

POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY V PRAZE

Fakulta bezpečnostně právní

Katedra kriminalistiky

Historie a současnost prostředků pro pozorování za ztížených podmínek a jejich využití u ozbrojených složek

Bakalářská práce

The history and present of devices for observation under difficult conditions
and their use in the armed forces

Bachelor thesis

VEDOUCÍ PRÁCE
pplk. Mgr. Tomáš NOVOTNÝ

AUTOR PRÁCE
Jan RÝPAL

PRAHA
2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Ve Valašském Meziříčí dne

Jan RÝPAL

Anotace

Práce se zabývá prostředky pro pozorování za ztížených podmínek, mezi které patří dalekohledy, noktovizory, termovize a fúzní přístroje. V teoretické části práce je popsán princip jejich činnosti z technického hlediska a jejich vývoj. Dále je uveden popis, fotografie a základní technické parametry některých konkrétních přístrojů, a to jak těch historických, tak těch, které jsou v současné době využívány ozbrojenými složkami České republiky. V praktické části práce je vyhodnocen dotazníkový průzkum provedený mezi příslušníky Policie České republiky zaměřený na dostupnost prostředků pro pozorování za ztížených podmínek na základních útvech, jejich využívání v praxi, požadavky příslušníku a ověření některých návrhů vlastním pozorováním.

Klíčová slova

Pozorování, ztížené podmínky, dalekohled, noktovizor, termovize, fúzní termovize, infračervené záření.

Annotation

The thesis deals with devices used for observation under difficult conditions, including binoculars, night vision devices, thermal imaging, and fusion devices. The theoretical part of the thesis describes the principle of their operation from a technical perspective and their development. It also provides a description, photographs, and basic technical parameters of some specific devices, both historical and those currently used by the armed forces of the Czech Republic. In the practical part of the thesis, a questionnaire survey conducted among the members of the Police of the Czech Republic is evaluated, focused on the availability of devices used for observation under difficult conditions in basic units, their use in practice, the requirements of the members, and the verification of some proposals by own observation.

Keywords

Observation, difficult conditions, binoculars, night vision device, thermal imaging, fusion thermal imaging, infrared radiation.

Obsah

Úvod	7
1 Teoretická část	10
1.1 Základní pojmy	10
1.1.1 Ztížené podmínky pro pozorování.....	10
1.1.2 Lidské oko	11
1.1.3 Viditelné spektrum	12
1.1.4 Infračervené spektrum	13
1.2 Druhy prostředků pro pozorování a principy jejich funkce	16
1.2.1 Dalekohledy.....	16
1.2.1.1 Některé důležité parametry dalekohledů.....	18
1.2.2 Digitální dalekohledy a kamery	21
1.2.2.1 Některé důležité parametry kamer:	22
1.2.3 Noktovizory.....	25
1.2.3.1 Fotokatoda.....	26
1.2.3.2 Elektrooptický převaděč	27
1.2.3.3 Mikro-kanálková destička	29
1.2.3.4 Stínítko	30
1.2.4 Generace noktovizorů:.....	31
1.2.4.1 Generace 0.....	31
1.2.4.2 Generace 1.....	32
1.2.4.3 Generace 2.....	33
1.2.4.4 Generace 3.....	34
1.2.4.5 Generace 4.....	35
1.2.4.6 Digitální noktovizor	35
1.2.4.7 Některé důležité parametry noktovizorů:.....	36
1.2.5 Termovize	38
1.2.5.1 Konstrukce termokamery	39
1.2.5.2 Tepelný senzor	40
1.2.5.3 Kvantový senzor	41
1.2.5.4 Chlazení	43
1.2.5.5 Termogram.....	45
1.2.5.6 Emisivita	45
1.2.5.7 Korekce a kalibrace nechlazených detektorů.....	47
1.2.5.8 Některé důležité vlastnosti termovizí:.....	47
1.3 Popis konkrétních přístrojů	50
1.3.1 Dalekohledy	50
1.3.2 Noktovizory	54
1.3.3 Termovize	67
1.3.4 Fúzní přístroje.....	73
1.3.5 Další speciální prostředky a kombinované systémy	76

2	Praktická část	79
2.1	Průzkum	79
2.1.1	Cíl průzkumu.....	79
2.1.2	Průzkumné otázky	80
2.2	Vyhodnocení dotazníku	80
2.2.1	Zpracování a hodnocení dat	81
2.2.2	Shrnutí dotazníkového průzkumu.....	100
2.3	Vlastní pozorování a ověření návrhů využití	101
2.3.1	Shrnutí vlastního pozorování	115
	Závěr	117
	Seznam používaných zkratk	119
	Seznam obrázků.....	119
	Seznam tabulek	120
	Seznam grafů	120
	Seznam použitých zdrojů	121

Úvod

Tato práce se zabývá prostředky pro pozorování za ztížených podmínek a jejich využití u ozbrojených složek. Mezi tyto prostředky lze zařadit takové technické přístroje, zařízení nebo technologie, které umožňují, nebo usnadňují sledovat zájmové objekty a získávat tak o nich více informací, než kolik by se dalo zjistit pouhým okem. Pro účely této práce budou za takové přístroje považovány dalekohledy a od nich odvozené přístroje, noktovizory a termovize.

Používání zejména noktovizorů a termovizí bylo vzhledem k jejich vysoké ceně a omezené dostupnosti po dlouhou dobu spíše výsadou ozbrojených složek. Stejně jako všechny vymoženosti moderních technologií ale postupně začaly pronikat i do civilního sektoru, kde se staly oblíbenými mezi různými profesemi a následně také mezi amatérskými nadšenci. Na zvýšenou poptávku tak brzy zareagovala nabídka a v minulých 10 až 15 letech trh doslova zaplavily nabídky přístrojů všech typů a výkonnostních kategorií. Také se na našem trhu začínají ve větší míře objevovat přístroje výrobců z Číny a dalších asijských zemí. Tyto svojí kvalitou a výkonem sice nemohou konkurovat špičkovým přístrojům zavedených výrobců, hlavním lákadlem je ale v jejich případě cena a pro běžné použití jsou více než dostatečné. Solidní noktovizor nebo termokameru tak lze v dnešní době pořídit doslova za jeden až dva průměrné měsíční platy. Na zajímavý přístroj pro občasné volnočasové použití lze dnes narazit například i v některých supermarketech v oddělení tzv. průmyslového zboží. Zde může ovšem nastat problém...

Má se za to, že mají-li ozbrojené složky kvalitně plnit své úkoly, měly by mít vždy a za všech okolností jakousi převahu. Zákonnou, morální, taktickou, ale také technickou, která mimo jiné vychází z jejich vybavení. Skutečnost, že moderní prostředky pro pozorování za ztížených podmínek si mohou pořídit i různí pachatelé trestné činnosti, představuje pro policejní složky přinejmenším určitou výzvu. Nezřídka se stává, že při dopadení pachatelů je u nich nalezeno lepší vybavení, než jakým disponují samotní policisté, ať už se jedná o různé nářadí, prostředky pro komunikaci, nebo právě termovize a noktovizory. A nejedná se vždy jen o „profesionální“ pachatele té závažnější, organizované, nebo odborně

prováděné trestné činnosti, na které se zaměřuje kriminální policie a různé specializované útvary, ale stále častěji i o obyčejné drobné pachatele, se kterými se denně setkávají i běžní policisté ze základních útvarů. Tato zařízení umožňují pachatelům vidět zejména ve tmě a šeru, což jim může poskytnout výhodu při přístupu a opuštění místa zamýšlené trestné činnosti, ale také skrytý pohyb na místě. Mohou pomocí těchto zařízení např. odhalit ukryté zabezpečovací prvky, jako jsou bezpečnostní kamery a čidla, protože tato technika sama buď používá infračervený přísvit, nebo stejně jako všechna elektronika při své činnosti vydává, byť jen v zanedbatelném množství, teplo. Pachatelé tak mají možnost lépe vytipovat a sledovat svůj cíl, případně naplánovat vlastní akci, mohou lépe zaznamenat přítomnost jiné osoby, nebo dříve upozorovat blížící se hlídku a snáze se tak vyhnout odhalení. Zde je nutno zdůraznit, že samotné vlastnictví a používání těchto prostředků samozřejmě neznamená automaticky známky trestné činnosti. Mnoho lidí vlastní termovize a noktovizory ze zcela legitimních důvodů, např. pro lov, pobyt v přírodě a jiné rekreační účely.

Cílem této práce je přiblížit problematiku prostředků pro pozorování za ztížených podmínek. V teoretické části práce budou vysvětleny základní fyzikální a technické principy jejich fungování a popsány nejdůležitější pojmy, které jsou potřebné k jejich správnému pochopení. Čtenář bude seznámen s nejdůležitějšími parametry těchto přístrojů, aby se dokázal orientovat v nepřehledném množství produktů, které jsou v dnešní době na trhu, a to i pro případ, že by se např. rozhodl si sám takový přístroj pořídit. Dále bude čtenář krátce seznámen se zajímavou historií a vývojem přístrojů pro pozorování za ztížených podmínek od jejich samotného počátku až do současnosti. Druhá polovina teoretické části práce si klade za cíl zmapovat přístroje, které byly ozbrojenými složkami používány v minulosti, a které jsou používány v současné době. Z nepřehledného množství různých modelů budou vybrány takové, které jsou prokazatelně ozbrojenými složkami používány a které vždy reprezentují jednu skupinu přístrojů s podobnými vlastnostmi a způsobem využití.

Cílem praktické části práce je zjištění, zda jsou na základních organizačních článcích Policie České republiky některé z uvedených prostředků dostupné, jakým způsobem jsou skutečně využívány, jak jsou s nimi policisté spokojeni a zda by se

dalo v tomto ohledu něco zlepšit. K tomuto účelu se nejlépe hodí kvantitativní průzkum formou dotazníku. Dotazníkové šetření by mělo poskytnout také informace o konkrétních typech používaných přístrojů, které by následně bylo možné podrobit analýze a vzájemnému porovnání. Současně by dotazníkem měly být získány návrhy, k jakým dalším účelům by se daly tyto přístroje využívat. Na základě všech těchto zjištění bude nakonec provedena série vlastních pozorování některým z přístrojů, čímž by měla být ověřena proveditelnost uvedených návrhů a případně vzneseny další návrhy a zlepšení.

1 Teoretická část

1.1 Základní pojmy

Pro správné pochopení problematiky je potřeba definovat některé základní pojmy.

1.1.1 Ztížené podmínky pro pozorování

Za ztížené podmínky lze považovat takové podmínky, které různým způsobem znesnadňují získání jasného a zřetelného obrazu pozorovaného objektu. Nejčastěji se jedná o zhoršené světelné podmínky za soumraku, úsvitu a v noci, kdy je hlavním problémem nedostatek osvětlení, nebo nevhodný kontrast. Čím menší je intenzita osvětlení, tím méně světlených paprsků se dostane k pozorovateli a tím méně informací lze z pozorování získat a zaznamenat. Při nevhodném kontrastu naopak může k pozorovateli přicházet dostatek světelných paprsků, ale s různým rozdílem mezi minimální a maximální intenzitou. Může se jednat např. o jasový kontrast při pozorování proti světlu, kde okolní světlo značně převyšuje množství světla odraženého od pozorovaného objektu a způsobuje tzv. oslnění, nebo naopak o nedostatečný barevný kontrast, kde pozorovaný objekt splývá se svým okolím. Z atmosférických vlivů se jedná zejména o hydrometeory a litometeory. Sahrai mezi tyto jevy řadí viditelnost sníženou deštěm nebo sněhem, různými typy mlhy (radiační, advekční, kouřmo, svahová mlha), kouřem, prachem, smogem, zvířeným pískem a dalšími částicemi¹, inverzí, nebo obecně zhoršenými rozptylovými podmínkami a podobnými jevy. Tedy situace, kdy různé drobné částice v ovzduší ovlivňují množství procházejícího světla absorpcí nebo refrakcí. Dalším z atmosférických jevů může být rozdíl teplot, kdy dochází k refrakci světlených paprsků na rozhraní vrstev s různou teplotou, nebo všeobecně o nízkou nebo vysokou teplotu, která může mít vliv na samotnou činnost přístrojů. Za ztížené podmínky pro pozorování lze zcela jistě považovat také vzdálenost pozorovatele od pozorovaného objektu, kdy s rostoucí vzdáleností klesá množství detailů, které je pozorovatel schopen rozeznat. Dále se může jednat o různé

¹ SAHRAI, Daniel. AIRGURU. Najděte se v mlze I. *AirGuru.cz* [online]. [cit. 2023-11-27]. Dostupné z: <https://www.airguru.cz/clanky/najdete-se-v-mlze-i>

překážky, ať už terénní, tedy různé nerovnosti nebo rostlinný porost, nebo uměle vytvořené, např. různé záměrné překážky a úkryty. Dalším ztěžujícím faktorem může být omezený čas, po který má pozorovatel možnost objekt sledovat. Čím méně času je k dispozici, tím méně informací lze pozorováním získat. V neposlední řadě lze mezi ztížené podmínky k pozorování zařadit také rizika související s přítomností pozorovatele v místech, kde by mohla být ohrožena jeho bezpečnost, např. v prostředí ohroženém výbuchem, nebezpečnými látkami, nepřátelskou palbou, nebo jakýmkoliv jiným nebezpečím.

1.1.2 Lidské oko

Lidské oko je důmyslný smyslový orgán, který člověku umožňuje vidět, tedy vnímat světlo a barvy². Hlavní části oka by se daly zestručnit na oční kouli, rohovku, duhovku, čočku a oční sítnici (Šíkl, 2012, s.47-48). Oční koule je ovládána okohybnými svaly, což umožňuje zaměření na pozorovaný objekt. Rohovka je průhledná tkáň, která zároveň láme světelné paprsky tak, aby dopadaly na sítnici. Úkolem duhovky je regulace množství světla vstupujícího do oka prostřednictvím změny velikosti zornice. Za duhovkou se nachází čočka, která prostřednictvím akomodace neboli změny zakřivení zajišťuje přesné zaostření světelných paprsků tak, aby dopadaly přesně na sítnici. Nejdůležitější částí oka je pak sítnice. Jedná se o strukturu tenkou přibližně jako list papíru, která obsahuje několik vrstev specializovaných buněk, tzv. fotoreceptorů – tyčinek a čípků. Šíkl uvádí, že v lidském oku se nachází asi 75–150 milionů tyčinek a 7 milionů čípků. Světlo procházející sítnicí je v těchto buňkách absorbováno pigmentem rhodopsinem a sérií biochemických procesů převedeno na nervový vzruch. Tyčinky jsou aktivní při nízké intenzitě osvětlení, umožňují rozlišení drobných detailů i za šera. Jsou ale pouze jednoho druhu a neumožňují tedy barevné vidění. Jejich absorpční maximum je okolo 500 nm, což by odpovídalo modrozelené barvě. Jejich nevýhodou je rovněž pomalá adaptace na změnu osvětlení (přechod ze světla do tmy a naopak), která může trvat 30–60 minut. Čípky se rozdělují na více druhů podle toho, na kterou část viditelného spektra jsou citlivé. Lidské oko

² ŠIKL, Radovan. *Zrakové vnímání*. Praha: Grada, 2012, s. 47-48. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5.

obsahuje 3 druhy čípků citlivých na červenou, zelenou a modrou barvu – tzv. trichromatické vidění. Maximální citlivost je okolo 555 nm, což odpovídá zelené barvě. Pro srovnání, některá zvířata mají vidění pouze dichromatické, tzn. že vnímají pouze omezený barevný rozsah, jiná mají naopak vidění tetrachromatické, kdy mají čtvrtý druh čípků citlivých v ultrafialové oblasti. Čípky mají rovněž poměrně rychlou adaptaci na změnu osvětlení, a to přibližně 30–60 sekund. Poměr množství tyčinek a čípků ovlivňuje výslednou schopnost vnímání. Více tyčinek umožňuje lepší vnímání detailů a vidění v noci, více čípků pak lepší rozlišení barev. Zbytek světla, které při průchodu sítnicí není zachyceno fotoreceptory buňkami projde do nejvzdálenější vrstvy, kde je beze zbytku, ale také bez užitku pohlceno. Výjimkou jsou oči některých dravců, jejichž sítnice obsahuje reflexní vrstvu, která nevyužité světlo odráží zpět. Tímto způsobem světlo projde sítnicí dvakrát, což umožňuje dravcům vidět i za velmi nízkých světelných podmínek (Šikl, 2012, s. 55-57)³.

1.1.3 Viditelné spektrum

Viditelné spektrum je část elektromagnetického spektra, kterou dokáže vnímat lidské oko. Jedná se o rozmezí přibližně 400–700 nm. Barvy ve viditelném spektru jsou rozděleny následovně (od nejkratší vlnové délky k nejdelší): fialová, modrá, zelená, žlutá, oranžová a červená⁴. Bílé světlo, je pak směsí záření všech těchto vlnových délek.

Skutečnost, že viditelné světlo se při průchodu přes skleněný hranol rozkládá na jednotlivé barvy, popsal na konci 17. stol. britský fyzik Isaac Newton při jednom ze svých experimentů. Vzápětí pak v roce 1800 německý astronom William Herschel při pozorování Slunce zjistil, že s použitím různě barevných filtrů se mění i tepelný vjem. Experiment je popisován tak, že se pokusil běžnými teploměry se začerněnými baňkami změřit „teplotu“ jednotlivých barev, kdy zjistil, že ve směru od fialové k červené barvě se teplota zvyšovala⁵. Předpokládal, že za hranicí

³ ŠIKL, Radovan. *Zrakové vnímání*. Praha: Grada, 2012, s. 55-57. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5

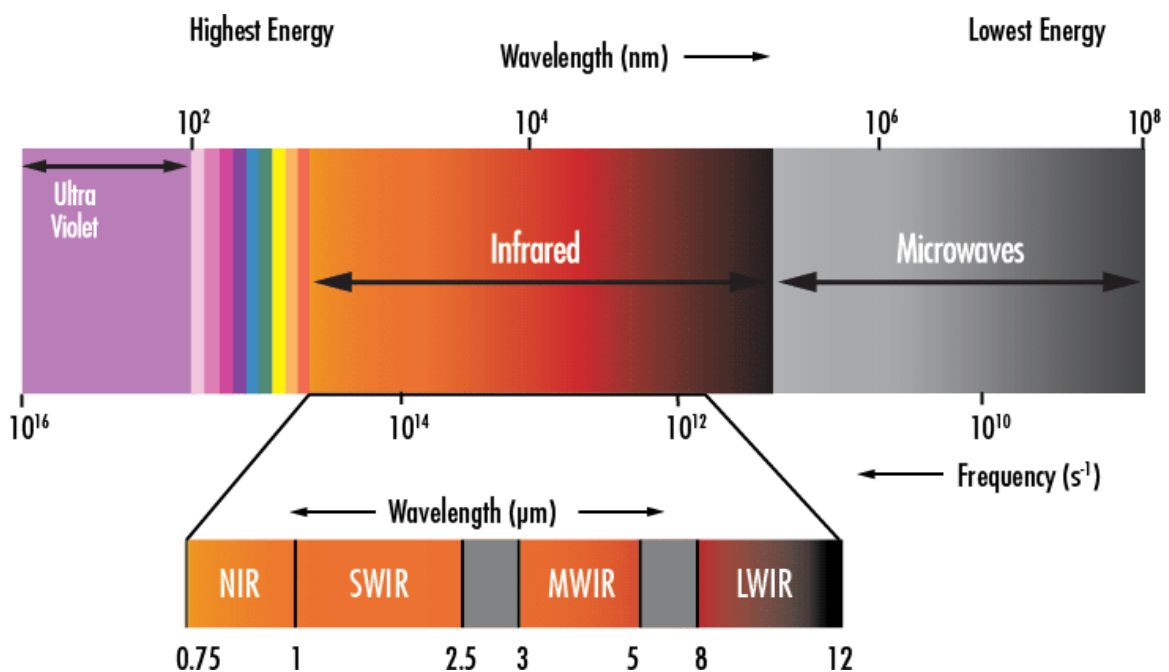
⁴ Tabulky: Spektrum. ALDEBARAN AGA. *Aldebaran* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/tabulky/tb_spektrum.php

⁵ Herschel's Experiment. IPAC. *Cool Cosmos* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: https://coolcosmos.ipac.caltech.edu/page/herschel_experiment

červené barvy pak teplota opět poklesne, což se ale nestalo a teplota se naopak ještě zvýšila. Tato neviditelná složka světla byla pojmenována pod-červená neboli infračervená.

1.1.4 Infračervené spektrum

IR spektrum lze podobně jako viditelné světlo také rozdělit na jednotlivé užší části. Pro potřeby prostředků pro pozorování postačí rozdělení na Blízkou IR oblast (NIR), Krátkovlnnou IR oblast (SWIR), Střední IR oblast (MWIR) a Vzdálenou nebo též dlouhovlnnou IR oblast (LWIR).



Obrázek 1: Grafické znázornění části elektromagnetického spektra (autor Photon etc)

IR záření, stejně jako každé elektromagnetické záření, nepotřebuje ke svému šíření látkové prostředí, může se tedy šířit i ve vakuu. Samotné IR záření pak úzce souvisí s teplotou daného tělesa. Každé těleso, jehož teplota je vyšší než $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (0 K, absolutní nula), má vnitřní energii tvořenou pohybem atomů a molekul a každé těleso může tuto energii přijímat (absorpce), nebo vydávat (emise). Emisí záření se vnitřní energie tělesa zmenší, naopak pokud na těleso dopadá elektromagnetické záření, jeho vnitřní energie se zvýší o absorbované množství. Při dopadu elektromagnetického záření na objekt mohou nastat

v podstatě tři možnosti. Záření tělesem pouze prochází – teplota tělesa se nezvýší, záření se od povrchu tělesa částečně, nebo zcela odráží – zvýšení teploty je malé, nebo žádné, nebo záření je tělesem pohlceno – těleso se tímto zahřívá.

Obecně pak platí, že čím vyšší je teplota (vnitřní energie) daného tělesa, tím větší množství záření emituje do svého okolí. Tuto skutečnost popisuje Stefanův–Boltzmannův zákon (1879), který uvádí, že intenzita vyzařování roste se čtvrtou mocninou termodynamické teploty zářícího tělesa. S rostoucí teplotou pak vzrůstá podíl záření s kratší vlnovou délkou podle Wienova posunovacího zákona (1893).

Wienův posunovací zákon

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

konstanta $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$

Stefan – Boltzmannův zákon

$$M_e = \sigma T^4$$

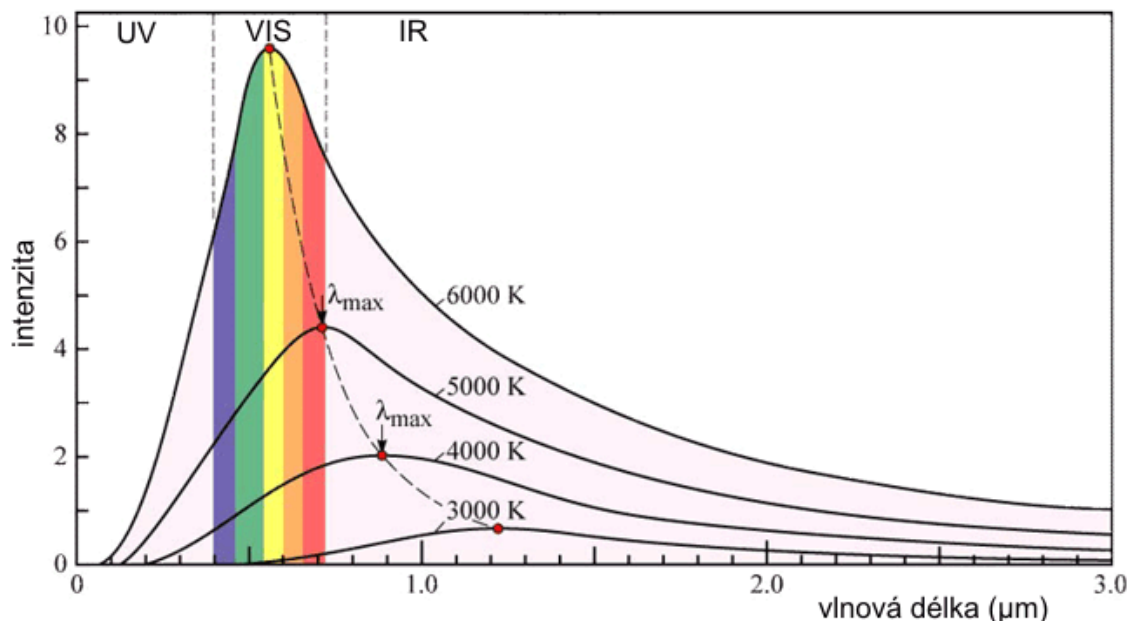
Stefan – Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$$

Obrázek 2: Rovnice Wienova posunovacího zákona a Stefan-Boltzmannova zákona (autor Gymnázium Kroměříž)

Praktickým příkladem může být např. blok oceli, který se bude zahřívát až k tavení. Se vzrůstající teplotou začne kromě IR záření postupně emitovat také záření ve viditelném spektru, nejprve slabě červené, přes oranžovou až ke žluté. Teplota, při které začne těleso emitovat i viditelné světlo se nazývá Draperův bod. S tímto jevem souvisí i barva denního světla. Povrch slunce má teplotu přibližně 5800 K. V době okolo poledne, kdy dochází k nejmenší refrakci v atmosféře, to odpovídá přibližně středu viditelného spektra, tedy žluté barvě. V roce 1900 Max Planck odhadnul a později odvodil závislost intenzity záření na jeho frekvenci a formuloval tak Planckův vyzařovací zákon. Zároveň vyslovil hypotézu, že elektromagnetické záření není ve skutečnosti vyzařováno spojitě, ale po určitých množstvích, tzv. kvantech. Jako označení takového kvanta elektromagnetického záření byl později zaveden termín foton⁶.

⁶ Planckova konstanta. ALDEBARAN AGA. *Aldebaran* [online]. [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/lab/planck/2_cteni_2.php



Obrázek 3: Grafické znázornění Planckova vyzařovacího zákona pro různé teploty (autor Aldebaran)

IR záření je stejně jako každé elektromagnetické záření při šíření látkovým prostředím různou mírou pohlcováno. Tureček uvádí, že toto platí i pro šíření atmosférou, která je směsí různých plynů (dusík, kyslík, oxid uhličitý, ozón, metan a další), kapalných látek (např. vzdušná vlhkost) a pevných látek (např. prach, kouř). Každá z těchto součástí určitou mírou snižuje propustnost. Část elektromagnetického spektra však může atmosférou procházet bez významné absorpce a rozptylu, jinými slovy, pro tuto část spektra je atmosféra propustná lépe. Tyto intervaly se nazývají atmosférická okna. Pro účely prostředků pro pozorování jsou nejdůležitější intervaly přibližně 3–5 μm a 8–14 μm , tzv. 1. a 2. atmosférické okno (2008, s.72-73)⁷.

Z prostředků pro pozorování pracují ve viditelném spektru dalekohledy, kamery a z nich odvozené přístroje. Noktovizory zesilující zbytkové světlo pracují ve viditelném spektru, ale zároveň také v blízké infračervené oblasti (NIR), která

⁷ TUREČEK, Jaroslav. *Policejní technika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. ISBN 978-80-7380-119-9.

značně rozšiřuje možnosti jejich použití. Termokamery pak pracují již výhradně ve středním (MWIR) a vzdáleném (LWIR) infračerveném spektru.

1.2 Druhy prostředků pro pozorování a principy jejich funkce

V následující části práce budou popsány jednotlivé druhy prostředků pro pozorování za ztížených podmínek. U každého z nich bude popsána stručná historie a nejdůležitější technické parametry, které mají vliv na jejich výkon.

1.2.1 Dalekohledy

Dalekohled je optické zařízení sloužící k pozorování vzdálených objektů. Bratři Erhartové uvádí, že dalekohled musí plnit 3 základní funkce: Přibližovat vzdálené předměty tím, že je umožňuje pozorovat pod zdánlivě větším úhlem než samotné lidské oko. Musí do oka soustředit více světla, než kolik by do něj propustila samotná zornice a musí zvětšit rozlišovací schopnost oka (1989, s.11)⁸. Přesto, že první dalekohled je spojován se jménem Galileo Galileia, za skutečného vynálezce je považován holandský optik, brusič skla a výrobce brýlí Hans Lippershey, který použil soustavu čoček spojky a rozptylky a tuto si nechal v roce 1608 patentovat. Galileo jeho vynález následně pouze zdokonaloval, přesto je dnes tento typ dalekohledu většinou označován jako dalekohled Galileův. Tento dalekohled poskytoval sice přímý obraz, byl kompaktní svou velikostí, jeho nevýhodou ale bylo, že při zvyšujícím se zvětšení se velmi zužovalo zorné pole. Použitelné zvětšení tak nebylo příliš velké a využití této sestavy zůstalo díky své jednoduchosti více méně pouze jako divadelní kukátko s běžným zvětšením 3–4×. Záměnou rozptylné čočky za opticky mohutnou spojnou čočkou vytvořil Johannes Kepler svůj hvězdářský dalekohled. Výhodou soustavy spojných čoček je podstatně větší zvětšení při stále dostatečně širokém zorném poli. Značnou nevýhodou je však skutečnost, že dalekohled poskytuje převrácený obraz a také poměrně velká délka tubusu, což jej předurčuje skutečně pouze jako dalekohled

⁸ ERHART, Vilém a Josef ERHART. *Amatérské astronomické dalekohledy*. 2. přepracované vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. Udělejte si sami. ISBN 04-310-89.

hvězdářský, kde tyto vlastnosti nejsou na obtíž. Doplněním třetí čočky do soustavy Keplerova dalekohledu dochází k dalšímu převrácení obrazu uvnitř soustavy a vzniká tak tzv. pozemní dalekohled. Tento již poskytuje přímý obraz s dostatečně širokým zorným polem, limitující zůstává poměrně velká délka tubusu. Délku dalekohledu dokázal velmi efektivně zredukovat italský optik Ignazio Porro v roce 1850, když do Keplerovy soustavy umístil dva skleněné hranoly, čímž vlastně vytvořil 4 rovné odrazové plochy. Odrazem světla na těchto plochách se obraz převrátí v obou osách a vznikne tak obraz přímý. Zároveň se výrazně zkrátí délka tubusu. Soustava hranolů je typická pro binokulární dalekohledy, tedy dalekohledy tvořené dvěma spojenými tubusy, lze ji ale použít i u dalekohledu s jedním tubusem, tzv. spektivu. Motejl popisuje dvě běžně používané soustavy hranolů, mezi které patří hranoly systému Porro a hranoly střeškové (od anglického označení roof) v systémech Schmidt-Pechan a Abbe-Koenig⁹. Binokuláry s Porro hranoly jsou typické svými vyosenými tubusy. Jsou větší a tvarově méně kompaktní, ale poskytují obecně lepší světelnost a zorné pole, jasnější a kontrastnější obraz a mají méně obrazových vad, protože na plochách hranolů dochází vždy k dokonalému odrazu v úhlu 90 stupňů. Binokuláry se střeškovými hranoly mohou mít tubusy rovné, protože hranoly jsou tvarovány a slepeny do jednoho menšího a kompaktního bloku. Na jejich odrazových plochách však dochází k odrazům pod různými úhly. V systému Schmidt-Pechan navíc jedna z ploch nemá totální odraz, proto je nutné navíc použít nanesení reflexní vrstvy. Nespornou výhodou těchto systémů je však velmi kompaktní velikost a lze je tedy použít do velmi malých a lehkých binokulárů, při zachování velmi dobrých optických vlastností. Zvětšení binokulárních dalekohledů se běžně pohybuje v rozmezí 3–20×, ale i více. Výše uvedené typy dalekohledů jsou souhrnně označovány jako refraktory, protože na čočkách dochází k lomu neboli refrakci světelných paprsků. Společnou nevýhodou refraktorů jsou více či méně patrné obrazové vady, mezi které patří různé typy zkreslení, zklenutí zorného pole, sférická nebo chromatická aberace. Za zmínku proto stojí také další typy dalekohledů, tzv. reflektory. Tyto jsou tvořeny soustavou zrcadel, na kterých dochází k odrazu neboli reflexi světelných paprsků soustavou primárního

⁹ ELTY S.R.O. Hranoly. MOTEJL, Miloš. *EEIty* [online]. [cit. 2023-11-08]. Dostupné z: <https://www.dalekohled-mikroskop.cz/hranoly>

a sekundárního zrcadla. Typickým příkladem může být Cassegrainův dalekohled, kde je primární zrcadlo duté a sekundární vypuklé. Okulár se nachází na spodním konci tubusu a prochází otvorem ve středu primárního zrcadla. Druhým příkladem je Newtonův dalekohled, kde je primární zrcadlo duté a sekundární rovné. Okulár se nachází z boku v horní části tubusu. Tato sestava poskytuje převrácený obraz, který může, ale nemusí být napřímen okulárem. Reflektory na rozdíl od refraktorů netrpí většinou optických vad a zároveň jsou schopny poskytnout obrovské zvětšení (v řádech 10–100×) a velkou světelnost při relativně malých rozměrech. Primárně jsou používány jako hvězdářské dalekohledy, výjimkou ale nejsou ani velmi kvalitní pozemní pozorovací dalekohledy.

Kombinací optických soustav a změnou jejich uspořádání lze vytvořit dalekohledy s proměnnou ohniskovou vzdáleností. Takový dalekohled se označuje jako transfokátor, nebo lidově zoom. Mechanickou změnou postavení jednotlivých optických prvků dochází k plynulé změně ohniskové vzdálenosti a tím ke změně zvětšení za současného zmenšení zorného pole. Dalekohled se tím stane univerzálnější, zároveň se ale zvýší výrobní náklady, požadavky na přesnost sestavení a celkově se zhorší optické vlastnosti, protože světelné paprsky musí procházet větším počtem optických prvků.

Každý dalekohled může být dále opatřen doplňkovými technologiemi, ať už se jedná o různé osnovy či měřicí soustavy, čímž mohou vzniknout měřicí nebo zaměřovací dalekohledy. Dalším doplňkem může být mechanický či digitální kompas, poměrový či laserový dálkoměr a další. Pro potřeby pozorování z úkrytu nebo obrněné techniky bych zmínil také různé typy periskopických dalekohledů.

1.2.1.1 Některé důležité parametry dalekohledů¹⁰

Světelnost: Světelnost soustavy je schopnost propustit určité množství světla. Jedná se spíše o pomocný ukazatel a vypočte se u všech dalekohledů stejně, jako druhá mocnina podílu průměru vstupní čočky v mm a zvětšení dalekohledu. Velká

¹⁰ Popis technických parametrů dalekohledů. INFOTO.S.R.O. *Dalekohledy Fomei* [online]. [cit. 2023-11-11]. Dostupné z: <https://www.dalekohledy-fomei.cz/popis-technickyh-parametru-delekohledu/>

světelnost poskytuje jasný a zřetelný obraz, ovšem na úkor celkové velikosti a hmotnosti celé soustavy.

Zvětšení: Zvětšení dalekohledu vyjadřuje poměr mezi skutečnou velikostí sledovaného objektu a jeho velikostí, kterou vnímáme při pozorování dalekohledem. Např. při zvětšení 10× se sledovaný objekt vzdálený 1000 m jeví jako by se nacházel ve vzdálenosti 100 metrů. Zvětšení je udáváno číselnou hodnotou, např. 10×, nebo 6–12× v případě funkce zoom. Při výběru zvětšení dalekohledu je nutno počítat také s tím, že se zvyšujícím se zvětšením narůstá potřeba použití stativu, nebo jiného způsobu stabilizace

Průměr vstupní pupily: Jedná se o průměr vstupní čočky dalekohledu udávaný v mm. Přímo úměrně ovlivňuje světelnost dalekohledu. Většinou doplňuje údaj o zvětšení dalekohledu, např. 10×50.

Průměr výstupní pupily: U přístrojů určených pro přímé pozorování očima je dalším důležitým parametrem průměr výstupní pupily. Výstupní pupila je kruhová světelná ploška, která se vytvoří za okulárem ve vzdálenosti oka hledícího do přístroje. Tato hodnota souvisí s anatomii lidských očí, konkrétně s průměrem zornice, který se u zdravého člověka v závislosti na osvětlení pohybuje přibližně mezi hodnotami 2–8 mm. Ideální průměr výstupní pupily by měl být stejný, jako průměr zornice, protože tak do oka vstupuje právě tolik světla, které prochází optickou soustavou, což je důležité zejména při pozorování za šera. Je-li průměr výstupní pupily větší než průměr zornice, část světla procházející soustavou se zbytečně ztratí. Neuvádí-li výrobce tuto hodnotu přímo, lze ji zpravidla vypočítat jako podíl světelnosti a zvětšení, např. u dalekohledu 8 × 56 je průměr výstupní pupily 7 mm.

