

**POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY V PRAZE**

Fakulta bezpečnostně právní

Katedra kriminalistiky

# Pyrotechnika v kriminalistice

Bakalářská práce

Pyrotechnics in forensics

Bachelor thesis

VEDOUCÍ PRÁCE

Mgr. Štěpán KREMLIČKA

AUTOR PRÁCE

Martin FRANĚK

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.

V Olomouci, dne 14. 3. 2024

Martin FRANĚK

## **ANOTACE**

Práce dává náhled na problematiku využití pyrotechniky v kriminalistice. V první části je vymezen pojem výbušnin, jejich rozdělení do jednotlivých kategorií a jejich vlastnosti a na zákonitosti výbušné přeměny. Následně přichází na řadu seznámení s pojmem nástražný výbušný systém, s jeho možnou konstrukcí a s vybavením pyrotechnické skupiny. V části druhé práce pojednává o konstrukci některých mobilních detektorů pro detekci nebezpečných látek a mobilních rentgenových systémů využívaných pyrotechniky. Dále tato práce objasní jejich využití na místě nálezů nástražného výbušného systému, podezřelého předmětu nebo na místě po výbuchu. Popíše také některé další vybavení pyrotechnické služby jako je třeba pyrotechnický robot. Nakonec práce řeší i legislativní úpravu pro používání rentgenů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Výbušniny, Pyrotechnická služba, TNT, Ramanova spektrometrie, nástražný výbušný systém, TATP, rentgenový systém

## **ANOTATION**

The work provides an insight into the problem of the use of pyrotechnics in forensics. The first part defines the concept of explosives, their classification and their properties and the laws governing their explosive transformation. Then comes a series of introductions to the concept of a booby-trap explosive system, its possible design and the equipment of the pyrotechnic group. The second part of the thesis deals with the design of certain mobile detectors for the detection of dangerous substances and mobile X-ray systems used by pyrotechnics. Furthermore, this work will clarify their use at the site of the detection of the explosive device, the suspicious object or at the site after the explosion. It shall also describe some other equipment of the pyrotechnic service such as a pyrotechnic robot. Finally, the work also addresses the legislative framework for the use of X-rays.

## **KEY WORDS**

Explosives, Police bomb squad, TNT, Raman spektrometry, Improvised Explosive Device, TATP, X-Ray system

# Obsah

Úvod.....	6
1. Základní pojmy pyrotechniky.....	8
1.1 Formy výbušné přeměny .....	8
1.2 Vlastnosti výbušnin .....	9
1.3 Dělení výbušnin .....	10
1.3.1 Třaskaviny.....	10
1.3.2 Střeliviny .....	11
1.3.3 Trhaviny .....	14
1.3.4 Pyrotechnické slože .....	17
1.3.5 Improvizovaně vyrobené výbušniny .....	19
1.4 Nástražný výbušný systém .....	20
1.4.1 Nález NVS .....	21
2 Vybavení pyrotechnické služby .....	23
2.1 Technické prostředky.....	23
2.2 Detektory stopových částic .....	27
2.2.1 Odběr vzorků .....	28
2.2.2 Způsoby detekce výbušnin.....	29
2.2.3 Mobilní analýza nebezpečných látek.....	34
2.3 Rentgeny .....	40
2.3.1 Zdroje RTG záření .....	40
2.3.2 Typy RTG záření.....	42
2.3.3 Detekční zařízení .....	43
2.3.4 Bezpečnostní použití rentgenů.....	48
Závěr .....	55
Seznam použité literatury .....	57

# Úvod

S pyrotechnikou se lidstvo setkává od dávných věků. Již ve 12. století našeho letopočtu byl v Číně používán černý prach jakožto nejstarší výbušnina, a to k výrobě ohňostrojů při slavnostních příležitostech. Jak se vyvíjela společnost, šlo dopředu i využívání výbušnin. Černý prach se začal využívat ve vojenství a průmyslu. V 18. století byly objeveny účinky výbušných směsí obsahujících chlorečnan draselný, byla objevena třaskavá rtuť a kyselina pikrová. Až konečně Alfréd Nobel vynalezl dynamit a první rozbušku. Nejvíce byl vývoj výbušnin ovlivněn 2. světovou válkou.

Výbušniny začaly být postupem času zneužívány k výrobě nástrah jak ve válečných konfliktech, tak s příchodem terorismu proti civilnímu obyvatelstvu. Situaci nepomáhá ani fakt, že se návody na výrobu improvizovaných výbušnin a nástražných výbušných systémů vyskytují volně dohledatelné na internetu.

Společnost se ale proti projevům nenávisti, jako jsou bombové útoky, chce bránit, a proto jsou vědci neustále vyvíjeny nové systémy umožňující detekci nebezpečných látek, které ke své práci využívají příslušníci bezpečnostních sborů na celém světě, a nejen oni. Tito hrdinové dnešních dnů denně chrání naše životy a zasahují u nebezpečných předmětů, jako nevybuchlá munice a nástražný výbušný systém.

Detektory stopových částic se používají v rámci bezpečnostních prohlídek k detekování stopového (nepatrného) množství částic zájmových látek, jako jsou zejména drogy a výbušniny, popřípadě k určení jejich druhu. Běžně jsou nazývány detektory drog a detektory výbušnin. Nejsou to však jen analyzátory nalezeného podezřelého materiálu, ale pomáhají k nalezení takového materiálu ukrytého například v zavazadlech či ve vozidlech. Pomohou nám určit, zda kontrolovaný předmět nebo osoba s takovými látkami přišla v poslední době do styku, a to v řádech dnů až týdnů. Detekce výbušnin byla hlavním zájmem při vývoji detektorů stopových částic, vyvinuté principy se však daly využít i na detekci drog a jiných látek (například bojových otravných látek a jedů). Nebezpečí tkví v tom, že látky jako výbušniny, drogy a jedy jsou de facto snadno podomácku

vyrobitelné a zneužitelné při trestné činnosti, jako je terorismus. I přes to, že dle tehdy platného nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) č. 98/2013 o uvádění prekurzorů výbušnin na trh a o jejich používání<sup>1</sup>, byla například při útocích na letišti v Bruselu v březnu 2016 použita jako hlavní nálož podomácku vyrobená třaskavina TATP vyrobena útočníky přímo v Belgii. Hlavní látky potřebné pro její výrobu, které jsou snadno detektory zjistitelné, byly tímto nařízením označeny jako nepřístupné pro osoby z řad široké veřejnosti, přes to si je byli schopni útočníci obstarat a došlo k útoku! Nařízení již bylo nahrazeno nařízením Evropského parlamentu a rady (EU) 2019/1148 stanovující pravidla týkající se zpřístupňování, dovozu, držení a použití látek nebo směsí, které by mohly být zneužity k nedovolené výrobě výbušnin, a to s cílem omezit dostupnost těchto látek nebo směsí pro osoby z řad široké veřejnosti a zajistit náležitě oznamování podezřelých transakcí v rámci celého dodavatelského řetězce.<sup>2</sup>

Cílem této práce je rešerše cenných informací získaných z dostupných odborných literárních zdrojů a legislativy, zhodnocení metod a možností identifikace podezřelých objektů. V neposlední řadě práce ukazuje současné technické vybavení pyrotechnické služby. V textu bude vycházeno převážně z dohledatelných psaných zdrojů, vlastních zkušeností a praxe.

---

<sup>1</sup> Publications Office. *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 98/2013* [online]. [cit.2013-02-06]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0098&from=NL>

<sup>2</sup> Publications Office. *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 2019/1148* [online]. [cit.2019-07-10]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32019R1148>

# 1. Základní pojmy pyrotechniky

Na začátku je potřeba vysvětlit základní zákonitosti a děje týkající se výbušnin. Výbušniny jsou chemické látky schopné výbušné přeměny, které jsou za tímto účelem uměle vyrobeny. Teorie výbušnin se zabývá studiem výbušných přeměn výbušnin, jejich vlastnostmi a charakteristikami.

## 1.1 Formy výbušné přeměny

Mezi formy výbušné přeměny patří výbuch, nebo též exploze. Jedná se o děj, při kterém dochází k mžikovému porušení stability systému s následným vykonáním mechanické práce ve formě pohybu, nebo rozrušení okolního prostředí a návrat zpět do stabilního stavu. Původní energie, která v prvním stádiu přechází v energii stlačených plynů a par, může mít různý původ. Podle toho výbuchy dělíme na:

- Chemické: zdrojem vysoké energie je chemická reakce ve vnitřní struktuře chemické výbušniny, například výbuch TNT.
- Fyzikální: zde bývá zdrojem energie uvolnění jakési mechanické energie, např. výbuch tlakové nádoby se vzduchem.
- Nukleární/termonukleární: uvolnění energie je spojeno s jadernými reakcemi, např. jaderné zbraně.
- Elektrické: zde je zdrojem elektrická energie, například jiskra při zkratu nebo blesk.

Chemický výbuch je pak takový jev, při kterém dochází k přechodu vnitřní energie látky v energii silně stlačených plynů a par s následným vykonáním mechanické práce s tím, že se mění chemická podstata látky. Chemický výbuch se pak dále dělí podle toho, jestli probíhá v reakčním pásmu či nikoliv. V reakčním pásmu se jedná o explozivní hoření s rychlostí výbušné přeměny nižší, než rychlost zvuku v daném prostředí a o detonaci trhavin s rychlostí výbušné přeměny vyšší než rychlost zvuku v daném prostředí, a to až několikanásobně. Bez reakčního pásma



je pak jako příklad uváděn vzbuch černého prachu nebo výbušková slož<sup>3</sup>. Podmínkou výbušné přeměny je její exotermičnost, což je uvolňování tepla do okolí, samovolné šíření reakce ve výbušnině, dostatečná rychlost reakce v neposlední řadě sem patří schopnost generovat plyny.

Exotermičnost reakce je dána tím, že pevnost vazeb mezi atomy v produktech výbuchu je značně větší než pevnost vazeb výchozí látky.

Samovolné šíření reakce je závislé na řadě faktorů. Je-li rozměr jinak velmi výkonné výbušniny příliš malý, nemůže dojít k výbuchu, protože vlivem ztrát energie, která není předávána na okolní molekuly výbušniny, nedojde k samovolnému šíření. U výbušnin tak hovoříme o mezním průměru, který je například u nitroglycerinu 2 milimetry, listová trhavina (plastická trhavina upravena do formátu jako list papíru) má mezní průměr 3 milimetry.

Schopností generovat plyny je zajištěna přeměna tepelné energie na mechanickou. Zplodiny se vlivem rychlosti reakce nestihnou dostat do okolí, a tak se v místě hromadí, čímž roste teplo a tlak. Například při výbuchu 1 kilogramu TNT by měly za atmosférického tlaku objem 690 litrů, při čemž původní objem nálože je 0,6 litrů. Teplem uvolněným při výbuchu se ohřejí asi na 3000° C, a to by měly za atmosférického tlaku objem přes 8 m<sup>3</sup>.

## 1.2 Vlastnosti výbušnin

- **Citlivost výbušnin** je schopnost podlehnout působením vnějšího impulzu výbušné přeměně.
- **Pracovní schopnost** je vlastnost výbušniny, která charakterizuje účinek její detonace v utěsněných náložích na předměty ležící v jejím okolí.
- **Brizance** je schopnost tříštit a prorážet okolní předměty. Charakterizuje tedy účinek detonace neutěsněné výbušniny na tělesa v bezprostřední blízkosti.
- **Kyslíková bilance** udává množství kyslíku obsaženého ve výbušnině v porovnání s množstvím potřebným úplnému spálení paliva obsaženého

---

<sup>3</sup> Směs KClO<sub>4</sub> + Al ve výbušce V-5b

ve výbušnině. Kladná kyslíková bilance znamená přebytek, záporná nedostatek kyslíku. Nejvhodnější je nulová kyslíková bilance. Při záporné kyslíkové bilanci se při výbuchu vytváří jedovatý oxid uhelnatý, při kladné kyslíkové bilanci pak vznikají ještě nebezpečnější oxidy dusíku.

- **Výbuchová teplota** je maximální teplota, které dosahují výbuchem uvolněné plyny. Tato hodnota je důležitá pro výpočet objemu plynných zplodin výbuchu.
- **Výbuchové teplo** vyjadřuje výbuchem uvolněnou energii ve formě tepla. Udává se jako počet kalorií uvolněných z 1 kg trhaviny.
- **Hustota** udává, kolik kilogramů trhaviny je v objemové jednotce nálože, je dána technologií výroby.
- **Detonační rychlost** je rychlost postupu detonace výbušninou v metrech za sekundu.

## 1.3 Dělení výbušnin

V Čechách výbušniny dělíme z hlediska použití na třaskaviny, trhaviny, střeliviny a pyrotechnické slože.

