JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA

Výbušniny – výukový materiál pro studenty oboru ochrana obyvatelstva

Bakalářská práce

Autor: Jan Kříž

Vedoucí práce: JUDr. Luboš Turek

2010

Explosives - Teaching Material for Students Studying the Specialization in Protection of the Population.

I focused my work as to become a comprehensive material about explosives. There are a brief history and the presence of explosives in our neighborhood described in my thesis. Furthermore, there are divided and described particular tips of explosions and the effects of explosions on the surrounding environment are explained. I have described the elementary separation of explosives and their use. It also includes the problematic issue of home-produced explosives. The next chapter turns to trap explosive systems which have been used now for terrorist attacks or for committing serious crime. Given that, in the Czech Republic there still is a large amount of ammunition and war munitions left behind by the Soviet army here – in my work, there it is explained what ammunition is, what places we could come accross it, and what risks have resulted from that all for the public. In conclusion, I cite the legislation and regulations that relate to the use of explosives.

All the work I focused as to be a teaching tool that is primarily aimed at students who study a specialization concerning the protection of population, it is for the employees of the "IZS" (Integrated Emergency System) units and for the staff of crisis management. The textbooks may be also well used by students of other directions and specializations who wish to broaden their knowledge on this given problematic issue. This work stems from the fact that in cases of emergencies related to explosives (found munitions, accidents, an explosion, a terrorist attack), the "IZS" units arrive at the place as the first ones, who do their best to save human lives and health, and seeks to minimize any damages to the property. Therefore they enter into the places where they themselves can be at a risk of landmines, unexploded and still charged remnants of munitions, improvised explosive substances or thrown munitions. The professional orientation and depth of my work I have chosen so as to embrace the whole problematic issue of explosives for the use of the "IZS" units and for the use of the crisis management.

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zdravotně sociální fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 6. května 2010 ….…….

Jan Kříž

Poděkování

Chci touto cestou poděkovat panu JUDr. Lubošovi Turkovi za odborné vedení při zpracování této bakalářské práce.

Obsah

ÚVOD 7

1 SOUČASNÝ STAV 8

2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY 9

3 METODIKA 9

4 VÝSLEDKY 10

4.1 Historie výbušnin 10

4.2 Výbuch 12

4.2.1 Základní rozdělení výbuchů 13

4.2.2 Mechanický výbuch 13

4.2.3 Elektrický výbuch 13

4.2.4 Chemický výbuch 14

4.2.5 Nukleární výbuch 14

4.3 Účinky výbušnin 15

4.3.1 Tlaková vlna 16

4.3.2 Střepinový (fragmentační) účinek 18

4.3.3 Tepelný (zápalný) účinek 19

4.3.4 Zvukový efekt 19

4.3.5 Seismický účinek 19

4.3.6 Vznik toxických plynů 20

4.4 Výbušniny 20

4.4.1 Vlastnosti výbušnin 20

4.4.2 Dělení výbušnin 23

4.4.3 Trhaviny 24

4.4.4 Třaskaviny 29

4.4.5 Střeliviny 30

4.4.6 Pyrotechnické složе 32

4.4.7 Podomácku vyráběné výbušniny 33
4.5 Nástražné výbušné systémy 37
4.5.1 Konstrukce nástražného výbušného systému 37
4.5.2 Dělení výbušných systémů podle cílů sledovaných útočníkem 39
4.6 Munice 40
4.6.1 Rozdělení munice 42
4.6.2 Ničení munice 43
4.6.3 Nežádoucí jevy při výbuchu a omezení jejich účinku 44
4.7 Právní předpisy na úseku výbušnin 50
5 DISKUZE 53
6 ZÁVĚR 57
7 KLÍČOVÁ SLOVA 58
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 59
9 PŘÍLOHY 61