Vzdálenost výstupní pupily: Často označována také jako oční reliéf. Je to vzdálenost od posledního optického členu soustavy, tedy nejčastěji od okuláru, ve které se musí nacházet oko, aby vnímalo celý a nezkreslený obraz. Příliš krátká vzdálenost znemožňuje použití brýlí.

Zorné pole: Zorné pole je část pozorovaného prostoru, kterou se pozorovatel schopen dalekohledem vidět. Hodnota je udávána ve stupních.

Další parametry optiky: Pro zlepšení mechanických a optických vlastností dalekohledů jsou často použity pokročilé technologie. Sklo čoček lze obohatit o prvky zlepšující jeho vlastnosti, např. potlačující chromatickou aberaci způsobenou různým úhlem lomu jednotlivých barevných složek světla. Při průchodu světelných paprsků čočkami a hranoly dochází ve skle k pohlcování světla a také na každém rozhraní prostředí s různou optickou hustotou nejen k lomu, ale i k částečnému odrazu. Bratři Erhartové změřili, že 1 cm skla může pohltit průměrně 1,5 % procházejícího světla. Např. optická soustava s 10 neošetřenými plochami vlivem pohlcení a odrazů propustila na konec pouze cca 60 % veškerého světla (1989, s. 12-13)¹¹. Tento jev lze potlačit použitím skla s nízkou absorpcí a tzv. coatingem neboli povlakováním, kdy je povrch skla opatřen jednou, nebo více tenkými průhlednými vrstvami, které odrazu světla zabraňují. U vstupní čočky lze takto potlačit i nechtěné odlesky, které by mohly pozorovatele prozradit, což je žádoucí zejména u bezpečnostních složek. Vstupní a výstupní čočky mohou být opatřeny také tvrdou vrstvou zamezující poškrábání. Vnitřní prostor lze dále vyplnit inertním plynem, který brání kondenzaci vzdušné vlhkosti při změně teploty a zároveň zabraňuje např. kontaminaci plísněmi. Dalekohledy a optické přístroje pro bezpečnostní složky jsou také vyráběny s důrazem na mechanickou odolnost.

Stabilizace obrazu: Se vzrůstajícím zvětšením dalekohledu se sice zvyšuje vzdálenost, na kterou lze požadovaný objekt pozorovat, zároveň však narůstá potřeba udržet zařízení v klidu. Zmenšující se zorné pole společně s chvěním dalekohledu se projeví silným roztřesením obrazu. V rukou bez opory lze pohodlně udržet dalekohled se zvětšením přibližně 10×, v některých případech i 12×. Pozorování dalekohledem s větším zvětšením pak vyžaduje minimálně pevnou oporu, nebo ještě lépe stativ. Moderní dalekohledy mohou pak být vybaveny stabilizátorem. Tento může být buď mechanický, nebo elektronický. Mechanický stabilizátor pracuje na principu setrvačnosti. Sestava hranolů je v dalekohledu ukotvena na Kardanově závěsu, který vyrovnává drobné otřesy. Systém nepotřebuje zdroj energie, zvyšuje ale hmotnost dalekohledu, snižuje

¹¹ ERHART, Vilém a Josef ERHART. *Amatérské astronomické dalekohledy*. 2. přepracované vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989, s. 12-13. Udělejte si sami. ISBN 04-310-89.

mechanickou odolnost a také není vhodný pro sledování pohybu. Elektronický stabilizátor je řízen mikroprocesorem, který získává informace o pohybu dalekohledu zpravidla pomocí akcelerometru. Systémy se liší dle výrobce, příkladem může být gyroskopický systém, kde je hranol udržován ve stabilní poloze pomocí gyroskopu poháněného vysokootáčkovým motorem. Další možností je posouvání čočky ve dvou osách, nebo naklánění soustavy hranolů pomocí elektromagnetických cívek či jiných aktuátorů. Výhodou je vysoká přesnost, nevýhodou nutnost napájení¹².

Za zmínku stojí také speciální typ dalekohledu, který byl používán ještě před vynálezem přístrojů pro noční pozorování a lze jej tak s trochou nadsázky považovat za jejich předchůdce. Jedná se v podstatě o dalekohled či binokulár s velkou světelností. Uvádí se, že průměr objektivů musí přesahovat 55 mm a současně musí dalekohled disponovat relativně malým zvětšením do hodnoty 7×. Takový dalekohled pak poskytoval velmi jasný obraz i za šera a byl označován jako Night glass – noční dalekohled¹³. Nevýhodou byla ale jeho velká hmotnost a také nebezpečí poškození zraku při náhlém osvětlení jasným světlem, což je ovšem všeobecně riziko u všech typů dalekohledů.

1.2.2 Digitální dalekohledy a kamery

Zaměníme-li okulár dalekohledu za kombinaci elektronického snímače a zobrazovacího zařízení, získáme digitální dalekohled, případně digitální kameru. Tyto lze rozdělit na ruční a na montované na technice. Pevně montované kamery jsou zmíněny pouze jako další z možných typů, jelikož se svým použitím řadí spíše mezi zabezpečovací techniku než prostředky pro pozorování. Výhodou digitální techniky je zejména možnost záznamu přímo v paměti přístroje, nebo jeho přenos do jiného vzdáleného zařízení a v neposlední řadě také možnost automatického, nebo dodatečného zpracování obrazového záznamu.

¹² CANON. Časté dotazy k dalekohledům. *Dalekohledy* [online]. [cit. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://www.canon.cz/binoculars/binocular-faqs/>

¹³ *Night Vision Technologies Handbook*. U.S. Department of Homeland Security, Science and Technology Directorate, 2013, s. 2. HSHQPM-12-X-00031.

Samozřejmostí je možnost stabilizace obrazu. Kameru lze ovládat na dálku linkou, nebo bezdrátově, z bezpečného prostoru nebo integrovaného stanoviště.

Převod obrazu na elektronický signál byl v minulosti zprostředkován snímací elektronikou, tzv. ikonoskopem, později zdokonalenými verzemi ortikonem a vidikonem. Tyto byly od 70. let minulého století postupně nahrazovány polovodičovými snímači. V současné době se používají dva typy těchto snímačů, a to CCD (Charge-Coupled Device) a CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor)¹⁴, které pracují na základě vnitřního fotoelektrického jevu. Snímač je tvořen maticí křemíkových polovodičových diod, tzv. pixely. Záření dopadající ve formě fotonů způsobí, že elektrony z valenční vrstvy krystalové mřížky polovodiče jsou excitovány do vodivostního pásu, kde se mohou volně pohybovat a odsud jsou odvedeny ve formě elektrického proudu. Velikost proudu odvedeného z jednotlivých pixelů pak přímo odpovídá intenzitě jejich ozáření. Oba typy snímačů mají své výhody a nevýhody. CCD snímače poskytují obecně kvalitnější obraz. Mají rychlejší odezvu, větší dynamický rozsah a nižší šum, naproti tomu ale vysokou spotřebu energie a jsou citlivější na bodové přesvícení. Výhodou CMOS snímačů je zejména až 10× nižší spotřeba a nižší výrobní náklady.

Oba typy snímačů jsou citlivé nejen na viditelnou část spektra, ale částečně i na ultra fialovou (UV) a infra červenou (IR) část spektra. Zejména pak citlivost v blízké infra červené (NIR) oblasti předurčuje tyto snímače k použití v kamerách s tzv. „nočním viděním“.

1.2.2.1 Některé důležité parametry kamer¹⁵:

Rozlišení: Rozlišení kamery je dáno počtem obrazových bodů (pixelů) v ploše snímače. Udává se nejčastěji v megapixelech, nebo prostým počtem pixelů na šířku a výšku snímače, např. 2048 × 1536 px, tedy 3,1 Mpx. Vyšší rozlišení obecně znamená kvalitnější obraz, zároveň ale také větší datovou velikost záznamu.

¹⁴ BLUECOM S.R.O. Obrazové snímače CCD vs. CMOS. *NetCam.cz* [online]. [cit. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://netcam.cz/encyklopedie-ip-zabezpeceni/obrazove-snimace-ccd-cmos.php>

¹⁵ MEGAPIXEL S.R.O. Jak vybrat digitální videokameru. *Megapixel.cz* [online]. [cit. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/jak-vybrat-digitalni-videokameru>

Citlivost: Hodnota vyjadřuje citlivost snímače na světlo. Vyšší citlivost umožňuje použití kamery při horších světelných podmínkách, zároveň však způsobuje vyšší šum výsledného obrazu. Udává se v jednotkách ISO, běžně v hodnotách ISO 100 až 3200.

Snímkovací frekvence: Snímkovací frekvence je údaj o tom, kolik jednotlivých snímků je kamera schopna pořídit za 1 sekundu. Udává se ve snímcích za sekundu neboli frames per second (fps). Vyšší snímková frekvence znamená plynulejší a tím méně rozmazaný záznam, což je výhodné obzvláště pokud potřebujeme záznam zastavit a procházet jednotlivé snímky. S rostoucí fps ale násobně roste datová velikost záznamu. Běžné hodnoty jsou 24–120 fps.

Zoom: Zoom kamery může být zajišťován dvěma způsoby. Stejně jako u dalekohledů pomocí proměnné optické soustavy, nebo digitálně pomocí firmware (ovládacího software daného přístroje). Digitální zoom funguje v podstatě jako výřez snímané scény. Vybraná část snímané scény je oříznuta o vnější okraje a následně roztažena na celý obraz, čímž ale klesá rozlišení a tím i kvalita obrazu. Většina pozorovacích systémů disponuje kombinací optického i digitálního zoomu.

Stabilizace obrazu: Stejně jako u dalekohledů, tak i u kamer se rostoucím zvětšením začne projevovat roztřesení obrazu, zejména pak v situaci, kdy je kamera umístěna na teleskopickém stožáru nebo rameni vozidla. Není-li potřeba, aby bylo vozidlo v danou chvíli v pohybu (např. na pozorovacím stanovišti), nabízí se možnost stabilizace celého vozidla např. hydraulickými podpěrami, které přizvednou celé vozidlo a vyřadí tak odpružení podvozku. Stabilizace samotné kamery pak může být řešena elektromechanickým zařízením, které reaguje přímo na pohyb, např. tzv. gimbalem, nebo obdobně jako je popsáno výše u dalekohledů vyrovnáváním vibrací posunem optické soustavy, nebo pohybem samotného senzoru vůči optické soustavě.

Noční režim: Některé typy kamer disponují tzv. nočním režimem. Tato vlastnost využívá spektrální citlivosti snímače CCD nebo SMOS v oblasti NIR. Principem je odsunutí IR filtru, který se v denním režimu nachází před snímačem, případně rozsvícení IR přísvitu, nejčastěji o vlnové délce 850 nebo 940 nm. Snímač v tomto

režimu přijímá odražené IR záření. Výsledný obraz sice z části nebo zcela postrádá barevnou složku, protože IR oblast je mimo okem viditelné spektrum, umožňuje ale kameře pracovat i za velmi slabého, nebo žádného osvětlení. Limitující je v podstatě pouze dosah IR přísvitu. Kamery tohoto typu se však právě díky obecně kratšímu dosahu řadí spíše do oblasti zabezpečovací techniky, v různých modifikacích však najdou využití i mezi prostředky pro pozorování.

1.2.3 Noktovizory

Noktovizory neboli přístroje pro noční vidění jsou optické přístroje pracující na principu zesilování zbytkového světla. Rogalski uvádí, že jedny z prvních detektorů IR záření byly vyvinuty v Německu ještě před začátkem 2. světové války. Využívaly sulfid olovnatý získaný z galenitu. Vývoj následně probíhal utajeně i v průběhu války. Přesto, že se jednalo o průlomovou technologii, nepodařilo se jí Němcům využít takovým způsobem, aby průběh války zvrátila. Koncem války se následně podařilo spojencům ukořistit některé německé přístroje a podobnou technologii si tak postupně osvojily i další státy – Sovětský svaz, Velká Británie a Spojené státy americké (2012, s. 283)¹⁶. Hlavní nevýhodou německých přístrojů byla značná velikost, hmotnost a také skutečnost, že ke svému provozu potřebovaly silné zdroje IR záření. K tomu se používaly velké a výkonné reflektory se speciálními skleněnými filtry. Příkladem takového zdroje může být IR iluminátor o průměru 600 mm, který byl montován na polopásový transportér Sonderkraftfahrzeug 251, označovaný jako „Falke“. Ten poskytoval dostatek IR výkonu pro použití na vzdálenost 400–600 metrů¹⁷. Jeden z prvních přístrojů pro pozorování pak byl Fahr und Zielgerät 1250 (přístroj pro řízení a zaměrování) neboli FG 1250. Ten vyráběla společnost Carl Zeiss od roku 1941. Používal se na vozidlech a obrněné technice společně s již menším IR reflektorem o příkonu přibližně 200 W.



Obrázek 4: Německý přístroj Fahr und Zielgerät 1250 (autor Top War)

¹⁶ ROGALSKI, A. History of infrared detectors. *Opto-electronics review* [online]. Warsaw, 2012, [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: doi:10.2478/s11772-012-0037-7

¹⁷ Infrared devices for German tanks. *Top War* [online]. 2013 [cit. 2024-01-18]. Dostupné z: <https://en.topwar.ru/37354-infrakrasnye-pribory-dlya-nemeckih-tankov.html>

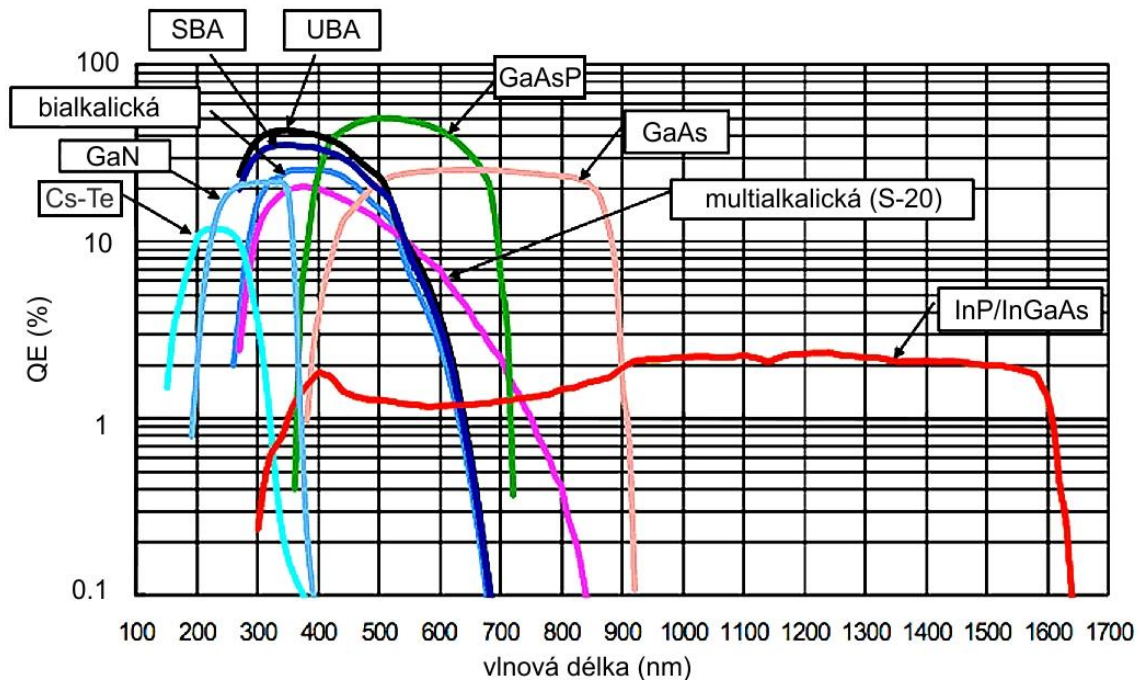
Jak již bylo uvedeno, mezi přístroje pro noční vidění jsou obecně zařazovány i první jednoduché infra-přístroje, které pracují s odraženým IR zářením v pásmu NIR. Oba typy pracují na principu vnějšího fotoelektrického jevu. Záření dopadající ve formě fotonů na povrch fotokatody způsobí excitaci elektronů v obalech atomů, přičemž těmto elektronům je předáno tolik energie, že mohou obal atomu opustit. Při tom ale nejsou zachyceny ve vodivostním pásu krystalové mřížky, jako je tomu u vnitřního fotoelektrického jevu, místo toho jsou doslova vyraženy z povrchu látky do prostoru. Tyto elektrony označované jako fotoelektrony jsou následně urychleny a usměrněny pomocí vysokého napětí směrem k anodě. Zesilovače jasu používané v noktovizorech můžeme rozdělit na jednodušší elektrooptické převaděče (EOP) kde dochází pouze k urychlení a soustředění proudu elektronů a na složitější a zároveň výkonnější mikro-kanálové zesilovače jasu obrazu (MKZJO), kde dochází také ke znásobení počtu elektronů. Dopadem rychle letících elektronů na stínítko pokryté tenkou vrstvou vhodného luminoforu dojde k pohlcení kinetické energie elektronů a jejich přeměnu na fotony, tedy viditelné světlo. Ke své činnosti potřebuje noktovizor aspoň minimální osvětlení, např. soumrak, svit měsíce, hvězd, nebo vzdálený zdroj světla označovaný často jako tzv. světelné znečištění. V absolutní tmě, kde není co zesílit, přístroj nefunguje a je nutno použít IR přísvit. Mezi nejvýznamnější světové výrobce noktovizorů patří Thales Group, ATN Corp, BAE Systems, L3Harris, Elbit, Niteline, Pulsar, Yukon, a nezaostává ani česká Meopta.

1.2.3.1 Fotokatoda

Jedlička popisuje fotokatodu jako tenkou fotocitlivou vrstvu ze směsi chemických prvků (zejména alkalických kovů a polokovů), která je nanášena na průhledném skleněném povrchu. Reichel uvádí, že nanášení lze provádět zejména napařováním nebo naprašováním (1963, s.16-17, 65-66)¹⁸. U jednodušších EOP je plocha fotokatody přímo součástí skleněné vakuové trubice, u MKZJO se jedná o skleněnou destičku. V obou případech je pro bezchybnou činnost potřeba vysoké vakuum. V noktovizorech se používají zásadně přenosové fotokatody, což znamená, že fotony dopadají na jednu stranu fotokatody a elektrony jsou

¹⁸ REICHEL, Theofil a Miroslav JEDLIČKA. *Fotokatody*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. ISBN 04-549-63.

emitovány z druhé strany. Schopnost noktovizorů zesilovat zbytkové světlo závisí především na spektrální citlivosti a kvantové účinnosti použité fotokatody. Kvantová účinnost (QE) závisí na vlnové délce dopadajícího záření a označuje vzájemný poměr dopadajících fotonů vůči počtu elektronů, které se jejich dopadem uvolní.



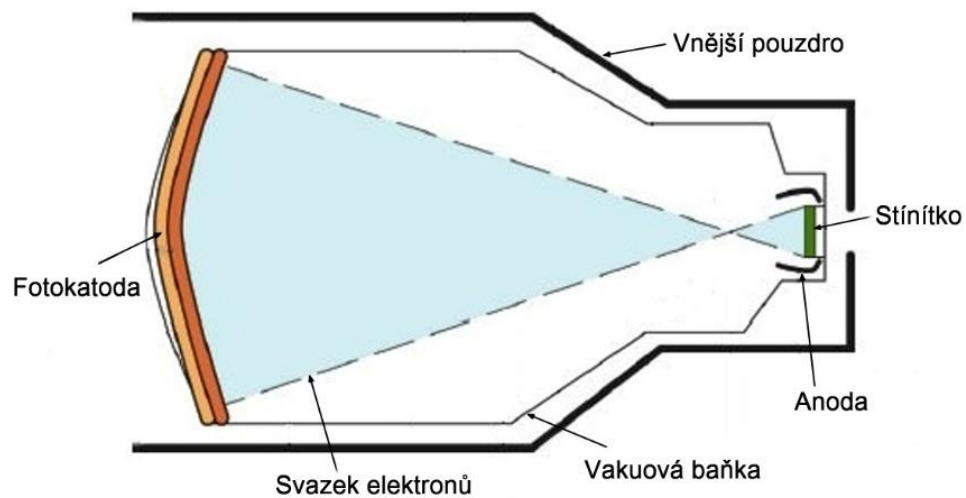
Obrázek 5: Spektrální citlivost a účinnost fotokatod různého chemického složení (autor Sova, Pokorná)

Z obrázku je patrná různá účinnost fotokatod v závislosti na jejich chemickém složení. Zároveň je patrné, že spektrální citlivost některých fotokatod přesahuje pásmo viditelného světla, což právě umožňuje použití IR přísvitů.

1.2.3.2 Elektrooptický převaděč

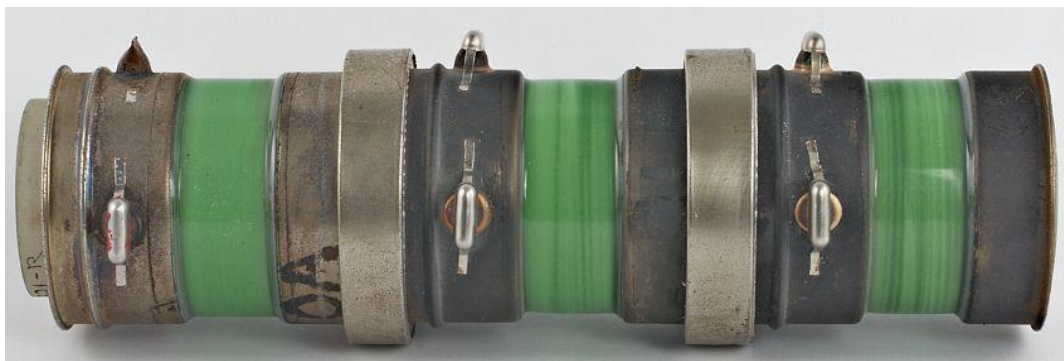
Mezi starší a jednodušší zesilovače jasu patří elektrooptické převaděče (EOP) pracující na principu elektronky. Ta sestává ze skleněné vakuové trubice se dvěma nebo více elektrodami. Elektrony emitované fotokatodou jsou urychleny pomocí vysokého napětí směrem k anodě, čímž se zvýší jejich energie. Kuželovitý tvar anody zároveň soustředí proud elektronů na stínítko. Jedlička vysvětluje, že tyto elektronky převádějí obraz z neviditelného oboru elektromagnetického záření do

viditelného, proto se označují jako převaděče. Nejčastěji se jedná o blízký infračervený obor¹⁹.



Obrázek 6: Schéma elektronky elektrooptického převaděče obrazu (autor fluorobyzo, upraveno)

Počet elektronů procházejících elektronkou se nemění. Zesílení jasu tedy závisí pouze na množství elektronů emitovaných fotokatodou a mírou jejich urychlení vysokým napětím. Pro dosažení většího zesílení jasu tak bylo u některých přístrojů použito dvou nebo i tří stejných elektronek za sebou, kde následující elektronka zesiluje jas té předešlé.

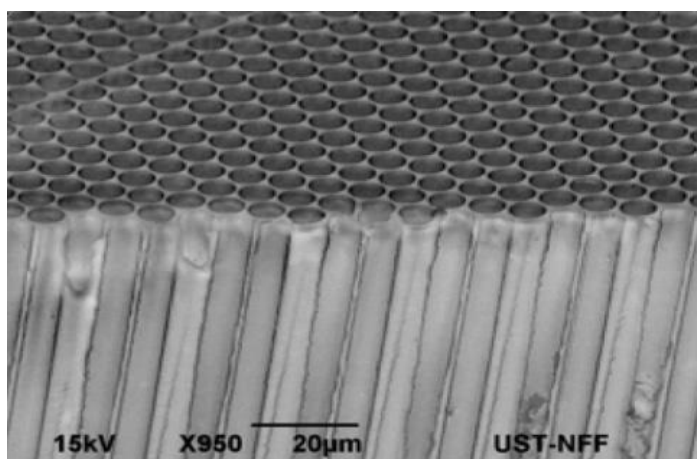


Obrázek 7: Třístupňový zesilovač jasu Machlett 3-stage z doby vietnamské války (autor Lamps and tubes)

¹⁹ JEDLIČKA, Miroslav. *Časopis světlo: Zesilovače jasu obrazu* [online]. Praha: FCC PUBLIC, 2006 [cit. 2024-02-14]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zesilovace-jasu-obrazu--16166>

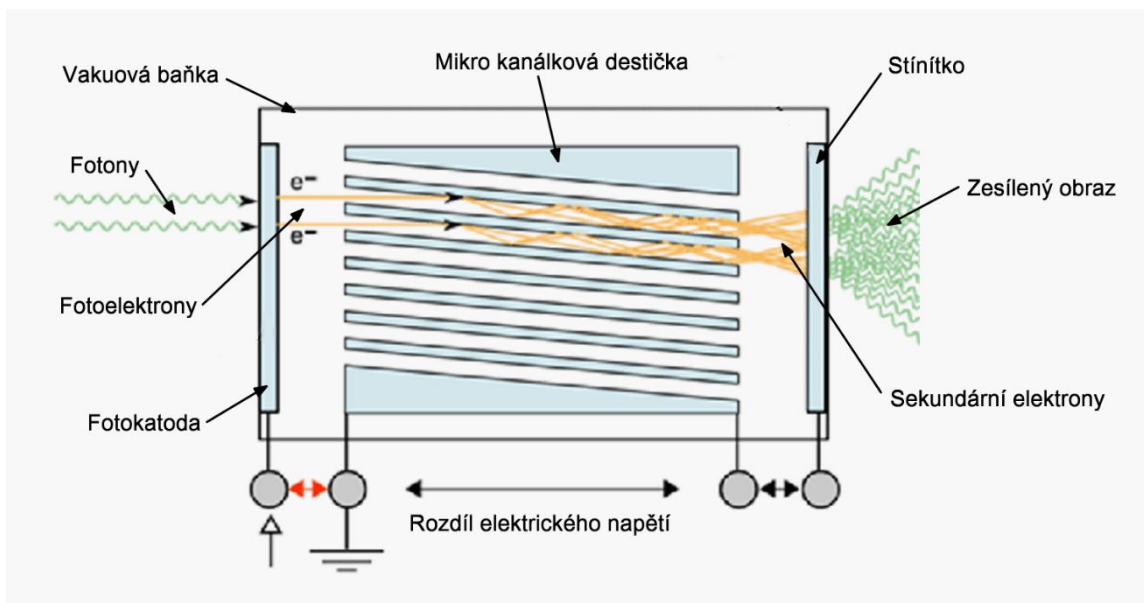
1.2.3.3 Mikro-kanálová destička

Dalším možným způsobem zesílení jasu je podle Jedličky použití mikrokanálové destičky (MCP, micro-channel plate). Jedná se o tenkou destičku z polovodivého skla, která je tvořena pravidelnou soustavou rovnoběžných kanálků (Jedlička, 2006). Průměr jednotlivých kanálků se pohybuje v řádu μm (nejčastěji 5–20 μm). Na jedné MCP se tak může nacházet přibližně 10–20 milionů kanálků na 1 cm^2 . Na vnitřním povrchu kanálků je nanесena polovodičová vrstva a je na ně přivedeno elektrické napětí o velikosti přibližně 1 kV. Tím se z každého kanálku stane v podstatě dynoda a celá MCP začne pracovat jako násobič elektronů. Elektron emitovaný fotokatodou narazí na povrch kanálku, čímž dojde k sekundární elektronové emisi – z povrchu polovodiče jsou vyraženy další elektrony. Kanálky jsou proti ose mírně zešikmeny, aby pravděpodobnost, že elektron zasáhne stěnu kanálku, byla co největší. Každý takto emitovaný elektron může na své dráze opět zasáhnout povrch kanálku a generovat tak další elektrony, čímž vzniká jakási řetězová reakce. Na protějším konci kanálku tak vychází mnohonásobně větší počet elektronů. Tyto elektrony jsou následně opět urychleny elektrostatickým polem směrem k anodě, kde nakonec narazí na stínítko. Čím více elektronů dopadne na stínítko, tím více fotonů vznikne jejich pohlcením a tím větší jas má výsledný obraz. Pro ještě větší zesílení lze, stejně jako u EOP, za sebe umístit i 2–3 MCP (Paschota, 2019)²⁰



Obrázek 8: Snímek řezu MCP z elektronového mikroskopu (autor Mengying Zhang)

²⁰ PASCHOTA, Rüdiger. RP PHOTONICS AG. Microchannel Plates. PASCHOTA, R. *RP Photonics Encyclopedia* [online]. 2019 [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: doi:10.61835/u9sl

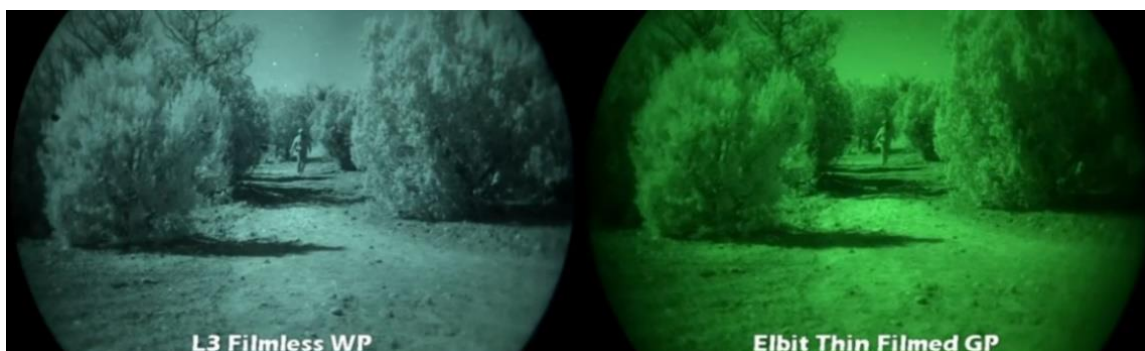


Obrázek 9: Schéma zesilovače jasu s MCP (autor Hugh Sparks, upraveno)

1.2.3.4 Stínítko

Stínítko je tenká destička z průsvitného materiálu, nejčastěji skla, na kterou je nanesena vrstvička vhodného luminoforu. Ve starších a jednodušších EOP je stínítko přímo součástí elektronky na její výstupní straně. U MKZJO se jedná o samostatnou destičku. Urychlené elektrony svým dopadem na luminofor způsobují luminiscenci, označovanou někdy jako katodoluminiscenci. Jedná se v podstatě o opačný princip jako na fotokatodě, dopadající elektrony jsou pohlceny a vyzářeny ve formě fotonu – viditelného světla. Rozložení intenzity jasu na stínítku odpovídá intenzitě osvětlení scény snímané fotokatodou, Jedná se tedy v podstatě o tentýž obraz, pouze se zesílenou intenzitou. Obraz na stínítku je monochromatický a barvu vyzářeného světla určuje složení luminoforu. Stínítka většiny noktovizorů poskytují obraz v zelené, méně často v zelenožluté barvě, protože tento typ luminoforů má nejlepší účinnost a současně i lidské oko je nejcitlivější právě v oblasti zeleného spektra. Někteří výrobci (např. L3Harris) používají luminofor označovaný jako SuperGain, který poskytuje obraz v odstínech šedé s mírně modrozeleným nádechem²¹.

²¹ TVNC. *What is TVNC SuperGain?* [online]. [cit. 2024-01-14]. Dostupné z: <https://tnvc.com/supergain/>



Obrázek 10: Porovnání obrazu stínítka se zeleným a bílým luminoforem (autor Nitewalker)

1.2.4 Generace noktovizorů:

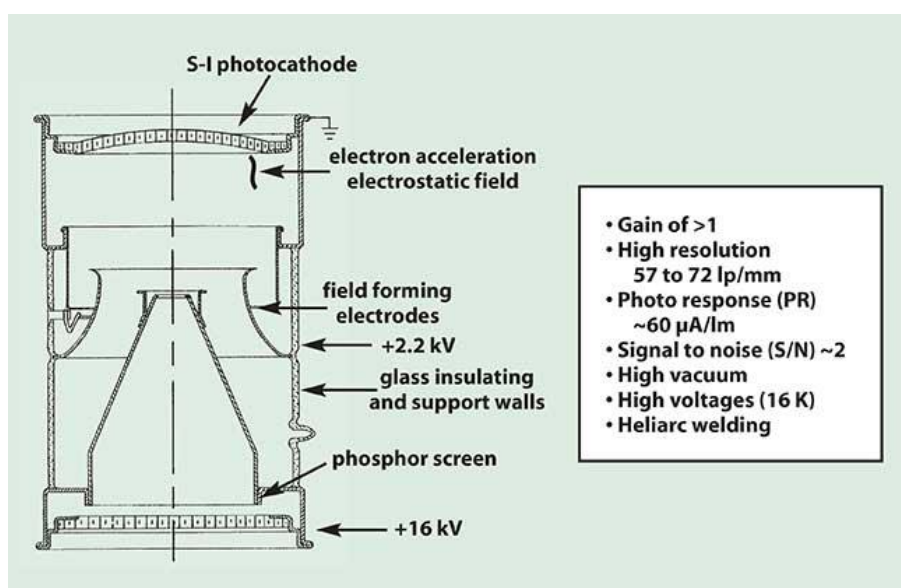
Výkon zesilovačů jasu v noktovizorech je charakterizován skupinou vlastností označovanou jako generace noktovizoru. Montoro uvádí, že v tomto kontextu jednotlivé generace odkazují na vývojové etapy technologie, které se postupně zlepšovaly. Každá generace představuje oproti předchozí generaci určitý pokrok nebo vylepšení²². V současné době existuje několik hlavních výrobců, kteří produkuje ZJO. Tyto pak vkládají do vlastních noktovizních přístrojů, nebo je poskytují dalším výrobcům pro jejich vlastní produkci. Americká, evropská a dnes již i asijská produkce se ale liší požadavky a normami, proto je možné narazit na rozdílné označení generací mezi jednotlivými výrobci a prodejci. Je důležité si uvědomit, že tato označení nejsou vždy přímo srovnatelná a že konkrétní výkon a vlastnosti mohou záviset na specifických modelech a značkách.

1.2.4.1 Generace 0

První zesilovače jasu, dnes označované jako 0. generace, byly vyvinuty kolem roku 1929 úpravou televizních elektronek pro snímání obrazu. EOP je tvořen vakuovou trubicí s fotokatodou S1 (AgOCs) a fosforovým stínítkem. Fotokatoda S1 má sice velice malou kvantovou účinnost, ale za to velice široký spektrální rozsah přibližně 300–1200 nm, což umožňuje použití IR přisvitu. Urychlení elektronů je zajištěno elektrostatickým polem vytvářeným vysokým napětím na

²² PHOTONICS. *Image Intensification: The Technology of Night Vision* [online]. MONTORO, Harry P. [cit. 2024-02-02]. Dostupné z: https://www.photonics.com/Articles/Image_Intensification_The_Technology_of_Night/p4/a25144

elektrodách tvaru kužele, které proud elektronů soustřeďují na stínítko. Stínítko poskytuje kontrastní zelený obraz bez výrazného šumu. Zesílení jasu je nízké, ale vzhledem ke tvaru celého EOP dochází k soudkovitému zkreslení obrazu a rozmazání na jeho vnějších okrajích. 0. generace také nemá ochranu proti přesvícení. Přímý pohled do silného zdroje světla nebo IR přísvitů způsobuje přetížení fotokatody i stínítka, což souvisí i s celkovou životností, která není dlouhá.