### 1.3.1 Třaskaviny

jsou charakteristické velmi vysokou citlivostí k vnějším podmínkám, schopností detonovat i v malých průměrech, schopností iniciovat trhaviny i v malém množství, velmi vysokou akcelerací výbušné přeměny. Dělí se dle hoření na skupinu třaskavé rtuti, které mohou za daných podmínek shořet a skupinu azidu olova, které nemají fázi hoření. Dle iniciace se dělí na iniciačně mohutné a na skupinu bez iniciační mohutnosti. Nejčastější použití je pro výrobu iniciátorů.

#### **Azid olovnatý**

Chemicky se jedná o olovnatou sůl kyseliny dusíkovodíkové, kvůli jeho vysoké citlivosti se musí vyrábět v menším množství, je velmi jedovatý. Prudce reaguje s mědí, plní se do hliníkových dutinek, používá se ve všech vojenských rozbuškách.

## **Fulminát rtuťnatý (třaskavá rtuť)**

Chemicky se jedná o rtuťnatou sůl kyseliny fulminové, velmi citlivý na náraz, volně sypaný hoří bez detonace, je velmi jedovatý. Reaguje s hliníkem, plní se do měděných dutinek, použití ve všech průmyslových rozbuškách.

### **1.3.2 Střeliviny**

jsou charakteristické explozivním hořením a používají se k vymetení střel na cíl a k pohonu raket. Dělíme je na:

- Mechanické směsi – zde je nejznámější a nejstarší představitel černý prach.
- Bezdýmné prachy – jednosložkové, dvousložkové a více složkové prachy
- Tuhé pohonné hmoty – homogenní a heterogenní

#### **Černý prach**

Jedná se o směs dusičnanu draselného, dřevěného uhlí a síry (75 %  $\text{KNO}_3$ , 15 % dřevěné uhlí a 10 % síra). Je nejstarší a nejdéle používanou střelivinou. První zmínky o jeho vývoji pocházejí z 11 století z Číny. Později procházel dlouhým vývojem, než se dostal do dnešní podoby. Zabarvení prachu se mění od hnědé až po černou matného nebo kovového lesku. Závisí na druhu použitého dřevěného uhlí a stupně jeho vypálení. Ledek slouží jako okysličovadlo s relativně malým sklonem k navlhnutí, síra jako pojivo a palivo (usnadňuje zážeh, vzhledem k faktu, že má nižší teplotu vzplanutí, než dřevěné uhlí) a dřevěné uhlí (nejčastěji o obsahu uhlíku 75–80 %) jako palivo. Jednotlivé složky se co nejjemněji rozemelou a potom smísí. Tím vzniká tzv. prachovina, která se v minulosti používala přímo ke střelbě. Později se zpracovával do zrn, (hrubozrnný, jemnozrnný), povrch se často grafituje kvůli snížení navlhavosti. Zrna negrafitovaná mají šedočernou břidlicovou barvu a matný povrch, grafitovaná lesklý až modročerné barvy. Černý prach je velice citlivý na plamen a k jeho zažehnutí stačí i nepatrná jiskra (i statická elektřina). Nevýhodou je malý výkon, velké množství kouře po výstřelu a značné množství nespalitelných zbytků, které zanášejí zbraň, citlivost k navlhání a tím ztráty schopnosti zážehu (udává se již při 15% vlhkosti). V současnosti se černý prach využívá především u perkusních zbraní a široké využití má také

v zažehovačích. Je lisován do tělísek jako zpoždovač, zesilovač plamene apod.

## Bezdýmné prachy

Jsou to koloidní látky, používané jako výmetné náplně v moderních hlavňových zbraních. Zásadním zlomem pro vývoj bezdýmných prachů bylo objevení nitrace. Ta se provádí v nitrační směsi (kyseliny dusičné a sírové). Působením této směsi na bavlněný odpad byla získána nová střelivina, nazývaná střelná bavlna. Ta měla vyšší výkon než černý prach. Na druhou stranu nepravidelný balistický výkon a vysoké tlaky. Hlavní složkou těchto druhů prachu je nitrocelulóza. Ta se získává nitrací celulózy. Vlastní bezdýmný prach se potom získává želatinací celulózy a tvarováním do potřebných tvarů určité velikosti.

- **Jednosložkové** – nitrocelulózové prachy – Nc
  - z celulózy působením nitrační směsi (proces s těkavými rozpouštědly – éter a etylalkohol), po vypaření vzniká hmota Galeta, která se technologicky zpracovává (válcuje a krájí). Má vyšší hygroskopičnost<sup>4</sup> než Ng a Dg prachy. Vysokou mechanickou pevnost a pružnost. Poměrně těžko se zažehují plamenem (kvůli vyšší teplotě vzbuchu – 180-200 °C) a proto se u dělostřeleckých zbraní používá zažehovače s černým prachem.
  - negrafitovaný má drsný povrch zrn, pórovitý, neprůsvitné zrno, nepružné, žluté až špinavě zelené barvy.
  - grafitovaný má hladší povrch zrna, barvy šedivě lesklé.
- **Dvousložkové** – tzv. horké prachy
  - **Ng – nitroglycerinové prachy** Jsou to dvousložkové prachy, jejichž základem je opět nitrocelulóza, která je želatinovaná nitroglycerinem. Tento je netěkavým rozpouštědlem a v množství 10-45 % v prachové mase zůstává. Ng prachy se podle druhu použité nitrocelulózy a želatinátoru dělí na :
    - balistity, vyrobené z nízké (rozpustné) celulózy za

---

<sup>4</sup> Hygroskopičnost je schopnost látek na sebe navazovat vzdušnou vlhkost.

pomocí nitroglycerinu

- kordity, vyrobené z vysoké (nerozpustné) celulózy za pomoci nitroglycerinu a acetonu. V silné vrstvě jsou tmavohnědé, v tenké světlehnědé průsvitné. Grafitovaná zrna jsou zbarvena černě a mají lesk.

Zrna jsou na rozdíl od Nc prachů téměř hladká, což se příznivě odráží v menší hygroskopičnosti, ale ztěžuje se zážeh. Ve srovnání s Nc prachy mají vyšší energetický obsah, nižší výrobní náklady, lepší balistické vlastnosti. Ng prachy hoří za vyšších teplot, a proto více opotřebovávají hlavěň a mají sklony k výšlehu plamene na ústí hlavěně. Vedle nebezpečnější výroby je i ztížený zážeh a větší podíl neshořelých zbytků. Ve srovnání s Nc prachy je sice méně citlivý na tření, ale daleko více na náraz, díky přítomnosti Ng. Může být také snadno přiveden k detonaci.

- **Dg – diglykolové prachy**

Řadí se ke dvousložkovým prachům. K želatinaci je u nich použito těžce tekavé rozpouštědlo nitrodiglykol s podílem 24–28 %. Mají zrno hladké, jemně pórovité, tmavohnědé až černé. Oproti Ng prachu je méně pružný a je neprůsvitný. Výborná želatinační schopnost umožňuje vyrábět tyto prachy i velkých rozměrů. Používá se jako hnací náplně raket a RPG.

- **Trojsložkové – gudulové – studené**

- Jsou to trojsložkové prachy. Obsahují cca 40 % Nc, 20 % želatinátoru (nitrodiglykolu) a 30 % nitroguanidinu, který podstatně snižuje výbuchovou teplotu prachu – tzv. chladné prachy, které snižují opotřebení hlavěně. Použití např. ve velkorážových kanonech námořních lodí z důvodu nízké teploty při hoření.

## **Tuhé pohonné hmoty – TPH**

- jsou využívány k pohonu raket.

- **Heterogenní TPH – směsné**

- Toxické směsi paliv, okysličovadel a dalších látek upravujících průběh hoření. Jsou slisované, je na nich patrna struktura
- **Homogenní** – dvousložkové
  - Ng, Dg prach s příměsemi pro zvýšení spalného tepla

### 1.3.3 Trhaviny

– jejich charakteristickou výbušnou přeměnou je detonace. Dělíme je na:

#### **Dusičné estery (nitroestery)**

– nejcitlivější, nejméně stabilní, mají nejvyšší pracovní schopnost a nejvyšší výbušové teplo, vyrovnaná až kladná kyslíková bilance. Dusičné estery mají vyrovnanou až mírně kladnou kyslíkovou bilanci, omezenou chemickou stálost, jsou velice citlivé na mechanické podněty, připravují se působením kyseliny dusičné na alkoholy, na celulózu, uhlohydráty.

#### **Nitroglycerín – Ng**

- derivát trojsytného alkoholu, výroba působením kyseliny dusičné a kyseliny sírové na glycerín. Bezbarvá, nasládlá, olejovitá kapalina, nerozpustná vodou. Velmi citlivý k nárazu, vyloučen z přepravy – pokud se přepravuje, tak v potrubí do průměru 2 mm – mezní hodnota.

Použití: součást bezdýmných prachů, součást průmyslových trhavin, pro výrobu dynamitu (75 % Ng + 25 % infuzoriové hlínky)

#### **Nitrocelulóza – Nc**

- vyrábí se nitrací celulózy, surovinou je bavlna. Citlivá na náraz a tření, přeprava povolena po zalití 20–25% vody. Citlivá k zážehu a iniciaci jiskrou, brizance srovnatelná s TNT. Využití: dříve stělná bavlna, nyní jako základní komponent pro výrobu bezdýmných prachů.

### **Pentrit – Np, PETN, nitropenta**

- surovina – penta – čtyřsytný alkohol, bílé barvy, barven na růžovo, výkon 170 % TNT,  $V_{det}$  5500 m/s. Nereaguje s hliníkem a mědí. Velmi nebezpečný, nesmí se přepravovat v čistém stavu (alespoň 20% vody), je stabilní, nejcitlivější trhavina, z důvodu citlivosti je flegmatizován včelím voskem apod. Používá se jako rozběhová trhavina do počínových náloží

- - je součástí plastické trhaviny PI Hx 30 (40 %) a PI Np 10 (80 %) a používá se do bleskovice NP-V.

### **Nitrolátky**

– malá citlivost k mechanickým podmínkám, velice stabilní, záporná kyslíková bilance, etalon pro ostatní výbušniny. Surovina – aromatické uhlovodíky (benzen, naftalen) a jejich deriváty (toluen, fenol, anilín).

### **Trinitrotoluen \_ TNT, T, Tolite, Tritol**

- výroba nitrací toluenu (kyselina dusičná a sírová); vznikají symetrické a nesymetrické TNT, krystalická žlutá látka (na slunci hnědne), bod tání 80,7 °C, hustota 1,65 - 1,67 g/cm<sup>3</sup>, neutrální, s kovy nereaguje, nejstabilnější trhavina, má všestranné použití. Vyrábí se jako lisovaný, prostřikovaný, litý, šupinkový, krupičkový, práškový, delaborovaný.  $V_{det}$  3800–6800 m/s podle hustoty a podle technologie zpracování.

### **Trinitrofenol – TNF, ekrazit, kyselina pikrová**

- výroba působením kyseliny dusičné na fenol, žluté krystaly,  $V_{det}$  4700–7300 m/s v závislosti na hustotě. Pracovní schopnost o 9 % větší než TNT. S kovy (mimo cínu) vytváří soli – pikráty Fe – citlivé k nárazu – detonují při jakémkoli porušení – hlavní využití bylo ve II. světové válce – plnění dělostřelecké munice.

## **Dimetyl dinitrobutan – DMDNB<sup>5</sup>**

- značkovácí látka do plastických trhavin.

## **Nitroaminy**

– střední citlivost, nejvyšší brizance, základ pro plastické trhaviny (PBX)<sup>6</sup>, díky N dvojnásobné množství výbušných zplodin, jsou to cyklické sloučeniny – organické sloučeniny s uzavřeným uhlíkovým řetězcem.

## **Hexogen – H, RDX, $\Gamma$**

- bílý krystalický prášek barvený na oranžovo, 1,5x vyšší účinnost než TNT,  $V_{det}$  8530 m/s, citlivost se zvyšuje přítomností tvrdých práškových kovů, určena k plnění protitankových zbraní a řízených střel.

## **Oktogen – O, HMX**

- bezbarvá krystalická látka, barven modře,  $V_{det}$  9100 m/s, použití u vysoce výkonné kumulativní munice – T-72, PTRS.

## **Plastické trhaviny**

PBX – z anglického Plastic Bounded Explosives, jedná se o trhaviny flegmatizované plastickými hmotami. Flegmatizace je taková úprava výbušniny, která snižuje její citlivost na vnější podmínky. Jako flegmatizátor je používána látka nevýbušná, jako je třeba vosk a kaučuk, nebo výbušnina s menší citlivostí, například příměs TNT do hexogenu. Opakem flegmatizace je senzibilizace.