ÚVOD

V současné době žijeme ve světě, který prochází velmi rychlými a převratnými změnami. Tyto změny zaznamenáváme jak v oblasti společenských a mezinárodních vztahů, tak i v oblasti velice rychlého technického a společenského rozvoje. Tyto změny s sebou zcela pochopitelně přinášejí vznik zcela nových situací a hrozeb. Zde jsme svědky vážných problémů, zejména mezinárodního terorismu a závažné trestné činnosti. Zároveň je zde i určitá zátěž, která vyplývá z naší historie poznamenané světovými válkami. Jedním ze společných jmenovatelů těchto problémů jsou výbušniny. V celosvětovém měřítku jsou právě výbušniny nejčastěji používány k teroristickým útokům. Tyto útoky mají na svědomí nejvíce obětí na lidských životech. Důvodem je poměrně snadná dostupnost výbušnin, velký účinek na cílový objekt, velice těžká identifikace původu výbušniny a pachatele útoku. Z dob světových válek a působení cizích armád se zde stále nachází vojenská munice, u které však ani značný časový odstup nic neubral na její nebezpečnosti. To se zcela logicky promítá i do práce bezpečnostních orgánů státu, orgánů krizového řízení a orgánů státní správy. Z těchto důvodů jsem na toto téma zaměřil svoji bakalářskou práci.

Cílem této práce je vypracovat ucelený výukový materiál o výbušninách, který bude svojí hloubkou a rozsahem odpovídat znalostem pro potřeby krizového řízení a řešení mimořádných událostí spojených s přítomností výbušnin. Vycházím přitom ze skutečnosti, že na takto postižené místo nejdříve vstupují složky IZS, jejichž hlavním cílem je záchrana lidských životů a minimalizace škod na majetku. Poznatky z této práce by měly přispět k pochopení jevů, které již v místě výbuchu proběhly, nebo v prostoru ohroženém výbuchem hrozí. Zároveň bude možno podle obecných charakteristických rysů identifikovat nebezpečné předměty, odvodit z toho míru hrozícího rizika a učinit vhodná opatření k ochraně zasahujících složek IZS a okolního obyvatelstva do příjezdu specialistů pyrotechnické služby Policie České republiky s potřebným vybavením.

1 SOUČASNÝ STAV

S výbušninami, municí, výbušnými prostředky nebo výbušnými předměty se můžeme setkat v našem každodenním životě, aniž si to vlastně uvědomujeme, jsou součástí dnešní doby. Používají se při dobývání nerostů v lomech a dolech, při budování dopravních staveb, v kovoprůmyslu ke tváření kovů, ve výzkumných ústavech. Výbušniny jsou ve výzbroji ozbrojených složek České republiky. Při povodních mohou být výbušniny použity k odstřelu bariér na vodních tocích, nebo potopení plovoucích těles na rozvodněných řekách. V České republice jsou výbušniny a různé výbušné prostředky vyráběny a zároveň jsou zde firmy zabývající se delaborcí a likvidací vyřazené vojenské munice. To se neobejde bez přepravy a skladování. Do výbušnin řadíme i zábavnou pyrotechniku, která se používá k vytváření světelných a zvukových efektů při ohňostrojích.

Na území České republiky se stále nachází velké množství vojenské munice z dob světových válek. Zvláště častý je výskyt munice z období 2. světové války, zejména v místech bojových operací, místech spojeneckých náletů na průmyslové aglomerace nebo v místech kapitulace německých vojsk. V některých lokalitách se nachází i munice z 1. světové války. Jsou však známy i nálezy osmilibrových granátů z dob prusko-rakouské války. Dalšími místy, kde se můžeme setkat s vojenskou municí, jsou území obývaná v minulosti vojsky Sovětské armády, zejména Milovice a Ralsko. Za určitých okolností se s vojenskou municí mohou setkat i turisté, kteří cestují do zemí bývalé Jugoslávie a nerespektují výstražné tabule, upozorňující na minové pole. S rozvojem informačních technologií a internetu stoupá snadná dostupnost návodů a informací na domácí výrobu výbušnin. Výbušniny jsou zneužívány k páchání kriminální trestné činnosti a k provádění teroristických útoků. V celosvětovém měřítku jsou nejčetnější teroristické útoky provedené pomocí výbušnin, a zároveň mají tyto útoky na svědomí nejvíce obětí na lidských životech. Na takto zasažených místech zasahují složky IZS s cílem záchrany životů a zdraví osob. Záchranáři vstupují na místo výbuchu a přitom jsou ohroženi možnou přítomností nevybuchlých zbytků nálože, rozhozenou municí apod. [11]

2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

2.1 Cíl práce

Vypracovat výukový materiál o výbušninách, který bude svoji hloubkou odpovídat potřebám IZS a krizového řízení pro případy řešení mimořádných událostí spojených s výbušninami.