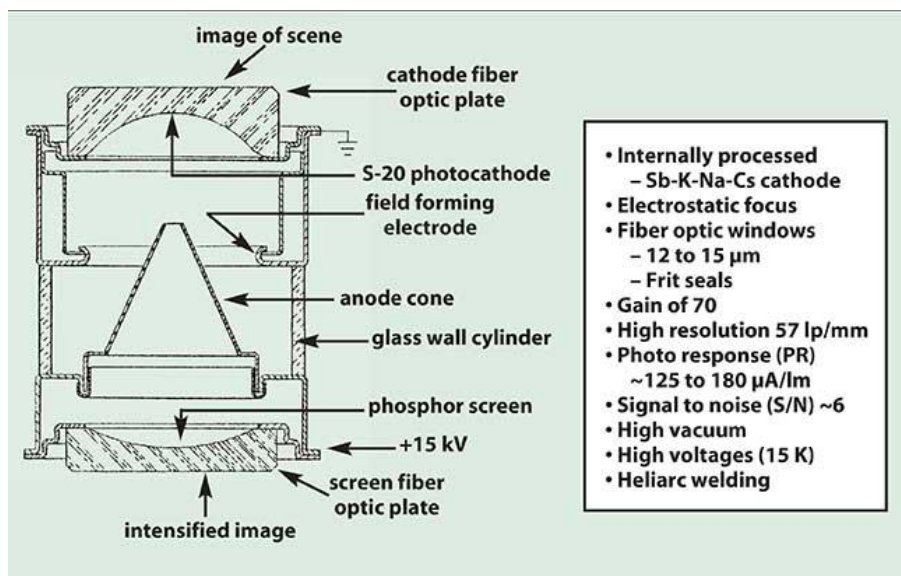


Obrázek 11: Schéma zesilovače jasu Generace 0 (autor Harry Montoro)

1.2.4.2 Generace 1

Následující generace noktovizorů vznikla zdokonalením zejména fotokatody. Používá multialkalickou (směs alkalických kovů a antimonu) katodu označovanou jako S20. Z výše uvedeného grafu (Obrázek 5) je patrné, že fotokatoda S20 má podstatně vyšší kvantovou účinnost v oblasti viditelného světla. Citlivost v oblasti NIR spektra pak rychle klesá, přesto ale stále umožňuje použití IR přísvitů v oblasti 850 nm. Generace 1 má podobné nevýhody jako generace 0, protože se stále jedná o vakuovou elektronku. Typický je opět světlejší střed obrazu a rozmazání na okrajích, úpravou tvaru trubic a preciznější výrobou bylo ale dosaženo lepších optických vlastností (Generace 1+, CF-Super apod.) Životnost trubic je vyšší, než u 0. generace, zejména díky částečné ochraně proti přesvícení. Při přetížení se

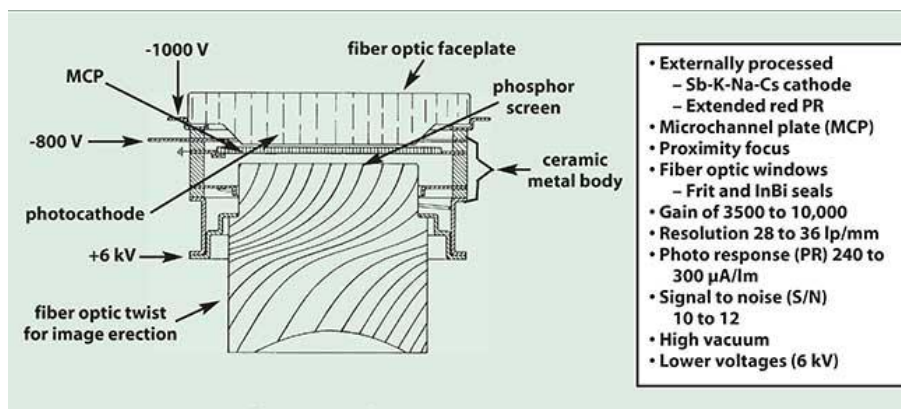
sníží nebo zcela odpojí napětí mezi elektrodami a přístroj po tuto dobu pracuje pouze tzv. setrvačností. Intenzita jasu za stínítkem ale není nijak regulovaná, proto může dojít k oslnění očí. Zesilovače jasu 1. generace jsou dnes běžnou součástí mnoha levnějších noktovizorů na trhu.



Obrázek 12: Schéma zesilovače jasu Generace 1 (autor Harry Montoro)

1.2.4.3 Generace 2

Zesilovače jasu 2. a vyšší generace již používají mikrokanálovou destičku vyvinutou koncem 60. let minulého století. Společně s použitím zlepšené fotokatody S25 tak došlo v revoluci v technologii noktovizorů. Zesilovač jasu 2. generace je díky své konstrukci podstatně kratší. Zkrácením vzdálenosti mezi fotokatodou a stínítkem bylo odstraněno zkreslení obrazu a díky mikrokanálové destičce byl mnohonásobně zvýšen jas obrazu. Zesilovače jasu 2. generace také potřebují k činnosti zhruba poloviční napětí oproti elektronkám 0. a 1. generace. Spolu s rozvojem miniaturizace bylo zároveň možné vyrobit menší a účinnější napájecí zdroje a generátory vysokého napětí. Zesilovače jasu 2. generace se tak staly prvními, které bylo možno efektivně použít do malých ručních přístrojů a tzv. brýlí pro noční vidění (night vision goggles, NVG), montovaných na náhlavní soupravy a přilby.

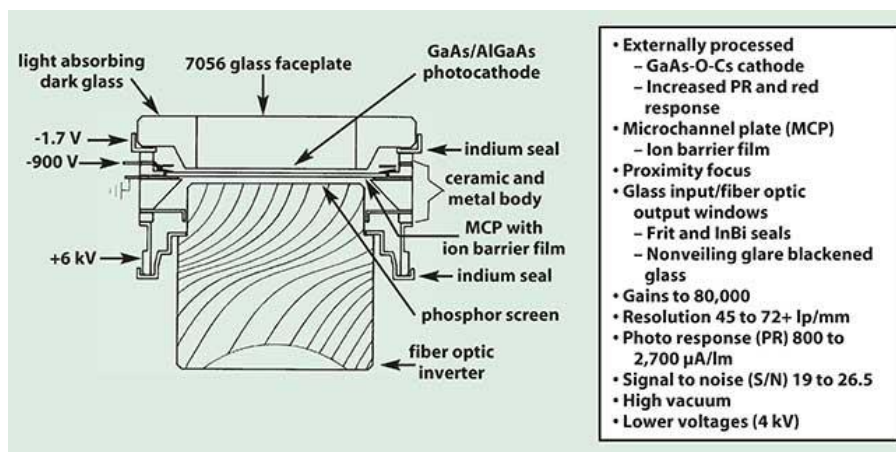


Obrázek 13: Schéma zesilovače jasu Generace 2 (autor Harry Montoro)

1.2.4.4 Generace 3

3. generace zesilovačů jasu uváděná do výroby v průběhu 80. let minulého století je velmi podobná 2. generaci. Podstatnou změnou je použití nového typu fotokatody z arsenidu galia (GaAs), která má výrazně vyšší kvantovou účinnost, a to i v oblasti NIR spektra. Vyšší kvantová účinnost měla ale za následek její extrémní citlivost na fyzikální a chemické změny, zejména pak na nežádoucí ionty vznikající ionizací zbytkových plynů vysokým napětím. Účinnost fotokatody během několika hodin provozu klesala až k nepoužitelným hodnotám. Tento problém byl vyřešen použitím tzv. iontové pasti – tenké vrstvičky oxidů hliníku a hořčíku napařené na výstupní stranu fotokatody, která bránila přístupu nežádoucích iontů k fotokatodě. Jak se ale ukázalo, použití iontové pasti sice zvýšilo živostnost fotokatody, zároveň ale značně omezilo celkový výkon, protože iontová past pohltila také přibližně polovinu fotoelektronů emitovaných katodou. Kvůli tomu bylo potřeba opět zvýšit napětí mezi fotokatodou a mikrokanálkovou destičkou, což ale opět zvýšilo riziko vzniku nežádoucích iontů.

První typy zesilovačů s mikrokanálkovou destičkou disponovaly nižším rozlišením, kvůli většímu vnitřnímu průměru a tím pádem menšímu počtu mikrokanálek v destičce. Další snížení rozlišení bylo způsobeno rozptylem elektronů na iontové pasti. Dále se objevil problém, kterým byl šum způsobený násobením a rozptylem elektronů.



Obrázek 14: Schéma zesilovače jasu Generace 3 (autor Harry Montoro)

1.2.4.5 Generace 4

Označení 4. generace je používáno převážně v USA. Evropští výrobci se přiklánějí spíše k označení 3+. Tato generace byla zavedena před rokem 2000. Jedná se v podstatě o zesilovač 3. generace, ve kterém není použita iontová past a prodloužení životnosti fotokatody je dosaženo jiným výrobním procesem. Zejména se jedná o dlouhodobé odplyňování v hlubokém vakuu při vysoké teplotě, které razantně sníží obsah zbytkových plynů, zejména kyslíku a dusíku. Tento výrobní proces je ale extrémně náročný, zdlouhavý a z toho důvodu podstatně dražší. Absencí iontové pasti je využito veškerých fotoelektronů emitovaných fotokatodou, životnost fotokatody je téměř na úrovni 3. generace, zesílení jasu však dosahuje extrémních hodnot.

1.2.4.6 Digitální noktovizor

V nedávné době se na trhu objevilo velké množství noktovizorů pracujících na principu digitální kamery. Na rozdíl od výše uvedených zesilovačů jasu pracují na zcela jiném principu. Jde v podstatě o digitální kameru s upraveným snímačem pro použití při nízkém, nebo žádném osvětlení. Jejich největší výhodou je jednoduchá konstrukce, malý rozměr a zejména nízká cena. Používají elektronické snímače typu CCD nebo CMOS se zvýšenou citlivostí, označované jako Low Light (LL CMOS, LL CCD). Zesílení jasu při použití elektronických snímačů není velké, oblast použití je srovnatelná s 1. generací EOP. Výstupní signál je ale digitální, lze jej tedy v reálném čase dále zpracovávat pomocí elektroniky, např. úpravou kontrastu apod. Limitující je pouze odstup signál/šum.

Citlivost v oblasti NIR umožňuje použití IR přísvitu. Na rozdíl od klasického noktovizoru lze digitální noktovizor použít i pro pozorování ve dne a lze jej samozřejmě doplnit možností záznamu na paměťové médium. Obrazový výstup digitálního noktovizoru je obvykle ve stupních šedé, v denním režimu může být i plně barevný.

1.2.4.7 Některé důležité parametry noktovizorů²³:

Zesílení jasu: Nejdůležitějším parametrem noktovizoru je jeho schopnost zesilovat zbytkové světlo. Hodnota se uvádí buď v násobcích osvětlení, nebo v jednotkách FOM (Figure of merit), které vyjadřují v podstatě výkon zesilovače jasu a zahrnují údaje jako je intenzita zesílení a odstup signál–šum. Hodnoty FOM nejvýkonnějších noktovizorů dosahují cca 3000. U přístrojů s FOM vyšší než 1400 bývá legislativně omezen vývoz do zahraničí, nebo zpřístupnění pro civilní trh.

Rozlišení: Rozlišení noktovizoru je jeho schopnost rozlišit detaily pozorované scény. Pokud se tato hodnota uvádí, jedná se o podobný princip jako v analogové fotografii. Uvádí se v počtu párů čar na mm (lp/mm) a určuje, kolik párů střídajících se černých a bílých linek v 1 mm je přístroj ještě schopen rozeznat jako jednotlivé čáry, než takový obraz splyne v šedou plochu. U digitálních noktovizorů může být rozlišení vyjádřeno i počtem obrazových bodů (px).

Ochrana proti přesvícení: Noktovizor je určen pro činnost při nízké intenzitě osvětlení. Jeho použití na denním světle nebo při silném umělém osvětlení, např. při pohledu do rozsvícených světlometů vozidla a podobně může dojít ke snížení životnosti zesilovače jasu, nebo až k jeho nevratnému poškození. Starší typy, zejména infravizory a levnější zařízení disponují obvykle pouze mechanickou ochranou ve formě krytky objektivu s velmi malým otvorem, nebo mechanickou irisovou clonou. Moderní a výkonnější přístroje disponují různou formou elektronické ochrany, buď odpojením napájení, nebo tzv. funkcí Auto-Gating.

Auto-Gating: Funkce Auto-Gating má dva důležité úkoly. Reguluje intenzitu jasu obrazu v okuláru, čímž omezuje oslnění uživatele, snižuje namáhání očí a celkově přispívá k uživatelskému komfortu. Druhou funkcí je již zmíněná ochrana

²³ ALFA PHOTONICS. *Basic knowledge of night vision* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://alpha-photonics.com/en/basic-knowledge-of-night-vision/>

zesilovače jasu proti přetížení nadměrným osvětlením. Řídicí jednotka zařízení průběžně sleduje intenzitu jasu na vstupu a periodicky přerušuje napájení zesilovače jasu. Tím dochází k menšímu urychlení elektronů a omezení jejich sekundární emise v MCP a tím ke snížení jasu obrazu na výstupu. Řídicí jednotky nejvýkonnějších noktovizorů dokáží reagovat i na krátké intenzivní záblesky, např. blesk, nebo výšleh plamene při výstřelu ze zbraně.

Optické vlastnosti: Optické vlastnosti jako zvětšení, zorné pole, zkreslení obrazu, minimální zaostřovací vzdálenost, dioptrická korekce a podobné se posuzují podobně jako u dalekohledů a podobných optických přístrojů

IR přísvit: IR přísvit patří k neodmyslitelnému příslušenství noktovizorů. Umožňuje jim pracovat v místech s velmi nízkým, nebo žádným zbytkovým světlem. Moderní IR ozařovače používají zdroje na bázi LED nebo LASERu. Noktovizory generace 1 vyžadují přísvit o vlnové délce okolo 780 nm, generace 2 spíše 850 nm. Generace 3 a vyšší dokáží využít vlnovou délku až do 1000 nm. Digitální noktovizory používají vlnovou délku okolo 940 nm. Čím kratší je vlnová délka IR přísvitu, tím více se v jeho zdroji projevuje i nežádoucí viditelná červená složka. IR zdroje pod 850 nm tak mohou být zjistitelné i pouhým okem jako slabě svítící červený bod. Někteří výrobci pro zjednodušení používají označení viditelný a neviditelný přísvit.

Pozorovací rozsah: Rozsah pozorování a schopnost detekce pozorovaného objektu závisí na okolním (zbytkovém) světle, atmosférických vlivech a kontrastu pozorovaného objektu s pozadím. Pro názornost se používá teoretická maximální vzdálenost, na kterou lze bezpečně rozpoznat průměrná lidská postava proti kontrastnímu pozadí, a to při jednotlivých fázích Měsíce.

	Úplněk 0,1 Lux	½ Měsíce 0,05 Lux	¼ Měsíce 0,01 Lux	Nov – jasno 0,001 Lux	Zataženo <0,001 Lux
Oči	230 m	130 m	45 m	-	-
Gen. 1	300 m	200 m	150 m	100 m	50 m
Gen. 2 a 2+	630 m	630 m	590 m	390 m	145 m
Gen. 3 a 4 *	> 810 m	> 810 m	> 770 m	> 530 m	> 200 m
*) a další možná označení, např. ECHO, SuperGen®, XD-4™, XR5™, Intense 4G					

Tabulka 1: Pozorovací rozsah noktovizorů podle generace (zdroj Alfa Photonics)

1.2.5 Termovize

Termovize jsou zařízení, která umožňují vytvořit obraz na základě bezkontaktního snímání teploty povrchu pozorovaných objektů. Počátky vývoje sahají na konec 40. let 20. století v USA, kde byla snaha získat zejména výhodu ve vojenství. Výraznějšího vývoje se termokamery dočkaly v 50. a 60. letech. Dnes se termovize využívá v řadě oblastí, včetně průmyslu, zdravotnictví, bezpečnostních služeb a vědy. V průmyslu se používá pro detekci přehřátí a dalších potenciálních problémů v elektrických a mechanických systémech. Ve zdravotnictví může termovize pomoci detekovat záněty, nádory a další anomálie. U ozbrojených složek a v bezpečnostní oblasti se využívá pro pozorování objektů, sledování a pátrání po osobách, a to zejména za ztížených podmínek. Ke své funkci nepotřebuje osvětlení a je schopna pracovat i v prostředí kde ostatní prostředky pro pozorování nefungují, např. v mlze, kouři, silných srážkách apod. Mezi nejznámější výrobce termokamer patří společnosti FLIR, FLUKE, Testo, Satir, Bosch, Dräger, a další, jejichž výrobky jsou určeny primárně pro průmysl a civilní sektor. V posledních letech se začaly na trhu prosazovat také čínské společnosti, např. Hikvision. Mezi nejznámější výrobce přístrojů pro ozbrojené složky patří BAE Systems, Raytheon Company, Lockheed Martin, Thales Group, L3Harris Technologies, AGM a další.

Za první skutečně i komerčně použitelnou termokameru lze považovat AGA Thermovision 651, která byla vyrobena ve Švédsku v 50. letech 20. století. Následovaly zdokonalené modely řady 660 a 680²⁴. Jednalo se o poměrně velké a těžké přístroje podobné televizní kameře, zcela nepraktické pro ruční použití podle dnešních standardů. Šlo ale o průkopnický krok v oblasti termovizní technologie. Byly vybaveny jednobodovými detektory, které se chladily kapalným dusíkem. Obraz vznikl tzv. skenováním pomocí oscilačního a rotujícího zrcadla a zobrazován byl nejprve na obrazovce upraveného osciloskopu a následně na televizní obrazovce. Teplotní citlivost se pohybovala okolo 0,2 K. Celková hmotnost kamery s nutným příslušenstvím přesahovala 50 kg. Využití našly v průmyslu např. k detekci přehřátí a úniků tepla, nebo ve zdravotnictví.

²⁴ AGA MUSEUM TE EMMEN. *Thermovision* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://www.aga-museum.nl/thermovision/>



Obrázek 15: Termokamera AGA 651 se zobrazovacím zařízením (autor AGA Museum)

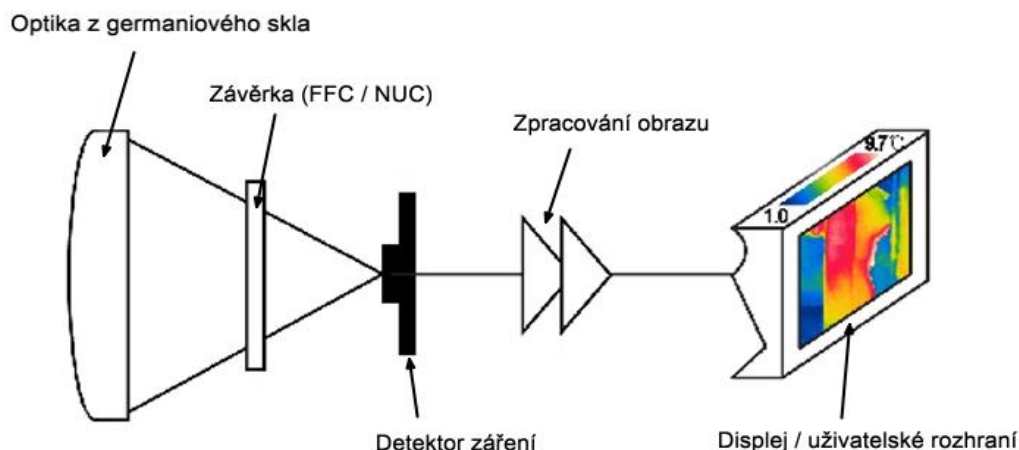
1.2.5.1 Konstrukce termokamery

Princip moderní termokamery je v podstatě velmi podobný klasické digitální kameře, kde je elektromagnetické záření pomocí optiky soustředěno na snímač a převedeno na elektrický signál. Optika termokamery je tvořena soustavou čoček z germaniového skla. Použití drahého germania je nutné proto, že toto je na rozdíl od běžného křemičitého skla silně propustné pro IR záření. Pro viditelné světlo je naopak propustné málo, proto se optika termokamery na pohled jeví jako černá. Kvalitní optika zajišťuje průchod přibližně 90 % IR záření. Optika soustřeďuje IR záření na senzor, který jej převádí na elektrický signál a tento je následně elektronicky zpracován²⁵.



Obrázek 16: Čočky z germaniového skla (autor Alkor)

²⁵ CENTRUM TERMOGRAFIIE. Konstrukce termokamery. *Termokamera.cz* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/konstrukce-termokamery/>



Obrázek 17: Schéma termokamery (autor Jo Young, upraveno)

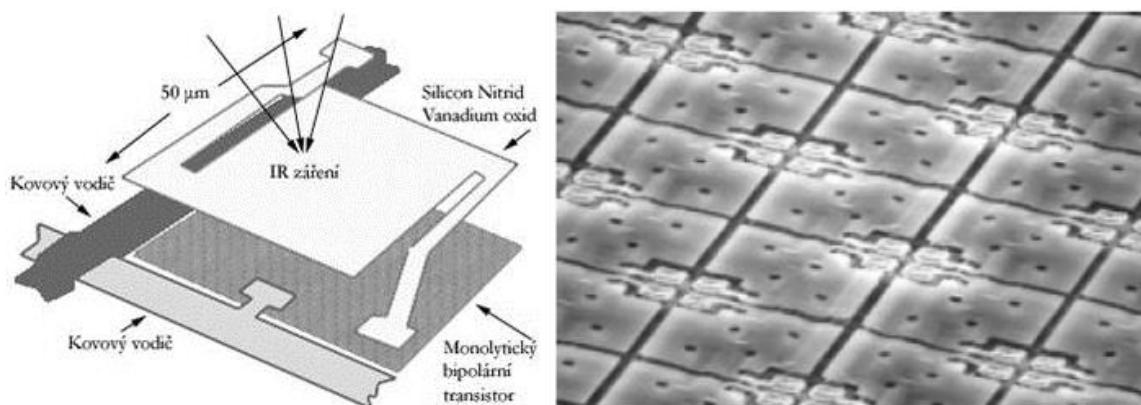
Vojáček uvádí 3 typy detektorů. Prvním tepelným senzorem byl pyroelektrický vidikon (PEV), tedy upravená varianta jednoduché televizní elektronky (Vojáček, 2007)²⁶. Snímače pozdějších termokamer pak jsou bodové nebo liniové. Obsahují buď jediný senzor, nebo několik senzorů v řadě. Na takovém senzoru vzniká obraz tzv. skenováním. Pomocí oscilačního a rotujícího zrcadla byl obraz směřován na bodový nebo liniový detektor, kde byl po jednotlivých řádcích „naskenován“. Dalším typem jsou snímače maticové, které sestávají z většího počtu senzorů uspořádaných do mřížky a podobají se tak běžnému modernímu obrazovému snímači. Podle principu detekce IR záření se pak rozdělují na tepelné a kvantové.

1.2.5.2 Tepelný senzor

Tepelný senzor pracuje na principu bolometru. Jeho princip je založen na změně teploty rezistoru s vysokým teplotním koeficientem (malá změna teploty se rovná velké změně elektrického odporu). Pohlcováním dopadajícího záření se mění odpor bolometru, na základě čehož se vypočítá množství pohlcené energie.

²⁶ Infračervené kvantové detektory a termokamery. VOJÁČEK, A. *Automatizace HW* [online]. 2007 [cit. 2024-02-15]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/infracervene-quantove-detektory-termokamery-uvod>

Nejběžnějším tepelným senzorem, se kterým se setkáme ve většině termokamer, je mikrobolometrické pole. To se skládá z řady miniaturních bolometrů (mikrobolometrů) uspořádaných do plošné mřížky, tzv. matice. Tepelné senzory mohou zpravidla pracovat při běžné teplotě, jsou jednodušší na výrobu a z toho důvodu relativně levné²⁷.



Obrázek 18: Schéma bolometru a mikroskopický snímek mikrobolometrického pole (autor Aldebaran)

1.2.5.3 Kvantový sensor

Kvantové (fotonové) senzory využívají vnitřního fotoelektrického jevu. Nejčastěji se tedy jedná o fotodiody, které dopadající záření převádějí přímo na elektrický proud. Signální výstup kvantového detektoru by za pokojové teploty byl velmi malý, protože by byl téměř zastíněn vlastním šumem. Tento vlastní šum je v polovodiči do značné míry úměrný teplotě, proto je nutné kvantové detektory intenzivně chladit, a to doslova na kryogenní teploty. Nutnost chlazení představuje značnou nevýhodu, která je však vykompenzována přesností a citlivostí. Nejmodernější systémy dokáží rozlišit teplotní rozdíly v řádu 0,01 °C. Kvantové senzory mají rovněž daleko užší spektrální rozsah oproti tepelným sensorům a jsou podstatně dražší.

Hlavní rozdíl mezi oběma principy je zejména v jejich citlivosti, tj. ve schopnosti senzoru rozlišit od sebe dvě různá místa s rozdílnou teplotou. Citlivost termokamery s tepelným senzorem se pohybuje okolo 30 mK, což je pro většinu

²⁷ CENTRUM TERMOGRAFIE. Konstrukce termokamery. *Termokamera.cz* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/konstrukce-termokamery/>

aplikací naprosto dostačující. Naproti tomu termokamery s kvantovým senzorem jsou schopny dosáhnout citlivosti nižší než 13 mK. Další rozdíl je pak v pásmu detekce. Tepelné senzory jsou dnes až na výjimky konstruovány v pásmu 8 až 14 μm , zatímco kvantové detektory lze dnes vyrobit v podstatě pro jakékoliv pásmo o vlnové délce od 750 nm do 14 μm . Sova a Pokorná upřesňují 3 typy detektorů podle pásem:

Senzory pro pásmo NIR a SWIR jsou vždy kvantové a na rozdíl od senzorů záření delších vlnových délek také snímají převážně záření odražené. Všeobecně mají nižší rozlišení, protože u nich nelze použít klasickou křemíkovou technologii. Používají se technologie na bázi gallia a india (GaIn). Pro dostatečné potlačení šumu je zpravidla potřeba použít chlazení.

Senzory pro pásmo MWIR jsou nejčastěji chlazené kvantové detektory, podobně jako SWIR. Pro detekci ve vlnových délkách 3 až 6 μm se používá polovodičový materiál s příměsí kadmia a telluru (CdTe), nebo antimonu a india (SbIn). Tyto senzory vyžadují chlazení na teplotu okolo $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Senzory pro pásmo LWIR se vyskytují jako chlazené kvantové detektory s technologií rtuť-kadmium-tellurových polovodičů (HgCdTe) i nechlazené tepelné detektory na bázi oxidů vanadu (VOx). Typicky jsou tyto detektory citlivé na vlnové délky mezi 7 a 14 μm . Případné zvýšení citlivosti pro konkrétní vlnovou délku v tomto rozsahu lze dosáhnout jednoduchou změnou poměru těchto prvků při výrobě senzoru (Sova a Pokorná, 2007)²⁸.

Obrazové rozlišení termokamer závisí také na typu a požadované vlnové délce záření, pro kterou jsou určeny. Proti běžným kamerám mají termokamery rozlišení podstatně nižší. Tureček uvádí, že aby byl senzor dostatečně efektivní, je potřeba, aby jedno detekční pole mělo rozměr přibližně desetinásobku vlnové délky snímaného záření (2007, s. 75)²⁹. Vzhledem k tomu, že IR záření má delší vlnovou

²⁸ SOVA, Jan a Jana POKORNÁ. Bezdotykové měření teplotních polí. ALDEBARAN AGA. *Aldebaran* [online]. 2007 [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2018_02_cam.php

²⁹ TUREČEK, Jaroslav. *Policejní technika*. Pízeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. ISBN 978-80-7380-119-9.

délku než záření viditelné, je zřejmé, že jeden obrazový bod bude na snímači zabírat více místa a do plochy snímače se jich z toho důvodu vejde méně. Celkové rozlišení termokamer se tedy pohybuje v rozmezí od 60×60 obrazových bodů u levnějších, až po 1280×1024 i více obrazových bodů u dražších přístrojů.

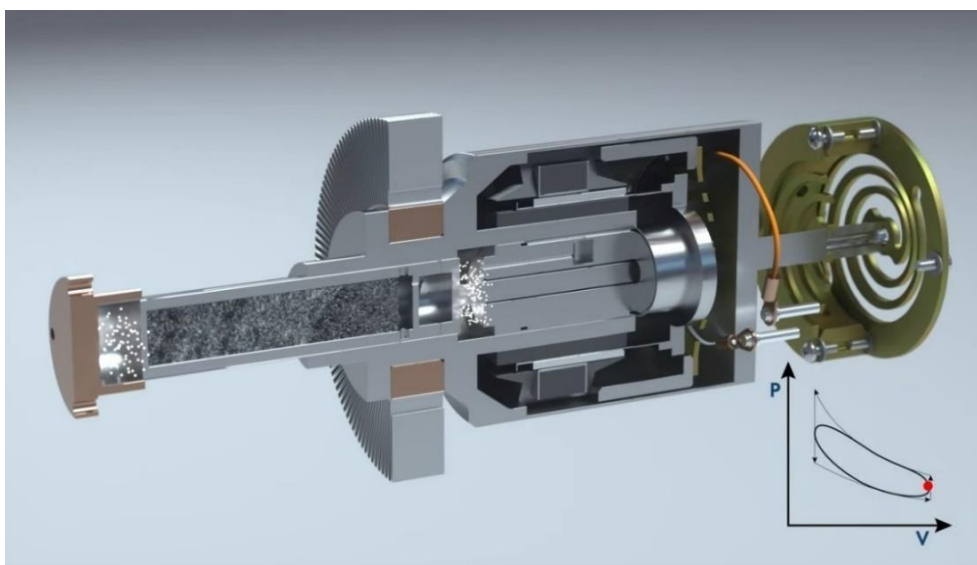
1.2.5.4 Chlazení

Jak již bylo zmíněno, některé typy IR senzorů je potřeba různě intenzivně chladit. Jednak kvůli jejich správné činnosti, ale také proto, že termokamera, stejně jako každé elektronické zařízení, se při vlastním provozu sama zahřívá. To je nežádoucí, protože teplo generované samotným přístrojem může negativně ovlivňovat i samotný senzor. Rovněž je vhodné odvádět samotné teplo dopadající na senzor, který by se bez chlazení zbytečně zahříval. Kromě snížení obrazového šumu tak chlazení prodlužuje i dobu možného použití přístroje a jeho životnost.

Nejstarší verze termokamer využívaly k chlazení kapalný dusík, který dokázal udržet teplotu senzoru na teplotě okolo -173 °C. Kapalný dusík se přivádí ze zásobníku do chladiče, kde se odpařuje, čímž odebírá svému okolí teplo. Plyný dusík se následně uvolňuje do atmosféry. Nevýhodou tohoto řešení je zejména potřeba neustálého přístupu ke zdroji zkapalněného dusíku. Tento je nutné vyrobit, transportovat a skladovat. Obsluha je pak nepraktická, jelikož před použitím termokamery se musí kapalný dusík přelít do zásobníku a po jeho spotřebování termokameru nelze provozovat. Sensory méně náročné na chlazení lze chladit pomocí pevného oxidu uhličitého (tzv. suchého ledu), kterým lze dosáhnout teploty okolo -70 °C.

Modernějším a jednoduchým způsobem chlazení je termoelektrické chlazení pomocí Peltierova článku, což je elektronická součástka tvořená dvěma rozdílnými elektrickými vodiči (většinou bismut a tellur) zapojenými do série. Když tímto obvodem prochází elektrický proud, spojené konce vodičů se ochlazují, zatímco jejich opačné konce se zahřívají. Typický článek má tvar desky, kdy jedna strana chladí a druhá hřeje. Článek lze vyrobit v potřebném tvaru a jeho výroba je poměrně levná. Výhodou takového chladiče je absence jakýchkoliv pohyblivých částí nebo náplní. Nevýhodou je ale poměrně nízká účinnost a s tím spojená vyšší spotřeba elektrické energie.

Nejúčinnějším typem chladičů termokamer jsou kryochladiče na principu Stirlingova motoru s volným pístem. Tento elektromechanický přístroj pracuje vlastně jako tepelné čerpadlo, teplotním médiem je zpravidla helium. Přístroj sestává z elektromagnetické cívky s jádrem, které je spojeno s lineárním pístem. Kmitavým pohybem pístu dochází ke kontinuálnímu stlačování plynu, čímž se plyn zahřívá. Přebytkové teplo je odvedeno pryč a plyn je přes jednosměrný ventil přepuštěn na druhou stranu pístu, kde se rozpíná, čímž svému okolí odebírá teplo. Tento děj se opakuje přibližně 60krát za sekundu³⁰. Na rozdíl od běžných kompresorových chladičů, které jsou schopny dosáhnout teploty okolo $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, je kryochladič schopen dosáhnout teploty až $-230\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nevýhoda tohoto zařízení při použití v termovizi je zejména v jeho velikosti. Vzhledem k tomu, že se jedná o elektromechanické zařízení, vznikají také nežádoucí vibrace, které ale mohou být vyrovnávány pasivním či aktivním balancerem. Rovněž nelze zcela zabránit postupnému úniku helia z chladiče, čímž se snižuje výkon a po určité době je potřeba chladič repasovat a doplnit. I tak se ale životnost chladiče počítá v řádu tisíců hodin³¹.



Obrázek 19: Schéma kryochladiče na principu Stirlingova motoru (autor Sunpower inc.)

³⁰ How Does a Sunpower Stirling Cryocooler Work? SUNPOWER, INC. *YouTube* [YouTube video]. 2020 [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://youtu.be/ZSJFPb8030g?si=bhFt3FE73axbi0qD>

³¹ Teledyne FLIR. *Cooled od uncooled?* [Online] Dostupné z <https://www.flir.com/discover/rd-science/cooled-or-uncooled/>.

Obrázek znázorňuje řez kryochladičem. Studená část se nachází vlevo, teplá část společně s elektromagnetickou cívkou a pístem uprostřed. Vpravo se nachází pasivní balancer vyrovnávající kmity.

1.2.5.5 Termogram

Termokamery se rozdělují na termometrické (také radiometrické, kvantitativní) a termografické (neradiometrické, kvalitativní). Obrazový výstup termokamery se nazývá termogram. V případě neradiometrického snímku se jedná v podstatě pouhý obrázek s barevným rozlišením jednotlivých polí podle teploty. Radiometrický snímek pak umožňuje také přesné určení teploty jednotlivých částí povrchu snímaných těles, a to buď v reálném čase, nebo i po uložení snímku, který lze později dále zpracovávat.

1.2.5.6 Emisivita

Aby mohla termokamera správně určit přesnou teplotu povrchu objektu, musí počítat s tzv. emisivitou. Emisivita (značka ϵ) je bezrozměrná veličina definovaná jako poměr intenzity vyzařování reálného tělesa k intenzitě vyzařování absolutně černého tělesa se stejnou teplotou. Absolutně černé těleso je ideální (teoretické) těleso, které pohlcuje veškeré záření všech vlnových délek dopadající na jeho povrch. To ale znamená, že může být také ideální zářič, protože ze všech možných těles o stejné teplotě vyzařuje největší možné množství zářivé energie. Emisivita tedy vyjadřuje schopnost tělesa vyzařovat teplo. Emisivita ideálního absolutně černého tělesa má hodnotu $\epsilon=1$, emisivita reálného tělesa nabývá tedy hodnot $\epsilon_T \leq 1$. Emisivita daného povrchu závisí kromě teploty a vlnové délky i na mnoha dalších vlastnostech, zejména struktuře povrchu, barvě, úhlu vyzařování apod. Obecně lze tvrdit, že hrubé a strukturované materiály mají emisivitu vyšší, naopak lesklé a hladké materiály mají emisivitu nižší. Existuje však mnoho výjimek a samotnou emisivitu proto většinou nelze jednoduše odhadnout běžným pohledem na daný materiál. Následující tabulka uvádí hodnoty emisivity některých běžných materiálů³².

³² FLUKE. *Fluke Emissivity Chart* [pdf online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/3038318_6251_ENG_C_W.PDF

Materiál	Emisivita ϵ
Ocel (podle způsobu zpracování, povrchu apod.)	0,28–0,96
Hliník hrubý	0,07
Hliník leštěný	0,05
Lak černý matný	0,97
Lak černý lesklý	0,87
Lak bílý	0,87
Lak se zrcadlovým efektem	0,31
Cihla	0,85
Beton	0,92
Sklo	0,92
Guma	0,93
Térový papír	0,92
Bavlněná tkanina	0,68
Syntetická tkanina	0,88
Voda	0,98
Led	0,97
Lidská kůže	0,96–0,98

Tabulka 2: Hodnoty emivity některých běžných materiálů (zdroj Fluke)

Velikost emivity měřeného povrchu podstatným způsobem ovlivňuje výsledek měření termokamerou. Je-li nastavena nesprávně, mohou být výsledky měření (pozorování) zavádějící. Následující obrázek zobrazuje tepelný snímek fasády domu. Povrchová teplota celé plochy je konstantní, vlivem odlišné emivity nasprejovaného nápisu se ale povrch tohoto nápisu jeví jako podstatně chladnější³³.