Hlavními zástupci plastických trhavin jsou například Semtex a Composition 4, známá jako C-4. C-4 je na bázi hexogenu, Semtex 10, známý též jako PINp 10, je zase na bázi pentritu. Výhodou je, že se vlivem tlaku snadno a trvale tvarují, aniž se poruší jejich soudržnost. Další výhodou je možnost uříznutí potřebného

---

<sup>5</sup> ANONYM. Wikipedia.com [online]. [2021-04-10]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/DMDNB>

<sup>6</sup> Z anglického plastic bounded explosives



množství, možnost vytvoření vlastní jímky pro rozbušku kdekoliv na náloži a její účinnost o 50% větší v porovnání s TNT.

### 1.3.4 Pyrotechnické slože

mechanické směsi hořlavin a okysličovadel a dalších látek potřebných k dosažení požadovaného účinku Dělí se:

- **Světelné**
  - **osvětlovací** - (Al, Mg, zirkon) plus KNO<sub>3</sub> – dusičnan draselný
  - **zábleskové** – to samé, ale slisované
  - **signální** – Na – žlutá, Ba – zelená, Sr – červená, Cu – modrá, Mg – bílá
  - **stopkové** – sloučeniny chloru ke zvýšení svítivosti
  
- **Zpoždovací** –
  - - hořlaviny – Si, Ti, Fe, Mn, Bor, Zirkon, Antimon
  - - okysličovadla – chroman olovnatý, barnatý chloristan draselný
  - - pojidla do 3 % hmotnosti – fermež nebo asfalt
  
- **Zážehové**
  - přenos impulsu zážehu od iniciátoru k samotné složi,
  - černý prach smíchaný se složí v poměru 1: 1 až 1: 5
  
- **Zápalné slože**
  - Fosforové – bílý fosfor
  - Napalmové – benzín, práškový hořčík, bílý fosfor a podobně
  - Elektronové – slitina hořčíku 95 % s AL, Zn, Mn – zážehován termitovou složí
  - Termit – bezplynná slož hliníku s železnými okujemi, teplota hoření 2000–2800 °C
  -

- **Dýmové**
  - Dispersní – pevné částičky ve vzduchu
  - Aerosolové – kapalné částičky ve vzduchu
- **Zvukozábleskové** – chloristan draselný + Al prášek

**Hořlaviny – paliva:**

- anorganická – kovy, nekovy
- organická – aromatické uhlovodíky
  - uhlohydráty
  - látky jiných typů

**Pojidla:** šelak, kalafuna, fermež, guma, asfalty

**Barvivo pro barvení dýmů:** látky přecházející z pevného stavu do plynného

**Látky vytvářející dým:**

- fosfor (bílý i červený)
- antracenové oleje
- chlorid amonný

**Látky zlepšující zvláštní účinek:**

- kysličník hořečnatý – zesiluje účinek stopovek
- nosič chloru – zesiluje červenou a zelenou barvu

**Rozpustidla:** aceton, toluen

### **1.3.5 Improvizovaně vyrobené výbušniny**

Samostatnou kapitolu pak tvoří výbušniny vyrobené v domácích podmínkách. Jedná se o nestálé výbušné směsi, které vlivem okolních podmínek a v závislosti na čase, mění svoje vlastnosti a jsou tak velmi nespolehlivé a nebezpečné. Vyrobit se dají z běžných surovin dostupných v domácnostech. Díky spoustě útoků, které byly pomocí nich provedeny, jsou v současné době některé komponenty, nazývané též prekurzory výbušnin, v mnoha státech regulovány a jejich nákup je možný pouze se speciálním povolením. Návody na výrobu jsou pak dohledatelné na internetu včetně přesných postupů přípravy. Některé z takovýchto výbušnin mají vlastnosti podobné spíše trhavinám, jiné zase třaskavinám. Mezi hlavní a nejčastěji používané zástupce bych zařadil:

#### **TATP – ACP, triacetontriperoxid, acetonperoxid**

Jedná se o extrémně nebezpečnou a citlivou látku bílé barvy, která je používána do improvizovaných iniciátorů, ale nachází se i jako hlavní nálož. Po její výrobě začne látka vytvářet velmi nebezpečné krystaly, kdy zlomení, byť jednoho z nich, vede k detonaci celého zbytku objemu výbušniny. Například po uskladnění do skleněné nádoby se šroubovacím víčkem již není možné takovou nádobu, vlivem sublimace látky a tvorbě krystalů v závitě, bezpečně otevřít. Navíc se výbušnina nedá nijak flegmatizovat, proces vzniku krystalů je nevratný.

#### **HMTD – hexamethylentriperoxodiamin**

Látka velmi blízká TATP, podobné vlastnosti, za použití jiných komponentů při výrobě téměř totožná směs.

#### **DAP – ANFO**

Směs dusičnanu amonného a paliva. Kvůli regulacím prekurzorů výbušnin by nemělo být možné koupit v současné době dusičnan amonný v kvalitě potřebné k výrobě DAP. Jako palivo je možno použít velkou škálu látek, jako je například nafta.

## 1.4 Nástražný výbušný systém

Jako nástražný výbušný systém (dále jen NVS) považujeme zpravidla improvizovaně vyrobené zařízení, které bývá využíváno k teroristickým útokům a jeho hlavním účelem je vybuchnout v daný okamžik na určitém místě. Takovéto zařízení se skládá z obalu, hlavní nálože a spínače, dále pak volitelně ze zdroje elektrické energie, z iniciátoru, vodičů a dalších součástí podle druhu a účelu NVS, což mohou být například různá čidla nebo komponenty zesilující střepinový účinek. V největší míře bývají používány ve válkami zmítaných oblastech proti ozbrojeným silám působícím na území, jako to známe z období občanské války v Severním Irsku, v Iráku, v Afghánistánu a v současnosti na Ukrajině. Výjimkou však nejsou útoky na vlivné osoby, budovy a infrastrukturu, tak i k narušení běžného chodu života, tím myšleno útoky na civilní obyvatelstvo v mírovém stavu.

Obal má hned několik funkcí a zároveň nemusí být použit vůbec. Slouží k maskování nástrahy a k uspořádání všech komponentů do jednoho celku. Jeho velikost je od dopisní obálky přes kufříky na dokumenty až po osobní a nákladní automobily.

Jako hlavní nálož může být použita průmyslová, vojenská nebo improvizovaně vyrobená výbušnina, mimo to může být použita i hořlavá látka, výjimečně pak bojová chemická, radioaktivní nebo biologická látka. Dále může být použita jako nálož i munice, obzvláště pak dělostřelecká. Pro iniciátory, jako jsou rozbušky, palníky a podobně, platí totéž, co pro výbušniny.

Spínače mohou mít taktéž více funkcí, mohou sloužit k odjištění nebo k samotné iniciaci. Zakomponování spínače k odjištění do systému bývá často doprovázeno instalací různých indikátorů odjištění, jako jsou svítící diody. Rozeznáváme systémy iniciované obětí a systémy iniciované k výbuchu útočníkem. Mezi spínače, které iniciuje sama oběť, můžeme zařadit otřesová čidla, mikrospínače, senzory (pasivní a aktivní infračervená čidla – PIR, AIR, pohyb, tlak, čas, teplota, zvuk, mikrovlny, ultrazvuk a mnoho dalších). U iniciace na dálku jde pak v největší míře o mobilní telefony a jiné bezdrátové vysílače a přijímače.

U nejjednodušších systémů není zdroj elektrické energie zapotřebí, ale takové systémy se spíše používaly ve válečných konfliktech jako nástrahy. U sofistikovanějších systémů se jako zdroj elektrické energie používá bateriových článků od 1,5 V baterií po 12 V autobaterie. Typ použité baterie je závislý na době, po kterou bude zařízení na místě, na ohmickém odporu celého systému a na typu použitého iniciátoru.

### **1.4.1 Nález NVS**

Každé přijaté oznámení nemusí nutně znamenat výskyt NVS, Některá oznámení jsou na podezřelé předměty, u kterých se neprokáže, že se o NVS jedná, jde například o odložená zapomenutá zavazadla. Některé NVS jsou jen atrapy, aby útočník vysledoval taktické postupy zasahujících jednotek.

Po učiněném oznámení se zpravidla v co nejkratší době vyklidí ohrožený prostor a přivolá se pyrotechnická skupina. Po příjezdu pyrotechniků na místo se nejprve musí hrozba potvrdit. To znamená, že se pyrotechnik v ochranném obleku přiblíží k podezřelému předmětu s použitím rušičky signálu, která ruší všechna pásma, přenosného rentgenového systému a rozstřelovače. Vyhotoví se rentgenový snímek, na kterém je vidět, co je uvnitř podezřelého předmětu. V případě, že se potvrdí hrozba a jedná se o NVS, je důležité vyhodnotit, jaký je použit způsob iniciace. Jedná-li se o časovou iniciaci, hrozí nebezpečí z prodlení a musí se přistoupit k použití rozstřelovače. Ten se zpravidla použije na takzvaný obecný rozstřel, což je zamíření od jednoho rohu předmětu uhlopříčně na protější roh, aby tak tlaková kapalina vystřelená z hlavně působila v co největší části NVS. Při použití dvou RE-70 umístěných v proti sobě ležících rozích je zaručena téměř sto procentní účinnost a spolehlivost. Pokud je způsob iniciace jiný, přistoupí se k takzvanému chirurgickému rozstřelu, to znamená, že se cíleně útočí na jednotlivé komponenty systému, kterými může být zdroj elektrické energie nebo iniciátor. Podobně jako rozstřelovač se může použít i vodní nálož, což je plastová nádoba s vodou, v níž je umístěna výbušnina, také zde se využívá tlaku a rychlosti vody. Je-li na rentgenovém snímku viditelná jako hlavní nálož kapalina nebo sypká látka a hrozí-li nebezpečí, že se jedná o bojovou chemickou nebo biologickou

látku, s největší pravděpodobností se nepoužije rozstřel vodou, ale bude se muset přistoupit k technikám manuální neutralizace NVS.

Ochranný pyrotechnický oblek se nepoužije, jestliže by to v dané situaci byla pro pyrotechnika překážka, například ve stísněných prostorech, ve výškách a podobně. V závislosti na konstrukci NVS může dojít k iniciaci při jakýchkoliv změnách v okolí, jako je například změna světelných a tepelných podmínek, při rušení signálu, při pořizování rentgenového snímku, při kontaktu s předmětem. Jediné, co pyrotechnika účinně chrání je vzdálenost. Z tohoto důvodu se provádí, pokud je to v daný okamžik možné, co nejvíce procedur odstupným způsobem. K tomu jsou mimo jiné určeni roboti. Pyrotechnický robot může na místo dopravit rušič, rentgen a je s ním možno i střílet pomocí brokovnice anebo pomocí RE-70. Dále slouží k monitorování situace na místě, kde pomocí vestavěných kamer a mikrofonu dává přehled o aktuální situaci na místě. Kamer má každý robot hned několik, aby byla při jízdě s ním zaručena orientace v terénu, některé kamery jsou otočné, s vestavěným přiblížením a infračerveným přísvitem. Robot je vybaven pásy, takže zvládne jezdit i po schodech a překonávat překážky. Použití více robotů na jednom místě zásahu prodlužuje dosah signálu nejvzdálenějšího robota od operátora. V případě, že by bezdrátový provoz robota nebyl možný, může být robot na dálku ovládán pomocí optického kabelu. V některých případech se celý incident dá vyřešit z bezpečné vzdálenosti pomocí robota na místě.

## 2 Vybavení pyrotechnické služby

### 2.1 Technické prostředky

**Pyrotechnický oblek** – v současnosti je nejvíce používaný typ EOD – 10 od kanadské firmy MED-ENG. Oblek chrání proti střepinám, žáru a do jisté míry i proti tlaku. Váha obleku s přilbou je 35 kg, v přední části je opatřen kevlarovou balistickou ochranou. V příliš horkém prostředí je možnost nainstalovat chladicí systém, který uživateli usnadňuje práci a zlepšuje jeho komfort.



Obr.1 – Oblek EOD 10<sup>7</sup>

**Pyrotechnický robot** – lehký robot Telemax od německé firmy TELEROB je vybaven čtyř pásovým podvozkem s možností nasazení čtyř kol s pneumatikami kvůli průchodnosti všemi druhy terénu. Váha je 77 kg, provoz na baterie až 10

---

<sup>7</sup> ANONYM. Pubhtml5.com [online]. [2018-05-06]. Dostupné z: <https://pubhtml5.com/xqku/jevz/basic/>

hodin, otočným teleskopickým ramenem zvedne břemeno o váze až 20 kg.



