaging as pandemic exit strategy: Limitations, use cases and privacy implications. Future of privacy forum [online]. 2020, June 3 2020 [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://fpf.org/blog/thermal-imaging-as-pandemic-exit-strategy-limitations-use-cases-and-privacy-implications/>
- [35] Use of land surface temperature (lst) data in the determination of high areas of forest fire risk in Erdemli district. The Journal of International Social Research [online]. 2018 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/326090485\\_use\\_of\\_land\\_surface\\_temperature\\_lst\\_data\\_in\\_the\\_determination\\_of\\_high\\_areas\\_of\\_forest\\_fire\\_risk\\_in\\_erdemli\\_district](https://www.researchgate.net/publication/326090485_use_of_land_surface_temperature_lst_data_in_the_determination_of_high_areas_of_forest_fire_risk_in_erdemli_district)
- [36] Using Drone Imagery for real-time information after Typhoon Haiyan in The Philippines. Drones in Humanitarian Action [online]. 2016 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://zoinet.org/wp-content/uploads/2018/01/9Case-Study.Philippine.SearchRescue.3May2016.pdf>
- [37] Uživatelská příručka Flir Tools/Tools+ - PDF Free Download. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/3287654-3-1-uzivatelska-priucka-flir-tools-tools.html>
- [38] Využití měření teploty termokamerou – termogramů: při vstříkávání termoplastů a kompozitních materiálů s termoplastickou maticí, část 2. Plasticportal.cz [online]. 2019, 18. dubna 2019 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.cz/cs/vyuziti-mereni-teploty-termokamerou-%E2%80%93-termogramu-%E2%80%93-pri-vstrikovani-termoplastu-a-kompozitnich-materialu-s-termoplastickou-matici-cast-2.html/c/5665/>