Obrázek 20: Termogram fasády domu (autor Centrum termografie)

³³ CENTRUM TERMOGRAFIE. Tepelné záření. *Termokamera.cz* [online]. [cit. 2024-01-23]. Dostupné z: <https://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/tepelne-zareni/>

1.2.5.7 Korekce a kalibrace nechlazených detektorů

Jak již bylo uvedeno výše, každý tepelný elektronický senzor trpí jistou úrovní šumu a také může být rušen produkcí vlastního tepla, které vzniká při jeho činnosti. Vlastní nebo odražené teplo může ve výsledném obraze způsobovat zrnění nebo barevné skvrny. Tento nežádoucí jev lze odstranit chlazením, v případě nechlazených detektorů je ale nutné použít jiný způsob. Jednou z možností je tzv. korekce rovinného pole (FFC, Flat Field Correction), nebo též korekce nejednotnosti (NUC, Non-Uniformity Correction)³⁴. Princip spočívá v umístění pohyblivé závěrky nebo clony ve tvaru destičky před samotný senzor. Tato destička si udržuje rovnoměrnou teplotu po celém svém povrchu. V okamžiku, kdy kvalita obrazu klesne vlivem šumu, destička se na krátkou dobu sklopí před snímač. Ten provede snímek celého pole o stejné teplotě a výslednou hodnotu z každého pixelu započítá do následujícího obrazu. Tím dojde ke kalibraci a zlepšení kvality obrazu. Proces může probíhat automaticky, nebo je spuštěn uživatelem. Systém FFC má ale i další důležitou funkci – chrání senzor proti poškození nadměrným tepelným zatížením (tzv. přepálením) při namíření přístroje zblízka na extrémně horký předmět, např. oheň, kamna, horký motor apod. V takovém případě se závěrka sklopí před senzor a zamezí tak jeho vystavení intenzivnímu IR záření. Nevýhodou tohoto systému je, že po dobu činnosti FFC senzor nepřijímá žádné záření z pozorované scény a obraz tak na okamžik „zamrzne“. Činnost systému se také projevuje typickým dvojím cvaknutím uvnitř přístroje.

1.2.5.8 Některé důležité vlastnosti termovizí³⁵:

Spektrální rozsah: Jedná se o oblast IR spektra, ve které termokamera pracuje. V současné době jsou nejrozšířenější termokamery s rozsahem 8–14 μm . To je dáno použitím všeobecně oblíbeného VOx senzoru a také skutečností, že lidské tělo vyzařuje nejvíce energie v infračerveném spektru kolem vlnové délky 10 μm , což odpovídá teplotě přibližně 37°C.

³⁴ FLIR. *What is a Non-Uniformity Correction (NUC)?* [online]. 2020 [cit. 2024-02-18]. Dostupné z: <https://www.flir.com/discover/professional-tools/what-is-a-non-uniformity-correction-nuc/>

³⁵ PULSAR. *The main parameters of thermal imaging devices* [online]. [cit. 2024-02-18]. Dostupné z: <https://www.pulsar-nv.com/glo/support/thermal-imaging-technologies/the-main-parameters-of-thermal-imaging-devices/2375/>

Citlivost jádra: Citlivostí jádra je myšlena schopnost termokamery rozlišit dva body s rozdílnou teplotou. Je vyjádřena pomocí parametru NETD (noise equivalent temperature difference) a znamená nejmenší rozdíl teplot, který vyvolá signál větší než vlastní šum. Udává se v mK.

Teplotní rozsah: Teplotní rozsah udává, jakou nejnižší a nejvyšší hodnotu je termokamera schopná změřit. Rozsah je buď pevně stanoven, nebo lze (zejména u termometrických termokamer) přepínat v rámci více rozsahů.

Rozlišení: Jak již bylo zmíněno, rozlišení termokamer je menší než u běžné obrazové techniky. Čím je rozlišení vyšší, tím více detailů dokáže termokamera zaznamenat a tím kvalitnější je i případný digitální zoom.

Velikost mřížky: Také označována jako pixel pitch nebo jednoduše technologie. Údaj označuje velikost jednoho bodu snímače. Udává se v μm a společně s rozlišením snímače určuje skutečnou fyzickou velikost snímače. Často je chybně zaměňována se spektrálním rozsahem.

Průměr objektivu: Stejně jako u každé optické soustavy platí, že čím větší je objektiv, tím více záření může proniknout ke snímači a tím větší je výkon termokamery.

Detekční vzdálenost: Jedná se o teoretický údaj, kterým výrobce udává, na jakou vzdálenost by měla být spolehlivě detekována lidská postava. U levnějších přístrojů se jedná o 1500–3500 m, u špičkových termokamer se může jednat o vzdálenost až 15 km.

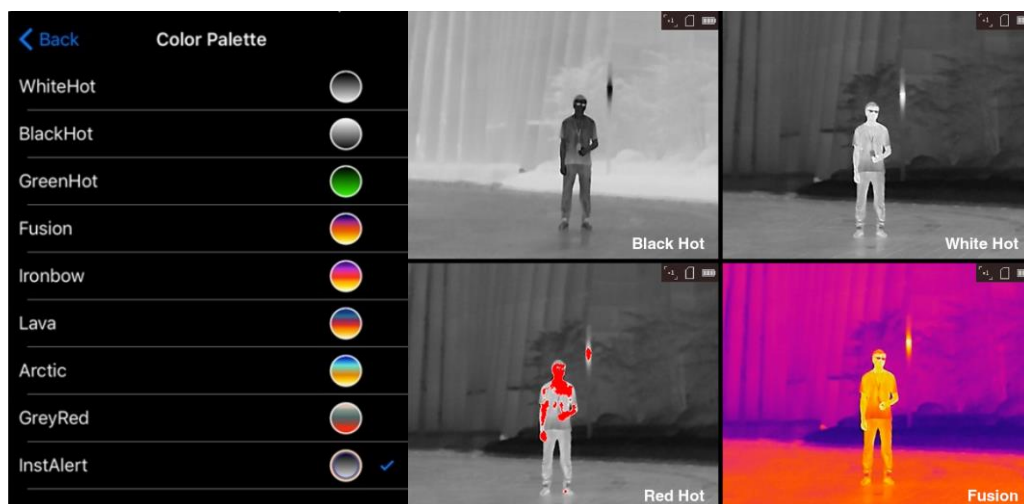
Konektivita: Konektivita znamená možnost přenosu obrazu do jiného zařízení, např. na monitor, telefon, tablet a jeho uložení na paměťové médium. Běžný je přenos kabelem, nebo bezdrátově po síti WiFi.

Odolnost a výdrž baterie: Termokamery pro bezpečnostní složky mají vyšší požadavky na mechanickou i elektronickou odolnost. Výhodou je možnost externího napájení nebo vyměnitelného zdroje.

Auto Gain: Funkce Auto Gain označuje automatické nastavení teplotního rozsahu termogramu. Jedná se o funkci zlepšující uživatelský komfort a výkon termokamery. Řídící jednotka termokamery automaticky nastavuje teplotní rozsah

tak, aby rozdíl mezi nejchladnějším a nejteplejším místem pozorované scény vždy pokrýval celý barevný rozsah dané palety. Termogram tak má vždy co největší kontrast,

Zobrazení, barevné palety: Termogram může být zobrazen buď v odstínech šedé, nebo barevně. Různí výrobci používají různý druh a počet tzv. barevných palet. V černobílém režimu může být teplejší místo zobrazeno buď bílou, nebo černou barvou (white-hot, black-hot). Tento systém je častější u vojenských termovizí a bývá označován jako „polarita“ obrazu. Může být doplněn zvýrazněním nejteplejšího místa scény, tzv. (hot-spot). Další možností je použití barevné škály, nejčastější jsou barvy duhy, nebo škála fialová-oranžová. Barevné palety různých výrobců se liší.



Obrázek 21: Příklady barevných palet termogramů (autor ATN)

1.3 Popis konkrétních přístrojů

V následující části jsou popsány některé konkrétní přístroje, a to jak historické, tak současně používané. Až na výjimky se jedná o přístroje, které byly a jsou používány ozbrojenými složkami České republiky, nebo jejich předchůdci. Vzhledem k nepřebernému množství modelů a variant jsou vybrány jen ty nejzajímavější tak, aby vždy reprezentovaly danou skupinu přístrojů podle svého určení a použití. Historické modely jsou vybrány tak, aby reprezentovaly technologický vývoj v dané oblasti. Z moderních přístrojů jsou vybrány ty, u kterých bylo zjištěno, že jsou v současnosti prokazatelně používány některou ozbrojenou složkou.

1.3.1 Dalekohledy

Dalekohled NVA EDF 7 × 40 B,

Dalekohled EDF 7 × 40 je univerzální pozorovací binokulár určený pro pozorování (bojiště) za světla i za šera³⁶. Výrobce byla východoněmecká společnost Carl Zeiss, dalekohled byl ale v téměř totožném provedení vyráběn více společnostmi bývalého východního bloku a byl zařazen i ve výstroji ČSLA. Dalekohled byl vzhledem ke svému odolnému provedení dodáván bez přepravního pouzdra, ochranu čoček zajišťovaly pryžové krytky. Je vodotěsný a prachotěsný. Na optickou soustavu bylo použito sklo s ochranou proti pronikavé radiaci. Optická soustava je provedena bez zaostřovacího mechanismu, s velkou hloubkou ostrosti, tedy s pevným zaostřením v rozmezí přibližně 12 m až nekonečno. Dále je vybaven ohniskovou destičkou se stupnicí pro měření vodorovných i svislých úhlů a stupnicí pro odhad vzdálenosti (na základě porovnání velikosti známého cíle výšky 2,5 m). Stupnice mohla být osvětlena tritiovým zářičem s plynulou regulací jasu pomocí otočné páčky. Další speciální výbavou dalekohledu je indikátor IR záření. Ten je tvořen destičkou s vrstvou speciálního luminoforu.

³⁶ *Dalekohled EDF 7 × 40: Děj-26-44 [příručka]. Ministerstvo národní obrany, 1964.*

V mimopracovní poloze je destička zařazena pod filtrem propouštějícím UV záření z denního světla (tmavá čočka na horní straně dalekohledu), které aktivuje luminiscenční vrstvu. Před použitím se detekční destička přeřadí do zorného pole okuláru. Pozorovaný zdroj IR záření se pak zobrazuje jako světlá svítící skvrna. Příručka uvádí, že např. infravětlomet o výkonu 45 W lze detekovat na vzdálenosti 1500 m.

Přesto, že dalekohled je již v dnešní době označován jako technicky a morálně zastaralý, lze jej stále nalézt na některých obvodních odděleních PČR. Jeho upravené verze (po odstranění tritiového zářiče) byly po roce 1990 prodávány i do civilního sektoru.



Obrázek 22: Dalekohled NVA EDF 7 × 40 B (vlastní foto)

Některé technické parametry:

- Zvětšení: 7×
- Průměr objektivu: 40 mm
- Průměr výstupní pupily: 5,7 mm
- Zorné pole: 7,5 °
- Dioptrická korekce: ± 7 dioptrií
- Rozměry: 160 × 130 × 70 mm
- Přesnost měření úhlů: 5 %
- Poměrový dálkoměr: 200–3000 m

Nikon Monarch 82 EDA se záznamovým zařízením

Sestava je tvořena dalekohledem Nikon Monarch 20–60 × 82 bez okuláru a digitální bezzrcadlovkou Nikon 1 J5 s objektivem Nikkor 10–30 mm. Vzhledem k velké světelnosti lze sestavu využít k pozorování i za šera. Optická soustava je apochromatická – použitím speciálních čoček je zcela odstraněna barevná aberace. V tomto provedení je využívána především dopravní policií při dopravních akcích a dohledem na BESIP³⁷, a to přibližně od roku 2018. Na vzdálenost 1000 m lze bezpečně a kvalitně zadokumentovat přestupek řidiče, např. používání mobilního telefonu za jízdy, nebo nepoužití bezpečnostního pásu. Digitální fotoaparát dokáže pořídit snímky o rozlišení až 21 Mpx a to rychlostí až 60 snímků za sekundu při sériovém snímání. Rovněž dokáže pořídit video v rozlišení až 4K. Připojení Wi-Fi umožňuje okamžitý přenos záznamů do jiného zařízení, např. tabletu, nebo ovládání fotoaparátu.



Obrázek 23: Dalekohled Nikon Monarch s fotoaparátem (autor ČTK)

Některé technické parametry:

- Průměr objektivu: 82 mm
- Rozměry: 334 × 112 × 108 mm (bez fotoaparátu)
- Zvětšení: 20–60×

³⁷ POLICIE ČR. *Během krajské dopravní akce použili policisté novou techniku* [online]. [cit. 2023-11-08]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/behem-krajske-dopravni-akce-pouzili-policiste-novou-techniku.aspx>

Meopta DV MAG 3

Zvětšovací předsádka DV MAG 3 je typickým příkladem dalekohledu určeného k zaměřování cílů a vedení střelby na větší vzdálenosti v denních podmínkách. Má 3násobné zvětšení a umísťuje se na zbraň před kolimátor, který sám o sobě nemá zvětšení žádné. Lze ji použít také samostatně jako malý pozorovací dalekohled. Výhoda použití předsádky spočívá zejména v tom, že při její výměně není potřeba kolimátor znovu tzv. nastřelit, protože tento zůstává stále na zbrani. Předsádka nemá vlastní záměrný bod ani osnovu, nijak nemění optické vlastnosti kolimátoru a pro její správnou činnost není potřeba ani zvlášť přesné umístění nebo souosost. S jedním kolimátorem tak lze použít denní nebo noktovizní předsádku a u některých typů kolimátorů i předsádku termovizní.



Obrázek 24: DV Mag 3 (autor BVS)

Některé technické parametry:

- Zvětšení: 3×
- Oční reliéf: 60 mm
- Rozměry: 120 × 45 × 45 mm
- Hmotnost: 270 g

1.3.2 Noktovizory

Přístroj pro noční vidění – PNV

PNV a jeho varianty nepatří ještě mezi plnohodnotné noktovizory, jedná se spíše o infrapřístroje, případně bývají označovány jako Generace 0. Přesto, že dokáží omezeným způsobem zesilovat zbytkové světlo, ke své činnosti potřebují zdroj aktivního IR záření. PNV byl vyvinut a vyráběn v Sovětském svazu a určen pro ozbrojené složky sovětské armády a vojska Varšavské smlouvy, tedy i ČSLA. Je tvořen jedním (monokulár), nebo dvěma (binokulár) EOP. Samotné elektronky jsou nežhavené, zesílení jasu je dosahováno urychlením elektronů emitovaných fotokatodou S1 vysokým napětím. Vysoké napětí v rozmezí 14–19 kV je poskytováno vysokonapěťovým měničem a usměrněno vysokonapěťovými diodami, tzv. kenotrony. Do EOP je následně přivedeno vysokonapěťovým kabelem. Celé zařízení může být napájeno z palubní sítě vozidla 12 nebo 24 V, nebo z baterie.³⁸



Obrázek 25: PNV 57 Infrapřístroj pro řidiče (autor Valka.cz)

³⁸ Děl 26-14, PNV 57 Infrapřístroj pro řidiče automobilů, Ministerstvo národní obrany, velitelství dělostřelectva, Praha 1964

Přístroj PNV byl vyráběn a zaváděn i do ČSLA v několika variantách. PNV 57 byl určen pro řidiče techniky a obrněné techniky. Jeho součástí byla charakteristická tzv. „tankistická“ kukla. Montáž byla vybavena kloubem se dvěma polohami – spuštění před oči a zvednutí mimo zorné pole do pohotovostní polohy. Vysokonapěťový měnič byl umístěn na její zadní části a byl napájen kabelem z palubní sítě vozidla. Součástí dodávky v plechovém truhlíku byly dva skleněné IR filtry, které se umisťovaly do objímek na světlomety vozidla. Mezi další příslušenství patřily krytky objektivů a okulárů, náhradní kenotrony a další vyměnitelné elektronické součástky, náhradní vysokonapěťový a nízkonapěťový kabel, těsnicí tmel, součástky montáže (kloubu) a další součástky potřebné pro údržbu, záznamník a příručku uživatele.

Dalšími variantami byl PNV 57 DP určený pro ženijní techniku a plavidla, který byl navíc vybaven samostatným IR reflektorem s montáží, který byl rovněž napájen z palubní sítě. Pro použití osádkami vrtulníků byla určena tzv. „letecká varianta“ PNV 57 E. Tato nebyla vybavena kuklou, ale montovala se na skořepinu letecké přilby. Některá literatura a také přispěvatelé fóra Valka.cz uvádí, že tato varianta byla modernizována použitím fotokatody S20 a vylepšením vnějšího pouzdra a dala by se tedy považovat za noktovizor generace 1. Další variantou byl „hlídkový“ PNV 57 H určený zejména pro průzkumníky, ostrahu a pro pozorování v noci³⁹. Tento nebyl opatřen montáží, protože byl určen pro držení v rukou a jeho pevnou součástí byl IR reflektor. Byl napájen stříbrozinkovým akumulátorem o napětí 4,5 V, který se umisťoval do brašny na opasku. Tento typ byl posléze dále modernizován vojenským opravárenským závodem pro použití pohraniční stráží. Jednalo se např. o změnu napájecího zdroje, který byl nahrazen niklokadmiovým akumulátorem a byl kompatibilní se zdroji tehdy užívaných radiostanic. V 80. letech pak byly přístroje postupně nahrazovány modernějšími typy.

³⁹ *Hlídkový infrapřístroj PNV-57H: DěI-26-4 [příručka].* Ministerstvo národní obrany, 1964.



Obrázek 26: PNV 57 H Infrapřístroj hlídkový (autor Csla.cz)

Technické parametry:

- Použitá fotokatoda: S1 nebo S20
- Zorné pole: 30 °
- Zvětšení: 1–1,2×
- Vstupní napětí: 12 V, 24 V, nebo 4,5 V
- Výstupní napětí: 14–19 kV
- Dosah: 100–200 metrů
- Hmotnost soupravy: cca 10 kg (v závislosti na variantě)

Noční zaměřovací dalekohled – NSP2

NSP2 je IR zaměřovací dalekohled určený pro montáž na samopal Sa. vz. 58. Slouží k zaměřování a vedení palby na pevné a pohyblivé cíle v noci. Vzhledem i funkcí je velmi podobný přístroji PNV. Je vybaven zaměřovací osnovou a IR reflektorem a je upraven tak, aby snášel zpětný ráz zbraně. Napájen je stříbrozinkovým akumulátorem o napětí 4,5 V, který se v závislosti na poloze střelce umísťuje buď do brašny na opasek, nebo se volně odkládá na zem vedle zbraně. Souprava byla dodávána s příslušenstvím v plechovém truhlíku⁴⁰.

⁴⁰ Zaměřovací infradalekohled NSP-2 a zaměřovací infradalekohled PPN-2: Dě1-26-7 [příručka]. Ministerstvo národní obrany, 1964.



Obrázek 27: NSP 2 na pušce Sa vz. 58 (autor Beareka)

Některé technické parametry:

- Použitá fotokatoda: S1 nebo S20
- Zorné pole: 8 °
- Zvětšení: 2,2×
- Dosah: 100–250 metrů
- Hmotnost: cca 4,4 kg, z toho 2 kg akumulátor
- Hmotnost soupravy: cca 16 kg

Hlavní nevýhodou přístrojů PNV a od nich odvozených, byl zejména slabý výkon zesilovače jasu a nutnost použití IR světloometu k dosažení plnohodnotného výkonu, úzké zorné pole, nebo malá rozlišovací schopnost a kontrast. U přístrojů napájených akumulátory pak slabá výdrž těchto akumulátorů, která byla ještě snižována právě vysokým proudovým odběrem IR přísvitů. Dalším problémem byla hmotnost, která způsobovala nepohodlí ať už umístěním vysokonapěťového měniče na zadní straně hlavy, případně na opasku, nebo všeobecně hmotnost souprav dodávaných v tehdy běžných vojenských truhlících. Typickým problémem přístrojů PNV bylo nebezpečí vyplývající z poškození volně vedeného vysokonapěťového kabelu. V případě porušení izolace hrozily uživateli opakované zásahy vysokým napětím, které sice díky zanedbatelnému proudu nepředstavovaly nebezpečí pro život nebo zdraví, byly ale značně nepříjemné, stejně jako např. charakteristické „pískání“ vysokonapěťových měničů při jejich činnosti.

NV Mag 3

NV Mag je přídavný noční dalekohled (noční předsádka) výrobce Meopta⁴¹. Jedná se o monokulární noktovizor určený k montáži na zbraň před optický zaměřovač (kolimátor), určený k míření a vedení palby v noci a za nepříznivých světelných podmínek. Jeho konstrukce nevyžaduje žádnou rektifikaci či seřízení, stačí jej pouze pomocí příslušné pevné nebo sklopné montáže usadit na zbraň. Optika není opatřena záměrnou osnovou ani stupnicí. Hlavní výhodou dalekohledu je velká světelnost, 3násobné zvětšení a dále použití velmi oblíbeného zesilovače jasu Photonis. Další výhodou je možnost napájení přístroje všemi dostupnými bateriemi typu AA. Konstrukce dobře odolává zpětnému rázu i výkonnějších ráží, je vodotěsná do hloubky 2 m a použitý MKZJO je odolný vůči zábleskům při výstřelu. Nevýhodou je vyšší hmotnost. Příklad lze použít i samostatně jako ruční pozorovací dalekohled. Na následujícím obrázku je dobře patrné, že není potřeba, aby byl přístroj souosý s použitým optickým zaměřovačem.



Obrázek 28: NV Mag 3 na pušce CZ Bren (vlastní foto)

Některé technické parametry:

- Zesilovač jasu: MKZJO Generace 3 XD-4, nebo Generace 3+ XR-5
- Rozlišení: 64–72 lp/mm
- Zvětšení: 3×
- Hmotnost: 800 g
- Napájení: 1× baterie AA, 1,2–3,6 V, výdrž cca 72 hod.

⁴¹ MEOPTA. NV Mag 3 [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://meopta-eshop.webnode.cz/products/nv-mag-3/>

BIG 35

Binokulární noktovizor BIG 35 byl dodáván pod značkou Leica (dnes Vectronix)⁴². Jeho specifikem je zrcadlový objektiv s vynikající světelností, který není u noktovizorů příliš běžný. Díky němu však poskytuje jasný obraz bez jakéhokoliv zkreslení a výborný kontrast v jasně zelených odstínech. Je dostatečně robustní a odolný pro využití v ozbrojených složkách a je odolný vůči stříkající vodě, ne však vodotěsný. Do nedávna byly využívány cizineckou policií, nyní jsou nahrazeny modernějšími přístroji. V současnosti jsou ještě k dispozici na některých menších obvodních odděleních, kam byly přeřazeny. I odsud jsou však již postupně vyřazovány z důvodu stáří, opotřebení a s tím souvisejícím snížením výkonu.



Obrázek 29: BIG 35 (autor Safran-Vectronics)

Některé technické parametry:

- Generace: 2+ (MKZJO Photonis HyperGen xx1451) nebo 3
- Průměr objektivu: 75,1 mm
- Světelnost: 1/1,17
- Rozlišení: 60 lp/mm
- Zvětšení: 3×
- Napájení: 2× AA (výdrž cca 72 hod.)

⁴² Leica BIG 35. *CML Jagd* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.cml-jagd.de/store/public/Leica-BIG-35-mit-MIL-SPEC-Roehre-XX1950/SW10028>

Klára

Brýle nočního vidění Klára českého výrobce Meopta⁴³ jsou známým a oblíbeným noktovizním pozorovacím prostředkem⁴⁴. Do užívání byly zaváděny v polovině 90. let minulého století na základě požadavku na lehký pozorovací přístroj pro pohyb a orientaci v terénu, s možností použití příslušenství jako je zvětšovací předsádka, nebo hlavová montáž. První přístroje byly osazeny ZJO generace 2+. Přístroj Klára je příkladem řešení, kdy je použit jeden objektiv a jeden ZJO, ze kterého je obraz následně rozdělen do dvou okulárů. Toto řešení je přívětivější na obsluhu, zejména na zaostření. V průběhu let byl přístroj několikrát modernizován použitím novějšího MKZJO a to až na generaci 3 použitím výkonného ZJO Photonis. K napájení je použita opět jedna běžná baterie AA. Přístroj Klára je určen pro použití v ruce jako noční pozorovací dalekohled, zejména pak při užití afokální předsádky se 4× zvětšením. Dále lze použít hlavovou montáž, nebo montáž na přílbu. Přístroj umožňuje čtení a obsluhu zařízení díky možnosti zaostření již od 25 cm. Na základě požadavku na začlenění jednotek AČR do NATO byla později ve spolupráci se společností Pramacom později vyvinuta i monokulární verze MonoKlára, která navíc umožňuje i použití na zbrani, nebo kombinaci s laserovým dálkoměrem.



Obrázek 30: MonoKlára a Klára (autor Pramacom)

⁴³ Brýle nočního vidění KLÁRA. *Infrared* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <http://www.old.infrared.cz/Produkty/Pozorovaci/Klara/>

Některé technické parametry:

- Generace: 2+, po modernizaci 3 (MKZJO XD-4)
- Rozlišení: 36 lp/mm
- Zvětšení: 1× (4×)
- Rozsah ostření: 25 cm–∞
- Napájení: 1× AA (výdrž cca 24 hod.)
- Hmotnost: 450–1025 g

NVG 7

Brýle nočního vidění NVG 7-2I výrobce ATN⁴⁵ se řadí mezi cenově dostupné binokulární noktovizory. Jedná se opět o oblíbený systém jednoho objektivu a dvou okulárů. MKZJO generace 2+ poskytuje jasný obraz s dostatečným rozlišením. Noktovizor může být doplněn IR přísvitem. Dodáván je s hlavovou montáží, nebo možností montáže na přilbu pomocí univerzálního sklopného uchycení typu Rhino. Je odolný proti stříkající vodě, ne však vodotěsný. Objektiv lze osadit zvětšovací předsádkou 3×, 5× a 8×, která ale není součástí dodávky. V současné době jsou nakupovány pro použití zejména cizineckou policií jako náhrady vyřazených zastaralých přístrojů.



Obrázek 31: NVG7-2I (vlastní foto)

⁴⁵ ATI NVG7-2I. *Night vision.sk* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.nightvision.sk/en/predaj/673/atn-nvg7-gen-2+-dep-0/>

Některé technické parametry:

- Generace: 2+ (MKZJO Photonis)
- FOM: až 1250
- Zvětšení: 1×
- Zorné pole: 40 °
- Rozlišení: 45 lp/mm
- Rozsah ostření: 100 cm–∞
- Hmotnost: 500 g
- Napájení: 1× baterie CR123 (výdrž až 50 hod.)

MUM 14

MUM 14 (Multi-use monokular 14) představuje víceúčelový noktovizor, který lze použít jako noktovizní zaměřovač (ve spojení s průhledovým kolimátorem či denním zaměřovačem), monokulár uchytilelný na přilbu či obličejovou masku, průzkumný systém (ve spojení s termovizní předsádkou), přístroj pro potápěče (uchytitelný na ochranné brýle a speciálním atestem do 20 m), stereoskopický NVG binokulár, noktovizní dalekohled (při použití afokálních předsádek se zvětšením 3x či 5x) nebo jako výkonný zpravodajský nástroj (s kompasem, laserovým značkovačem či připevněním na fotoaparát)⁴⁶. MUM 14 lze osadit MKZJO všech generací včetně funkce Auto-Gating. Jedná se tedy již o moderní, velmi univerzální noktovizor s jednoduchým použitím, robustní, odolný a vodotěsný. Lze jej přizpůsobit pro použití baterií AA nebo CR123 s výdrží až 72 hodin. Na rozdíl od přístrojů uvedených výše se jedná o koncept, kdy lze binokulární přístroj složit ze dvou monokulárů. Nevýhodou tohoto systému je nutnost ostřit každou jednotku zvlášť. V současnosti se jedná o velmi používaný přístroj. AČR zavedla MUM 14 do své výstroje v roce 2015, čímž nahradila doposud užívané noktovizory Klára. Výhodou je, že vzhledem ke konstrukci nebylo potřeba nahrazovat většinu montáží. V současné době je zavedeno více než 5 tisíc kusů⁴⁷. Výroba a servis probíhá v ČR společností Pramacom.

⁴⁶ PRAMACOM. *MUM-14* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <http://www.infrared.cz/domains/infrared.cz/cz/produkty/noktovize/mum.html>

⁴⁷ *Areport: Prioritou je působit utajeně*. Praha: Ministerstvo obrany ČR, 2016. ISSN 1211-801X.



Obrázek 32: MUM-14 monokulár a binokulár (autor Pramacom, upraveno)

Některé technické parametry:

- Generace: 3 (XD-4, XR5, INTENS, 4G)
- FOM: až 3000
- Rozlišení: 64 lp/mm
- Zorné pole: 13–40 °
- Rozsah ostření: 25 cm–∞
- Hmotnost: 260–800 g dle modifikace
- Napájení: 1× baterie AA pro každou jednotku

NL-949B Aviator Goggles

Noční brýle Aviator amerického výrobce Nightline jsou určeny pro piloty vrtulníků. Jedná se o binokulární noktovizor upravený pro montáž na leteckou přilbu. Hlavní výhodou jsou nápadně velké okuláry o průměru 25 mm. Celá optika je navržena tak, aby poskytovala co největší zorné pole a umožňovala prostorové vidění. Samotný noktovizor není vybaven prostorem pro baterii. Napájení zajišťuje nízkoprofilová baterie, tzv. batterypack, který se připevňuje na zadní stranu letecké přilby a s přístrojem je spojen pomocí 4-pinového konektoru COPS (Clip-on power supply). Do něj pak lze vložit baterie typu AA nebo CR123. Přístroj lze rovněž napájet speciálním adapterem přímo z palubní sítě vrtulníku. NL-949B Aviator je používán i leteckou službou Policie ČR. Použití noktovizoru v kabině letecké techniky vyžaduje obvykle její speciální úpravu. Zejména se jedná o výměnu osvětlení, úpravu osvětlení přístrojů, displejů, ovládacích prvků a podobně tak, aby nezpůsobovaly rušivé osvětlení noktovizoru. Kabiny vrtulníků Bell 412 a EC 135

jsou s tímto přístrojem plně kompatibilní⁴⁸. Přístroj je samozřejmě vybaven funkcí Auto-Gating, která reguluje intenzitu zesílení a přispívá tak k ochraně zraku a uživatelskému komfortu, za určitých podmínek se však může stát i nevýhodou. Při náhlém prudkém osvětlení např. silným reflektorem nebo laserovým ukazovátkem dojde k omezení nebo přerušení činnosti ZJO a pilot tak na daný okamžik nevidí, nebo vidí pouze jasný světelný bod se silným halo efektem okolo.



Obrázek 33: NL-949B Aviator (autor Nightline)

Některé technické parametry:

- Generace: 3
- FOM: až 3000
- Zvětšení: 1×
- Zorné pole: 40 °
- Průměr výstupní pupily: 25 mm
- Rozlišení: >64 lp/mm
- Rozsah ostření: 40 cm–∞
- Hmotnost: 534 g bez napájení
- Napájení: 4× baterie AA nebo 2× CR123

⁴⁸ Letecká služba Policie ČR pořídila nové brýle pro noční vidění. Státní ozbrojené a bezpečnostní složky [online]. 2018 [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.ozbrojeneslozky.cz/clanek/letecka-sluzba-policie-cr-poridila-nove-bryle-pro-nocni-videni>

Prostředky nočního vidění pro obrněnou techniku

Prostředky nočního vidění pro obrněnou techniku budou popsány jako jedna skupina. V principu se totiž jedná o velice podobné přístroje, a to jak svým vzhledem, tak funkcí i použitím. Variabilita je dána především tím, v jakém obrněném prostředku (tank, BVP, BRDM a další), jsou použity. Většina obrněné techniky je vybavena těmito prostředky již při zavedení a s každou modernizací techniky je obvykle provedena i modernizace těchto přístrojů. Většinou se jedná o úpravu nebo výměnu optiky a ZJO. Specifikem těchto přístrojů je požadavek na ochranu posádky – ztížené podmínky pro pozorování zde nejsou dány jen nepříznivými světlenými a atmosférickými podmínkami, ale i pobytem v ohroženém prostoru, nepřátelskou palbou apod. Optická část přístroje musí proto prostupovat pancířem vozidla, což je řešeno buď balisticky odolným objektivem, nebo častěji hranolovým periskopem. Vzhledem k tomu, že přístroje jsou montovány přímo ve vozidle, jejich napájení je zajištěno z palubní sítě. Téměř všechny v současnosti používané přístroje jsou již plně pasivní, nepotřebují tedy k provozu aktivní IR přísvit. Část přístrojů je řešena jako kombinované, tzn. že umožňují denní i noční pozorování, převážně se jedná o přístroje pozorovací nebo zaměřovací. Druhá část přístrojů, určených zejména pro řidiče, je řešena tak, že při použití se z pohotovostní polohy (přepravního truhlíku) upevní místo denního přístroje, nebo se upevní před průzor. Zajímavostí je, že některé z těchto přístrojů nejsou vybaveny ochranou proti přesvícení, a to z důvodu, aby při náhodném prudkém osvětlení přístroje nedošlo k jeho vypnutí a tím pádem k zamezení výhledu z vozidla. Platí proto zákaz pohlížet a zamerovat tyto přístroje proti zdrojům světla.

Příklady v současnosti používaných přístrojů:

DND 5, NV3P, TVNO 2M – pozorovací přístroje pro řidiče
TKN 3BP, TKN 1SN – kombinované pozorovací přístroj velitele
BPK 3R, TPN1 22 – kombinovaný zaměřovací přístroj střelce⁴⁹

⁴⁹ Vozidlové přístroje. OPTICS TRADE. *Optics trade* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <http://www.opticstrade.cz/t-72/>



Obrázek 34: Přístroje pro řidiče, velitele a střelce tanku T-72 (autor Optics trade)

Některé technické parametry:

- Generace: 2, 2+
- FOM: nejméně 1500
- Rozlišení: nejméně 30 lp/mm
- Napájení: 22–28 V

1.3.3 Termovize

AN/PAS-7

Jednou z prvních skutečných termokamer byl AN/PAS-7 Thermal Imager vyvinutý v 70. letech 20. století pro americkou armádu⁵⁰. Vycházel z modelu AGA Thermovision 110, který byl vzhledově i funkčně velice podobný. Bylo to jedno z prvních vojensky využívaných zařízení, které skutečně detekovalo a zobrazovalo IR záření přímo emitované pozorovaným objektem. Jednalo se o poměrně velké a těžké zařízení, přesto již bylo určeno pro ruční použití. Přístroj byl osazen lineárním polem 48 olovoselenidových (PbSe) bolometrů pracujících v pásmu 3,2–5 μm . Jednalo se tedy o skenovací detektor, skenování zajišťovalo oscilační zrcadlo. Senzor byl chlazen čtyřstupňovým Peltierovým chladičem na teplotu $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$. Přístroj byl napájen kabelem z baterie a měl 4 ovládací prvky – vypínač, páku ostření a 2 potenciometry k ovládnání jasu a kontrastu. Obraz byl vytvářen CRT elektronikou, tedy podobně jako na televizní obrazovce.



Obrázek 35: AN/PAS-7 (autor Worth Point)

⁵⁰ SPI INFRARED. Cooled midwave MWIR and Uncooled longwave LWIR Thermal Infrared imaging FLIR IR cameras [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.x20.org/cooled-midwave-mwir-uncooled-longwave-lwir-thermal-infrared-imaging-flir-ir-cameras/>

Některé technické parametry:

- Senzor: Lineární senzor PbSe
- Spektrální rozsah: 3,2–5 μm
- Chlazení: vícestupňový Peltierův článek
- Hmotnost 2,5 kg bez baterie

AGAVA / AGAVA-2

Co se týká vývoje termovizní techniky byl Sovětský svaz ještě v 80. a 90. letech 20. století oproti západnímu světu velmi pozadu. Pro armádu byl vyvíjen např. termovizní zaměřovací systém AGAVA⁵¹, kterého ale nakonec bylo vyrobeno jen několik kusů, protože neobstál ve zkouškách, a nakonec nebyl zaveden. V roce 1986 pak začal vývoj systému AGAVA-2, který byl zdokonalenou verzí původního systému. Ten byl nakonec zaveden a montován do tanků T-80B. Při srovnání se západními systémy však ani nadále nebyl příliš konkurenceschopný a velmi brzy byl prohlášen za zastaralý. Konkrétní technické parametry jsou obtížně dohledatelné a z různých zdrojů se značně liší.