Obr. 2 – Pyrotechnický robot Telemax<sup>8</sup>

- „Těžký pyrotechnický robot tEODor EVO o váze 370 kg slouží pro zneškodňování a likvidaci nástražných výbušných systémů. Jeho čelisti vybavené laserovým dálkoměrem pro lepší orientaci dokáží uzvednout předmět až do hmotnosti 100 kg. Robot tEODor EVO může být vybaven různým typem mechanického/elektrického náradí nebo různými výkonnými zbraňovými systémy dle požadavků zákazníka. Díky vysokému výkonu robot dokáže překonávat různé překážky, mezery, zdolat svahy apod.“<sup>9</sup>

<sup>8</sup> ANONYM. NIDES.CZ [online]. [2022-15-08]. Dostupné z: <https://www.nides.cz/systemy/telerob/lehky-robot-telemax-evo>

<sup>9</sup> ANONYM. NIDES.CZ [online]. [2022-15-08]. Dostupné z: <https://www.nides.cz/systemy/telerob/tezky-robot-teodor-evo>





Obr. 3 – Pyrotechnický robot tEODor<sup>10</sup>

**Rozstřelovač** – typ RE-70 od firmy Chemring, jde o bezzákluzový systém, který umožňuje pomocí tlouků nebo vody (v závislosti na použité hlavni) rozrušit NVS takovou rychlostí, že komponenty použité k iniciaci nestihnou zafungovat. Zadní část nazývaná kompenzátor, v jehož zadní části se nachází otvor pro závěr s elektricky iniciovanou nábojnicí, se naplní vodou a po výstřelu udrží celý systém na místě odpalu, proto bezzákluzový. Při provedení všeobecného rozstřelu se z pravidla použije hlaveň na vodu. Hlavně na tlouky jsou ve dvou rážích, první je ráže 1 palec na kovové tlouky, které používají především na dělostřelecké zapalovače. Druhá má ráži 40 milimetrů, ta je na tlouky speciální. Ty se pak používají na zneškodňování NVS.

---

<sup>10</sup>ANONYM. NIDES.CZ [online]. [2022-15-08]. Dostupné z: <https://www.nides.cz/systemy/telerob/tezky-robot-teodor-evo>



Obr. 4 – Rozstřelovač RE-70<sup>11</sup>

**Teleskopický manipulátor** – typ TM 600 od firmy MED-ENG, navyšuje vzdálenost pyrotechnika od podezřelého předmětu až o 3 metry a snižuje tak riziko, kterému je vystaven. Jeho pomocí je možné přemísťovat pyrotechnické náradí, jako zobrazovací folie RTG systémů a rozstřelovač, nebo odstraňovat různé překážky. Dostane se i do prostor, které mohou být nepřístupná pro robota. Precizně uzavíratelná čelist se navíc otáčí okolo celé své osy.



Obr. 5 – Teleskopický manipulátor TM 600<sup>12</sup>

<sup>11</sup> ANONYM. Elp-gmbh.com [online]. [2018-03-12]. Dostupné z: <https://www.elp-gmbh.com/en/produkte/chemring-re-70-m3-plus-disruptor/>

<sup>12</sup> ANONYM. EOD BUYERS GUIDE [online]. [2019-06-05]. Dostupné z: [https://www.eodbuyersguide.com/med\\_eng\\_tm\\_600\\_telescopic\\_manipulator](https://www.eodbuyersguide.com/med_eng_tm_600_telescopic_manipulator)

Dalšími prostředky jsou pak souprava odstupné manipulace a patří zde i prostředky pro mobilní detekci a analýzu nebezpečných látek Fido X3, Gemini, MX 908 a Pendar X10 a přenosné rentgenové systémy DÜRR, Vidisco, Logos a Videray.

## 2.2 Detektory stopových částic

Detektory stopových částic se používají v rámci bezpečnostních prohlídek k detekování stopového (nepatrného) množství částic zájmových látek, jako jsou zejména drogy a výbušniny, popřípadě k určení jejich druhu. Běžně jsou nazývány detektory drog a detektory výbušnin. Nejsou to však jen analyzátoři nalezeného podezřelého materiálu, ale pomáhají k nalezení takového materiálu ukrytého například v zavazadlech či ve vozidlech. Pomohou nám určit, zda kontrolovaný předmět nebo osoba s takovými látkami přišla v poslední době do styku, a to v řádech dnů až týdnů. Detekce výbušnin byla hlavním zájmem při vývoji detektorů stopových částic, vyvinuté principy se však daly využít i na detekci drog a jiných látek (například bojových otravných látek a jedů). Nebezpečí tkví v tom, že látky jako výbušniny, drogy a jedy jsou de facto snadno vyrobitelné v domácích podmínkách a zneužitelné při trestné činnosti, jako je terorismus. Nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) 2019/1148 stanovuje pravidla týkající se zpřístupňování, dovozu, držení a použití látek nebo směsí, které by mohly být zneužity k nedovolené výrobě výbušnin, a to s cílem omezit dostupnost těchto látek nebo směsí pro osoby z řad široké veřejnosti a zajistit náležitě oznamování podezřelých transakcí v rámci celého dodavatelského řetězce.

*„Těmito novými pravidly se zavádějí další omezení týkající se přístupu široké veřejnosti k chemickým látkám, které mohou být použity při výrobě výbušnin podomácku. Účelem je zabránit nedovolené výrobě výbušnin s ohledem na nově vznikající hrozby pro veřejnou bezpečnost způsobené terorismem a další závažnou trestnou činností. Bezpečnost našich občanů bereme velmi vážně“<sup>13</sup>.*

---

<sup>13</sup>BĂDĂLĂU, Niculae, bývalý rumunský senátor, *Tiskové zprávy* [online]. [cit.2019-06-14]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/press/press-releases/2019/06/14/eu-reinforces-rules-on-marketing-and-use-of-explosive-precursors/#>

„Pod názvem detektor výbušnin či detektor drog se skrývá fyzikálně-elektronický přístroj. Nejmenší má podobu přístroje do jedné ruky, a proto je využíván jako mobilní, na stacionárních stanovištích bezpečnostních prohlídek jsou používány detektory stolní nebo velikosti skříněk. Ty nejmodernější jsou velmi citlivé a selektivní. Odběr vzorků je většinou ruční, ale existují i turnikety pro automatizovaný odběr“<sup>14</sup>.

## 2.2.1 Odběr vzorků

Hledaná látka se může nacházet ve formě par, aerosolů nebo pevných mikročástic ulpělých uvnitř a na povrchu kontrolovaných předmětů. Abychom mohli látku detekovat, musíme nejdříve odebrat její vzorek a dostat tak do přístroje částice hledaných látek. U látek s vysokou tenzí par, tedy u látek více těkavých, používáme metodu nasávání par z těsného okolí povrchu nebo přímo uvnitř předmětu. U výbušnin s nízkou tenzí par, jako jsou vojenské trhavinny oktogen, hexogen a plastické trhavinny na jejich bázi, ale i průmyslové typy trhaviny na bázi dusičnanu amonného, je zapotřebí do nich při výrobě na základě úmluvy<sup>15</sup> přidávat značkovače výbušnin doporučené mezinárodní civilní leteckou organizací (International Civil Aviation Organization – ICAO), aby byla možná jejich detekce pomocí nasávání par do detekčního přístroje (například 2,3-dimetyl-2,3-dinitrobutan – DMNB). Úmluva nařídila státům kontrolu nad neoznačenými, nespotřebovanými výbušninami, popřípadě jejich likvidaci, nebo urychlené spotřebování. Velká spousta států k úmluvě nepřistoupila. Další možností, jak zjistit přítomnost zájmových látek, je otěr povrchu pomocí speciálního filtru, na který se v případě, že byl takovýto předmět v kontaktu s výbušninou, usadí residua částic těchto látek. V případě kapaliny se v ní filtr mírně namočí. Poté se filtr zasune do přístroje, kde je zahříván tak, aby se částice látek odpařovaly a pomocí

---

<sup>14</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Policejní technika*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2008. ISBN 978-80-7380-119-9.

<sup>15</sup> I.C.A.O. *CONVENTION ON THE MARKING OF PLASTIC EXPLOSIVES FOR THE PURPOSE OF DETECTION* [online]. [cit.2019-04-10]. Dostupné z: [https://www.icao.int/secretariat/legal/List%20of%20Parties/MEX\\_EN.pdf](https://www.icao.int/secretariat/legal/List%20of%20Parties/MEX_EN.pdf)

proudu vzduchu dopravovaly do přístroje. U moderních přístrojů bývá často použita kombinace obou zmíněných způsobů.<sup>16</sup>

## 2.2.2 Způsoby detekce výbušnin

### Detekce chemickou reakcí

Nejstarší metoda detekce drog a výbušnin, je poměrně zdlouhavá. Starší soupravy sloužily spíše pro předběžnou identifikaci, ty moderní jsou však přímo určeny k detekci a předběžné identifikaci zbytkových stopových částic, tedy k bezpečnostní prohlídce. Jako příklad uvedu soupravu Detex od firmy Synthesia, založená na principu barevných reakcí se sloučeninami výbušnin.

„DETEX – systém pro snadnou detekci a identifikaci výbušnin založený na jednoduchých barevných reakcích detekčních roztoků se všemi běžně používanými vojenskými, komerčními a improvizovanými výbušninami“.<sup>17</sup>



Výbušnina obsahující:	TNT	DNT	Tetryl	Kyselinu pikrovou	NG, PETN, RDX, HMX	Dusičnany a chlorečnany
-----------------------	-----	-----	--------	-------------------	--------------------	-------------------------

Obr. 6 - Souprava DETEX – Synthesia Pardubice<sup>18</sup>

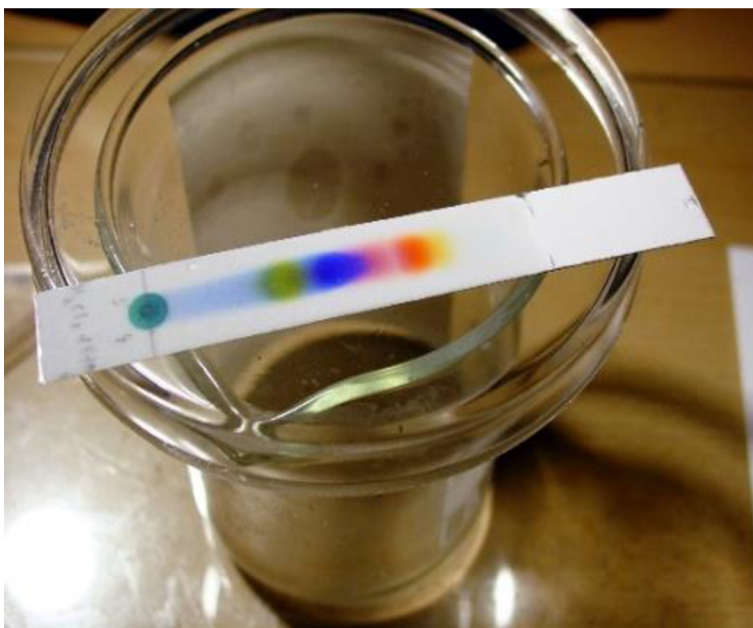
<sup>16</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

<sup>17</sup> ANONYM. *Výzkumný ústav průmyslové chemie* [online]. [cit.2019-06-18]. Dostupné z: <https://explosia.cz/app/uploads/2019/06/65VUPCH-p1ENk.pdf>

<sup>18</sup> Tamtéž

## Detekce metodou chromatografie na tenké vrstvě

„TLC, z anglického *Thin Layer Chromatography*, je detekční metoda založená na různém postupu jednotlivých druhů molekul analyzované látky chromatografickým proužkem. Existují různé její laboratorní verze, provedení pro pracovníky do terénu vhodné pro bezpečnostní prohlídku detekuje pouze drogy, a to zbarvením koncového detekčního elementu“<sup>19</sup>.



Obr. 7 - Rozdělené složky černého inkoustu pomocí TLC<sup>20</sup>

## Optická analýza hoření

Tato metoda využívá prostého faktu, že výbušniny hoří rychle. Malinké množství vzorků sebraných z kontrovaného povrchu je spáleno v temné komůrce a doprovodný světelný záblesk je monitorován a analyzován. Shoření zbytku výbušniny bude doprovázeno relativně vysokou intenzitou světelné emise vzhledem k jejímu krátkému trvání, kdežto u ostatních látek bude emise nízké intenzity vzhledem k dlouhé době jejího trvání.<sup>21</sup>

<sup>19</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Policejní technika*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2008. ISBN 978-80-7380-119-9.