2.2 Hypotéza

Potřeba vytvoření uceleného výukového materiálu pro studenty oboru ochrana obyvatelstva.

3 METODIKA

Systém metodiky práce

Metodika mé práce spočívala zejména ve shromažďování informací z odborné literatury, z mých pracovních poznámek, odborných konzultací s českými ale i zahraničními kolegy, právních norem České republiky a internetových stránek.

Metodika práce

Základní metodiky využívané pro psaní práce byly:

Jednotlivé podklady z odborné literatury, soustředění písemných podkladů z předpisů a interních norem. Dále moje odborná specializace v zaměstnání, kde se zabývám problematikou výbušnin. Zde jsem čerpal z mých teoretických i praktických znalostí a zkušeností.

Informace z dané tématiky jsem vybral tak, aby k nim byl možný veřejný přístup bez nutnosti utajení.

4 VÝSLEDKY

4.1 Historie výbušnin

Historicky přesných okolností, za jakých výbušniny vznikly, se dnes již těžko dopátráme. Z různých historických pramenů však vyplývá, že nejstarší známou výbušninou je černý střelný prach používaný ve staré Číně již v době před naším letopočtem. Podložené údaje jsou dochovány teprve z 12. století, kdy se vyráběl černý prach přibližně o stejném složení, v jakém se používá i v současnosti. V prvopočátcích byl používán na tvorbu ohňostrojů ke slavnostním účelům, následně se jeho použití rozšířilo do vojenství a k trhacím pracím. V té době byl prach vyráběn značně primitivním způsobem v tzv. prašných mlýnech. V 70-80 letech 18. století francouzští chemici A.Lavoasier a K.Berthollet popsali výbušné vlastnosti směsí obsahující chlorečnan draselný (nazvaný Bertolletova sůl) s organickými látkami. Velká exploze továrny na výrobu těchto výbušnin odsunula další výzkum a praktické použití na mnoho let. Ve stejném období byla objevena třaskavá rtuť, ale černý prach i nadále zůstával jedinou používanou výbušninou. K jeho zapalování sloužily různé nespolehlivé sirné šňůry, stébla a trubičky plněné prachem. Teprve v roce 1831 sestrojil Angličan Bickford první zápalnici plněnou prachovou duší. Tento vynález znamenal již značný pokrok. V roce 1771 P. Bulforn poprvé syntetizoval trinitrofenol (kyselina pikrová), výbušné vlastnosti kyseliny pikrové byly objeveny až o sto let později G.Sprenglem.

V době, kdy byla výroba a používání černého prach přivedena skoro k nejvyšší dokonalosti, francouzský chemik H. Braconnot učinil v roce 1832 objev, který se stal základem netušeného převratu a rozmachu ve vývoji a výrobě výbušnin. V tomto roce totiž pokusně rozpouštěl látky jako škrob, dřevěná vlákna apod. v koncentrované kyselině dusičné, a z roztoků získával hořlavou a takřka beze zbytku se spalující látku, kterou pojmenoval xyloidin. Basilejský profesor C. F. Schonbern, který zkoušel účinky kyseliny dusičné na bavlnu, za přítomnosti koncentrované kyseliny sírové zjistil, že takto vzniklá látka má vlastnosti a charakter výbušniny, která je schopná svými účinky nahradit střelný prach. Nazval ji střelnou bavlnou. V roce 1875 pak želatinuje Nobel

střelnou bavlnu nitroglycerinem a získává trhací želatinu. Počínaje rokem 1884 se tak začíná vyrábět bezdýmný prach.