Obrázek 36: AGAVA (autor CRIB)

⁵¹ CRIB BLOG. "AGAVA" - "AGAVA-2" and its confusing history. Cate's Research-Investigation Bureau [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://crib-blog.blogspot.com/2020/12/agava-agava-2-and-its-confusing-history.html>

AN/PAS 13

Z kategorie dnes již historických termokamer stojí za zmínku AN/PAS 13 vyvinutý americkou společností Raytheon pro americkou armádu. Jedná se o termovizní zaměřovač vyvinutý kolem roku 1998, určený pro použití na ručních palných zbraních, lze jej ale použít i jako ruční pozorovací zařízení⁵². Používá již mikrobolometrické pole na bázi oxidu vanadu. Mohl být opatřen výměnným objektivem s různým zvětšením, podle typu zbraně pro kterou byl použit. Termogram je černobílý, lze nastavit „polaritu“ černá/bílá. Je vybaven konektorem pro přenos obrazu do jiného zařízení kabelem.



Obrázek 37: AN/PAS 13 (autor Will's Optics)

Některé technické parametry:

- Senzor: maticový mikrobolometr VOx nechlazený
- Spektrální rozsah: 8–12 μm
- Rozlišení: 320×240 px
- Zvětšení: 1,6–8×
- Detekční vzdálenost: 800 m (člověk), 3100 m (vozidlo)
- Hmotnost: 885 g

⁵² WILL'S OPTICS. Raytheon AN/PAS13E (V)2. *Will's optics shop* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://willoptics.com/product/18961/>

UCF 8000

Přístroj UCF 8000 německého výrobce Dräger je ruční termokamera určená pro použití v extrémních podmínkách zejména hasičskými záchrannými sbory. Tyto složky nepatří mezi ozbrojené síly, jsou ale součástí IZS, a tedy často společně na místech mimořádných událostí. V rámci spolupráce nebývá problém od nich přístroj zapůjčit. Termokamera je vybavena mikrobolometrem na bázi amorfního křemíku (a-Si) o rozlišení 384×288 px, citlivostí 25 mK, vysokým tepelným rozsahem a 2násobným zoomem. Jedná se o termometrickou kameru, poskytuje tedy údaj o teplotě v konkrétním místě. Rozsah měření je nastavitelný ve 3 oblastech – osoba, termální sken a požár. Maximální teplota pro přesné měření je cca 900 °C. Termogram je zobrazen na displeji v barevné paletě. Termokamera je určena do nebezpečného prostředí, je mechanicky a tepelně odolná (až 10 min. při 260 °C) a rovněž izolovaná pro použití ve výbušném prostředí⁵³.



Obrázek 38: UCF 8000 (vlastní foto)

Některé technické parametry:

- Senzor: Maticový mikrobolometr a-Si nechlazený
- Rozlišení: 384×288 px
- Rozsah měření: -40–1000 °C
- Detekční vzdálenost: cca 700 m (člověk)
- Napájení: vestavěný Li-Ion akumulátor (výdrž 4 hod.)
- Hmotnost: 1,4 kg

⁵³ DRÄGER. UCF 8000. *Dräger* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: https://www.draeger.com/en_seeur/Products/UCF-8000

TAWS-64

Již moderní přístroj amerického výrobce Nivisys je určen jako termovizní předsádka pro použití na palných zbraních, nebo jako samostatný ruční pozorovací přístroj. Podobně jako výše uvedené předsádky denní a noční, ani tato termovizní předsádka nedisponuje záměrnou osnovou a není proto potřeba její souosost s použitým zaměřovačem. Výrobce však nabízí variabilní provedení a jsou k dispozici i modely s nitkovým křížem, nebo elektronicky nastavitelným záměrným bodem. Obraz je černobílý s nastavitelnou polaritou a jasem. Konektorem lze připojit dálkové ovládání. Nevýhodou je slabá výdrž baterie, pouze přibližně 4–6 hodin. V současné době jsou tyto předsádky ve výzbroji AČR.



Obrázek 39: TAWS-64 (vlastní foto)

Některé technické parametry:

- Senzor: Maticový mikrobolometr VOx nechlazený
- Rozlišení: 640 x 512
- Spektrální rozsah: 7–14 μm
- Objektiv: 50 mm
- Zvětšení: 1,9 \times , digitální zoom 2–8 \times
- Napájení: baterie CR123

Cobra TB50

Cobra TB50 výrobce AGM Global Vision je jednou z novějších a technologicky pokročilejších ručních termovizí, které jsou v současné době dostupné na trhu⁵⁴. Objevuje se také pod označením AGM Explorer. Jedná se o binokulární přístroj osazený pokročilým senzorem FLIR Tau 2, což je nechlazené VOx mikrobolometrické pole. Provedení je robustní a voděodolné. Termovize podporuje černobílé i barevné palety, je vybavena bezdrátovým dálkovým ovládním, a možností přenosu obrazu do jiného zařízení. Napájení zajišťují 2 baterie CR123. Menší nevýhodou je poměrně slabá výdrž baterie (4–12 hod.), tento nedostatek ale kompenzuje možnost použití externího napájení. Přístroj je připraven pro pozorování již 3 sekundy po zapnutí. V současnosti jsou používány AČR i PČR, zejména cizineckou policií na zahraničních misích.



Obrázek 40: Cobra TB50 (autor AGM Global Vision)

Některé technické parametry:

- Senzor: Maticový mikrobolometr VOx Tau 2 nechlazený
- Rozlišení: 336×256 px
- Objektiv: 50 mm
- Zvětšení: 2,9×, digitální zoom 2–8×
- Napájení: baterie CR123 (výdrž baterie 4–12 hod.)

⁵⁴ AGM GLOBAL VISION. *AGM COBRA TB50-336 THERMAL IMAGING BI-OCULAR* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.agmglobalvision.eu/agm-cobra-tb50-336-thermal-imaging-bi-ocular>

1.3.4 Fúzní přístroje

AN/PVS 21

AN/PVS 21 Low Profile Night Vision Goggle amerického výrobce Steiner Defense⁵⁵ je příkladem tzv. fúzní technologie, nebo také rozšířeného nočního vidění. Jedná se o moderní špičkový přístroj speciální konstrukce, použitelný jako binokulár i monokulár. Na rozdíl od běžného noktovizoru se obraz nevytváří na koncích tubusů ZJO, ale je promítán na dvě průhledné destičky před oči uživatele. Výhodou této konstrukce je, že pokud noktovizor z nějakého důvodu přestane pracovat (např. při přesvícení zasáhne funkce Auto-Gating), uživatel stále vidí přes průhledné destičky vlastníma očima. Zároveň systém poskytuje zorné pole o šířce 165 stupňů a tím daleko přirozenější pohled oproti klasickým tubusovým noktovizorům. Noktovizor je dále doplněn přeastřovací destičkou. Jedná se o čočku, která se rychlým sklopením zařadí do optické soustavy, čímž noktovizor „přeastří“ na vzdálenost 25 cm až 1 m. To umožní čtení nebo obsluhu přístrojů, aniž by bylo nutné ostřit otáčením okuláru. Samozřejmostí je vestavěný IR přísvit. Skutečně revoluční funkcí je pak kombinace s termovizí. Na noktovizor lze ze strany připojit termokameru, jejíž obraz řídicí jednotka následně kombinuje s obrazem noktovizoru a výsledek promítne před oči uživatele. Tento systém je označován jako COTI (Clip-on thermal imager). Signál z termovize je možno zobrazit jako zvýrazněnou plochu jiné barvy, nebo jako zvýrazněný vnější obrys pozorovaného objektu. Rovněž je zde možnost na průhledové destičky zobrazit signál z jiného zdroje přes tzv. HUD port, např. z kamery na zbraní. Uživatel tedy může pozorovat z bezpečného úkrytu tak, že do ohroženého prostoru pouze vystrčí zbraň. V neposlední řadě pak lze do zorného pole promítnout např. mapu, fotografii nebo jiný dokument v rámci moderního pojetí tzv. digitálního bojiště.

⁵⁵ KUŽNÍK, Jan. Žádná speciální jednotka se bez něj neobejde. Zkusili jsme noční vidění. *Technet* [online]. iDnes [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/vojenstvi/night-vision-an-pvs-21-noktovizor.A181128_113512_vojenstvi_kuz

Noktovizor dosahuje hodnoty FOM až 1850, což je legislativní limit vývozu mimo USA pro ozbrojené složky. Teoreticky dosahuje hodnota FOM až 3000.

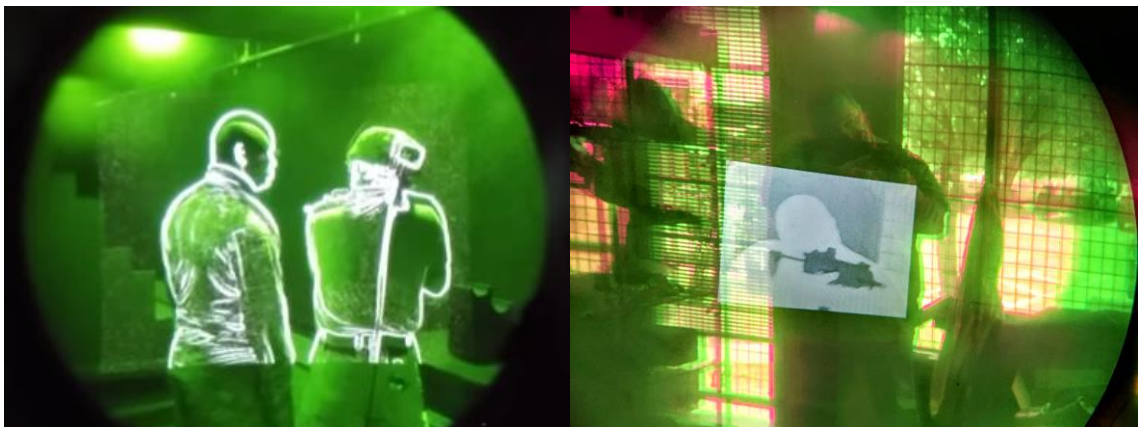
Přístroje AN/PVS-21 jsou v současné době ve velmi omezeném množství ve výstroji speciálních jednotek AČR (601. skupina speciálních sil), i PČR (URNA).



Obrázek 41: AN/PVS 21 (autor Jakub Plíhal)

Některé technické parametry:

- Technické parametry se liší podle modelu přístroje a licence
- FOM: 1850 (možné až 3000)
- Zorné pole: 165 ° celkové, 40 ° na ploše zesilovače jasu
- Vzdálenost výstupní pupily: 15 mm
- Rozsah ostření: 33 cm–∞
- Napájení: 1,5–3,6 V, baterie AA nebo napájecí modul
- Vodotěsnost: 3 m, (10 m u speciální verze)
- Hmotnost: 760 g noktovizor + 350 g COTI



Obrázek 42: Příklad režimů fúzního zobrazení přístroje AN/PVS 21 (autor Will's Optics)

Moskito TI

Skupina přístrojů Moskito výrobce Safran Vectronics je dalším typem fúzního zařízení. Na rozdíl od předchozího přístroje neskládá obraz přímo, jedná se o kombinaci optického denního dalekohledu, termovizní kamery a digitálního (LL CMOS) noktovizoru v jednom přístroji. Výstup všech tří režimů je vyveden do jednoho okuláru a lze mezi nimi přepínat. Tyto přístroje se používají jako tzv. akviziční jednotky – pro pozorování, přesné označování a zaměřování cílů. Přístroj obsahuje GPS modul, přesný digitální kompas, laserový dálkoměr, případně laserový značkovač. Fotografie a data lze zaznamenat do vnitřní paměti, případně přenést v reálném čase do jiného zařízení. Denní dalekohled nepotřebuje k činnosti napájení, ostatní části jsou napájeny bateriemi. Tyto přístroje jsou používány zejména jednotkami AČR.



Obrázek 43: Moskito TI (foto vlastní)

Některé technické parametry⁵⁶:

- Zvětšení dalekohledu: 6×
- Noktovizor: LL CMOS 1280×1024 px
- Termovize: Maticový mikrobolometr 640×480 px nechlazený
- Laserový dálkoměr: 10–10000 m
- Napájení: 4× CR123
- Hmotnost: 1,3 kg

⁵⁶ MOSKITO TI: Lightweight multi-purpose target locator [brožura]. Safran Vectronix, 2020.

1.3.5 Další speciální prostředky a kombinované systémy

Prostředky pro pozorování za ztížených podmínek mohou být různě kombinovány, případně montovány současně. Typickým příkladem je použití ve vozidlech a na dalších strojích se specifickým určením.

Policie ČR používá několik typů vozidel, které jsou osazeny pozorovací technikou. Jedná se zejména o vozidla Mercedes C2VAN ve variantě Velitelsko-štábní, nebo Mobilní pozorovací centrum, používané pro různá bezpečnostní opatření a pátrací akce a dále vozidlo Mercedes Arocs ve variantě Mobilní operační centrum „Jupiter“. Tato vozidla jsou, mimo další speciální techniku, vybavena dvěma teleskopickými stožáry osazenými denní kamerou KOWA s vysokým zoomem a směrovým mikrofonom, termální kamerou Oculus Thermal (bez možnosti zoom) a dvěma LED světly. Kromě těchto kamer jsou osazena kamerami pro kontrolu perimetru⁵⁷. Dále se jedná o speciální monitorovací vozidlo VW Crafter určené zejména pro monitorování a ochranu hranic. Toto vozidlo je vybaveno senzorickou hlavou sestávající z velmi výkonné chlazené termovizní kamery Sirius, která umožňuje detekci až na 25 km, denní kamery s vysokým rozlišením a laserového dálkoměru s dosahem až 32 km⁵⁸. Tyto systémy dodávají společnosti URC Systems a EVPU Defence.



Obrázek 44: Stožáry vozidel Mercedes a senzorická hlava vozidla VW Crafter (vlastní foto)

⁵⁷ URC SYSTEMS. *C2VAN Mobilní velitelské, spojovací a monitorovací centrum* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.urc-systems.cz/produkt/c2van/>

⁵⁸ EVPÚ DEFENCE. *Monitorovací vozidla s termovizí SMV* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.evpudefence.com/cs/c-mobilni-elektro-opticke-systemy>

Armáda ČR používá několik typů vozidel a pozorovacích kompletů určených pro specifické činnosti. Typickým pozorovacím kompletem může být např. systém PzPK Sněžka, nebo Lehký optický systém LOS na podvozcích vozidel BVP. Sensorické hlavy mohou být kromě pozorovací techniky vybaveny i dalšími systémy, jako jsou dálkoměr, laserový značkovač, kompas, přijímač GPS a další⁵⁹. Sensorická hlava může být doplněna také o zbraňový systém. Typickým příkladem může být zbraňová stanice ZSRD Pz Lehkého obrněného vozidla Iveco LOV dělostřeleckého průzkumu. Tato zbraňová stanice sestává z denní kamery Puma FHD, zaměřovací kamery Falcon 135, nechlazené termovizní kamery Spirit 140, laserového dálkoměru LDM 38 a kulometu FN Mag 7,62 mm se zásobníkem na 500 ks nábojů⁶⁰.



Obrázek 45: Sensorická hlava kompletu PzPK Sněžka a Zbraňová stanice vozidla LOV (autor Martin Smíšek)

Průměrné pozorovací vzdálenosti těchto systémů jsou:

- detekce cílů přehledovou kamerou: až 5 km
- detekce cílů zaměřovací kamerou: až 4 km
- detekce cílů noktovizní kamerou: až 1,6 m
- detekce cílů termovizní kamerou: až 9 km
- dosah laserového dálkoměru: až 20 km

⁵⁹ SMÍŠEK, Martin. CZE - PzPK Sněžka (průzkumný a pozorovací komplet). *Valka.cz* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.valka.cz/CZE-PzPK-Snezka-pruzkumny-a-pozorovaci-komplet-t3766>

⁶⁰ SMÍŠEK, Martin. CZE/ITA - LOV Pz. *Valka.cz* [online]. 2014 [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.valka.cz/CZE-ITA-LOV-Pz-t177027>

Specifickými prostředky pro pozorování mohou být také létající stroje. Létající prostředky mohou snadno provádět pozorování nad nepřístupným terénem, na velké vzdálenosti a mají široký akční rádius. Policie ČR využívá dva typy vrtulníků (6× Bel 412 a 8× EC 135), které lze v pátrací konfiguraci osadit pátracím reflektorem SX-16 Nightsun a sensorickou hlavou FLIR Ultra Force II (Fojtík, s. 127-128)⁶¹, která sestává z termovizní kamery a denní kamery. Sensorická hlava není na vrtulníku umístěna trvale, zavěsí se pomocí spojovacího zařízení pouze v případě potřeby.

Některé technické parametry:

- 4-osá gyroskopická stabilizace do rychlosti 150 uzlů
- Senzor: Maticový GaAs
- Rozlišení: 320×240 px
- Spektrální rozsah: 8–9 μm
- Chlazení: Stirlingův kryochladič
- Zvětšení: 4× digitální
- Zorné pole: 1–25 °

Poměrně novou možností je také použití bezpilotních prostředků, tzv. dronů. Policie ČR používá v současné době drony BRUS (Bespilotní Rotorový Univerzální Systém) a DJI Mavic 3 Pro Thermal. Tyto drony jsou osazeny jednou nebo dvěma denními RGB kamerami a termokamerou. AČR používá např. bezpilotní letoun RAVEN RQ-11B, Vasp AE, Vážka A a další.

Některé technické parametry⁶²:

- Denní kamera CMOS s rozlišením 20 MPx
- Zvětšení denní kamery: až 52× digitální
- Termovizní kamera – termometrická
- Senzor: Nechlazený mikrobolometr VOx
- Rozlišení 640×512 px
- Zvětšení termokamery: až 14× digitální
- Spektrální rozsah: 8–14 μm
- Teplotní citlivost: <50 mK

⁶¹ FOJTÍK, Jakub. *Policejní vrtulníky*. Praha: Naše vojsko, 2007, s. 127-128, ISBN 978-802-0608-703.

⁶² ALFA PHOTONICS. DJI Mavic 3T. *Alfa Photonics* [online]. [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <https://alpha-photonics.com/en/produkty/dji-mavic-3-thermal-en/>

2 Praktická část

2.1 Průzkum

Pro zpracování praktické části práce byl zvolen kvantitativní průzkum formou dotazníku. Dotazník byl vytvořen službou Google Forms a následně rozeslán cestou skupiny „Policie“ na sociální síti Facebook a dále pomocí aplikace WhatsApp. Facebooková skupina „Policie“ byla k rozšíření dotazníku využita záměrně, protože vstup do této skupiny je kontrolován moderátory. Mezi členy by tedy měli být pouze současní a bývalí příslušníci, případně osoby z obdobných profesí, nikoliv však „civilisté“. Rovněž bylo předpokládáno, že pokud by byl dotazník rozšířen zcela veřejně, byť do skupin s policejní tematikou, bylo by sice pravděpodobně získáno více respondentů, část odpovědí by ale nemusela pocházet od cílové skupiny a část by mohla být záměrně nepravdivá, zlomyslná apod. Služba Google Forms byla zvolena jako dostačující, protože umožňuje větvení dotazníku na základě předchozích odpovědí, automatické zobrazení výsledků v grafech i převod kompletních výsledků do tabulky pro účely zálohování a dalšího zpracování. Dotazník byl zcela anonymní.

2.1.1 Cíl průzkumu

Cílem průzkumu bylo zjistit dostupnost a úroveň využívání prostředků pro pozorování za ztížených podmínek na základních útvarech PČR – služby pořádkové, dopravní a cizinecké policie a služby kriminální policie a vyšetřování. Konkrétně byl dotazník zaměřen na ty příslušníky, kteří vykonávají službu tzv. „venku“. Speciální útvary do tohoto průzkumu záměrně zahrnuté nebyly, protože tyto útvary technickými prostředky nutnými pro svou činnost zpravidla disponují. Ostatní ozbrojené složky např. Armáda ČR, Celní správa, Městské policie a další rovněž nebyly do průzkumu zařazeny z důvodu obavy, že v případě takto rozsáhlého vzorku by se nepodařilo dotazník dostatečně rozšířit mezi respondenty a nebyl by tak získán reprezentativní vzorek a kvalitní výsledky. Každá z těchto složek navíc používá i velmi specifické prostředky pro pozorování a jejich zahrnutí a hodnocení by značně přesahovalo rozsah jedné práce.

2.1.2 Průzkumné otázky

Byl vysloven předpoklad, že prostředky pro pozorování za ztížených podmínek na základních útvarech k dispozici převážně nejsou, a pokud ano, tak pouze výjimečně a nijak systémově. Přestože Policie České republiky je jednotným ozbrojeným sborem, hospodaří každé krajské ředitelství jako samostatná jednotka, a proto ani nákupy a systemizace výstroje a techniky nejsou často řízeny centrálně. Zároveň byla ale vysloven také předpoklad, že lze tyto prostředky v odůvodněných případech zapůjčit z jiných útvarů, kde k dispozici jsou, případně od jiných složek.

Dále byl vysloven předpoklad, že někteří z příslušníků používají ve službě vlastní prostředky pro pozorování. Neodporuje-li to vnitřním předpisům, používá část příslušníku ve službě výstroj a vybavení pořízené z vlastních prostředků. Lze to tedy předpokládat i v případě prostředků pro pozorování, přestože se v tomto případě jedná o podstatně nákladnější položky.

Kromě dostupnosti a způsobu využití prostředků pro pozorování bylo také cílem získat od respondentů údaje o jednotlivých typech a modelech těchto prostředků, které jsou k dispozici a používají se, aby mohly být průběžně identifikovány a následně zahrnuty v teoretické části práce. V této souvislosti bylo dále potřeba zjistit o jak starou techniku se jedná, jak je udržována a obnovována, zda je pro uživatele vyhovující a jak splňuje jejich požadavky. Zároveň byl průběžně zjišťován nejčastější účel použití těchto prostředků,

Od respondentů, kteří nemají na svých útvarech tyto prostředky k dispozici bylo cílem zjistit, k jakému účelu by prostředky používali, kdyby je k dispozici měli.

2.2 Vyhodnocení dotazníku

Výsledky dotazníkového průzkumu byly zpracovány do tabulky a následně vizualizovány v grafické podobě. Odpovědi na otevřené otázky byly podrobeny shlukové analýze na základě podobnosti.

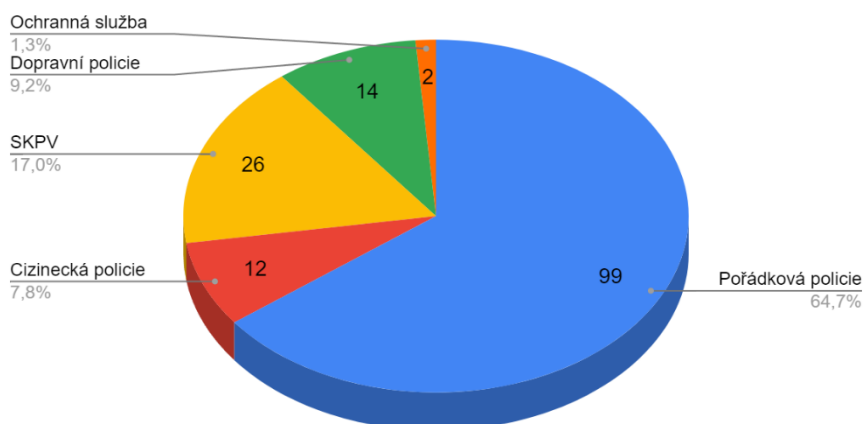
2.2.1 Zpracování a hodnocení dat

Celkem se průzkumu zúčastnilo 157 respondentů. 4 respondenti byli z průzkumu vyřazeni z důvodu zcela evidentně zlomyslných odpovědí. Bylo tedy použito celkem **153** platných odpovědí.

V první části dotazníku byly zjišťovány základní údaje o respondentech:

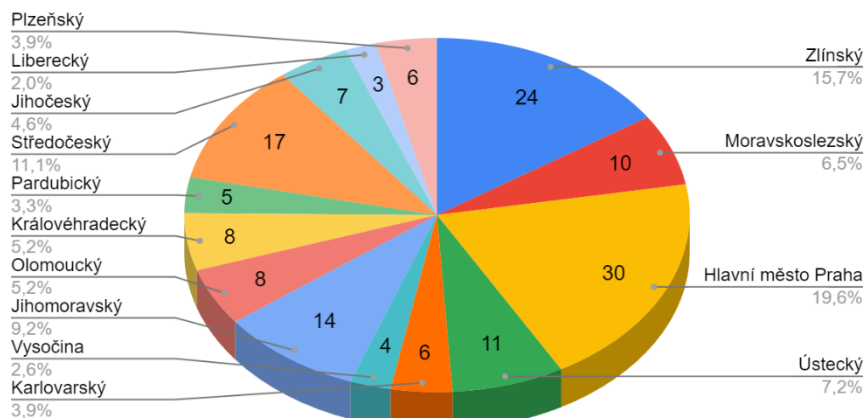
1. **Jaké je Vaše služební zařazení?**
2. **Ve kterém kraji sloužíte? (geograficky)**
3. **Kolik let sloužíte u PČR?**

Další služební, pracovní a osobní údaje nebyly zjišťovány, protože pro účel průzkumu nebyly považovány za důležité a také by mohly zbytečně snížit důvěru a ochotu k vyplnění dotazníku u některých respondentů.



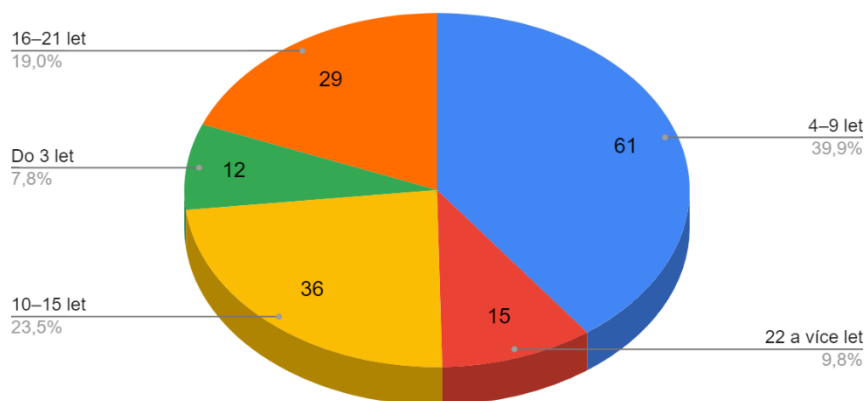
Graf 1: Služební zařazení respondentů

Průzkumu se zúčastnili příslušníci všech základních služeb PČR. V dotazníku byly na výběr služby pořádkové, dopravní a cizinecké policie a služba SKPV. Respondenti, kteří uvedli své zařazení v ochranné službě, využili volitelnou možnost „jiné“.



Graf 2: Zařazení podle krajů (geograficky)

Průzkumu se zúčastnili respondenti ze všech krajských ředitelství policie. Respondenti zařazení na útvarech s celorepublikovou působností byli vyzváni, aby označili místo svého služebního působení z hlediska geografického.

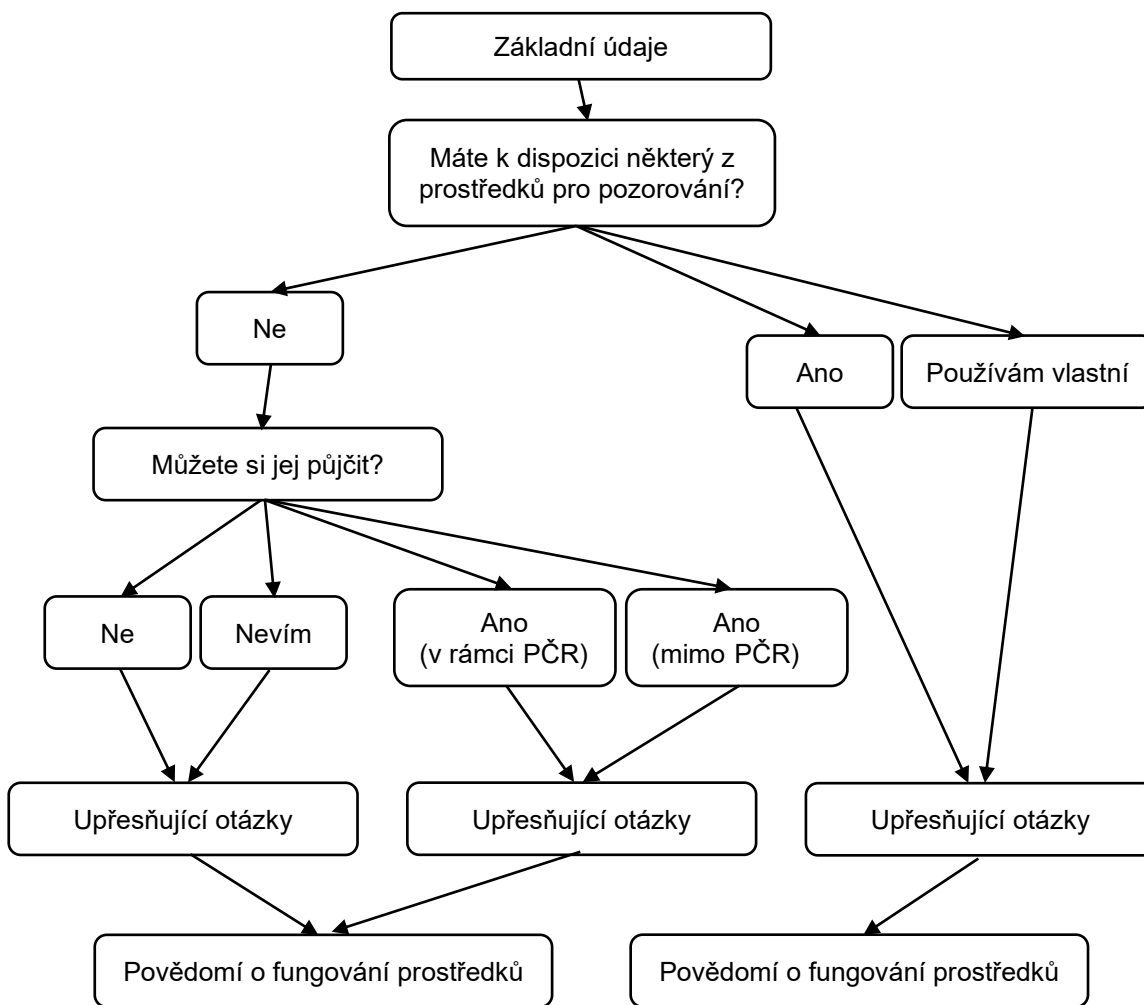


Graf 3: Doba trvání služebního poměru

Nejpočetnější skupinou respondentů byli příslušníci s dobou služby 4–9 let a 10–15 let. Fyzický věk respondentů zjišťován nebyl, protože to pro účel průzkumu nebylo považováno za důležité.

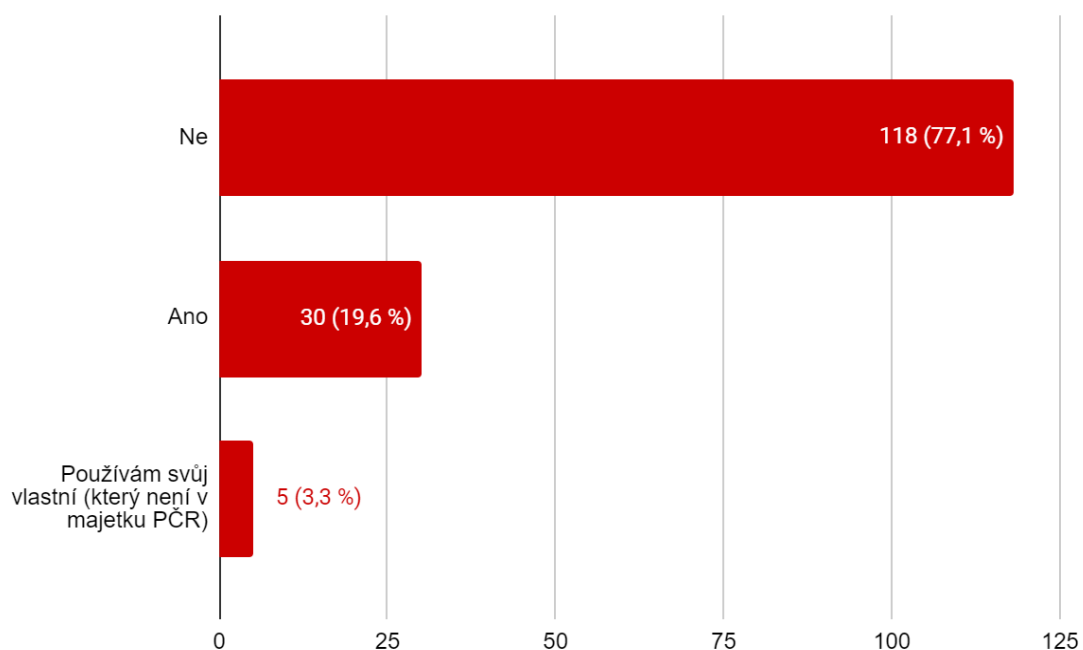
Počet respondentů lze považovat za dostatečný a získaný vzorek za dostatečně reprezentativní. Byli osloveni příslušníci ze všech krajských ředitelství, všech služeb a všech délek trvání služebního poměru. Z výsledků je patrný větší poměr respondentů zařazených do služby pořádkové policie. To může být způsobeno tím, že se jedná o nejpočetnější složku, co se týká základních útvarů. Také to může být způsobeno větší mírou zájmu o zkoumanou problematiku u této složky. Větší poměr počtu příslušníků s kratší dobou služby by mohl být způsoben větší ochotou účastnit se podobných průzkumů, ale i tím, že byl dotazník rozšířen pouze elektronickou formou cestou sociálních sítí. Je předpoklad, že sociální sítě jsou využívány spíše mladšími uživateli a méně starší generací. Je tedy pravděpodobné, že tato skutečnost mohla průzkum mírně ovlivnit.

Systém dotazníku přiděluje respondentům různou sadu otázek na základě jejich předchozích odpovědí. Pro snadnější orientaci v systému dotazníku slouží následující diagram:



Ve druhé části dotazníku respondenti odpovídali nejprve na základní otázku, zda mají na svém útvaru k dispozici některý z prostředků pro pozorování za ztížených podmínek. Předpokladem bylo také, že někteří příslušníci mohou používat i vlastní přístroj, vzhledem k tomu, že si často na vlastní náklady pořizují i jiné vybavení.

0. Máte na svém útvaru k dispozici některý z prostředků pro pozorování za ztížených podmínek?



Graf 4: Dostupnost prostředků pro pozorování na základních útvarech

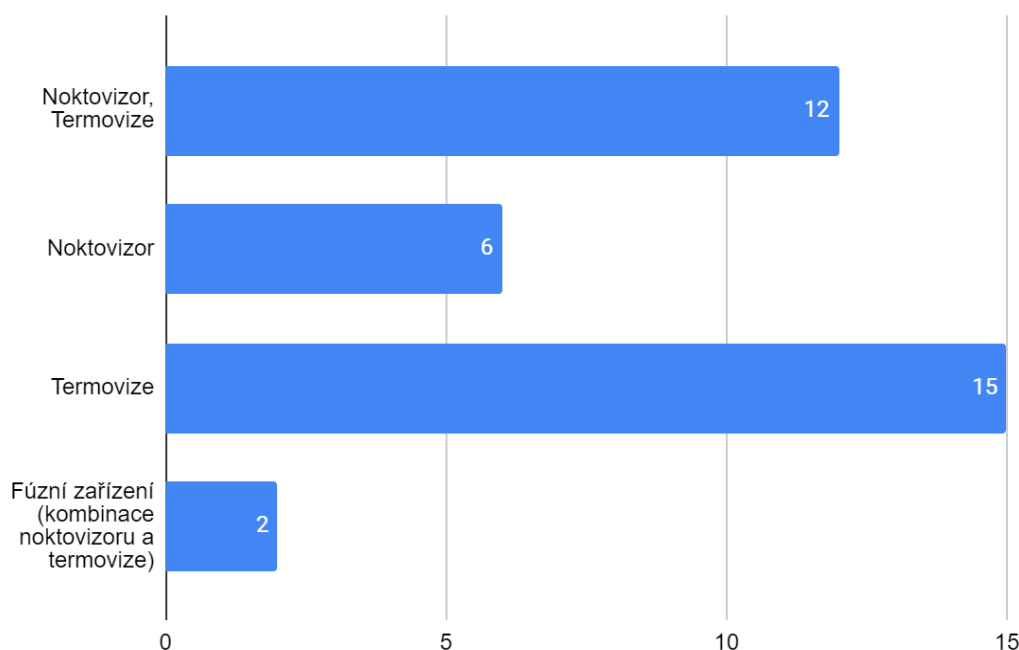
Potvrdilo se, že dostupnost prostředků pro pozorování za ztížených podmínek je na základních útvarech PČR poměrně nízká. Prostředky pro pozorování má k dispozici pouze pětina respondentů. Zároveň se potvrdilo, že někteří příslušníci při výkonu služby skutečně používají vlastní vybavení.