<sup>20</sup> ANONYM. *Wikipedie* [online]. [2021-06-18]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Chromatografie\\_na\\_tenké\\_vrstvě](https://cs.wikipedia.org/wiki/Chromatografie_na_tenké_vrstvě)

<sup>21</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

## Detekce elektronového záchytu

ECD, z anglického Electron Capture Detector, je základem velkého počtu detektorů výbušnin na fyzikálním principu. Podstatnou částí jsou různé způsoby předselektce nebo předkoncentrace molekul výbušnin, popř. kombinace obou způsobů v sérii. Vyjma spojení s plynovou chromatografií (viz. dále), detekce elektronového záchytu ztrácí v současné době pro vyhledávání výbušnin na významu.<sup>22</sup>

## Detektor elektronového záchytu

*„Je komůrka, kterou protéká nosný plyn (např. argon nebo helium) unášející s sebou i částičky výbušnin. Nosný plyn je nejdříve ionizován a pak protéká mezi dvěma elektrodami, mezi nimiž je stejnosměrné napětí. Ionty nosného plynu a jimi uvolněné elektrony způsobují určitý svodový proud mezi elektrodami, který je měřen. Přítomnost nitridů výbušnin způsobí rychlou absorpci volných elektronů poskytnutých nosným plynem a tím sníží vodivost mezi elektrodami a tím poklesne proud na detektoru“<sup>23</sup>.*

## Předselektce polopropustnou membránou

Umožní přivádět do detektoru organické molekuly, jako jsou molekuly výbušnin a drog, a přitom zadrží částice prachu a v závislosti na použitém filtru drasticky omezí i množství hlavních složek vzduchu jako jsou dusík a kyslík. Nasávaný vzduch proudí kolem jedné strany polopropustné membrány. Kolem druhé strany membrány proudí nosný plyn, který pak pokračuje dál do vlastního detektoru. Povrchová adsorpce organických molekul na povrchu polopropustné membrány je daleko vyšší, než je tomu například u dusíku či kyslíku. Tyto organické molekuly jsou pak díky rozdílným tlakům na obou koncích membrány skrze ni strhávány

---

<sup>22</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

<sup>23</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

nosným plynem do detektoru. Vzhledem k velikosti částic prachu tyto skrz membránu neprojdou vůbec.

## **Plynová chromatografie**

GC, z anglického Gas Chromatography, je typ separační metody, kdy se od sebe oddělují složky obsažené ve vzorku a které mohou být převedeny do plynné fáze, aniž by došlo k jejich rozkladu. Stacionární (nepohyblivá) fáze interaguje se složkami vzorku, který je unášen mobilní (pohyblivou, zde plynovou) fází, a proto se při pohybu zdržují. Na konec stacionární fáze se tedy dostávají dříve složky méně zadržované. Vzorek se dávkuje do proudu plynu, který jej dále unáší kolonou. Proto se mobilní fáze nazývá nosný plyn. Aby vzorek mohl být transportován, musí se ihned přeměnit na plyn. V koloně se složky separují na základě různé schopnosti různě silně se poutat se stacionární fází. Složky opouštějící kolonu indikuje detektor. Signál z detektoru se vyhodnocuje a z časového průběhu intenzity signálu se určí druh a kvantitativní zastoupení složek. V jiném případě můžeme použít plynovou chromatografii pro přípravu vzorku u spektrometru pohyblivosti iontů (GC/IMS) nebo hmotnostního spektrometru (GC/MS), která zvyšuje citlivost a zlepšuje selektivitu pro následnou detekci v detektoru.<sup>24</sup>

## **Spektrometrie pohyblivosti iontů**

IMS, z anglického Ion Mobility Spectrometry, je metoda detekce vyžadující zpravidla komponenty, jako je zdroj elektromagnetického záření, přijímač nebo detektor elektromagnetického záření a systém pro zpracování a vyhodnocení signálu. Nejběžnějším zdrojem elektromagnetického záření je laser, který pracuje v infračerveném elektromagnetickém spektru. Jelikož dochází k nejvýraznější absorpci tohoto záření právě v oblasti 2,5 až 30  $\mu\text{m}$  jsou tyto vlnové délky nejvhodnější. Navíc v ostatních vlnových délkách IR spektra dochází k výrazné absorpci vodní páry za běžných atmosférických podmínek. Další využitelnou

---

<sup>24</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.



oblastí je ultrafialová oblast 0,25 až 0,4  $\mu\text{m}$ , ve které vykazují některé látky svá charakteristická spektra. U infračervených a ultrafialových spektrometrů se tak využívá absorpce tohoto záření v průběhu detekce. Přístroje na této bázi se však využívají zatím jen pro analýzu plynů a pozorování v určeném sektoru. Spektrometr pohyblivosti iontů pracuje na principu rozdílné pohyblivosti iontů při průletu elektrickým polem. Na vstupu ionizační průletové komory dochází k ionizaci sledované látky a vytvoření molekulových shluků o rozdílných hmotnostech. Protože nemají stejné hmotnosti, budou mít i rozdílné rychlosti. Kombinace různých zrychlení a srážek s molekulami plynu má za následek i různé výsledné rychlosti proudění v trubici. Každý iont má svou iontovou pohyblivost. Ta se následně porovná s databází detektoru a je vyhodnoceno o jakou látku se jedná. Protože IMS je atraktivní technologií s miniaturním chemickým senzorem, pracujícím v normálním atmosférickém prostředí a je schopná detekovat kvantum prvků v ovzduší je tudíž perspektivním prvkem pro další vývoj. Stávající IMS detektory mají hnací trubici, složenou z mnoha elektronických prvků, potřebných pro vytvoření patřičného elektrického pole, a tudíž se stávají finančně náročnějšími pro sériovou výrobu. Vyvíjí se však miniaturní, nízkoteplotní, keramické tuby s integrovanými potenciálovými rezistory.<sup>25</sup>

## Hmotnostní spektrometrie

MS, z anglického Mass Spectrometry, je metoda, která stanovuje relativní četnost iontů v závislosti na poměru hmotnosti k náboji iontu. I když se jedná o destrukční metodu, spotřeba látky k analýze je malá. Ke vzniku hmotnostního spektra je třeba, aby proběhly následující tři procesy:

- tvorba iontů
- separace iontů
- registrace iontů

---

<sup>25</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

„Tyto procesy probíhají ve vakuu. Separace iontů probíhá v elektrickém a magnetickém poli. V první fázi dojde k urychlení iontů v elektrickém poli a přechodem přes magnetické pole dojde k zakřivení jejich dráhy. Jednotlivé druhy iontů po průletu magnetickým polem dopadají do určitých bodů, kde je možné je registrovat. Obdržíme tak hmotnostní spektrum a jeho porovnáním s databází spekter získáme informaci o analyzované látce“<sup>26</sup>.

## 2.2.3 Mobilní analýza nebezpečných látek

### Mobilní MS spektrometr MX908

MX908 je unikátní mobilní hmotnostní spektrometr pro detekci nebezpečných látek využívající technologii HPMS (High Pressure Mass Spectrometry). Zařízení používá zcela novou technologii miniaturizované iontové pasti pracující za zvýšeného tlaku. Zařízení umožňuje přímou analýzu plyných vzorků i analýzu pevných vzorků a stěrů. Spektrometr MX908 je konstruován pro použití v extrémních podmínkách, snadno se ovládá i v těžkých ochranných prostředcích. Použité algoritmy provádí zcela automatickou analýzu, výsledky jsou dostupné v sekundách (při analýze ovzduší každou 1 sekundu) nebo desítkách sekund (termální desorpce, analýza aerosolů) a s vynikající selektivitou s nízkým rizikem ovlivnění málo nebezpečnými látkami z pozadí nebo vzniku falešných pozitivních alarmů. Spektrometr překonává i řadu dalších obtíží, které byly doposud spojeny s IMS spektrometry nebo mobilními GC-MS spektrometry. Do plně provozního stavu se dostane za méně jak 1 minutu po zapnutí, má velký dynamický rozsah a netrpí problémy s čištěním po zahlcení vysokou koncentrací. Typické doby čištění se pohybují v desítkách sekund.<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

<sup>27</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2021-05-06]. Dostupné z: <http://www.rmi.cz/mobilni-msms-spektrometr-novinka>



Obr. 8 – MX908 a vyobrazení displeje při režimech CW HUNTER a DRUG HUNTER<sup>28</sup>

Režimy přístroje pro optimalizaci výkonu pro konkrétní cíle detekce:

- CW Hunter: je režim pro detekci chemických bojových látek, včetně novičoku.
- Drug Hunter: je režim pro detekci drog, jako je fentanyl a další vysoce prioritní drogy.
- Explosive Hunter: je režim pro detekci vojenských, průmyslových a podomácky vyrobených výbušnin včetně jejich prekurzorů.<sup>29</sup>

## FLIR FIDO X3

Fido X3 je ruční detektor stopových koncentrací výbušnin, který poskytuje bezkonkurenční citlivost pro celou řadu výbušnin. Přístroje FidoX jsou široce využívány nejen armádami mnoha zemí, najdeme je ale také na letištích (mnoho set jednotek), v policejních složkách, v ochranných službách nebo v oblasti ochrany hranic a kontrolovaného pohybu osob. Detektory FidoX jsou světově nejrozšířenější detektory stop výbušnin využívané v oblasti kritických bezpečnostních aplikací (několik tisíc jednotek ve více jak 40 zemích světa).

<sup>28</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2021-05-06]. Dostupné z: <http://www.rmi.cz/mobilni-msms-spektrometr-novinka>

<sup>29</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2021-05-06]. Dostupné z: [http://www.rmi.cz/download.php?group=stranky3\\_soubory&id=2411](http://www.rmi.cz/download.php?group=stranky3_soubory&id=2411)

Detektor využívá technologii FLIR TruTrace. Tato technologie je založena na technologii AFP a principu zhášení luminiscence. AFP (Amplifying Fluorescent Polymers) využívá polymerů, které vytvářejí dlouhé řetězce-vlákna molekul, které spolu „elektronicky“ komunikují. V nepřítomnosti detekované látky všechny molekuly emitují luminiscenční záření. Ve chvíli, kdy kterákoliv z molekul ve „vlákně“ přijde do styku s molekulou výbušniny dojde k vypnutí luminiscence celého vlákna. Je to stejný princip, který známe ze starých žároviček používaných na vánočních stromcích, žárovičky jsou zde zapojené do série, při rozbití jedné žárovky přestane svítit celý řetěz světýlek. Technologie FLIR TruTrace je schopna nejen s vysokou citlivostí ale i s vysokou selektivitou detekovat vojenské, průmyslové, kapalné i improvizovaně vyrobené výbušniny, včetně TATP, HMTD, dusičnanu amonného, peroxidu vodíku nebo nitromethanu. Celá analýza je velmi rychlá, stejně tak je i velmi rychlé čištění senzoru.



Obr. 9 - FLIR FIDO X3, analýza vzorku pomocí stěrového papírku a pomocí nasávání par<sup>30</sup>

Detektor Fido X3 pracuje jak v režimu přímé analýzy par a částic z ovzduší, tak i v režimu analýzy stěrů. V režimu analýzy ovzduší je nasávaný vzduch veden přes vyhřívanou zónu, kde dojde k vypaření případných částic výbušnin a vzniklé páry jsou vedeny do detekčního elementu. Detektor tak umožňuje nepřetržité monitorování, doba detekce je kratší než 1 sekunda. V případě analýzy stěrů jsou stopy výbušnin sejmuty ze sledovaného povrchu (ruce, povrch volantu, mobilního

<sup>30</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2021-05-06]. Dostupné z: [http://www.rmi.cz/download.php?group=stranky3\\_soubory&id=2411](http://www.rmi.cz/download.php?group=stranky3_soubory&id=2411)

telefonu, zavazadla, ...) stěrovým papírkem, který je následně po vložení do detektoru FidoX3 zcela automaticky během 10 vteřin analyzován. Papírek je zahřát na vyšší teplotu a termicky desorbované stopy výbušniny jsou detekovány v detekčním elementu.<sup>31</sup>

## **Thermo Scientific FTIR/Raman spektrometr Gemini**

Tento přístroj sice nepatří do skupiny přístrojů pro detekci stopových částic, nýbrž nám slouží k detekci a analýze již viditelného množství vzorků látek. Jak napovídá název, jde o kombinaci dvou způsobů analýzy. K dispozici je tak zařízení, které nabízí nejširší možný rozsah analýz pro látky, které poskytují vibrační molekulární spektrum. Je integrován jak Ramanův spektrometr včetně flexibilní pancéřované optické sondy s budícím laserem 785 nm, umožňující bezkontaktní měření, včetně měření přes transparentní a semitransparentní obaly a s možností měřit i v integrovaném držáku vialek. Dále je integrován FTIR spektrometr, který zase umožňuje analýzu velmi malého množství látek vykazujících extrémně silnou fluorescenci při použití Ramanovy spektrometrie. FTIR spektrometr je osazen diamantovým krystalem s motorizovaným přitlačným raménkem, které umožňuje automatické přitlačení vzorku přesně definovanou silou potřebnou pro analýzu. Knihovna spektrometru obsahuje více jak 16 000 unikátních spekter látek. Spektrometr se všemi výše uvedenými vlastnostmi má přitom hmotnost menší jak 2 kg a umožňuje několikahodinový nepřetržitý provoz na baterie.<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2021-05-06]. Dostupné z: [http://www.rmi.cz/download.php?group=stranky3\\_soubory&id=2411](http://www.rmi.cz/download.php?group=stranky3_soubory&id=2411)