Novodobá historie výroby moderních, daleko výkonnějších druhů trhavin byla zahájena díky náhodě. Podařilo se to Alfrédu Nobelovi. Používaný nitroglycerin byl a do současné doby je, díky svým vlastnostem, vysoce nebezpečnou látkou. Pro potřeby dopravy se tehdy plnil do skleněných lahví, které se ukládaly a přepravovaly v bednách se silnou vrstvou infuzoriové hlinky. Když se jednou takto balená lahev rozbila, vytekl její obsah a vsákl se do hlinky. Vznikla kašovitá hmota, která byla plastická a absorbovala velmi dobře nitroglycerin. Nebyla však již tak citlivá na mechanické podněty a tím se zvýšila i bezpečnost při manipulaci. V téže době pak přišel Nobel na myšlenku aplikovat při roznětu dynamitu již asi 50 let známou fulminátovou roznětku. Podstatně zvýšil její náplň a vytvořil tak první rozbušku. Po objasnění jevu detonace a jeho příčin následovalo období rychlého vývoje výbušinářského odvětví. V roce 1863 I. Bilbrant poprvé připravil trinitrotoluen (TNT), v roce 1887 získal K. Martens tetryl. Roku 1879 Lenc vyrobil hexogen a v roce 1890 T.Kurcius azid olovnatý. Tollen a Vigan r.1894 připravili pentrit. Oktogen byl objeven až roku 1941 jako vedlejší produkt při výrobě hexogenu.

V 70. letech minulého století byly studovány výbušné vlastnosti směsí bezvodé kyseliny dusičné s uhlovodíky. Těchto směsí se začalo používat ve vojenství, ale pro svou složitost aplikace se neujaly. Výbušné vlastnosti dusičnanu amonného s organickými látkami a nitroderiváty byly objeveny již r. 1867 I. Olsenem. Jejich praktické použití bylo vytlačeno masivním používáním dynamitů. První a zřejmě nejznámější trhavinou obsahující ledek amonný byl ruský hromobij objevený r. 1886. Jednalo se o směs dusičnanu amonného s pikrátem amonným. Poté následoval prudký vzestup zájmu o tyto směsi. Byly zkoušeny směsi NH_4NO_3 se všemi známými nitrolátkami. Takto byly popsány vlastnosti ammonledkových trhavin. Až do r. 1960 činil objem výroby amonledkových trhavin 10-20%. V 50. letech se začali používat jednoduché kompozice NH_4NO_3/minerální olej/hliník pod názvy Dynamon 12 a Nitrex.

Vývoj výbušnin ve vojenství byl ovlivněn především 2. světovou válkou. V tomto období vzniklo množství výbušnin, jež se používají dodnes. U vojenských výbušnin jsou kladeny nároky na vysokou stabilitu, bezpečnost a účinek. Těmto kritériím vyhovuje většina aromatických nitrolátek a daleko menší množství esterů kyseliny dusičné a nitroaminů. Nejčastěji používanou výbušninou je dobře známý Trinitrotoluen, (zkr. tritol nebo TNT). Čistý tritol se používá jen minimálně, jeho nízká teplota tání však umožňuje přípravu náloží litím. Výhodou litých trhavin je především snadnost jejich výroby bez použití vysokých lisovacích tlaků. Samotný tritol není příliš výkonnou trhavinou, a proto se kombinuje s pentritem, texogenem, tetrylem, oktogenem (Pentolit, Hexolit, Tetritol, Oktol) a spoustou dalších výbušnin. Pro některé citlivé trhaviny se zároveň využívá jako flegmatizátor. Výhodné vlastnosti mají také směsi tritolu s dusičnanem amonným (Amatoly). Plastické trhaviny se ve vojenství začaly používat mnohem později a v menší míře. Nitroglycerinové plastické trhaviny zde byly zavrhnuty pro svou vysokou citlivost a nízkou stabilitu. Mezi prvními plastickými trhavinami byly směsi práškového tritolu s kapalnými nitrolátkami. Směs však byla příliš málo citlivá a výkon také nebyl nijak veliký. Průlom nastal až používáním Hexogenu, Oktogenu a Pentritu plastifikovaného vazelínou a olejem [8].