Na základě odpovědi Ano, Ne, nebo Používám svůj vlastní, byli respondenti přesměrováni na další rozdílnou sadu otázek.

Na základní otázku dotazníku odpovědělo kladně 35 respondentů. Prostředek k pozorování za ztížených podmínek má tedy k dispozici, nebo používá vlastní, celkem 23 % z celkového počtu respondentů

Respondentům, kteří uvedli, že **mají** na svém útvaru k dispozici prostředek pro pozorování, nebo používají vlastní, byla položena následující sada otázek:

1. O jaký prostředek se jedná?



Graf 5: Druh dostupného prostředku

Nejčastěji mají respondenti k dispozici termovizi, případně termovizi i noktovizor. Podrobnějším vyhodnocením odpovědí bylo zjištěno, že fúzní zařízení na základních útvarech k dispozici není, v obou případech se jednalo o prostředek v soukromém vlastnictví.

2. Upřesněte, prosím, typ přístroje.

Tato otázka byla otevřená s možností vepsání odpovědi. Z 35 respondentů uvedlo:

- 13 – že bližší označení nezná, nebo uvedli pouze monokulár či binokulár
- 6 – že se jedná o přístroj montovaný ve vozidle, bez dalšího označení
- 1 – noktovizor montovaný na zbrani

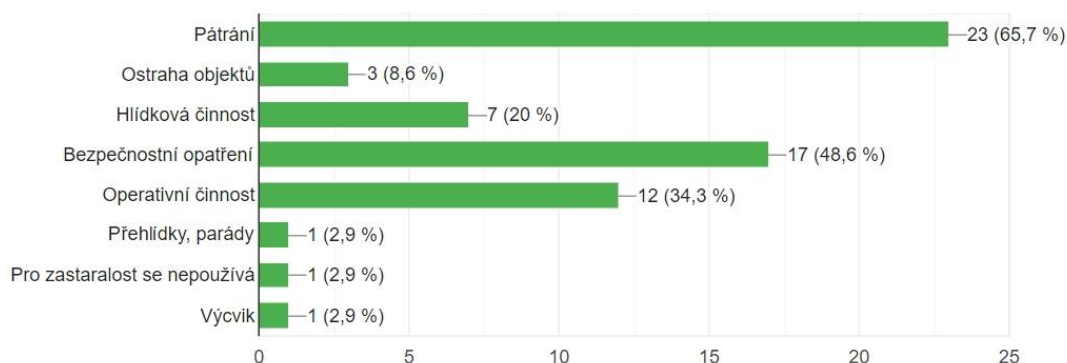
Z ostatních odpovědí bylo zjištěno používání těchto přístrojů:

- Noktovizory
 - BIG 35 (binokulární se zrcadlovým objektivem)
 - ATN NVG 7 (brýle pro noční vidění)
 - Yukon (bez dalšího označení, spíše hobby a lovecké přístroje)
 - Pantron (bez dalšího označení, nepodařilo se identifikovat)
 - noktovizor „sovětské výroby“ (bez dalšího nelze identifikovat)
 - noktovizor na dlouhé zbrani (bez dalšího nelze identifikovat)
- Termovize
 - AGM Cobra (profesionální termovizní binokulár) – 2 případy
 - Archer TGX8 (profesionální termovizní binokulár) – 2 případy
 - Pulsar AXIOM (monokulár, poloprofesionální)
 - Hikmicro Lynx (monokulár, spíše tzv. hobby využití)
 - Flir FH (série pevně montovaných termokamer, tedy na vozidle)
 - Eagle (pravděpodobně termovizní puškový zaměřovač)
- Fúzní přístroje
 - Hikmicro Gryphon GH25 (monokulár)

3. Jedná se o kolektivní nebo osobní výstroj?

31 respondentů uvedlo, že využívají výstroj kolektivní. Osobní využití uvedli pouze 4 respondenti, ve všech případech se jednalo o respondenty totožné s těmi, kteří uvedli, že používají vlastní přístroj.

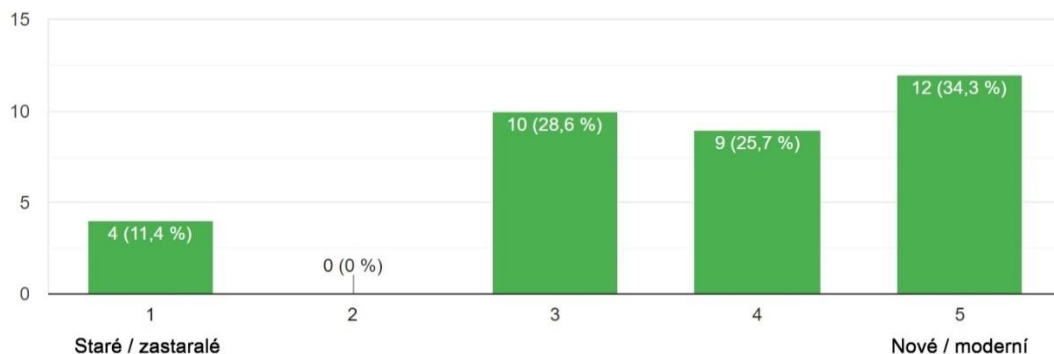
4. Jaký je nejčastější účel použití?



Graf 6: Nejčastější účel použití prostředků pro pozorování, které jsou k dispozici

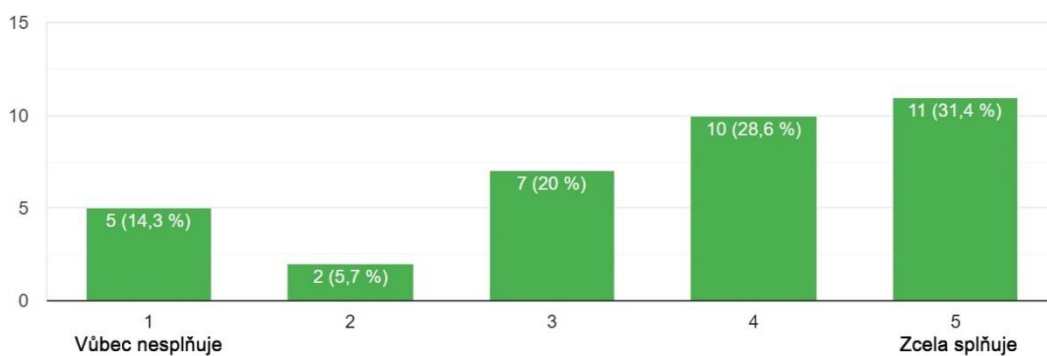
Nejčastějším účelem použití je pátrání, následované použitím při bezpečnostních opatřeních (ochrana hranic, migrace, majetková trestná činnost) a operativní činnost.

5. O jak staré zařízení se jedná? (Označte 1–3 možnosti)



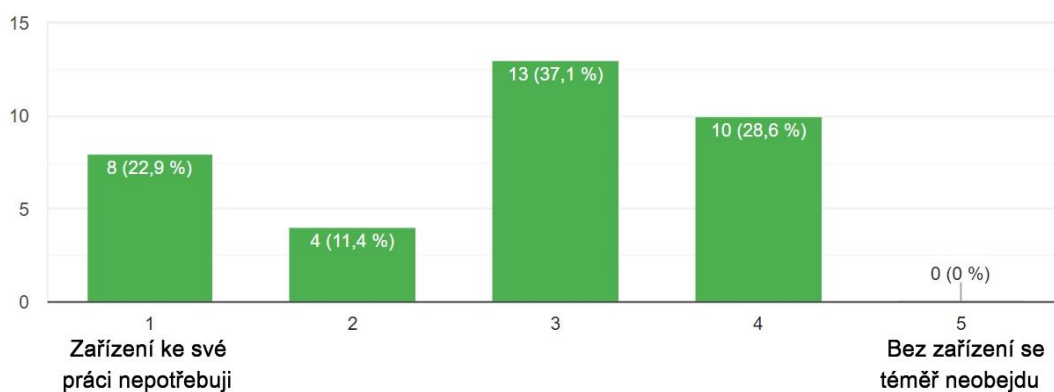
Graf 7: Stáří prostředku pro pozorování

6. Splňuje zařízení Vaše požadavky?



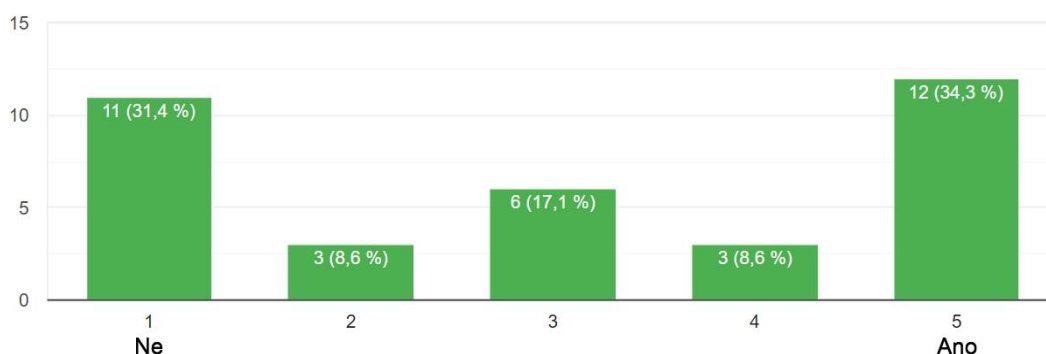
Graf 8: Úroveň plnění požadavků uživatelů

7. Je zařízení přínosem pro Vaši práci?



Graf 9: Přínos zařízení pro práci

8. Využili byste při své práci nějaké další zařízení?



Graf 10: Úroveň využití případného dalšího zařízení

9. Jaké další zařízení byste při své práci využili?

Tato otázka byla nepovinná, s možností vepsání vlastní odpovědi. Z 35 respondentů uvedlo:

- 2 – že by využili dron s termovizí
- 2 – že by využili ruční termovizi (menší, „kapesní“)
- 1 – že by využil noktovizor
- 1 – že by využil lepší termovizi (než jeho osobní hobby přístroj)
- 29 – neví, nebo se nevyjádřilo

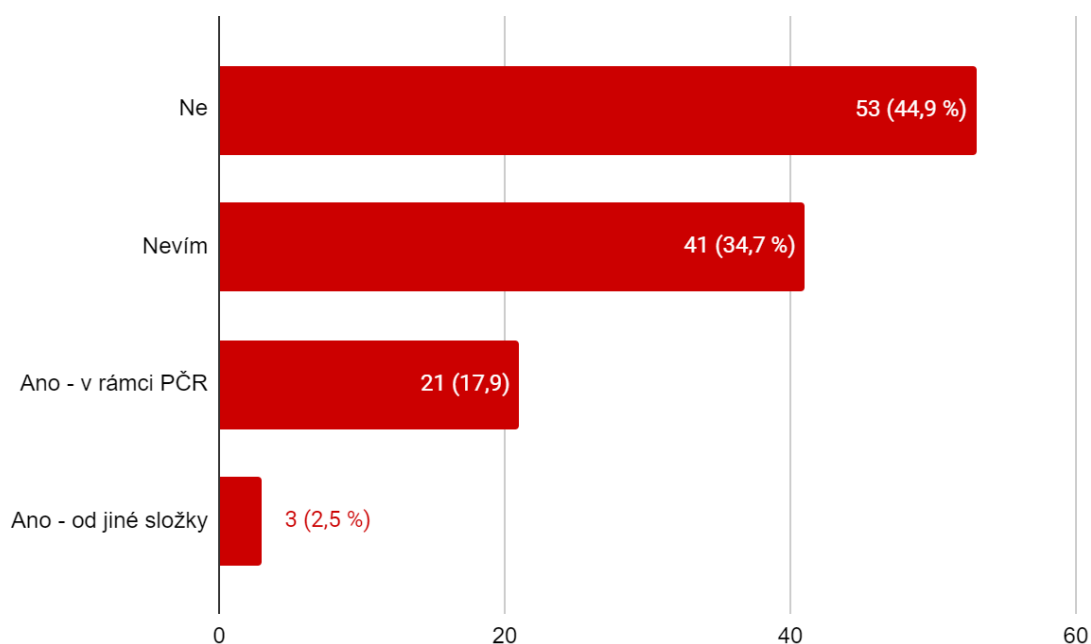
Z výsledků vyplývá, že dostupné přístroje jsou převážně nové a moderní, které zároveň splňují požadavky svých uživatelů. Za zastaralý byl označen přístroj Wild BIG 35, tedy jedna z variant BIG 35 popsaná v teoretické části práce. Žádný z respondentů nevedl, že prostředky pro pozorování jsou k jeho práci zcela nezbytné. To by skutečně bylo předpokládáno spíše u specializovaných útvarů, nikoliv u útvarů, které vykonávají zpravidla pouze základní policejní činnosti.

Respondenti, kteří uvedli, že by při své práci využili i další zařízení, uváděli zpravidla termovizi – menší, výkonnější. To se zdá být opodstatněné, protože většina současně užívaných přístrojů nepatří mezi kompakty a např. pro operativní činnosti by využití „kapesního“ přístroje mohlo být přínosem.

Co se týká dronů, k jejich pilotování je nutno absolvovat speciální školení a jejich použití je upraveno specifickými předpisy. Možnost přidělení dronu a jeho využívání na základním útvaru se proto zdá být spíše nereálné.

Na základní otázku dotazníku odpovědělo záporně 118 respondentů. Respondentům, kteří uvedli, že **nemají** na svém útvaru k dispozici prostředek pro pozorování, byla položena otázka, zda si takový prostředek mohou zapůjčit, a pokud ano, zda v rámci PČR, nebo od jiné složky.

0. Máte možnost zapůjčení noktovizoru, termovize, nebo podobného zařízení z jiného organizačního článku, nebo od jiné složky, pokud o to požádáte?



Graf 11: Možnost zapůjčení prostředku pro pozorování

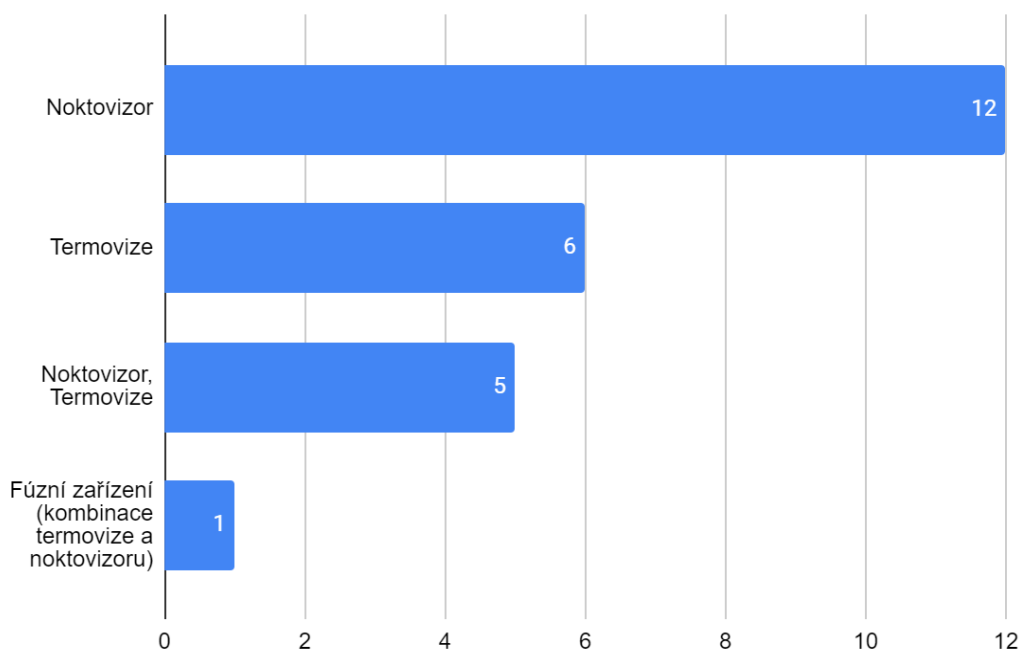
Vyhodnocení této otázky potvrdilo předpoklad, že lze zapůjčit některý z prostředků pro pozorování od jiného útvaru PČR, což ale uvedla pouze necelá pětina respondentů. Mezi jinými složkami, které by mohly disponovat touto technikou byly předpokládány zejména Městská policie a Hasičský záchranný sbor, dále Horská služba, Stráž přírody a další. Zde respondenti uvedli ve všech případech právě HZS.

Na základě kladné nebo záporné odpovědi byli respondenti následně přesměrováni na další rozdílnou sadu otázek.

Kladně na předchozí otázku odpovědělo 24 respondentů. Ze 118 respondentů, kteří nemají tyto prostředky k dispozici si je tedy může zapůjčit 20 % z nich.

Respondentům, kteří uvedli, že si **mohou zapůjčit** některý z prostředků pro pozorování, byla položena následující sada otázek:

1. O jaký prostředek se jedná?



Graf 12: Druh prostředků, které lze zapůjčit

Zapůjčit lze zejména noktovizory, v menší míře termovize. 1 respondent uvedl možnost zapůjčení fúzního zařízení.

2. Upřesněte, prosím, typ přístroje.

Tato otázka byla otevřená s možností vepsání vlastní odpovědi. Z 24 respondentů uvedlo:

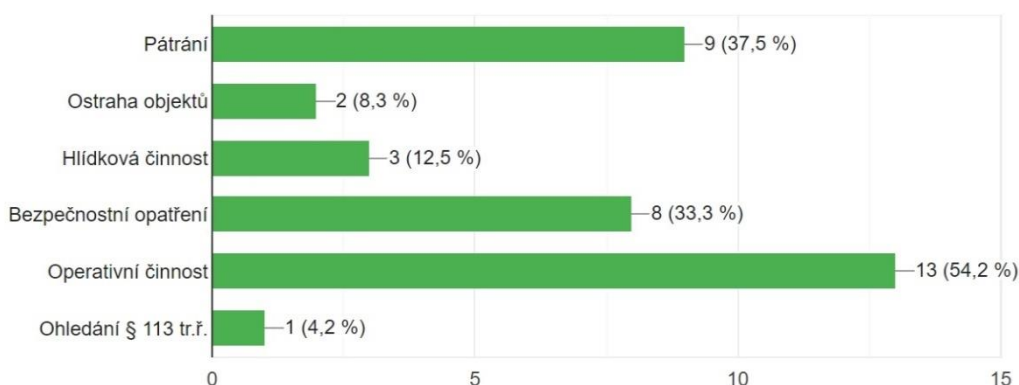
- 3 – termokameru od HZS (1× Dräger, 1× Flir K2, 1× bez uvedení typu)
- 1 – termovizi bez dalších podrobností
- 1 – termovizi Pulsar monokulární
- 1 – termovizi fúzní bez dalších podrobností
- 7 – noktovizor bez dalších podrobností
- 1 – noktovizor ATN (od PČR, pravděpodobněji tedy ATN NVG 7)
- 1 – vozidlo s termovizí
- 9 – neví, nebo se nevyjádřilo

U této otázky nebylo předpokládáno, že by respondenti znali zcela přesně značku nebo model přístrojů, vzhledem k tomu, že je nemají k dispozici a nepracují s nimi pravidelně. Rovněž se nepodařilo zjistit přesnější typ fúzního zařízení, který jeden z respondentů uvedl bez dalších podrobností.

3. Jedná se o kolektivní nebo osobní výstroj?

22 respondentů uvedlo, že si mohou zapůjčit výstroj kolektivní. Osobní využití uvedli 2 respondenti.

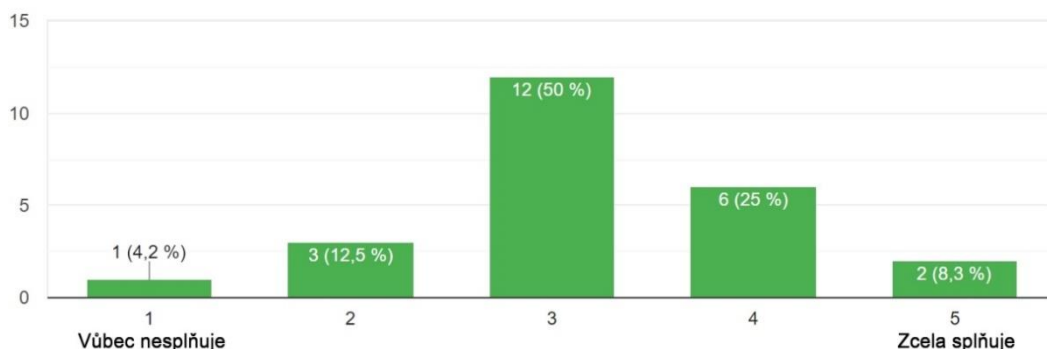
4. Jaký je nejčastější účel použití? (Označte 1–3 možnosti)



Graf 13: Nejčastější účel použití prostředků pro pozorování, které lze zapůjčit

Mezi nejčastější účely využití zapůjčených prostředků patří operativní činnost, pátrání a bezpečnostní opatření. Předpokladem je, že v těchto případech se jedná o činnosti předem plánované a je dostatek času si tyto prostředky vyžádat. Použití k pátrání se zde nabízí opět spíše ve formě plánovaného pátrání po hledaných osobách, na rozdíl od pátrání po pohřešovaných osobách, kde se ve většině případů jedná o nenadálou a předem neočekávanou událost. V takovém případě pak hraje roli zejména skutečnost, zda si lze zařízení vyžádat a zapůjčit okamžitě, nebo zda je výhodnější primárně nasadit síly a prostředky i bez této techniky a mezi tím si vyžádat spíše spolupráci útvaru, který touto technikou disponuje.

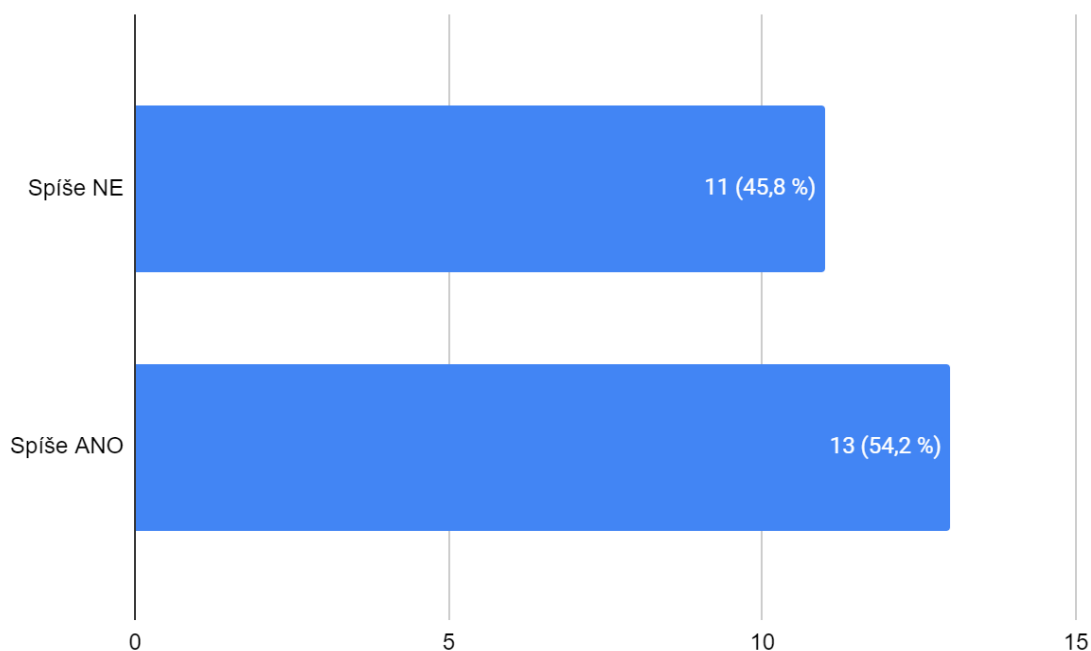
5. Splňuje zařízení Vaše požadavky?



Graf 14: Úroveň plnění požadavků uživatelů u zapůjčených prostředků

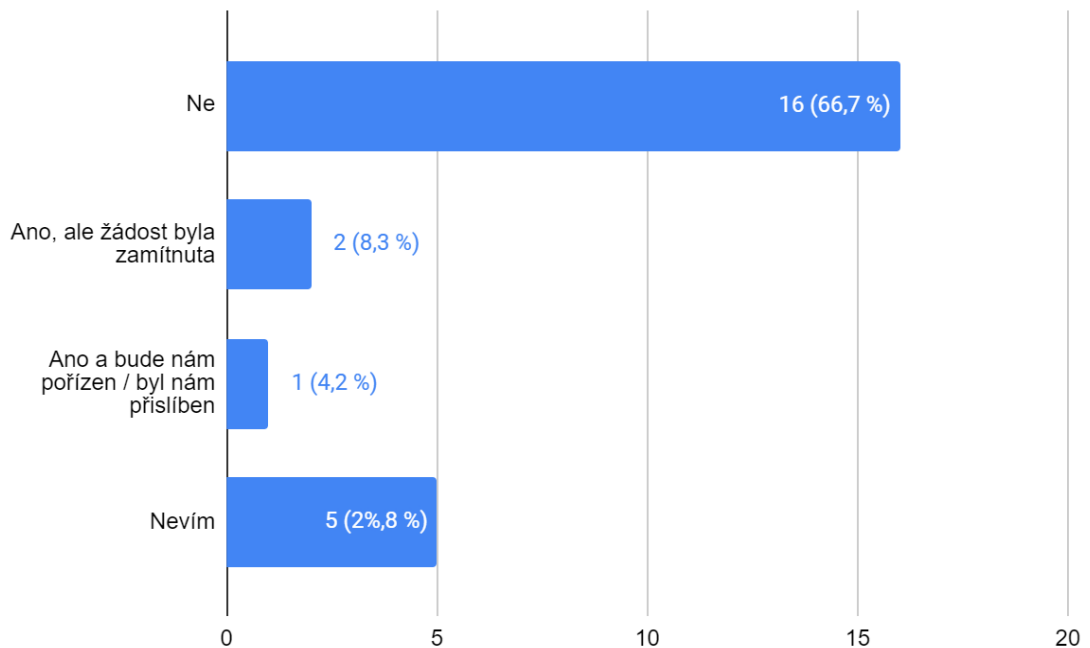
Na otázku, zda zapůjčené zařízení splňuje na něj kladené požadavky, odpovídali respondenti spíše průměrně. To může souviset s tím, že pokud nepracují s podobným zařízením pravidelně, nemají možnost srovnat a využít všechny jeho možnosti.

6. Myslíte si, že pokud by byl na Vašem útvaru trvale k dispozici některý z prostředků pro pozorování za ztížených podmínek, že by byl pravidelně využíván?



Graf 15: Odhad úrovně pravidelného využívání v případě pořízení prostředku pro pozorování

7. Žádali jste o možnost pořízení některého prostředku pro pozorování za ztížených podmínek na Váš útvar?

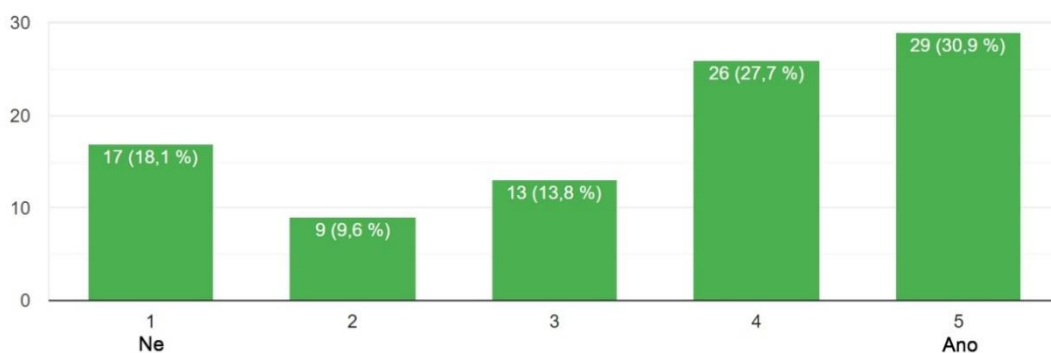


Graf 16: Stav žádosti o pořízení prostředku pro pozorování

54 % respondentů předpokládá, že pokud by byl na jejich útvar pořízen prostředek pro pozorování za ztížených podmínek, byl by pravidelně využíván. Pouze 12 % respondentů však o pořízení takového prostředku požádalo a pouze 1 respondent se svou žádostí úspěšně.

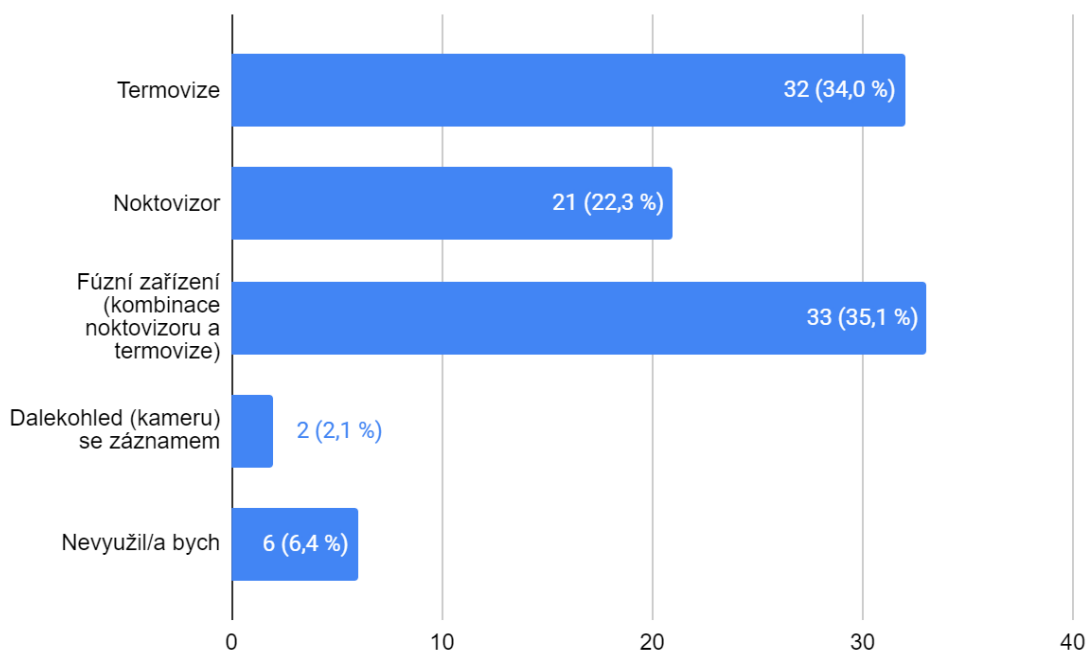
Záporně na předchozí otázku odpovědělo 94 respondentů. Respondentům, kteří uvedli, že si **nemohou zapůjčit** některý z prostředků pro pozorování, nebo o takové možnosti neví, byla položena následující sada otázek:

1. Myslíte si, že byste při své práci využili některý z prostředků pro pozorování za ztížených podmínek?



Graf 17: Odhad úrovně využití prostředku pro pozorování při práci

2. Kterému zařízení byste dali přednost?



Graf 18: Preferovaný prostředek pro pozorování

Z celkového počtu 94 respondentů, kteří na svých útvarech nemají k dispozici prostředky pro pozorování a ani si je nemohou zapůjčit, nebo o takové možnosti neví, se více než polovina domnívá, že by takový prostředek při své práci zcela jistě (31 %), nebo téměř jistě (28 %) využila. Téměř pětina respondentů pak uvedla, že by takový prostředek naopak zcela jistě nevyužila.

Přibližně třetina respondentů by dala přednost fúznímu zařízení, třetina termovizi. 2 respondenti by využili spíše dalekohled se záznamem, v obou případech se jednalo o příslušníky dopravní policie.

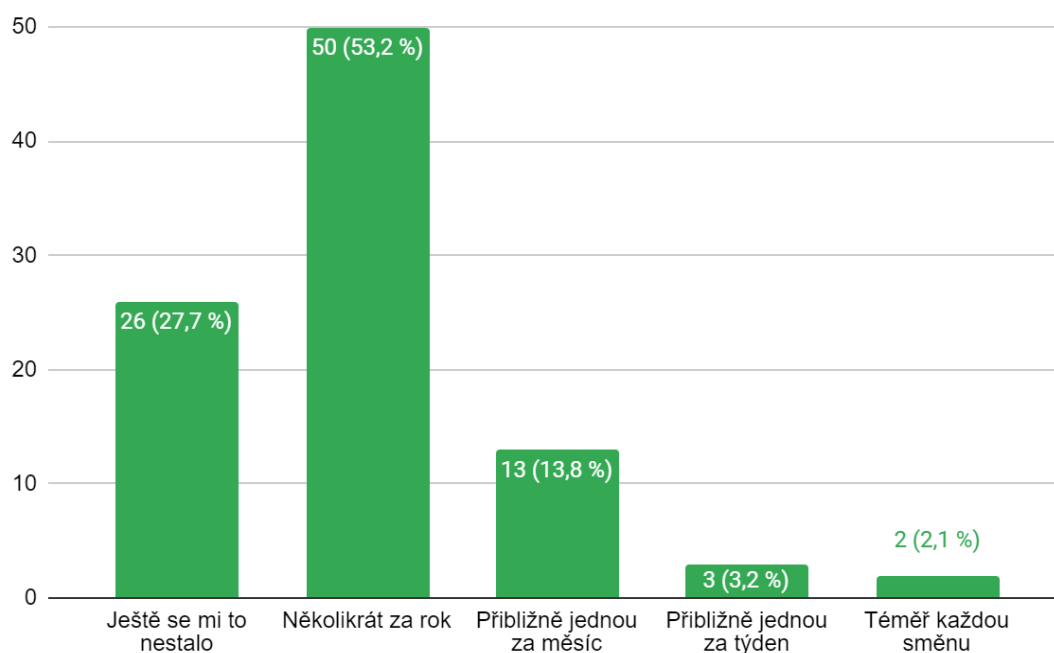
4. K jakému účelu byste takový prostředek využívali?

Tato otázka byla nepovinná, s možností vepsání i více odpovědí. Celkem tuto možnost využilo 88 respondentů. Vzhledem k různému vyjádření podobných činností (např. kontrola rekreačních zařízení / bezpečnostní opatření na chaty) bylo provedeno zobecnění těch nejčastějších tak, aby odpovídaly jedné činnosti. Následující tabulka uvádí, kolikrát byla každá taková činnost uvedena.

Zamýšlený účel využití prostředku pro pozorování	Počet případů
Pátrání po pohřešovaných osobách (v terénu, v lese, v krajině...)	43
Pátrání po hledaných osobách, vyhledání ukrytého pachatele (v terénu, v zástavbě)	7
Sledování zájmových osob – operativní činnost	10
Sledování vytipovaného objektu – operativní činnost, střežení objektu	8
Kontroly chatových oblastí, krádeže dřeva, pytláctví	9
Střežení hranic, opatření proti migraci	4
Pronásledování pachatele „po horké stopě“	2
Odhalení pěstírny, varny	2
Dohledání zvěře po dopravní nehodě	2
Odhalení a záznam přestupku v dopravě	2
Čekání na zájmovou osobu v dopravě (alkohol, toxik, ZŘMV)	2
Nelegální těžba vltavínů	1
Bezpečné přiblížení k pachateli	1
Pozorování, sledování okolí (bez upřesnění)	4
Sledování, jestli nejde nadřizený na kontrolu	1
Nevím	4

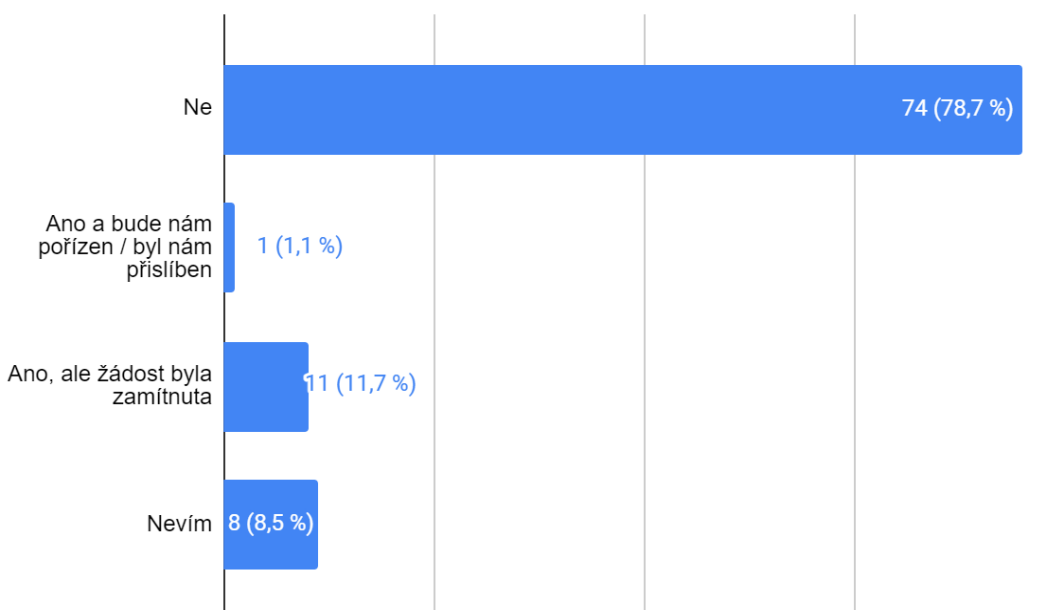
Tabulka 3: Navrhované účely použití prostředků pro pozorování

5. Jak často se vám ve službě stává, že byste využili noktovizor nebo termovizi, ale nemáte je k dispozici?



Graf 19: Četnost potřeby využití nedostupného prostředku pro pozorování

6. Žádali jste o možnost pořízení některého prostředku pro pozorování za ztížených podmínek na Váš útvar?