<sup>32</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2021-05-06]. Dostupné z: [http://www.rmi.cz/download.php?group=stranky3\\_soubory&id=2411](http://www.rmi.cz/download.php?group=stranky3_soubory&id=2411)



Obr. 10 – Gemini, analýza pomocí FTIR a pomocí optické sondy skrze transparentní obal<sup>33</sup>

## Stand OFF Ramanův spektrometr Pendar X10

*„Stand OFF Ramanova spektrometrie (spektrometrie pro vzdálenou detekci) představuje technologickou výzvu, zejména pokud má být použitelná pro měření za běžných světelných podmínek. Musí se využívat vysoce efektivní sběrná optika v kombinaci s novou generací „super“ detektorů a výkonné elektroniky. Je nutné si uvědomit, že musíme měřit velmi malé signály Ramanova záření superponovaného na řádově vyšším spektrálním pozadí. To vše nyní zvládá spektrometr Pendar X10, a to při váze pod 1,5 kg včetně baterie.“<sup>34</sup>*

<sup>33</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2021-05-06]. Dostupné z: [http://www.rmi.cz/download.php?group=stranky3\\_soubory&id=2411](http://www.rmi.cz/download.php?group=stranky3_soubory&id=2411)

<sup>34</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2021-15-03]. Dostupné z: <http://www.rmi.cz/pendar-x10>



Obr. 11 – Pendar X10<sup>35</sup>

#### **Spektrometr Pendar X10 nabízí:**

- Bezkontaktní analýzu s možností měřit až ze vzdálenosti do **200 cm** od vzorku, možnost měření i malých vzorků nebo například kontrolovat obsahu sudů a transportních kontejnerů přes plnicí otvory.
- Možnost měřit i přes několik obalů, měřit například vzorek umístěný v digestoři přes plastové okno, možnost měřit přes tlusté láhve.
- Vysoká rychlost měření u běžných vzorků.
- Schopnost měřit i vysocefluoreskující vzorky.
- Schopnost bezpečně měřit i termicky nestabilní vzorky,
- Schopnost analyzovat nehomogenní vzorky a spektrálně problematické vzorky
- Možnost spolupráce s robotickými prostředky (EOD a CBRN roboty)

---

<sup>35</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2021-15-03]. Dostupné z: <http://www.rmi.cz/pendar-x10>

## 2.3 Rentgeny

Na podzim roku 1895 rentgenové záření objevil tehdejší německý fyzik Wilhelm Conrad Röntgen, nazval ho paprsky X. V roce 1896 byl pak zhotoven první rentgenový snímek ruky a v roce 1901 za tento průlomový objev získal Nobelovu cenu za fyziku. Ve 20. století se výzkum rentgenových detektorů stále zdokonaloval až do podoby, jak je známe dnes.<sup>36</sup> Jedná se o formu elektromagnetického záření o vlnových délkách 0,01 až 10nm, které jako takové může být nebezpečné. Svou úlohu našlo toto ionizující záření mimo jiné i v průmyslu a v bezpečnostních zařízeních.<sup>37</sup>

### 2.3.1 Zdroje RTG záření

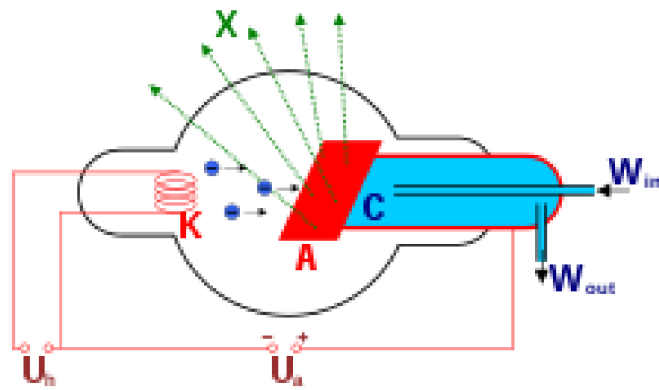
Přirozenými zdroji rentgenového záření jsou hlavně hvězdy, umělým zdrojem je například tzv. rentgenka. Obvykle se jedná o vakuově těsnou skleněnou trubici s katodou a anodou, obě bývají nejčastěji vyrobené z wolframu. Z katody po jejím zahřátí a po přivedení napětí vylétají elektrony, které jsou urychlovány silným elektrickým polem a dopadají na anodu. Při dopadu se jejich kinetická energie mění hlavně na teplo a jen nepatrná část, asi 1–2 % se mění na energii fotonů rentgenového záření. Anoda musí být intenzivně chlazena chladícím médiem (například transformátorový olej), vzduchem nebo rotací, při které se neustále mění místo dopadu elektronového svazku.

---

<sup>36</sup> ANONYM. *Wikipedie* [online]. [2021-11-03]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Wilhelm\\_Conrad\\_Röntgen](https://cs.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Conrad_Röntgen)

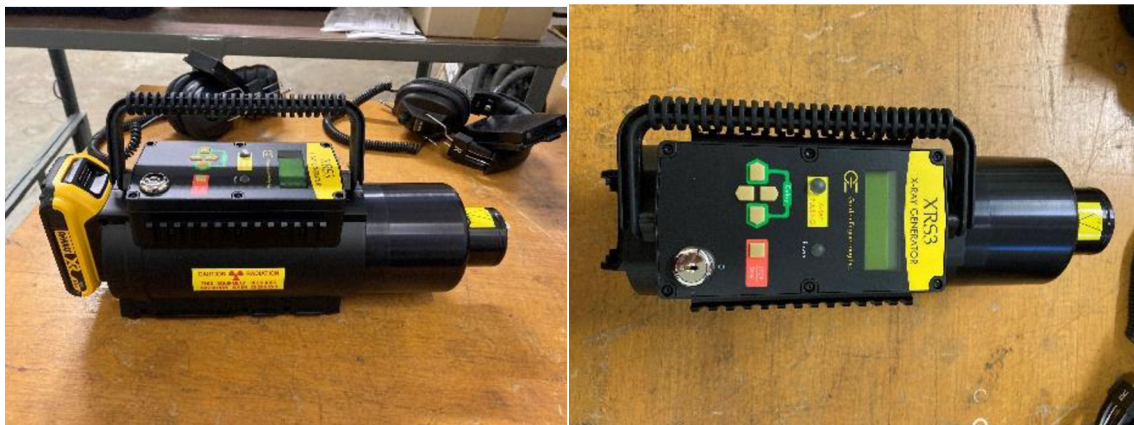
<sup>37</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.





Obr. 12 – Schéma rentgenky<sup>38</sup>

Rentgenky vloženy do speciálního krytu z hliníkových slitin válcového tvaru s vhodným stíněním se označují za rentgenový zářič. Kryt je zevnitř stíněn olověným plechem kvůli nežádoucímu pronikání záření do okolí, zajišťuje tak bezpečný provoz, ochranu rentgenky, odstínění záření v nežádoucím směru a elektrickou izolaci pro potřebné vysoké napětí.



Obr. 13 – Přenosný generátor rentgenového záření XRS-3 (foto autor)<sup>39</sup>

<sup>38</sup> ANONYM. *Wikimedia commons* [online]. [2021-10-02]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roentgen-Roehre.svg>

<sup>39</sup> Vlastní zdroj

## 2.3.2 Typy RTG záření

*„Intenzita rentgenového záření závisí na počtu elektronů dopadajících na anodu a reguluje se změnou proudu, kterým se žhává vlákno katody. Pronikavost záření se reguluje změnou velikosti napětí mezi katodou a anodou: záření je tím pronikavější, čím větší je napětí. Málo pronikavému záření se říká měkké, velmi pronikavé záření je tvrdé“<sup>40</sup>.*

### Brzdné záření

Elektrony letící vysokou rychlostí se dopadem na anodu prudce zbrzdí a jejich kinetická energie se přemění na energii fotonů elektromagnetického záření. Při tomto procesu jsou vyzařovány fotony o různých vlnových délkách. Čím více se elektron přiblíží k jádru atomu prvku materiálu, z něhož je tvořena anoda, a čím větší je jeho energie, tím větší je energie vznikajícího záření. Energie brzdného rentgenového záření závisí na rychlosti elektronů (tedy na velikosti napětí mezi elektrodami rentgenky). Toto záření se vyznačuje širokým spojitým energetickým spektrem, protože rychlost elektronů emitovaných katodou není jednotná. Brzdné RTG záření vytváří spojité spektrum.<sup>41</sup>

Elektrony ale mohou být urychleny i jiným způsobem než pouhým vystavením velmi vysokému napětí – v urychlovačích částic se dosahuje výrazně vyšších energií než u rentgenky a vznikající RTG záření je podstatně tvrdší.

### Charakteristické rentgenové záření

Jeho energie nezávisí na anodovém napětí, ale je dána materiálem anody. Při určitém minimálním anodovém napětí elektrony dopadající na anodu předávají svoji energii elektronům v atomech anody, tyto elektrony jsou vyraženy do vyšší energetické hladiny, nebo úplně ionizovány (vytrženy z obalu). Do takto vzniklých mezer pak „skáčou“ buď elektrony z vyšších energetických hladin anebo elektrony

---

<sup>40</sup> ANONYM. *Wikipedie* [online]. [2020-07-21]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Rentgenka>

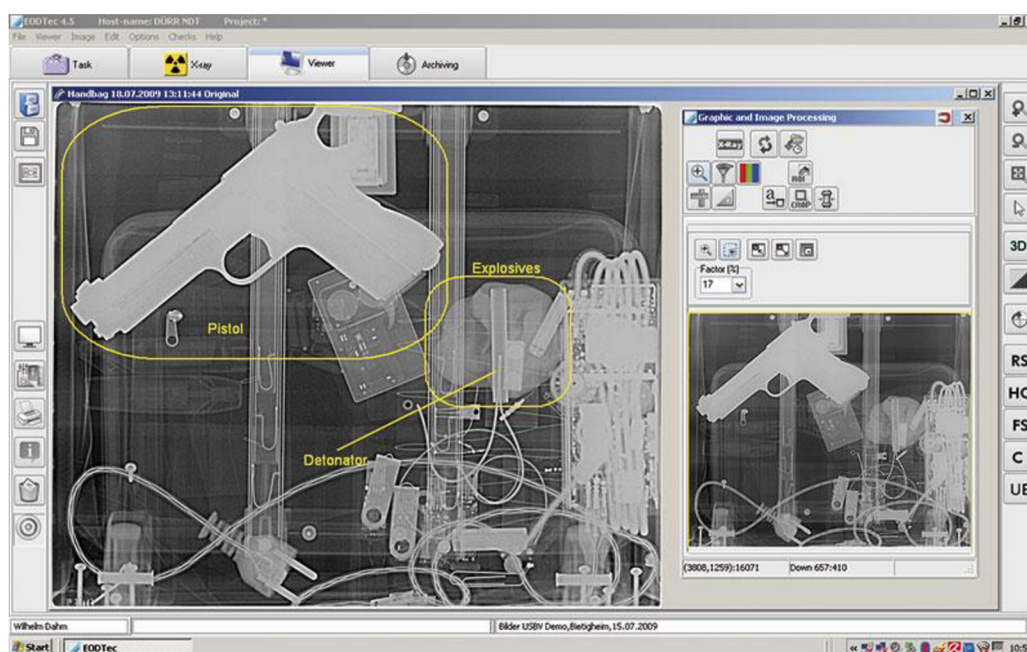
<sup>41</sup> ANONYM. *Wikiskripta* [online]. [2019-12-26]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Rentgenové\\_záření](https://www.wikiskripta.eu/w/Rentgenové_záření)

volné. Při obou variantách sestupu elektronu se uvolní značné množství energie ve formě RTG záření. Rozdíl energie je stále stejný, proto vzniká RTG záření pouze o určitých vlnových délkách charakteristických pro materiál anody. Získáme tedy RTG záření charakteristické pro určitý konkrétní prvek.<sup>42</sup>

## Comptonův rozptyl

*„Představuje děj, při kterém narazí foton rentgenového záření do elektronu atomu pevné látky, změní směr pohybu a pokračuje dál jako rozptýlené záření o větší vlnové délce, přičemž ztratí určitou část své energie. Čím více energie srážkou foton ztratí, tím větší bude jeho úhel odrazu. Počet fotonů se tedy nemění, pouze se rozptylují z původního směru“<sup>43</sup>.*

### 2.3.3 Detekční zařízení



Obr. 14 – Rentgenový snímek v programu EOD-TEC.<sup>44</sup>

<sup>42</sup> ULLMANN, Vojtěch. *Astronuklfyzika* [online]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm#2>

<sup>43</sup> ANONYM. *Wikiskripta* [online]. [2018-06-18]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Comptonův\\_rozptyl](https://www.wikiskripta.eu/w/Comptonův_rozptyl)

<sup>44</sup> ANONYM. *DÜRR NDT* [online]. Dostupné z: <https://www.duerr-ndt.com/products/security/cr-35-sec.html>

Převádí dopadající rentgenové záření na elektronický signál, který je následně v počítači upraven na televizní obraz. Dříve používané systémy využívaly k zobrazování polaroidní materiál nebo fluorescentní materiál. Dnes již nahrazeno digitální technologií, kde je výhodou podstatně větší dynamický rozsah, lepší kvalita a následná úprava obrazu, rychlejší získání obrazu a možnost vzdáleného přístupu.<sup>45</sup>

## Technologie nepřímé digitalizace

„CR, z anglického *Computed Radiography*, technologie využívá nepřímou konverzi, kdy po dopadu rentgenového záření na detekční folii je z folie po vložení do skeneru emitován světelný signál, který je následně převeden na elektrický signál a dál na obraz“<sup>46</sup>.