4.2 Výbuch

Výbuch je rychlý fyzikální nebo fyzikálně-chemický děj, který vede k náhlému uvolnění energie. Při výbuchu dochází k okamžitému porušení rovnovážného stavu určitého hmotného systému, přičemž přechod látky nebo soustavy látek z jednoho rovnovážného stavu do nového probíhá velmi rychle, za současné přeměny jejich vnitřní energie na mechanickou práci, která se projevuje rozrušením nebo roztříštěním okolí nebo pohybem jiného druhu. V místě výbuchu dochází k náhlému vzrůstu tlaku. Mechanickou práci výbuchu na okolí konají prudce se rozpínající stlačené plyny. Výbuch je obvykle provázen zvukovým, tepelným a světelným efektem [13].

4.2.1 Základní rozdělení výbuchů

- mechanický výbuch
- chemický výbuch
- elektrický
- nukleární výbuch

4.2.2 mechanický výbuch

Mechanický výbuch se může projevit jako exploze nebo imploze. Nejvýznamnější fyzikální výbuchy jsou ty, které jsou způsobeny stlačeným plynem, jehož nádoba se náhle roztrhne. Např. tehdy, když se uzavřený systém zahřeje na příliš vysokou teplotu a tlak plynu právě překročí pevnost stěn obalu. Stejného původu jsou výbuchy nádob, které obsahují kapalinu při takové teplotě, kdy tlak její nasycené páry je podstatně vyšší, než atmosférický. Např. výbuch parního kotle, který je způsoben rychlým přechodem přehřáté vody z kapalného skupenství do plynného a malou pevností stěn kotle. Uvedené případy fyzikálních výbuchy se projevují jako exploze, tj. výbuch způsoben uvolněním přetlaku. Opakem exploze z tohoto hlediska je imploze, tj. výbuch způsobený uvolněním podtlaku (nebo vnějším přetlakem). Např. výbuchy vakuových nádob, žárovek apod. [13].

4.2.3 elektrický výbuch

Elektrický výbuch je výbuch založen na rychlé přeměně elektrické energie v energii tepelnou a mechanickou. Např. výbuch způsobený plynem zahřátým ve velmi krátké době průchodem elektrické jiskry (elektrickým výbojem), blesk - výbuch velké intenzity vyvolaný výbojem atmosférické elektřiny [13].

Mechanický a elektrický výbuch nazýváme také jako výbuchy fyzikální. Fyzikálního výbuchu se používá v technické praxi k trhání v uhelných dolech s nebezpečným prostředím. Tento způsob nazýváme bezplamenné trhání [13].

4.2.4 chemický výbuch

Chemický výbuch způsobuje extrémně rychlá chemická reakce, při které dochází k rychlé změně skupenství tekuté nebo pevné chemické látky na skupenství plynné. Celý proces této proměny trvá velice krátký časový úsek, řadově setiny vteřiny, doprovázeny značně vysokými teplotami, tlakem, světelným a zvukovým efektem. Plynné zplodiny se teplem ohřejí na vysokou teplotu, tím dosáhnou v místě výbuchu vysokého tlaku a svou expanzí konají ničivou mechanickou práci. Látky schopné uvedené chemické přeměny se nazývají výbušninami. Chemický výbuch může probíhat různou rychlostí v závislosti na okolních podmínkách. Tato rychlost se stává charakteristickou vlastností výbušné přeměny. Podle rychlosti, jakou se reakce šíří ve hmotě výbušniny, rozlišujeme dva základní typy chemického výbuchu [8,13]:

Výbuchové (explosivní) hoření je chemický výbuch, jehož rychlost šíření je menší než rychlost zvuku. Detonační vlna ve výbušnině nevzniká. Rychlost explozivního hoření se pohybuje řádově ve stovkách metrů za sekundu. (do 1000 $m.s^{-1}$)

Detonace je chemický výbuch, při kterém vzniká ve výbušnině detonační vlna, pohybující se výbušnou rychlostí větší, než je rychlost zvuku, řádově několik tisíc metrů za sekundu. (1000 až 9000$m.s^{-1}$)

4.2.5 Nukleární výbuch

Nukleární výbuch je založený na principu neřízené řetězové reakce jader těžkých prvků. Nukleární výbuch lze vyvolat dvěma způsoby, a to buď štěpením, tedy dělením jádra atomu, nebo syntézou, při které se atomová jádra pod velkým tlakem spojují. Mezi jaderné zbraně se někdy řadí i zbraně založené na slučování jader lehkých prvků (termonukleární zbraň)