Graf 20: Stav žádosti o pořízení prostředku pro pozorování

Více než polovina (53 %) z 94 respondentů, kteří nemají na svém útvaru k dispozici prostředky pro pozorování za ztížených podmínek, ani si je nemohou zapůjčit, uvedla, že se jim až několikrát ročně stane, že by uvedený prostředek využili, ale nemají jej k dispozici. Přibližně 14 % respondentů taková událost potká přibližně jednou měsíčně. 28 % respondentů naopak uvedlo, že se s takovou událostí za svoji praxi ještě nikdy nesešlo.

Pouze 13 % respondentů ale požádalo o pořízení některého z prostředků pro pozorování za ztížených podmínek na svůj útvar a pouze 1 respondent byl s takovou žádostí úspěšný.

Mezi nejčastější činnosti, ke kterým by respondenti využívali uvedené prostředky patří dle očekávání pátrání po osobách. Častější je pátrání po pohřešovaných osobách, méně časté pátrání po hledaných osobách. Část respondentů uváděla výslovně „vyhledání pachatele“, tedy nalezení ukrytého pachatele v konkrétní známé lokalitě. Další početnou činností bylo sledování vytipovaných (podezřelých) osob a objektů, kde se takové osoby mohou nacházet, tedy souhrnně operativní činnost. Další poměrně častou činností jsou akce preventivního charakteru, zejména proti majetkové trestné činnosti, jako např. kontroly chatových oblastí, kontroly krádeží dřeva, pytláctví, nelegální těžba vltavínů apod. Za zmínku stojí také návrhy využití při dohledu na BESIP, konkrétně odhalení a zaznamenání přestupku, nebo čekání na zájmovou osobu (např. se zákazem řízení nebo pod vlivem) v dopravě. Střežení hranic a kontrola migrace patří do kompetence zejména cizinecké policie, která tuto činnost vykonává a je pro tyto účely vybavena zejména vozidly s patřičnou technikou. Odhalení pěstírny nebo varny je jednou z činností, při které by použití termovize mohlo být skutečně velkým přínosem. O tom, zda je legitimním důvodem k použití prostředků pro pozorování i sledování, jestli nejde nadřazený na kontrolu, by se dalo diskutovat.

Ve třetí části dotazníku byla respondentům položena sada 12 otázek za účelem ověření jejich povědomí o fungování jednotlivých přístrojů pro pozorování za ztížených podmínek a schopnostech těchto prostředků. Respondenti byli pro tyto účely dotazníkem automaticky rozděleni do dvou skupin na základě odpovědi na otázku, zda mají některý z prostředků k dispozici (**skupina A**), nebo nemají (**skupina B**). U těch, kteří mají prostředky k dispozici, bylo cílem zjistit, zda jsou schopni je správně a efektivně využívat. U těch, kteří je k dispozici nemají, ale měli by zájem je používat, bylo cílem zjistit, zda nemají např. zkreslené představy o schopnostech těchto přístrojů. Otázky byly položeny formou kvízu, s možností odpovědi Ano/Ne, případně třetí zpřesňující odpovědi. V sadě se nacházely vždy tyto otázky:

1. Lze použít noktovizor k pozorování za absolutní tmy, např. ve sklepě budovy, v jeskyni apod.? – *(Ano, ale pouze s IR přísvitem)*
2. Lze použít běžný noktovizor i k pozorování v denní dobu, za slunečného dne? – *(Ne, mohlo by dojít až k poškození)*
3. Lze použít noktovizor pro pozorování v mlze, kouři, hustém sněžení nebo v podobných extrémně nepříznivých podmínkách? – *(Spíše Ne)*
4. Lze použít noktovizor pro pozorování člověka přes okno budovy nebo okénko vozidla? – *(Ano, noktovizorem lze pozorovat přes sklo)*
5. Na jakou vzdálenost lze v otevřeném terénu bezpečně rozeznat lidskou postavu při použití noktovizoru? – *(Průměrně do 200 metrů)*
6. Lze použít termovizi k pozorování za absolutní tmy, např. ve sklepě budovy, v jeskyni apod.? – *(Ano, termovize nepotřebuje k činnosti osvětlení)*
7. Lze použít termovizi pro pozorování v mlze, kouři, hustém sněžení nebo v podobných extrémně nepříznivých podmínkách? – *(Ano, poměrně dobře)*
8. Lze použít termovizi pro pozorování člověka přes okno budovy nebo okénko vozidla? – *(Ne, běžné sklo není transparentní pro IR záření)*
9. Lze použít termovizi pro detekci osoby schovávající se za překážkou, např. za zdí, za dveřmi, v zavazadlovém prostoru vozidla apod.? – *(Nelze)*
10. Je hustý rostlinný porost, např. les, křoví, významnou překážkou omezující použití termovize pro účely pátrání po osobách? – *(Ano, porost omezuje IR)*
11. Na jakou vzdálenost lze v otevřeném terénu detekovat člověka při použití termovize? – *(Zpravidla více než 1000 metrů)*

12. Setkali jste se již se zařízením označovaným jako "fúzní termovize (fusion thermal vision", nebo "rozšířené noční vidění (enhanced night vision device)"?

	Poměr správných odpovědí u obou skupin respondentů v %	
	A) Mají k dispozici	B) Nemají k dispozici
1.	68,6	69,5
2.	94,3	85,6
3.	88,6	67,8
4.	71,4	70,3
5.	60,0	54,2
6.	97,1	94,9
7.	68,6	72,0
8.	60,0	33,9
9.	71,4	66,9
10.	80,0	62,7
11.	34,3	22,0
12.	28,6 ano	13,6 ano

Tabulka 4: Povědomí o fungování jednotlivých prostředků – vyhodnocení

Vyhodnocením třetí části dotazníku bylo zjištěno, že poměr správných odpovědí respondentů, kteří mají k dispozici prostředky pro pozorování za ztížených podmínek, byl u 9 z 11 otázek vyšší, což odpovídá lepšímu povědomí o fungování těchto prostředků. Dalo by se předpokládat, že skupina používající prostředky pro pozorování bude úspěšnější u všech otázek. Překvapivá je proto vyšší úspěšnost skupiny B u otázek 1 a 7, které jsou poměrně podstatné, co se týká fungování přístrojů. Poměr správných odpovědí je ale u obou skupin velmi podobný, liší se o jednotky procent. Výjimkou jsou otázky 8 a 10 zabývající se schopnostmi termovize. Zde se potvrdil předpoklad, že uživatelé, kteří tuto techniku používají, toto měli možnost ověřit v praxi. Skupina B zase přeceňuje schopnosti noktovizorů. Někteří uživatelé si také pletou princip funkce termovize a noktovizoru. S fúzním přístrojem se někdy setkalo pouze 17 % z celkového počtu zúčastněných respondentů.

2.2.2 Shrnutí dotazníkového průzkumu

Celkovým vyhodnocením dotazníku bylo potvrzeno, že vybavení základních útvarů prostředky pro pozorování za ztížených podmínek je, co se týká počtu dostupných přístrojů, na poměrně nízké úrovni. Některý z těchto prostředků má na svém útvaru k dispozici pouze pětina respondentů. Podrobnějším vyhodnocením jednotlivých odpovědí bylo zjištěno, že cca 47 % je na útvarech pořádkové policie, 36 % na útvarech cizinecké policie a 13 % na útvarech SKPV. Z dostupných prostředků převažují termovize. Převážná většina uživatelů označila dostupné přístroje za nové a moderní, což naopak svědčí o tom, že je vybavení dostatečně obnovováno. S tím souvisí převažující počet uživatelů, kteří jsou s výkonem prostředků spokojeni. Respondenti, kteří přístroje k dispozici nemají, ale mohou si je zapůjčit, jsou naopak s výkonem zapůjčených přístrojů spokojeni pouze průměrně. Zároveň by ocenili možnost trvalého využití těchto přístrojů. Žádný z respondentů nevedl, že se bez prostředku pro pozorování při své práci neobejde, což svědčí o tom, že tyto přístroje nejsou k policejní práci zcela nezbytné, jistě ale mohou být velice nápomocné. Více než polovina respondentů, kteří nemají prostředky k dispozici ale uvedla, že nejméně několikrát ročně se jim stane, že by je při své práci potřebovali. Z celkem 15 zmíněných žádostí o pořízení některého z prostředků pro pozorování na útvar však byli úspěšní pouze 2 respondenti. Co se týče povědomí respondentů o fungování a schopnostech prostředků pro pozorování se zdá, že toto je na dobré úrovni. Malá část respondentů si plete možnosti využití termovize a noktovizoru, zejména se jedná o využití při nepříznivých povětrnostních podmínkách a možnost pozorování přes sklo. Jak se ukázalo, neschopnost termovize „vidět“ přes skleněné výplně je poměrně málo známým faktem.

2.3 Vlastní pozorování a ověření návrhů využití

Ve druhém oddílu praktické části bylo provedeno vlastní pozorování za účelem ověření výkonu a využitelnosti noktovizoru, termovize a fúzního zařízení při běžných policejních činnostech. Byly ověřeny i návrhy získané z dotazníku, konkrétně návrhy těch respondentů, kteří nemají k dispozici prostředky k pozorování, ale chtěli by je využívat. K pozorování byly použity dva přístroje:

Binokulární noktovizor Pulsar Edge 1x20

Jedná se o starší přístroj s elektrooptickým převaděčem CF-Super. Výrobce ve své době uváděl, že výkon přístroje je srovnatelný s přístroji 2. generace, skutečným porovnáním s těmito přístroji se ale ukázalo, že toto tvrzení bylo spíše reklamním tahem. Tento přístroj neumožňuje pořizování záznamu, fotografie byly tedy pořízeny improvizovaným způsobem pomocí outdoorové kamery. Vzhledem ke snížené kvalitě těchto fotografií tyto slouží spíše pro ilustraci.

Fúzní monokulár Hikmicro Gryphon GH35 L

Přístroj je kombinací termovizního monokuláru, digitálního noktovizoru a laserového dálkoměru. Jedná se o malý a lehký ruční přístroj střední kategorie. Je typickým zástupcem levnějších, ale přesto kvalitních přístrojů čínské produkce, které se v posledních několika málo letech začínají objevovat na českém trhu. Přístroj je odolný proti vlhkosti, ne však vodotěsný. Napájení je řešeno vyměnitelným Li-ion akumulátorem velikosti 18560. Výdrž na jedno nabití je přibližně 8 hodin, použití dálkoměru výdrž mírně snižuje. Přístroj ale lze připojit na externí napájení (adaptér, powerbanku). Konektivita je zajištěna USB-C konektorem, nebo bezdrátově. Obraz lze v reálném čase přenášet do externího zařízení (mobilního telefonu nebo tabletu). Do vnitřní paměti je možné ukládat fotky a nahrávat videa. Obraz termovize lze zobrazit ve standardních paletách (černá teplá, bílá teplá, fialovo-oranžová a červený hot-spot). Obraz noktovizoru je černobílý. Fúzní režim ne zcela splnil očekávání. Řídicí jednotka nedokáže složit obraz obou kamer tak, aby se přesně překrýval. Je potřeba nastavit předpokládanou vzdálenost pozorování v rozsahu 30–52 m, 52–210 m a >210 m, ani tak ale není výsledek dokonalý. Zde má tedy výrobce ještě hodně prostoru pro

zlepšení. Hlavní výhodou spočívající v přítomnosti noktovizní a termovizní kamery v jednom přístroji, které lze mezi sebou přepínat, zůstává ale zachována.

Některé technické parametry:

- Průměr objektivu: 35 mm termovize, 22 mm noktovizor
- Zvětšení: optické 3,4×, digitální 1–8× (celkové až 27,2×)
- Senzor termovize: maticový mikrobolometr VOx nechlazený, rozlišení 320×240 px, pitch 12 μm, spektrální rozsah: 8–12 μm, NETD <35 mK.
- Detekční vzdálenost: až 1653 m (člověk), až 4472 m (vozidlo)
- Senzor noktovizoru: LL CMOS, rozlišení 1960×1200 px
- Dálkoměr: laserový do 600 m
- Hmotnost: 510 g
- Napájení: 1× Li-ion baterie 18650 (cca výdrž 8 hodin), externí napájení



Obrázek 46: Přístroje Hikmicro Gryphon GH35L a Pulsar Edge 1x20 (vlastní foto)

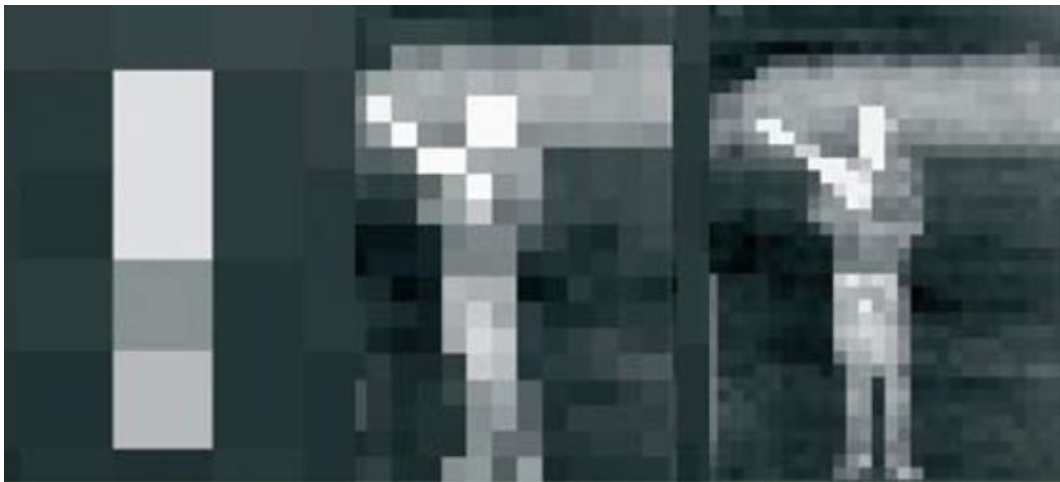
Systém DRI

Pro hodnocení výkonu pozorovacího přístroje je mimo jiné používána metodika DRI – Detekce, Rozpoznání, Identifikace. K těmto termínům je vždy přiřazena hodnota vzdálenosti. U dalekohledů jsou určující vlastnosti optiky, zejména světelnost a ostrost obrazu. U noktovizorů zejména hodnota počtu čar na mm. U digitální techniky se jedná o počet obrazových bodů, které zabírá pozorovaný objekt v obraze.

Detekce znamená, že se podaří pozorovaný objekt přístrojem zachytit. Pozorovatel zjistí, že se v pozorované scéně nějaký objekt nachází, nerozezná ale zda je jedná o člověka, nebo např. o zvíře. K detekci je zpravidla nutné, aby objekt zabíral minimálně linku 1×3 px.

Rozpoznání znamená stav, kdy je již možné určit druh objektu. Lze např. rozpoznat člověka od zvířete, kontejner od nákladního vozidla apod.

Identifikací je myšlen stav, kdy lze bezpečně určit, o jaký objekt se jedná. Na základě viditelných detailů lze například rozeznat, zda se jedná o policistu, nebo civilní osobu⁶³.

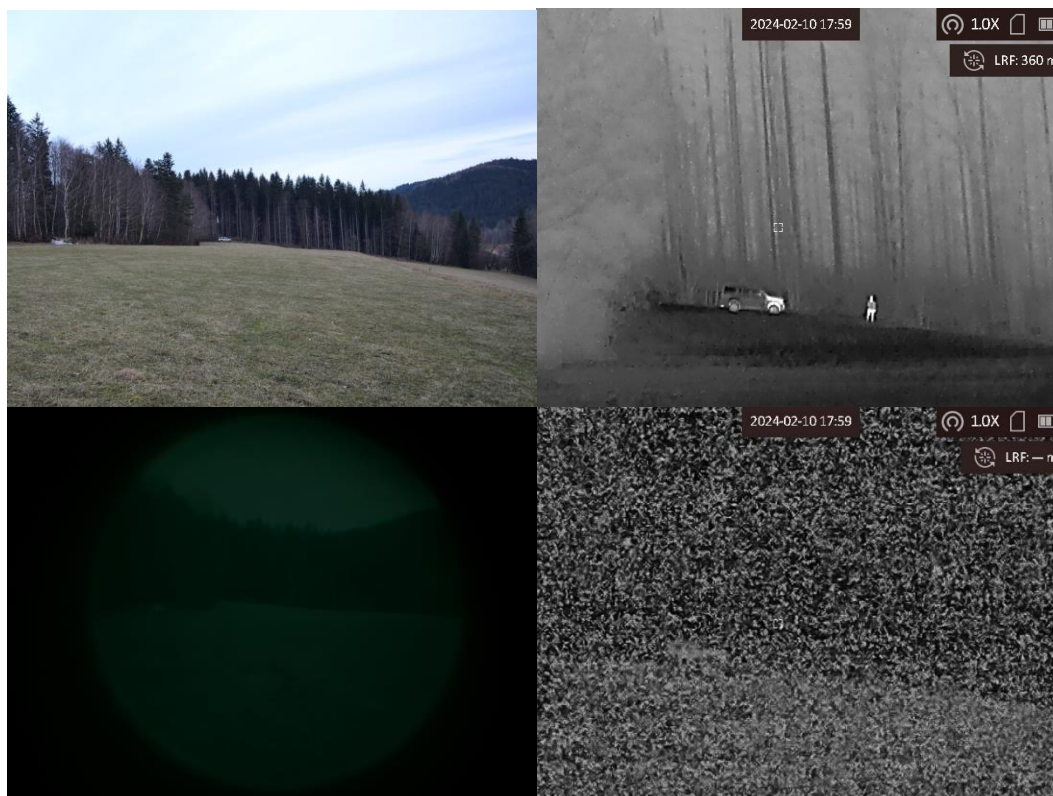


Obrázek 47: Detekce, Rozpoznání, Identifikace (autor Abbas)

⁶³ ABBAS, 2012. Jak daleko uvidím termální kamerou? *Abbas.cz* [online]. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://www.abbas.cz/clanky/recenze-technika/jak-daleko-uidim-termalni-kamerou/>

Pátrání

Nejčastějším případem použití prostředků pro pozorování je bezesporu pátrání. Při tomto použití je nejdůležitější zejména schopnost detekce. Následující fotografie byly pořízeny vždy ze stejného místa. Na fotografii v denní dobu (vlevo nahoře) je přibližně uprostřed ve vzdálenosti asi 350 metrů patrné vozidlo šedé barvy. Postava vedle vozidla již není na fotografii rozeznatelná, pouhým okem však bylo možné ji zaznamenat. Zbylé tři fotografie byly pořízeny po setmění, při polojasné obloze s Měsícem v novu, v 18:00 hod. tedy na konci nautického a počátku astronomického soumraku. Jak je patrné ze snímku z noktovizoru (vlevo dole), zesílení jasu a rozlišení je na tuto vzdálenost zcela nedostatečné. Na termovizním snímku (vpravo nahoře) lze zřetelně rozeznat vozidlo a postavu figuranta i bez použití digitálního zoomu (pevný optický zoom přístroje je 3,4×). Digitální noktovizor (vpravo dole) však již také nemá na tuto vzdálenost dostatečný výkon kvůli nedostatku osvětlení. Je patrná pouze linie lesa, v obraze ale silně převažuje šum. Při pátrání v terénu se tedy nejvíce nabízí použití termovize. I u malého ručního přístroje typu Gryphon výrobce udává v otevřeném terénu vzdálenost detekce člověka více než 1,5 km a vozidla více než 4 km.



Obrázek 48: Porovnání přístrojů při pozorování, vzdálenost 350 m (vlastní foto)

Sledování

Na následujícím obrázku je zachycena situace v městské zástavbě. Může se jednat o operativní činnost, sledování zájmové osoby nebo objektu. Rovněž se může jednat i o situaci navrženou v dotazníku – čekání na zájmovou osobu v dopravě (zákaz řízení, návyková látka). Ve vzdálenosti asi 200 metrů se nachází zaparkované bílé vozidlo. Na fotografii vlevo nahoře je zobrazen výhled ze služebního vozidla ukrytého ve tmě, nebo jiného skrytého pozorovacího stanoviště. Při použití noktovizoru (vlevo dole) je patrné silné lokální přsvícení pouličním osvětlením, zatímco vozidlo v dálce stále není příliš zřetelné. Termosnímek (vpravo nahoře) je podstatně zřetelnější, navíc by snadno a zřetelně odhalil také přicházející zájmovou osobu. Nejvíce detailů v tomto případě poskytuje digitální noktovizor (vpravo dole). Značnou výhodou fúzního zařízení je právě možnost přepínat podle potřeby termovizi a noktovizor. Určitým problémem by v tomto případě mohlo být pozorování z vozidla, protože není možné použít termovizi přes sklo. I tento problém však lze řešit postavením vozidla a otevřeným okénkem, nebo např. umístěním přístroje mimo vozidlo, přenosem obrazu přes Wi-Fi do mobilního telefonu či tabletu a pozorování přes sklo se tak vyhnout.



Obrázek 49: Porovnání přístrojů při pozorování v městské zástavbě, vzdálenost 200 m (vlastní foto)

Následujícím pokusem bylo ověřováno tvrzení, že nelze použít termovizi k pozorování přes sklo. To platí jak pro běžné tabulové sklo oken, tak pro okénka vozidel. Logicky lze odvodit, že není-li vidět dovnitř vozidla, není možné použít termovizi ani k pozorování zevnitř. Noktovizory v obou případech použít lze. Výsledky pozorování jsou patrné z následujícího obrázku. Při použití termovize (vlevo) se skla vozidla jeví jako černé, a to i v případě, že uvnitř vozidla svítí osvětlení. Při použití noktovizoru lze pozorovat vnitřní prostor vozidla. Pozorovací vzdálenost byla 25 metrů, ke konci nautického soumraku, bez použití IR přísvitu.



Obrázek 50: Porovnání termovize a noktovizoru při pozorování přes sklo (vlastní foto)

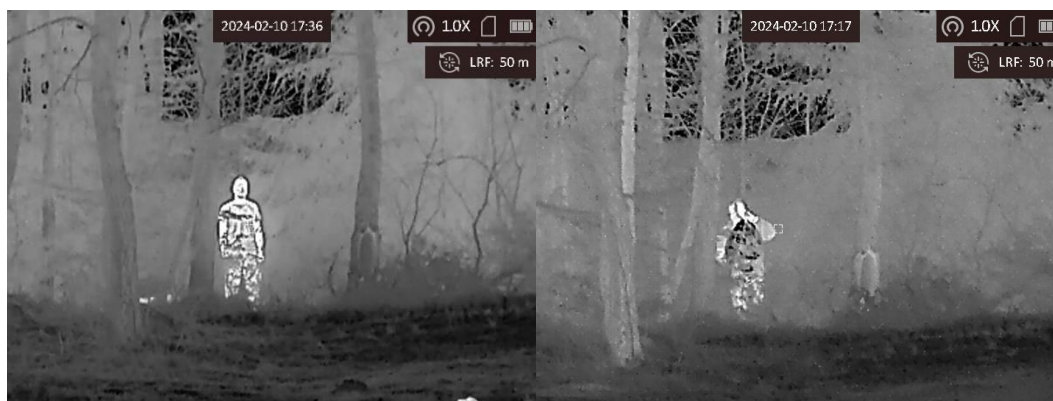
Použití při jiných nepříznivých podmínkách a vlivech

Termovizi lze dobře využít také při pozorování za nepříznivých atmosférických jevů, zejména při silném dešti a sněžení, nebo v mlze, kouři apod. Tato skutečnost byla ověřena a zaznamenána na následujícím obrázku. K zadýmení prostoru byla použita armádní dýmovnice RDG-2, která vyvíjí velmi intenzivní a hustý kouř. Z obrázku vlevo nahoře je patrné, že skrz zadýmený prostor nebylo možné vidět ani pouhým okem. Skutečná viditelnost se pohybovala okolo 1 metru. Klasický noktovizor (vlevo dole) i digitální noktovizor (vpravo dole) byly k pozorování zcela nepoužitelné. Použití IR přísvitu výsledek pozorování ještě zhoršovalo. Použitím termovize byla zřetelně vidět postava figuranta na 25 i 50 metrů pouze s minimální ztrátou kvality obrazu. Při použití v kouři byla zjištěna také snížená spolehlivost laserového dálkoměru, který buď nedokázal vzdálenost vůbec změřit, nebo uváděl neodpovídající hodnoty.



Obrázek 51: Porovnání přístrojů při pozorování v kouři (vlastní foto)

Bylo předpokládáno, že při použití termovize bude hrát značnou roli oblečení, které má figurant na sobě. Následujícím pokusem bylo prověřeno, jak silná vrstva teplého oblečení omezí schopnosti termokamery. Na fotografii vlevo má figurant oblečené kalhoty a tričko. Na obrázku vpravo má navíc oblečenou podzimní bundu, vojenský kabát s oteplovací vložkou (tzv. čertem) a trilaminátovou parku ECWCS. Jak je patrné, ani takto extrémní vrstva oblečení nezabránila úniku tepla natolik, aby jej termokamera s teplotní citlivostí 35 mK nedokázala detekovat. Pozorovací vzdálenost byla 50 metrů.



Obrázek 52: Vliv oblečení na detekci termovizí (vlastní foto)

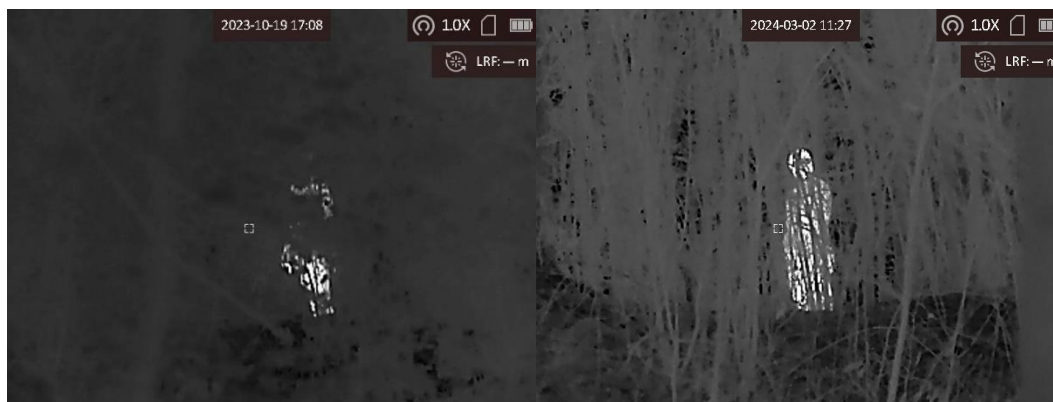
Jiná situace může nastat, zejména při pátrání po pohřešované, ztracené osobě, která pro svůj tepelný komfort v rámci záchrany kromě veškerého dostupného oblečení použije také tzv. termofólii. Vliv termofólie byl ověřen následujícím pokusem. Figurant nejprve držel termofólii před sebou (horní řada). Přesto, že má fólie zcela jistě stejnou teplotu jako okolí, na termosnímku se jeví jako podstatně chladnější. To je způsobeno jednak nízkou emisivitou materiálu a jednak velmi lesklým zrcadlovým povrchem. Zrcadlové předměty se chovají netypicky v tom, že ve zvýšené míře odráží teplo okolních předmětů a současně minimum tepla samy vyzařují. Na termosnímku tak vypadají jinak, než by se očekávalo. Přestože má tato fólie tloušťku jen 0,015 mm, stačí k tomu, aby odrazila téměř veškeré teplo vyzařované figurantem. V okamžiku, kdy se figurant do fólie zabalil (spodní řada), tato se sice téměř okamžitě prohřála na stejnou teplotu, jako povrch jeho oblečení, vlivem nízké emisivity a odrazům ale stále docházelo ke značnému zkreslení a snížení kontrastu obrazu. Paradoxně tak může nastat situace, kdy pohřešovaná osoba použitím termofólie k sebezáchraně nevědomky ztěžuje pátrajícím složkám práci. Při použití termovize je tedy nutno počítat i s touto možností. Pozorovací vzdálenost byla 25 a 50 metrů.



Obrázek 53: Vliv termofólie na detekci termovizí (vlastní foto)

Vliv vegetace

Jednou z otázek v dotazníku bylo, zda je hustý porost (les, křoví apod.) významnou překážkou při použití termovize k pátrání po osobách. Tento předpoklad byl rovněž ověřen pokusem. Figurant byl pozorován na stejném místě začátkem října, kdy byl porost křovin ještě ve vegetaci a následně začátkem března, kdy byl porost zcela bez listů. Pozorovací vzdálenost je přibližně 50 metrů (porost rovněž znemožňuje použití laserového dálkoměru). Výsledek pozorování zachycený na následujícím obrázku potvrzuje, že rostlinný porost, významně ovlivňuje použití termovize k pátrání. Přesto je tento prostředek významným přínosem.



Obrázek 54: Vliv vegetace na pozorování termovizí (vlastní foto)

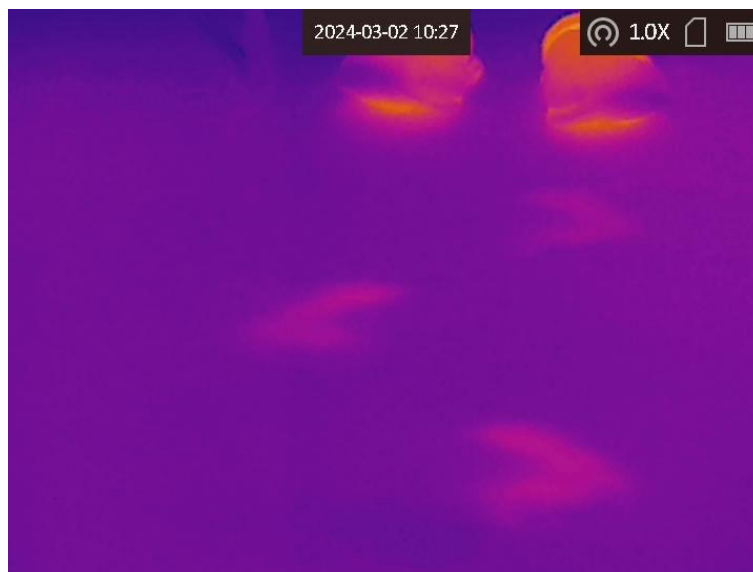
Vlastním pozorováním byla dále ověřena také proveditelnost použití fúzního přístroje na základě některých návrhů získaných dotazníkem.

Záznam sledování

Výhodou fúzního zařízení je možnost přepínat termovizi a noktovizor. Digitální noktovizor lze použít také jako denní kameru (kromě případů velmi silného osvětlení, kdy však není problém použít např. fotoaparát). Vzhledem ke specifickému zobrazení termogramu, nelze takový záznam použít k jednoznačné identifikaci osoby zachycené na záznamu. Záznam z digitálního noktovizoru je však při dobrých podmínkách velmi podobný běžné videokameře a takový záznam již k identifikaci použít lze.

Pronásledování pachatele

Jedním z návrhů, které respondenti uvedli v dotazníku, bylo i pronásledování pachatele. Metafora pronásledování „po horké stopě“, která se obvykle používá k popisu intenzivního a nekompromisního pronásledování bezprostředně po činu, zde nabývá doslovného významu. Na následujícím obrázku je zaznamenána pěšinka bipedální lokomoce figuranta, který prošel v ponožkách po koberci.



Obrázek 55: Termogram bipedální lokomoce (vlastní foto)

Opakovaný pokus na jiném povrchu již ale nepřinesl uspokojivé výsledky a jak lze předpokládat, podobně dopadl i pokus opakovaný v obuvi. V případě prvního pokusu na koberci navíc trvalo méně než 60 sekund, než pěšinka chůze vychladla na teplotu okolí a přestala tedy být zjiřitelná. Tento způsob využití tak zůstane spíše na úrovni demonstrace schopností termovize než jako reálná použitelnost v praxi.

Při pátrání po pachateli však lze předpokládat i jiné okolnosti, např. při újezdu nebo pronásledování vozidla, které bylo zpozorováno jen z dálky, nejsou známé jeho markanty a nebylo zaznamenáno žádným jiným způsobem. Na následujícím obrázku je snímek dvou vozidel odstavených na parkovišti. Vpravo je policejní vozidlo odstavené bezprostředně po jízdě. Vozidlo vlevo bylo na parkovišti zaparkováno s vypnutým motorem po dobu 45 minut, přičemž termovize stále

rozpozná zvýšenou teplotu motorového prostoru. Teoreticky je tedy možné i několik desítek minut po jízdě nalézt pouhým pozorováním odstavené vozidlo, které např. ujelo hlídce z dohledu a řidič jej mezi tím odstavil mezi zaparkovaná vozidla. Průjezd ulicí při současném použití termovize bude vždy rychlejší než manuální kontrola každého zaparkovaného vozidla. Ruční fúzní přístroj zde zcela vyhovuje požadavkům.



Obrázek 56: Termogram odstavených vozidel (vlastní foto)

Odhalení pěstírny nebo varny

Vnitřní (tzv. indoor) pěstování marihuany a výroba amfetaminů jsou činnosti, které jsou charakteristické svou typickou tepelnou stopou. Rostliny potřebují k růstu světlo a teplo, které je produkováno zejména umělým osvětlením. Při výrobě amfetaminů je zase nutno suroviny zahřívat. Teplo vznikající při těchto procesech proniká také stěnami budov. Vnější obálka budovy nebo jiné stavby, která má oproti okolním stavbám vyšší teplotu, než je pro dané období, denní dobu, nebo účel stavby typické, tak může napovídat právě provozování této nelegální činnosti. Použití termovize v kombinaci s dalším operativním šetřením může značně napomáhat k odhalení uvedené trestné činnosti. Na následujícím obrázku je zachycen pokus simulující odhalení pěstírny. V jednom ze skleníků byla zvýšena

teplota přibližně na 25 °C. Okolní teplota byla přibližně 15 °C. Scéna byla následně zaznamenána digitálním noktovizorem a termovizí.



Obrázek 57: Skleníky – denní snímek noktovizorem a termogram (vlastní foto)

Stejným způsobem, jakým teplo proniká stěnami skleníku, může pronikat i stěnami jiných staveb – kůlny, garáže, stavební buňky, dokonce i stěnou panelového domu. Důležité je posouzení intenzity oproti okolním stavbám nebo prostorám. Teplotní rozdíl může být i v jednotkách °C. Použití termokamery k odhalení varny nebo pěstírny má spíše informativní charakter. Ne každé zvýšení teploty objektu musí automaticky naznačovat nelegální činnost, může se ale jednat o dobrý poznatek. Informaci lze následně dále prověřovat použitím termometrického měření např. dronem a další operativní činností. Pro prvotní zjištění je však dostačující i malé ruční zařízení.

Dohledání sražené zvěře po dopravní nehodě

Jedním z úkolů PČR je i činnost při dopravních nehodách. Totéž platí i pro asistenci při nehodách zaviněných zvěří, kde je povinnost podle dostupných stop stanovit, zda byla nehoda skutečně zaviněna zvěří a pokud ano, tuto následně předat příslušnému mysliveckému hospodáři. Často se stává, že zvěř není při nehodě usmrcena na místě, ale z místa uteče a následně uhyne někde v okolí. V nočních hodinách, kdy k těmto nehodám dochází častěji, může být dohledání zvěře problematické. Soudní lékaři uvádí, že tělo za běžných podmínek chladne rychlostí přibližně 1 °C za hodinu. K úplnému vychladnutí na teplotu okolí dochází

v létě za 8–10 hodin, v zimě za 0,5–1 hodinu (Kvapilová, Dogoši, 2007, s. 76)⁶⁴. Hodnoty jsou platné pro tělo člověka, lze však předpokládat, že pro tělo zvířete budou platné obdobně. K dohledání zvěře po dopravní nehodě se tedy použití termovize přímo nabízí.