Obr. 15 – Zobrazovací folie a skener firmy DÜRR NDT.<sup>47</sup>

<sup>45</sup> SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.

<sup>46</sup> SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.

<sup>47</sup> ANONYM. *DÜRR NDT* [online]. Dostupné z: <https://www.duerr-ndt.com/products/computed-radiography/imaging-plates.html>

## Technologie přímé digitalizace

„DR, za anglického Digital Radiography, využívá k převedení záření na obraz zobrazovací panely, které mají buď fotovodivou vrstvu, která převádí energii fotonů přímo na elektrický náboj, nebo obsahují scintilační<sup>48</sup> médium, které převádí energii fotonů na světlo a následně pomocí fotodiod na elektrický náboj“<sup>49</sup>.



Obr. 16 – Přenosný rentgenový systém a zobrazovací panel FlashX PRO od firmy Vidisco<sup>50</sup>

## Mobilní detektor zpětného rozptylu (ruční rentgenový zobrazovač)

„Backscatter detektory nebo také detektory zpětného rozptylu jsou komplementární technologií k známější a široce rozšířené technice prozařovacích rentgenů, kde se vzorek prosvítí rentgenovým zářením a za zkoumaný předmět je umístěn panelový zobrazovač. Ten zobrazí s vysokým rozlišením vnitřní strukturu předmětu mezi zdrojem záření a panelem. Materiály silně absorbující rentgenové záření (kovy) jsou zobrazeny jako tmavá plocha. Výhodou je velmi detailní zobrazení (zejména kovů), nevýhodou to, že musí být možnost umístění panelu

<sup>48</sup> Scintilace je jev, při kterém vznikají slabé světelné záblesky.

<sup>49</sup> SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4

<sup>50</sup> ANONYM. *Spencer manufacturing* [online]. Dostupné z: <https://www.spencermfg.com/index.php/digital-systems/67-vidisco-flashx-pro-digital-radiography-system>

za předmět, delší doba přípravy a pomalejší kontrola u větších ploch. Backscatter detektory fungují opačně, rentgenový zdroj je umístěn v těle přístroje, ten vysílá rentgenové záření směrem ke skenovanému objektu, zpětně odražené záření od skenovaného předmětu je pak detekováno detektorem, který je také součástí přístroje.<sup>51</sup>



Obr. 17 – Ukázka práce s detektorem Videray<sup>52</sup>

Signál je zpracován na integrovaném počítači a na displeji je zobrazena vnitřní struktura objektu, ta se zobrazuje v reálném čase, pohybem detektoru je možné rychle skenovat větší plochy. V tomto případě jsou jako světlá plocha zobrazeny materiály s vysokou schopností rozptylovat rentgenové záření (plasty, drogy, trhaviny a další). Tyto přístroje jsou určeny především pro detekci narkotik, výbušnin, zbraní a kontrabandu (pašování peněz, léčiv, ...) v zásilkách, zavazadlech, vozidlech, letadlech, odpadových nádobách. Přístroje firmy Videray mohou kombinovat v jednom systému oba principy, backscatter detektor je možné doplnit i o panel pro prozařovací zobrazení a současně zaznamenat obraz zpětného rozptylu i obraz z prozáření objektu. Kvalita zobrazení a schopnost prozářit kovové materiály o větší tloušťce (zesílené

<sup>51</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2022-15-08]. Dostupné z: <http://www.rmi.cz/mobilni-inspekci-rentgen>

<sup>52</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2022-15-08]. Dostupné z: <http://www.rmi.cz/mobilni-inspekci-rentgen>

karoserie, tlakové nádoby, nádrže, trezory) je dána velikostí urychlovacího napětí (čím více, tím větší hloubka penetrace rentgenového záření), kvalitou/citlivostí detektoru (zachytí i slabé signály zpětného rozptylu) a velikostí detektoru (větší detektor zachytí větší část zkoumaného předmětu). Důležitá je i úroveň radiační ochrany obsluhy – čím je lepší, tím menší je ozáření obsluhy.

## PX ULTRA

Urychlovací napětí 160 keV a penetrační hloubka až 10 mm oceli (schopnost zobrazit objekt až za 10 mm oceli).



Obr. 18 – Backscatter detektor PX ULTRA<sup>53</sup>

<sup>53</sup> ANONYM. RMI.cz [online]. [2022-15-08]. Dostupné z: <http://www.rmi.cz/mobilni-inspekci-rentgen>

### 2.3.4 Bezpečnostní použití rentgenů

Dnešní rentgenové detektory se nejčastěji používají na letištích a všude tam, kde je potřeba provádět kontrolu zavazadel a balíků různých velikostí. Další využití je při rentgenování nákladních vozidel a lodních kontejnerů.

#### Rentgeny podle generací

Za rentgeny první generace můžeme považovat ty rentgeny, které nedokážou určit druh skenované látky. Jsou to například levnější pásové rentgeny a starší typy přenosných a stolních rentgenů. Rentgeny II. a III. generace dokážou alespoň orientačně určit druh skenovaných látek. Rentgeny II. generace využívají principu dvojí energie rentgenového záření. Princip spočívá ve využití dvou nízko-energetických rentgenových zářičů, a to každého s jinou vyzařovací energií. V praxi to pak vypadá, že pro látky s nižším protonovým číslem (výbušniny, plasty, drogy, papír) je převládajícím mechanismem Comptonův rozptyl. A pro látky s vyšším protonovým číslem (kovy) bude převládajícím fotoelektrický jev, a tudíž záření těmito látkami téměř neprojde. Tyto rentgenové detektory se využívají u dnešních moderních pásových rentgenů s využitím dvojnásobného počtu detekčních prvků oproti standardním detektorům. Metoda dual energy se však nevyužívá u menších rentgenů kvůli nákladnosti. Jejich barevné displeje (pokud obsahují) pouze přiřazují barvy odstínům šedi, tzv. pseudobarevné zobrazení. Na rozdíl od pásových klasických rentgenů s dual energy, přiřazují různé barvy látkám podle jejich protonového čísla. Významným nedostatkem těchto systémů je nerozlišitelnost zájmových látek, pokud jsou umístěny za jinou položkou. Tak může být výbušnina nesprávně identifikována jako neorganický nebo kovový objekt. U pásových rentgenů využívajících metody dual energy se také jako doplněk využívá Comptonova rozptylu. A to tak, že se na stranu zářiče rentgenových paprsků přidá i detekční panel který zachytává zpětně rozptýlené paprsky, které daleko intenzivněji zobrazují výbušniny, a může tak napomoci ke správnému vyhodnocení, pokud je za výbušninou umístěna kovová destička. Tyto detekční soustavy se umísťují z obou stran pásu, nicméně pokud budeme mít výbušninu umístěnou mezi dvěma, i poměrně tenkými vrstvami kovu, tak se nám



výsledně zobrazí pouze kovová destička. <sup>54</sup>Rentgeny I. a II. generace dokážou rozpoznat pouze dvě různé materiálové kategorie (maximálně tři – organické, anorganické, kovové). Navíc pouze z jednoho směru. To, jak praxe ukazuje, je nedostatečné. Řešení se nabízí v podobě rentgenů III. a vyšších generací, které bývají v automatických systémech vyhodnocování, kde se procentuálně jedná o přibližně 20 % objektů, u kterých musí obsluha rozhodovat. Stále mluvíme o rentgenech s pásovou dopravou. <sup>55</sup>

### **Rentgeny s počítačovou tomografií.**

Bezpečnostní rentgeny s CT (computed tomography) jsou odvozeny z rentgenů pro lékařské účely. Otáčejí se zcela kolem dokola skenovaného objektu a nastřádané obrazy pak počítač zpracuje. Na základě těchto dat můžeme určovat útlum rentgenového záření v jednotlivých pomyslných plošných vrstvách zkoumaného objektu. A tak můžeme odhadovat materiálovou hustotu označovanou jako CT hustota (v kg/m<sup>3</sup>). Zájmové výbušniny pak rentgen určuje na základě této CT hustoty (naměřené tabulkové hodnoty). Tento druh rentgenu dokáže vytvořit i trojrozměrný obraz zkoumaného předmětu s barevným odlišením zájmových materiálů. <sup>56</sup>

### **Rentgeny s dvojitou energií s přídavným kolmým skenováním.**

Tyto rentgeny využívají pořizování rentgenových obrazů objektu metodou dvojitou energie ze dvou navzájem kolmých směrů. Skládají se ze dvou rentgenových trubic o stejném napětí. Detekci záření zajišťuje zdvojená soustava detektorů. Takto vytvořená data pak zpracuje počítač, který vytvoří třídimenzionální model organických materiálů a automaticky identifikuje nebezpečné položky. případě podezřelého objektu v podobě výbušniny má obsluha k dispozici dva vzájemně

---

<sup>54</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

<sup>55</sup> Tamtéž

<sup>56</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

kolmé snímky s barevně označenou podezřelou oblastí. Tady bývá pak personální rozhodovací doba běžně 2 až 5 sekund na zavazadlo.<sup>57</sup>

### **Rentgeny s dvojí energií s vícečetní druhovou identifikací.**

Jedná se o způsob založený na počítačovém zpracování dat a vysoce přesném a stabilním zdroji rentgenového záření o dvou různých energiích (nazýváno true dual energy). Ve skutečnosti mají buď dva rentgenové systémy pracující s odlišnými energiemi záření, nebo jeden pulsní zdroj dodávající střídavě dvě různé energie záření. Počítač pak identifikuje nebezpečné položky na základě protonového čísla, velikosti, hustoty, hmotnosti apod. Tyto rentgeny se pak vyznačují vícečetní druhovou identifikací. Samy dokážou identifikovat výbušniny, některé bankovky, a barevně je dokážou odlišit od kovu a jiných materiálů (papír, textil, kůže). Prokazují se schopností identifikovat tyto zájmové položky i v přečpaném prostředí nebo značně stíněném jinými položkami. Existují ještě vylepšené systémy rentgenové detekce s využitím Comptonova zpětného rozptylu. Toto zvyšuje citlivost systému na tenké položky ze zájmových materiálů. Personální rozhodovací doba bývá opět 2 až 5 sekund.<sup>58</sup>

### **Bezpečnost a ochrana zdraví**

Rentgenové systémy podléhají zákonům a normám, které jsou platné na území jejich používání. V této práci je zpracován výčet předpisů platných pro Českou republiku.

Všechna rentgenová zařízení podléhají schválení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (dále jen „SÚJB“). Nezáleží na tom, zda jsou využívána k průmyslovému, lékařskému použití nebo i letištní bezpečnostní službou a službou ochrany jiných důležitých objektů. Koncový uživatel má vždy povinnost

---

<sup>57</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

<sup>58</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

uvědomit úřad o svém záměru rentgenový systém používat, a to na základě zákona číslo 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů a dalších příslušných prováděcích vyhlášek a nařízení SÚJB. Dále pak musí být u rentgenů zajištěny pravidelné revize a servisní prohlídky a také měření rentgenového (dále jen „RTG“) záření. Každý přístroj musí procházet minimálně jednou ročně (v některých případech je to i dvakrát ročně), servisní prohlídkou prováděnou specializovanou firmou. Taková firma musí mít samozřejmě k této servisní činnosti povolení SÚJB. Součástí servisní kontroly je i dozimetrické měření a ověřování ochranných a stínících parametrů přístrojů a jsou o nich vedeny detailní záznamy.