Jaderná bomba se obvykle skládá ze dvou oddělených podkritických množství štěpného materiálu, která v součtu tvoří množství nadkritické (typicky několik kilogramů). Ta jsou proti sobě vymrštěna explozí klasické výbušniny. Síla výbuchu

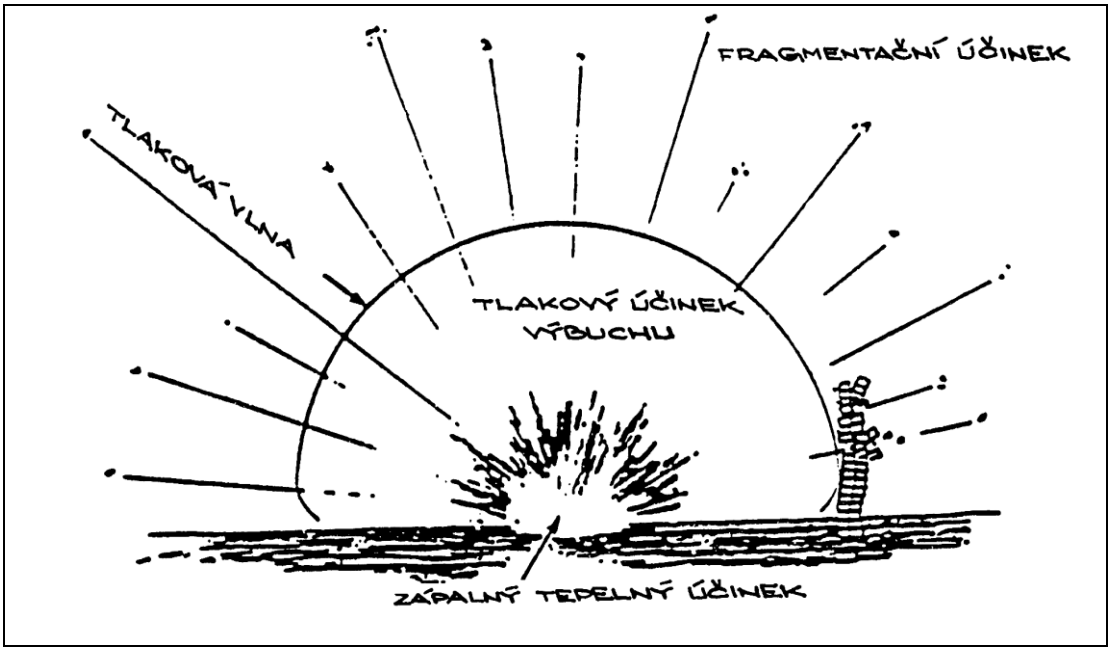
zajistí, že nebudou obě části od sebe během prvních několika milisekund odhozeny teplem počínající řetězové reakce a tlakem vylétajících neutronů.

4.3 Účinky výbušnin

Dojde-li k detonaci výbušniny, hmota chemického výbušného materiálu se změní v prudce se rozpínající masu plynů. Detonace výbušniny vyvolá účinky, které mohou způsobit v oblasti exploze značné škody [9].

Výbuchové účinky jsou:

- tlaková vlna
- střepinový (fragmentační) účinek
- tepelný (zápalný) účinek
- zvukový efekt
- seismický účinek
- vznik toxických plynů