Obrázek 58: Termosnímek zajíce (vlastní foto)

Odhalení bezpečnostní kamery a přístroje s IR přísvitem

Následujícím pozorováním byla ověřena schopnost prostředků pro pozorování za ztížených podmínek detekovat bezpečnostní kamery a další zabezpečovací techniku. Jak bylo uvedeno v úvodu této práce, tyto prostředky jsou v dnešní době dostupné i kriminálně závadovým osobám, které je mohou využít se svému prospěchu. Využít je ale mohou i bezpečnostní složky ke své operativní činnosti. Bezpečnostní kamery vybavené funkcí nočního vidění používají IR přísvit. K odhalení takové kamery lze i na větší vzdálenost využít noktovizor, a to klasický i digitální. Bezpečnostní kamera se při pozorování noktovizorem projeví jako velice jasný svítící bod, často se silným halo efektem. Stejným způsobem může být odhalen také noktovizor, nebo jiné zařízení používající IR přísvit.

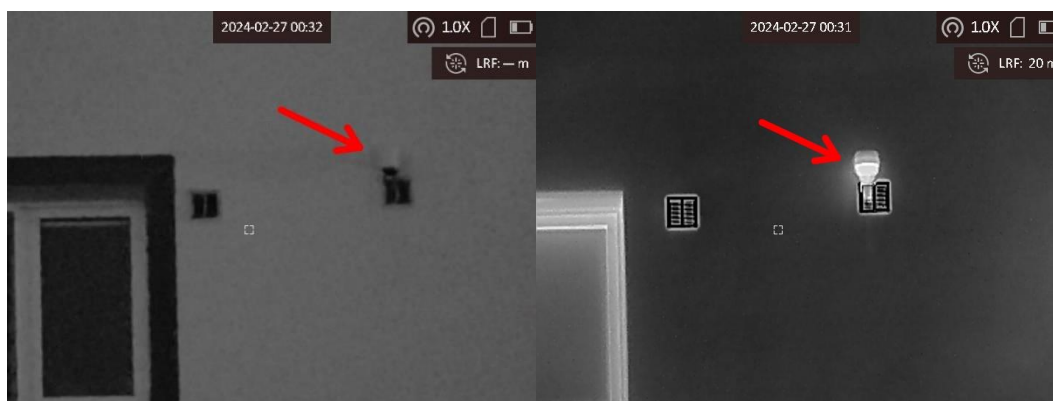
⁶⁴ KVAPILOVÁ, Helena a Michal DOGOŠI, 2007. *Soudní lékařství pro právníky a policisty*. 2., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-059-8.

Na následujícím obrázku je snímek stejné aktivní bezpečnostní kamery s IR přísvitem pozorovaný digitálním noktovizorem (vlevo) a termokamerou (vpravo).



Obrázek 59: Snímek aktivní bezpečnostní kamery noktovizorem a termovizí (vlastní foto)

Pokud bezpečnostní kamera IR přísvit nemá (pasivní kamera), noktovizor ji nezaznamená. Stále se ale jedná o elektronické zařízení. Každé elektronické zařízení při své činnosti vydává určité množství tepla, které lze detekovat pomocí termovize. Na následujícím obrázku je snímek stejné pasivní bezpečnostní kamery pozorovaný digitálním noktovizorem (vlevo) a termovizí (vpravo). Podobným způsobem je možné odhalit i další bezpečnostní zařízení jako jsou různá čidla, optické závory a další.



Obrázek 60: Snímek pasivní bezpečnostní kamery noktovizorem a termovizí (vlastní foto)

2.3.1 Shrnutí vlastního pozorování

Vlastním pozorováním byly ověřeny možnosti využití zejména fúzního přístroje pro pozorování za ztížených podmínek a jeho porovnání s ostatními typy prostředků. Byly ověřeny také některé návrhy využití, které uvedli respondenti v dotazníku. Až na výjimky se tyto návrhy ukázaly jako proveditelné.

Testovaný přístroj Hikmicro Gryphon GH35L obstál v jednotlivých případech velice dobře a jeho použití se ukázalo jako možné. Mezi přednosti přístroje se řadí především kombinace termovize a noktovizoru v jednom zařízení. Další předností jsou kompaktní rozměry. V porovnání s aktuálně používanými termovizemi je přístroj ve všech případech menší, přesto má dostatečný výkon. Mezi přednosti lze zařadit napájecí zdroj ve formě snadno vyměnitelné baterie 18650 s téměř nulovou úrovní samovybíjení a výdrž přístroje přibližně 8 hodin. V případě zařazení přístroje do výstroje hlídky by tak stačily dvě sady baterií k zajištění trvalé připravenosti přístroje. Výhodou je také možnost použití externího napájení.

Jako přednost lze v tomto případě označit i ruční provedení. Přístroje upevňované na hlavu nebo přilbu jsou určeny ke zcela jiným účelům, kde je zapotřebí zejména volných rukou. Pro použití pozorovacích prostředků při základních policejních činnostech se jeví jako výhodnější spíše „kapesní“ ruční přístroj, který lze v době, kdy není potřebný, jednoduše odložit.

Monokulární provedení přístroje bylo vyhodnoceno také spíše jako přednost. Binokulární přístroje sice poskytují větší uživatelský komfort a lepší prostorové vidění, problémem je v tomto případě ale oslnění uživatele. Jak je uvedeno i v teoretické části práce, oči potřebují různě dlouhou dobu k adaptaci na změnu osvětlení. V temném prostředí je tak při použití monokuláru oslněno vždy pouze jedno oko a uživatel tak nemusí následně čekat, až si jeho zrak opět přivykne na tmu.

V neposlední řadě lze za přednost považovat také cenu přístroje (na začátku roku 2024 přibližně 35–40 tis. Kč), což je pětina ceny termovize AGM Cobra TB50 a přibližně polovina ceny noktovizoru ATN NVG 7. Náklady na pořízení přístroje by tak nebyly nepřiměřeně vysoké. Nižší hodnota přístroje může paradoxně

přispět i k menším obavám uživatelů a z toho vyplývající větší míře využívání této techniky.

Mezi nedostatky lze zcela jistě zařadit nižší výkon levnějšího přístroje oproti dražším profesionálním přístrojům. To platí zejména u digitálního noktovizoru, který technicky ani nemůže dosahovat výsledků srovnatelných s přístroji 2 a vyšší generace. Přesto se i jeho výkon pro běžné použití zdá být dostatečný, výhodou je naopak možnost jeho použití i ve dne.

Pro většinu policejních činností prováděných na základních útvarech lze jednoznačně doporučit spíše termovizi, nebo fúzní zařízení. Využití noktovizoru se ve většině případů neprojevovalo jako významný přínos.

Závěr

Účelem této práce bylo shromáždit a analyzovat informace o prostředcích pro pozorování za ztížených podmínek a jejich využití u ozbrojených složek. Teoretické znalosti byly vybrány a shrnuty tak, aby postačovaly k základnímu pochopení problematiky funkce těchto přístrojů.

Není v možnostech jedné práce zahrnout veškeré prostředky, které jsou dnes využívány. Byly vybrány pouze ty prostředky, které jsou nějakým způsobem zajímavé a které dobře reprezentují vždy jednu skupinu s podobnými vlastnostmi. Veškeré uvedené přístroje byly, nebo jsou v současnosti používány některou ozbrojenou složkou.

Průzkumem bylo zjištěno, že základní útvary Policie jsou vybaveny prostředky pro pozorování za ztížených podmínek pouze minimálně. Jak bylo zmíněno v úvodu této práce, ozbrojené složky, a tedy i Policie, by měly mít za všech okolností převahu nad pachateli protiprávní činnosti a disponovat kvalitní technikou tak, aby mohly rychle a kvalitně plnit své povinnosti. Jsou to právě policisté základních útvarů, kteří přijíždí na místa událostí zpravidla jako první. Pro běžný každodenní výkon služby jsou vybaveni kvalitně a dostatečně, v případě různých mimořádných a složitějších událostí jsou však často odkázáni na součinnost specializovaných útvarů, jejichž aktivace a možnosti dostavení se na místo vyžadují delší čas. Příkladem může být již zmíněné pátrání po pachateli na útěku, nebo po pohřešované osobě v ohrožení života, kde se použití termovize přímo nabízí. Malá termovize v rukou první hlídky na místě může v těchto případech vykonat mnoho užitečné práce do doby, než se na místo dostane např. vozidlo s termovizí, dron, nebo vrtulník. V ostatních případech pak může hlídce rozšířit možnosti, nebo výrazně usnadnit práci.

Jako reálná možnost se nabízí pořízení jednoho vybraného ručního přístroje na každý základní organizační článek (obvodní oddělení, dopravní inspektorát apod.) tak, aby jej měli všichni policisté v případě potřeby ihned k dispozici. Podobným řešením by mohlo být, aby těmito přístroji byla vybavena vozidla prvosledových hlídek, které jsou určeny k rychlému a bezprostřednímu zásahu na místech

závažných událostí a zpravidla se jedná o hlídky, které na takové místo dorazí jako první.

Vhodným prostředkem by mohl být zejména zmíněný ruční fúzní monokulár, který byl použit v praktické části této práce, nebo podobný přístroj. Pořizovací cena takového prostředku je nižší, než např. jedna sada přístroje pro měření alkoholu v dechu, nebo srovnatelná s cenou jednoho automatizovaného externího defibrilátoru (AED). Srovnání právě s AED není zmiňováno náhodou. Přístrojem AED je dnes vybaveno každé vozidlo prvosledové hlídky a téměř každé obvodní oddělení. Frekvence jejich využití je přitom spíše v jednotkách použití ročně, přesto jsou nakupovány a pravidelně obměňovány a policisté jsou k jejich použití pravidelně proškoleni. Důvod je zřejmý. Pokud by každý AED za svoji životnost měl zachránit, byť jediný lidský život, má jeho pořízení smysl. Ve stejném duchu by se tak dalo uvažovat i o pořízení zmiňovaného prostředku pro pozorování, který může být nejen nápomocný k záchraně života, ale také může zjednodušit obtížnou policejní práci. Lze tedy prohlásit, že minimálně zahájení diskuze o zařazení přístrojů pro pozorování za ztížených podmínek i do výstroje základních útvarů, by bylo na místě.

Seznam používaných zkratk:

IR	Infra red, infračervený
CCD	Charge-coupled device (obrazový snímač)
CMOS	Complementary metal oxide semiconductor (obrazový snímač)
LED	Light-emitting diode, světelná dioda
ZJO	Zesilovač jasu obrazu
EOP	Elektrooptický převaděč
MCP	Micro channel plate, mikrokanálková destička
MKZJO	Mikrokanálkový zesilovač jasu obrazu
NVG	Night vision goggles, brýle pro noční vidění
ČSLA	Československá lidová armáda
PČR	Policie České republiky
AČR	Armáda České republiky

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Grafické znázornění části elektromagnetického spektra (autor Photon etc).....	13
Obrázek 2: Wienův posunovací zákon a Stefan-Boltzmannův zákon (autor Gym.Kroměříž)	14
Obrázek 3: Graf. znázornění Planckova vyzař. zákona pro různé teploty (autor Aldebaran)	15
Obrázek 4: Německý přístroj Fahr und Zielgerät 1250 (autor Top War)	25
Obrázek 5: Spektr. citlivost a účinnost fotokatod různého chem. složení (autor Sova, Pokorná)	27
Obrázek 6: Schéma elektronky EOP obrazu (autor fluorobyzoie, upraveno).....	28
Obrázek 7: Třístupňový zes. jasu Machlett z doby vietnam. války (autor Lamps and tubes).....	28
Obrázek 8: Snímek řezu MCP z elektronového mikroskopu (autor Mengying Zhang).....	29
Obrázek 9: Schéma zesilovače jasu s MCP (autor Hugh Sparks, upraveno)	30
Obrázek 10: Porovnání obrazu stínítka se zeleným a bílým luminoforem (autor Nitewalker)	31
Obrázek 11: Schéma zesilovače jasu Generace 0 (autor Harry Montoro)	32
Obrázek 12: Schéma zesilovače jasu Generace 1 (autor Harry Montoro)	33
Obrázek 13: Schéma zesilovače jasu Generace 2 (autor Harry Montoro)	34
Obrázek 14: Schéma zesilovače jasu Generace 3 (autor Harry Montoro)	35
Obrázek 15: Termokamera AGA 651 se zobrazovacím zařízením (autor AGA Museum)	39
Obrázek 16: Čočky z germaniového skla (autor Alkor).....	39
Obrázek 17: Schéma termokamery (autor Jo Young, upraveno).....	40
Obrázek 18: Schéma bolometru a mikr. snímek mikrobolometrického pole (autor Aldebaran)....	41
Obrázek 19: Schéma kryochladiče na principu Stirlingova motoru (autor Sunpower inc.).....	44
Obrázek 20: Termogram fasády domu (autor Centrum termografie).....	46
Obrázek 21: Příklady barevných palet termogramů (autor ATN)	49
Obrázek 22: Dalekohled NVA EDF 7 × 40 B (vlastní foto)	51
Obrázek 23: Dalekohled Nikon Monarch s fotoaparátem (autor ČTK)	52
Obrázek 24: DV Mag 3 (autor BVS).....	53
Obrázek 25: PNV 57 Infrapřístroj pro řidiče (autor Valka.cz)	54
Obrázek 26: PNV 57 H Infrapřístroj hlídkový (autor Csla.cz).....	56
Obrázek 27: NSP 2 na pušce Sa vz. 58 (autor Beareka)	57
Obrázek 28: NV Mag 3 na pušce CZ Bren (vlastní foto).....	58
Obrázek 29: BIG 35 (autor Safran-Vectronics)	59
Obrázek 30: MonoKlára a Klára (autor Pramacom).....	60
Obrázek 31: NVG7-2I (vlastní foto).....	61
Obrázek 32: MUM-14 monokulár a binokulár (autor Pramacom, upraveno)	63
Obrázek 33: NL-949B Aviator (autor Nightline).....	64
Obrázek 34: Přístroje pro řidiče, velitele a střelce tanku T-72 (autor Optics trade)	66
Obrázek 35: AN/PAS-7 (autor Worth Point)	67
Obrázek 36: AGAVA (autor CRIB).....	68
Obrázek 37: AN/PAS 13 (autor Will's Optics).....	69

Obrázek 38: UCF 8000 (vlastní foto)	70
Obrázek 39: TAWS-64 (vlastní foto).....	71
Obrázek 40: Cobra TB50 (autor AGM Global Vision)	72
Obrázek 41: AN/PVS 21 (autor Jakub Plíhal)	74
Obrázek 42: Příklady režimů fúzního zobrazení přístroje AN/PVS 21 (autor Will's Optics)	74
Obrázek 43: Moskito TI (foto vlastní)	75
Obrázek 44: Stožáry vozidel Mercedes a sensorická hlava vozidla VW Crafter (vlastní foto)	76
Obrázek 45: Sensor. hlava PzPK Sněžka a Zbraň. stanice vozidla LOV (autor Martin Smíšek) .	77
Obrázek 46: Přístroje Hikmicro Gryphon GH35L a Pulsar Edge 1x20 (vlastní foto)	102
Obrázek 47: Detekce, Rozpoznání, Identifikace (autor Abbas)	103
Obrázek 48: Porovnání přístrojů při pozorování, vzd. 350 m (vlastní foto).....	104
Obrázek 49: Porovnání přístrojů při pozorování v městské zástavbě, vzd. 200 m (vlastní foto)	105
Obrázek 50: Porovnání termovize a noktovizoru při pozorování přes sklo (vlastní foto).....	106
Obrázek 51: Porovnání přístrojů při pozorování v kouři (vlastní foto).....	107
Obrázek 52: Vliv oblečení na detekci termovizí (vlastní foto)	107
Obrázek 53: Vliv termofólie na detekci termovizí (vlastní foto).....	108
Obrázek 54: Vliv vegetace na pozorování termovizí (vlastní foto).....	109
Obrázek 55: Termogram bipedální lokomoce (vlastní foto)	110
Obrázek 56: Termogram odstavených vozidel (vlastní foto)	111
Obrázek 57: Skleníky – denní snímek noktovizorem a termogram (vlastní foto)	112
Obrázek 58: Termosnímek zajíce (vlastní foto).....	113
Obrázek 59: Snímek aktivní bezpečnostní kamery noktovizorem a termovizí (vlastní foto)	114
Obrázek 60: Snímek pasivní bezpečnostní kamery noktovizorem a termovizí (vlastní foto)	114

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Pozorovací rozsah noktovizorů podle generace (zdroj Alfa Photonics)	37
Tabulka 2: Hodnoty emisivity některých běžných materiálů (zdroj Fluke)	46
Tabulka 3: Navrhované účely použití prostředků pro pozorování	95
Tabulka 4: Povědomí o fungování jednotlivých prostředků – vyhodnocení	99

Seznam grafů:

Graf 1: Služební zařazení respondentů	81
Graf 2: Zařazení podle krajů (geograficky).....	82
Graf 3: Doba trvání služebního poměru	82
Graf 4: Dostupnost prostředků pro pozorování na základních útvarech.....	84
Graf 5: Druh dostupného prostředku.....	85
Graf 6: Nejčastější účel použití prostředků pro pozorování, které jsou k dispozici.....	86
Graf 7: Stáří prostředku pro pozorování.....	87
Graf 8: Úroveň plnění požadavků uživatelů	87
Graf 9: Přínos zařízení pro práci	87
Graf 10: Úroveň využití případného dalšího zařízení.....	88
Graf 11: Možnost zapůjčení prostředku pro pozorování	89
Graf 12: Druh prostředků, které lze zapůjčit	90
Graf 13: Nejčastější účel použití prostředků pro pozorování, které lze zapůjčit	91
Graf 14: Úroveň plnění požadavků uživatelů u zapůjčených prostředků	92
Graf 15: Odhad úrovně pravidelného využívání v případě pořízení prostředku pro pozorování ..	92
Graf 16: Stav žádosti o pořízení prostředku pro pozorování	93
Graf 17: Odhad úrovně využití prostředku pro pozorování při práci	94
Graf 18: Preferovaný prostředek pro pozorování.....	94
Graf 19: Četnost potřeby využití nedostupného prostředku pro pozorování	96
Graf 20: Stav žádosti o pořízení prostředku pro pozorování	96

Seznam použitých zdrojů:

Monografie:

1. ERHART, Vilém a Josef ERHART. *Amatérské astronomické dalekohledy*. 2. přepracované vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989, s.12-13. Udělejte si sami. ISBN 04-310-89.
2. FOJTÍK, Jakub. *Policejní vrtulníky*. Praha: Naše vojsko, 2007, s. 127-128. ISBN 978-802-0608-703.
3. KVAPILOVÁ, Helena a Michal DOGOŠI, 2007. *Soudní lékařství pro právníky a policisty*. 2., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-059-8.
4. *Night Vision Technologies Handbook*. U.S. Department of Homeland Security, Science and Technology Directorate, 2013, s. 2. HSHQPM-12-X-00031.
5. REICHEL, Theofil a Miroslav JEDLIČKA. *Fotokatody*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. ISBN 04-549-63.
6. ŠIKL, Radovan. *Zrakové vnímání*. Praha: Grada, 2012, s. 47-48, 55-57. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5.
7. TUREČEK, Jaroslav. *Policejní technika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. ISBN 978-80-7380-119-9.
8. WILLIAMS, Thomas L. *Thermal Imaging Cameras: Characteristics and Performance*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2009. ISBN 978-1-4200-7185-6.

Periodika a články:

1. *Areport: Prioritou je působit utajeně*. Praha: Ministerstvo obrany ČR, 2016. ISSN 1211-801X.
2. JEDLIČKA, Miroslav. *Časopis světlo: Zesilovače jasu obrazu* [online]. Praha: FCC PUBLIC, 2006 [cit. 2024-01-10]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zesilovace-jasu-obrazu--16166>
3. ROGALSKI, A. History of infrared detectors. *Opto-electronics review* [online]. Warsaw, 2012, **2012**(3) [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: doi:10.2478/s11772-012-0037-7

Příručky a brožury:

1. *Dalekohled EDF 7 × 40: Dě1-26-44* [příručka]. Ministerstvo národní obrany, 1964.
2. *Hlídkový infrapřístroj PNV-57H: Dě1-26-4* [příručka]. Ministerstvo národní obrany, 1964.
3. *MOSKITO TI: Lightweight multi-purpose target locator* [brožura]. Safran Vectronix, 2020.
4. *PNV 57 Infrapřístroj pro řidiče automobilů: Dě1 26-14* [příručka]. Ministerstvo národní obrany, 1964.
5. *Victory over the darkness: Armed Forces Optics* [brožura]. Meopta, 2012.
6. *Victory over the darkness: Tactical optics* [brožura]. Meopta, 2014.
7. *Zaměřovací infradalekohled NSP-2 a zaměřovací infradalekohled PPN-2: Dě1-26-7* [příručka]. Ministerstvo národní obrany, 1964.

Webové stránky a elektronické zdroje:

1. ABBAS, 2012. Jak daleko uvidím termální kamerou? *Abbas.cz* [online]. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://www.abbas.cz/clanky/recenze-technika/jak-daleko-uvitim-termalni-kamerou/>
2. AGA MUSEUM TE EMMEN. *Thermovision* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://www.aga-museum.nl/thermovision/>
3. AGM GLOBAL VISION. *AGM COBRA TB50-336 THERMAL IMAGING BI-OCULAR* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.agmglobalvision.eu/agm-cobra-tb50-336-thermal-imaging-bi-ocular>

4. ALFA PHOTONICS. DJI Mavic 3T. *Alfa Photonics* [online]. [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <https://alpha-photonics.com/en/produkte/dji-mavic-3-thermal-en/>
5. ALFA PHOTONICS. *Basic knowledge of night vision* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://alpha-photonics.com/en/basic-knowledge-of-night-vision/>
6. ATI NVG7-2I. *Night vision.sk* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.nightvision.sk/en/predaj/673/atn-nvg7-gen-2+-dep-0/>
7. BLUECOM S.R.O. Obrazové snímáče CCD vs. CMOS. *NetCam.cz* [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://netcam.cz/encyklopedie-ip-zabezpeceni/obrazove-snimace-ccd-cmos.php>
8. Brýle nočního vidění KLÁRA. *Infrared* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <http://wwwold.infrared.cz/Produkty/Pozorovaci/Klara/>
9. CANON. Časté dotazy k dalekohledům. *Dalekohledy* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://www.canon.cz/binoculars/binocular-faqs/>
10. CANON. Popis technických parametrů dalekohledů. INFOTO.S.R.O. *Dalekohledy Fomei* [online]. [cit. 2023-11-11]. Dostupné z: <https://www.dalekohledy-fomei.cz/popis-technicky-parametru-delekohledu/>
11. CENTRUM TERMOGRAFIE. Konstrukce termokamery. *Termokamera.cz* [online]. [cit. 2024-01-23]. Dostupné z: <https://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/konstrukce-termokamery/>
12. CRIB BLOG. "AGAVA" - "AGAVA-2" and its confusing history. *Cate's Research-Investigation Bureau* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://crib-blog.blogspot.com/2020/12/agava-agava-2-and-its-confusing-history.html>
13. DRÄGER. UCF 8000. *Dräger* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: https://www.draeger.com/en_seeur/Products/UCF-8000
14. ELTY S.R.O. Hranoly. MOTEJL, Miloš. *EEIty* [online]. [cit. 2023-11-08]. Dostupné z: <https://www.dalekohled-mikroskop.cz/hranoly>
15. EVPÚ DEFENCE. *Monitorovací vozidla s termovizí SMV* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.evpudefence.com/cs/c-mobilni-elektro-opticke-systemy>
16. FLIR. *What is a Non-Uniformity Correction (NUC)?* [online]. 2020 [cit. 2024-02-18]. Dostupné z: <https://www.flir.com/discover/professional-tools/what-is-a-non-uniformity-correction-nuc/>
17. FLUKE. *Fluke Emissivity Chart* [pdf online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/3038318_6251_ENG_C_W.PDF
18. Herschel's Experiment. NASA. *Cool Cosmos* [online]. [cit. 2023-11-13]. Dostupné z: https://coolcosmos.ipac.caltech.edu/page/herschel_experiment
19. How Does a Sunpower Stirling Cryocooler Work? SUNPOWER, INC. *YouTube* [YouTube video]. 2020 [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://youtu.be/ZSJFPb8030g?si=bhFt3FE73axbi0qD>
20. IDNES. Telefonujete za jízdy? Nový policejní dalekohled vás natočí i na kilometr. *IDnes* [online]. 2018 [cit. 2023-11-08]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/policie-video-zaznamove-zarizeni-dalekohled-dopravni-prestupky.A180413_112722_domaci_mpl
21. Infračervené kvantové detektory a termokamery. VOJÁČEK, A. *Automatizace HW* [online]. 2007 [cit. 2024-02-15]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/infracervene-quantove-detektory-termokamery-uvod>
22. Infrared devices for German tanks. *Top War* [online]. 2013 [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <https://en.topwar.ru/37354-infrakrasnye-pribory-dlya-nemeckih-tankov.html>
23. KUŽNÍK, Jan. Žádná speciální jednotka se bez něj neobejde. Zkusili jsme noční vidění. *Technet* [online]. iDnes [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/vojenstvi/night-vision-an-pvs-21-noktovizor.A181128_113512_vojenstvi_kuz
24. Leica BIG 35. *CML Jagd* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.cml-jagd.de/store/public/Leica-BIG-35-mit-MIL-SPEC-Roehre-XX1950/SW10028>
25. Letecká služba Policie ČR pořídila nové brýle pro noční vidění. *Státní ozbrojená a bezpečnostní složky* [online]. 2018 [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.ozbrojeneslozky.cz/clanek/letecka-sluzba-policie-cr-poridila-nove-bryle-pro-nocni-videni>
26. MEGAPIXEL S.R.O. Jak vybrat digitální videokameru. *Megapixel.cz* [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/jak-vybrat-digitalni-videokameru>
27. MEOPTA. NV Mag 3 [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://meopta-eshop.webnode.cz/products/nv-mag-3/>

28. *MOSKITO TI: Lightweight multi-purpose target locator* [brožura]. Safran Vectronix, 2020.
29. PASCHOTA, R. RP PHOTONICS AG. *Microchannel Plates* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: https://www.rp-photonics.com/microchannel_plates.html
30. PHOTONICS. *Image Intensification: The Technology of Night Vision* [online]. MONTORO, Harry P. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: https://www.photonics.com/Articles/Image_Intensification_The_Technology_of_Night/p4/a25144
31. Planckova konstanta. ALDEBARAN AGA. *Aldebaran* [online]. [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/lab/planck/2_cteni_2.php
32. POLICIE ČR. *Během krajské dopravní akce použili policisté novou techniku* [online]. [cit. 2023-11-08]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/behem-krajske-dopravni-akce-pouzili-policiste-novou-techniku.aspx>
33. PRAMACOM. *MUM-14* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <http://www.infrared.cz/domains/infrared.cz/cz/produkty/noktovize/mum.html>
34. PULSAR. *The main parameters of thermal imaging devices* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://www.pulsar-nv.com/glo/support/thermal-imaging-technologies/the-main-parameters-of-thermal-imaging-devices/2375/>
35. SAHRAI, Daniel. AIRGURU. Najděte se v mlze I. *AirGuru.cz* [online]. [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <https://www.airguru.cz/clanky/najdete-se-v-mlze-i>
36. SMÍŠEK, Martin. CZE - PzPK Sněžka (průzkumný a pozorovací komplet). *Valka.cz* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.valka.cz/CZE-PzPK-Snezka-pruzkumny-a- pozorovaci-komplet-t3766>
37. SMÍŠEK, Martin. CZE/ITA - LOV Pz. *Valka.cz* [online]. 2014 [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.valka.cz/CZE-ITA-LOV-Pz-t177027>
38. SOV - NSP-2 Zameriavací infraďalekohľad. *Valka.cz* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.valka.cz/SOV-NSP-2-t40335>
39. SOVA, Jan a Jana POKORNÁ. Bezdotykové měření teplotních polí. ALDEBARAN AGA. *Aldebaran* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2018_02_cam.php
40. SPI INFRARED. *Cooled midwave MWIR and Uncooled longwave LWIR Thermal Infrared imaging FLIR IR cameras* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.x20.org/cooled-midwave-mwir-uncooled-longwave-lwir-thermal-infrared-imaging-flir-ir-cameras/>
41. Tabulky: Spektrum. ALDEBARAN AGA. *Aldebaran* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/tabulky/tb_spektrum.php
42. TVNC. *What is TVNC SupeGain?* [online]. [cit. 2024-01-14]. Dostupné z: <https://tnvc.com/supergain/>
43. URC SYSTEMS. *C2VAN Mobilní velitelské, spojovací a monitorovací centrum* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.urc-systems.cz/produkt/c2van/>
44. Vozidlové přístroje. OPTICS TRADE. *Optics trade* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <http://www.opticstrade.cz/t-72/>
45. WILL'S OPTICS. Raytheon AN/PAS13E (V)2. *Will's optics shop* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://willsoptics.com/product/18961/>
46. W-TECHNIKA GROUP S.R.O. CCD vs. CMOS - srovnání senzorů. *W-Technika* [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.w-technika.cz/ccd-vs-cmos-srovnani-senzoru/>

Zdroje obrázků

1. AGA Thermische 651. In: *AGA Museum te Emmen* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.aga-museum.nl/thermovision/>
2. AGAVA, 2020. In: CRIB. *Crib-blog.blogspot.com* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://crib-blog.blogspot.com/2020/12/agava-agava-2-and-its-confusing-history.html>
3. AGM COBRA TB50-336. In: AGM GLOBAL VISION. *Agmglobalvision.eu* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.agmglobalvision.eu/agm-cobra-tb50-336-thermal-imaging-bi-ocular>
4. AN/PAS-7. In: WORTH POINT. *Worthpoint.com* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <https://www.worthpoint.com/worthopedia/vietnam-era-infrared-viewer-night-1861611442>

5. AN/PVS-21 HUD. In: *Willsoptics.com* [online]. [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: <https://willsoptics.com/product/an-pvs-21-lpnavg-sts-low-profile-night-vision-goggle-w-hud/>
6. Big 35. In: *Safran-vectronix.com* [online]. [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: https://safran-vectronix.com/de/big35-safran-vectronix_750x500-2/
7. Black and white. In: ATN. *ATNCorp.com* [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atncorp.com/blog/black-and-white-thermal-imaging-vs-color-palettes-in-heat-vision-cameras>
8. ČTK, 2018. Nikon Monarch. In: *IDnes.cz* [online]. [cit. 2024-11-08]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/policie-video-zaznamove-zarizeni-dalekohled-dopravni-prestupky.A180413_112722_domaci_mpl
9. Detekce, Rozpoznání, Identifikace, 2012. In: *Abbas.cz* [online]. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://www.abbas.cz/clanky/recenze-technika/jak-daleko-vidim-termalni-kamerou/>
10. Fahr und Zielgerät 1250. In: *Top War* [online]. [cit. 2024-01-18]. Dostupné z: <https://en.topwar.ru/37354-infrakrasnye-pribory-dlya-nemeckih-tankov.html>
11. Germanium lenses. In: ALKOR. *Alcor crystal optics* [online]. [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: https://www.alkor.net/germanium_windows_and_lenses.html
12. Image intensifier. In: *Fluorobyzoe* [online]. [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: <https://fluorobyzoe.blogspot.com/2017/06/take-7-image-intensifier-vs-flat-panel.html>
13. Infrared spectrum. In: *Photon etc* [online]. [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: <https://www.photonetc.com/infrared-imaging>
14. Kvantová účinnost různých fotokatod v závislosti na vlnových délkách. In: *Aldebaran* [online]. [cit. 2024-01-18]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2018_02_cam.php
15. Meopta DV Mag 3. In: BVS ZBRANĚ STŘELIVO. *Bvs.cz* [online]. [cit. 2023-11-08]. Dostupné z: [optika_military_meopta_dvmag3.html](https://www.bvs.cz/optika_military_meopta_dvmag3.html)
16. Mikrobolometr a mikrobolometrické pole. In: *Aldebaran* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2018_02_cam.php
17. Monoklara a Klara. In: PRAMACOM. *Old.infrared.cz* [online]. [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: http://www.old.infrared.cz/Produkty/Zamerovace/Monoklara/galerie/monoklara_04.jpg
18. MONTORO, Harry. Gen X tube design and makeup. In: *Photonics* [online]. [cit. 2024-02-03]. Dostupné z: https://www.photonics.com/Articles/Image_Intensification_The_Technology_of_Night/a25144
19. MUM - 14. In: PRAMACOM. *Infrared.cz* [online]. [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: <http://www.infrared.cz/domains/infrared.cz/cz/produkty/noktovize/mum.html>
20. NITEWALKER, 2020. White Phosphor VS Green Phosphor. In: *YouTube* [online]. [cit. 2024-02-02]. Dostupné z: <https://youtu.be/Zns4sqYTVdG?si=Huir7bfQZGpNclBA>
21. NL949B Aviator Goggles. In: NIGHTLINE. *Nightline-inc.com* [online]. [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: <https://nightline-inc.com/product/nl949b-aviator-goggles/>
22. Planckův vyzařovací zákon. In: *Aldebaran* [online]. [cit. 2023-12-23]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/lab/planck/2_cteni_2.php
23. PLÍHAL, Jakub, 2024. AN/PVS-21 výcvik URNA. In: *Aktuálně.cz* [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/foto-vycvik-urna/r~31ecf330c40e11ee9445ac1f6b220ee8/>
24. PNV 57 H: PNV 57 H. In: *Csla.cz* [online]. [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: <http://www.csla.cz/vyzbroj/optickepristroje/pnv57h.htm>
25. PNV 57 souprava: SOV PNV-57. In: *Valka.cz* [online]. [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: <https://www.valka.cz/SOV-PNV-57-t40338>
26. Raytheon AN/PAS13E (V)2. In: WILL'S OPTICS. *Willsoptics.com* [online]. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://willsoptics.com/product/18961/>
27. SMÍŠEK, Martin, 2019. PzPK Sněžka a LOV: Československo / ČR / SR. In: *Valka.cz* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.valka.cz/Ceskoslovensko-CR-SR-CZK-CZE-SVK-c500363>
28. Souprava vz 58 Pi. In: *Beareka.cz* [online]. [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: <https://www.beareka.cz/pusky/vzor-58/souprava-vz-58pi.htm>
29. SPARKS, Hugh, 2017. Schematic of gated optical image intensifier. In: *ResearchGate* [online]. [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-gated-optical-image-intensifier-GOI-used-for-timegated-FLIM_fig1_312960961

30. Sunpower Free-Piston Stirling Cryocooler Animation, 2020. In: SUNPOWER, INC. *YouTube* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ZSJFPb8030g>
31. T-72. In: OPTICS TRADE, SPOL. S R.O. *Opticstrade.cz* [online]. [cit. 2024-02-16]. Dostupné z: <http://www.opticstrade.cz/t-72/>
32. Vliv emisivity. In: CENTRUM TERMOGRAFIE. *Termokamera.cz* [online]. [cit. 2024-01-23]. Dostupné z: <https://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/tepelne-zareni/>
33. Wienův posunovací zákona a Stefan-Boltzmannův zákon. In: GYMNÁZIUM KROMĚŘÍŽ. *Malý kurz optiky* [online]. [cit. 2023-12-23]. Dostupné z: <https://archiv.gymkrom.cz/optika/fotometrie/fotometrie.html>
34. YOUNG, Jo. Schematic diagram of infrared thermography camera. In: *ResearchGate* [online]. [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-infrared-thermography-camera_fig1_264185886
35. ZHANG, Mengying, 2013. Microchannel plate. In: *Semantic scholar* [online]. [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: [https://www.semanticscholar.org/paper/Microchannel-plate-\(MCP\)-functionalized-with-Ag-as-Zhang-Cao/d863fcb25514b2793da0024f89474254a09e49a3](https://www.semanticscholar.org/paper/Microchannel-plate-(MCP)-functionalized-with-Ag-as-Zhang-Cao/d863fcb25514b2793da0024f89474254a09e49a3)
36. ZHANG, Mengying. Machlet 3-stage. In: *Lamps and Tubes* [online]. [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: <https://lampes-et-tubes.info/ic/ic021.php?l=e>