Zákon č. 262/2006, zákoník práce ve znění pozdějších předpisů. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci (dále jen „BOZP“) Hovoří o povinnosti každého zaměstnavatele zabezpečit bezpečnost a ochranu zdraví při práci, a to i při použití rentgenů, neboť jedním z cílů při dodržování bezpečnosti práce je i dodržení bezpečnosti technických zařízení, se kterými při práci zaměstnanec přichází do styku. Řadí se sem i povinnost zaměstnavatele zajistit zaměstnancům školení o právních a ostatních předpisech souvisejících s BOZP. Dále pak je zaměstnavatel podle zákoníku práce povinen znalosti zaměstnanců z oblasti BOZP pravidelně ověřovat, a především důsledně vyžadovat a kontrolovat dodržování těchto předpisů. Na druhou stranu i samotní vlastníci kontrolovaných předmětů mají obavy nejen o to, aby při průchodu kontrolovaného předmětu rentgenem nedošlo k znehodnocení obsahu RTG záření, ale především, aby záření nemělo vliv na jejich zdraví. Pásový rentgen je schopen „prosvítit“ i ocel o tloušťce 20 mm a některé, využívané například ke kontrole lodních kontejnerů, i 50 mm. U moderních rentgenů tato obava není relevantní, neboť celková dávka, při jednom průchodu zavazadla pásovým rentgenem, je vzhledem k nízké intenzitě ozáření dosti malá, menší než cca 0,1 mR (1  $\mu$ Sv). Vedlejší vyzařování do okolí nepřesahuje 0,5 mR/h, typická je ale menší hodnota (cca 0,1 mR/h, naměřená 5 cm od povrchu skříně přístroje).<sup>59</sup>

---

<sup>59</sup> TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

*„Limity pro radiační pracovníky*

*(1) Limity pro radiační pracovníky jsou*

*a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků,*

*b) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 50 mSv za kalendářní rok,*

*c) pro ekvivalentní dávku v oční čočce hodnota 150 mSv za kalendářní rok,*

*d) pro průměrnou ekvivalentní dávku v 1 cm<sup>2</sup> kůže hodnota 500 mSv za kalendářní rok,*

*e) pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky hodnota 500 mSv za kalendářní rok.*

*(2) Limity pro radiační pracovníky se vztahují na profesní ozáření, tj. na ozáření, kterému jsou vystaveni v přímém vztahu k vykonávané práci radiační pracovníci.*

*(3) Limity pro radiační pracovníky se vztahují na součet dávek ze všech cest ozáření a při všech pracovních činnostech, které radiační pracovník vykonává u jednoho nebo souběžně u více držitelů povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření, nebo které vykonává také jako samostatný držitel povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření.“<sup>60</sup>*

Většina těchto dokumentů odkazuje na zodpovědnost zaměstnavatele za své podřízené, kteří přicházejí s těmito systémy do styku. Koncový uživatel je povinen požádat o licenci a získat schválení k provozu. Dále pak musí zařízení, které bylo převezeno nebo významně upraveno podstoupit zkoušku úspěšnosti nové instalace. Při této zkoušce asistuje školitel radiační ochrany, který je jmenován dodavatelem, nebo přímo odběratelem. Zaměstnavatel je také povinen určit jednoho nebo několik zaměstnanců jako dozor radiační ochrany, která pak zajišťuje soulad s celkovými požadavky. Takto vybraní zaměstnanci pak přebírají jménem zaměstnavatele veškerou odpovědnost za relevantní procedury, které

---

<sup>60</sup> Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně č. 307/2002 Sb. § 20, *Limity pro radiační pracovníky*

jsou popsané v místních předpisech, které je povinen zaměstnavatel sestavit tak, aby zabezpečil, že všichni, kteří budou rentgenové systémy ovládat, byli náležitě seznámeni s jeho funkcemi a provozem. V neposlední řadě je zaměstnavatel povinen zajišťovat pravidelné kontroly a dodržovat tak bezpečnostní procedury nutné k zabezpečení provozu zařízení, zvláště pak týkající se odstínění RTG záření a další. Tyto předpisy jsou přísnější než v jiných zemích.

Jedním z výchozích dokumentů regulujících jejich používání je NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY EVROPSKÉHO SPOLEČENSTVÍ (dále jen „ES“) č. 300/2008 ze dne 11. března 2008 o společných pravidlech v oblasti ochrany civilního letectví před protiprávními činy a o zrušení nařízení ES č. 232/2002. Cílem tohoto nařízení je vytvořit společná pravidla pro ochranu civilního letectví (dále jen „CL“) před protiprávními činy. Na základě tohoto nařízení si každý členský stát vytváří svůj národní bezpečnostní program ochrany civilního letectví před protiprávními činy. Každý provozovatel letiště vypracovává vlastní bezpečnostní program letiště a každý tzv. subjekt aplikující normy ochrany civilního letectví před protiprávními činy bezpečnostní program subjektu. Nařízení vymezuje pojmy spojené s ochranou CL a stanovuje kromě jiného obecná opatření týkající se detekčních kontrol a kategorií předmětů, které mohou být zakázány, jejich seznam a požadavky na detekční kontrolu i na postupy při jejím provádění, technické specifikace, postupy pro schvalování a používání bezpečnostního vybavení. Nařízení také umožňuje zavádět nové technologie ke zvýšení ochrany CL. V příloze pak stanovuje společné základní normy týkající se bezpečnosti letiště, letadel a pravidla a postupy při detekčních kontrolách jak cestujících, tak jejich kabinových i zapsaných zavazadel, včetně detekční kontroly nákladu a pošty. Neméně důležité je i NAŘÍZENÍ KOMISE EVROPSKÉ UNIE (dále jen „EU“) č. 1998/2015 ze dne 5. listopadu 2015 kterým se stanoví prováděcí opatření ke společným základním normám letecké bezpečnosti. Tento dokument stanovuje prováděcí opatření k výše zmiňovanému nařízení parlamentu a rady č. 300/2008 a mimo jiné podrobněji specifikuje detekční kontroly osob i vnášených předmětů do zabezpečené zóny. Uvádí rentgen jako jeden z prostředků, které lze použítých během detekční kontroly, dále pak postupy při kontrolách, jejich pravidla a povinnosti pracovníků tzv. operátorů, které rentgen obsluhují. V neposlední řadě

stanovuje požadavky na tyto pracovníky a požadavky na bezpečnostní vybavení, včetně obecných zásad obrazového promítání nebezpečných předmětů.

Národní bezpečnostní program ochrany CL České republiky před protiprávními činy byl zpracován mimo jiné na základě výše jmenovaných nařízení. Kromě výkladu pojmů, specifikace jednotlivých bezpečnostních a detekčních kontrol, včetně jejich pravidel obsahuje také požadavky, které musí rentgeny na letištích splňovat. RTG záření musí vykazovat nezbytnou rozlišovací schopnost, průnik a selektivitu detekce. Dále se jedná především o požadavky na zobrazení jednotlivých snímků, včetně minimální doby zobrazení snímku na obrazovce, což musí být minimálně 9 sekund, aby měla obsluha možnost obraz vyhodnotit. Obsluha musí mít možnost dopravníkový pás zastavit, popřípadě zapnout zpětný chod, je-li potřeba opakovat kontrolu. Obraz každého předmětu musí být přitom úplný a nedeformovaný. Pokud má rentgen dva a více monitorů, může být pouze jeden z nich jednobarevný. Na dopravníkovém pásu musí být značky, které označují, kde má být zavazadlo umístěno s cílem získat optimální zobrazení a další ustanovení týkající se detekčních kontrol. Z hlediska školení a výcviku obsahuje kritéria a požadavky pro výběr budoucích operátorů, ustanovení ohledně zkoušek a specifikaci jednotlivých odborných příprav.

## Závěr

Cílem práce bylo provedení rešerše teoretických zdrojů, což bylo komplikovanější než u jiných témat, neboť prameny, ze kterých by se dala čerpat kvalitní fakta, byly značně omezené. Velká část literatury na toto téma je z pochopitelných bezpečnostních důvodů stažena z trhu a přístup k nim je značně omezen. Bylo popsáno rozdělení výbušnin, jejich vlastnosti a nebezpečí jejich zneužití pro teroristické útoky. Práce zmiňuje jednotlivé detekční technologie používané v komerčních detektorech výbušnin, které slouží k jejich vyhledávání, zajišťování a identifikaci. Škála využití se u každého detekčního prostředku liší a je nadaném specialistovi, aby rozhodl, kterou techniku na konkrétní případ využije. Dále se snažila zaměřit také na bezpečnostní využití rentgenu. Jednotlivé principy detekcí, se pak prolínají navzájem, a utvářejí komplexní systém určený na širokou škálu nebezpečných a jinak relevantních látek jako drogy, včetně výbušnin. V druhé kapitole je pak uvedeno několik představitelů jednotlivých detekčních principů v ručním i v nepřenosném provedení. Nakonec jsou pak shrnuty současné trendy v oblasti detekce výbušnin. V současnosti je vidět, že se dostávají do komerčního zpracování metody dříve zkoumané, takže je vidět podstatný krok kupředu, hlavně díky miniaturizaci technologií a materiálnímu inženýrství se dostávají metody dříve využitelné pouze v laboratořích do komerčních detektorů. V neposlední řadě však stále zůstávají i cvičení psi jako jeden z neúčinnějších detektorů výbušnin a drog vůbec.

Práce také čtenáře seznamuje s používáním NVS jako nástroje pro páchání trestné činnosti. Nález podezřelého předmětu je za každých okolností mimořádnou událostí, jejíž řešení nesnese odkladu a vyžaduje specifický přístup jak ze strany nálezce, tak ze strany integrovaného záchranného systému. Naštěstí jdou nové technologie prevenci a minimalizaci škod stále naproti. NVS je zkratka pro globální hrozbu spojenou s terorismem, hrůzou, strachem, násilím a utrpením. Tyto systémy jsou stále frekventovaněji používanou zbraní. Možnost kombinace NVS s biologickými, chemickými či radiologickými látkami pak na mezinárodním poli nutí státy vynakládat nemalé prostředky na prevenci takovýchto hrozeb. Výbušnina může mít mnoho podob od snadno rozeznatelné nevybuchlé vojenské

munice po nástražný výbušný systém skrytého charakteru, jehož zákeřnost tkví v tom, že může mít podobu věci denního používání a na první pohled nepůsobí nikterak podezřele.

Zároveň je nezbytné připomenout, že povolání pyrotechnika je spojeno s opakovaným hrozícím nebezpečím pro jeho život i zdraví, a proto se práce dále věnovala prostředkům ochrany pyrotechnika, a to konkrétně pyrotechnickému ochrannému obleku, což je současný a nejmodernější oblek MED-ENG EOD 10 využívaný pyrotechniky PČR a AČR, roboti firmy TELEROB i takzvaný „odstupný“ manipulátor. Technické vybavení je u pyrotechnické služby na velmi dobré úrovni i v celosvětovém měřítku, stále se nakupují nové prostředky, které pyrotechnikům usnadňují jejich nelehkou úlohu na pomyslném bitevním poli.



# Seznam použité literatury

## Monografie:

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4

TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II. - Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: PA ČR, 1998. ISBN 80-85981-81-5.

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

TUREČEK, Jaroslav. *Policejní pyrotechnika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2014. ISBN 978-80-7380-510-4-

## Zákonná úprava

Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně č. 307/2002 Sb. § 20, *Limity pro radiační pracovníky*

Publications Office. *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 98/2013* [online]. [cit.2013-02-06]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0098&from=NL>

Publications Office. *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 2019/1148* [online]. [cit.2019-07-10]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32019R1148>

## Webové stránky a elektronické zdroje:

ANONYM. RMI [online]. Dostupné z: <http://www.rmi.cz/>

ANONYM. Spencer manufacturing [online]. Dostupné z: <https://www.spencermfg.com/>

ANONYM. DÜRR NDT [online]. Dostupné z: <https://www.duerr-ndt.com>

ANONYM. NIDES [online]. Dostupné z: <https://www.nides.cz>

ANONYM. Pubhtml5 [online]. Dostupné z: <https://pubhtml5.com>

ANONYM. Elp-gmbh [online]. Dostupné z: <https://www.elp-gmbh.com>

I.C.A.O. CONVENTION ON THE MARKING OF PLASTIC EXPLOSIVES FOR THE PURPOSE OF DETECTION [online]. [cit.2019-04-10]. Dostupné z: [https://www.icao.int/secretariat/legal/List%20of%20Parties/MEX\\_EN.pdf](https://www.icao.int/secretariat/legal/List%20of%20Parties/MEX_EN.pdf)

ANONYM. Výzkumný ústav průmyslové chemie [online]. [cit.2019-06-18]. Dostupné z: <https://explosia.cz/app/uploads/2019/06/65VUPCH-p1ENk.pdf>

ANONYM. Wikipedia [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org>

ANONYM. EOD BUYERS GUIDE [online]. [2019-06-05]. Dostupné z: <https://www.eodbuyersguide.com>