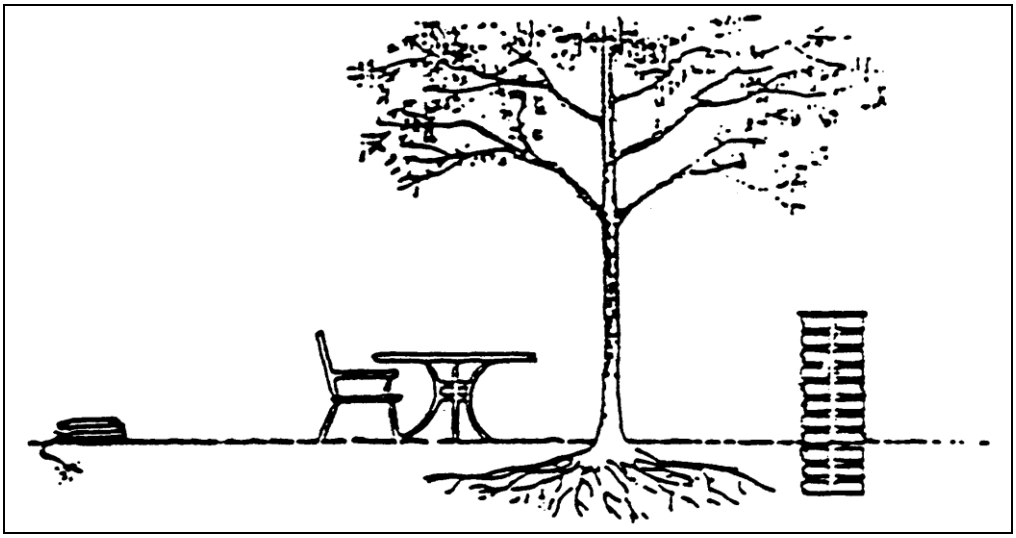
Obrázek 1. Účinky výbuchu [8]

4.3.1 Tlaková vlna

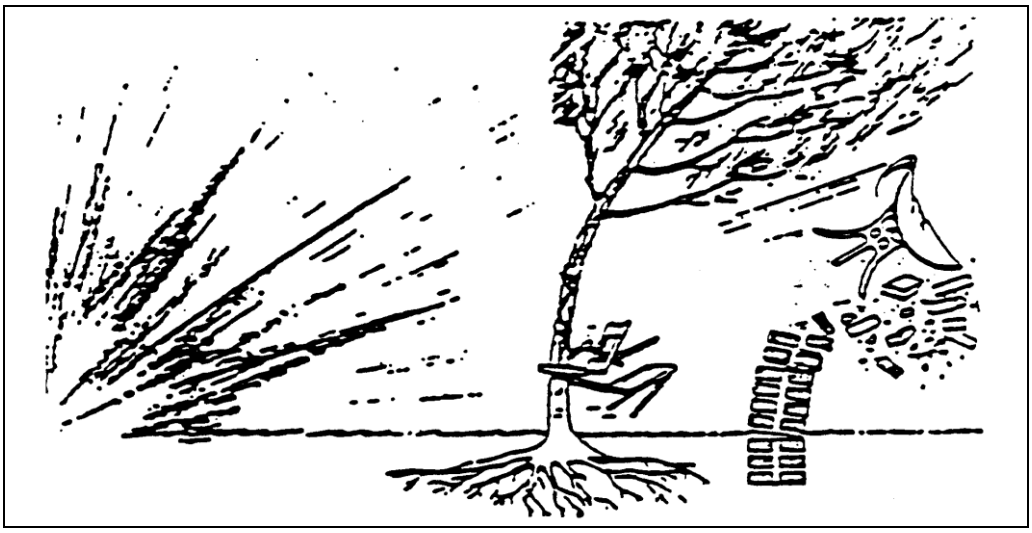
Po výbuchu nálože se asi během jedné desítitisíciny vteřiny uvolní velmi horké rozpínavé plyny. Tyto plyny vykonávají tlak asi 9600 MPa na cm^2 atmosféry a v blízkosti výbuchu se v závislosti na druhu výbušniny pohybují rychlostí až 600 $m.s^{1}$, přičemž stlačují okolní vzduch. Tato masa rozpínavých plynů se šíří ve velkých kruhových vlnách směrem od místa výbuchu. Její energie je největší v epicentru výbuchu a s rostoucí vzdáleností od místa výbuchu postupně slábne, až se nakonec v určité vzdálenosti rozplyne. Tato vlna se nazývá tlaková vlna výbuchu. Tlaková vlna výbuchu má dvě fáze, které vyvolávají dva různé typy tlaků na překážky. Jsou to pozitivní (rozpínavá) tlaková fáze a negativní (sací) tlaková fáze [(8)].

Pozitivní (rozpínavá) tlaková fáze

Velmi horké rozpínavé plyny, vzniklé při vyvolání detonace, stlačí okolní vzduch. Tyto stlačené vrstvy vzduchu jsou někdy viditelné jako bílé, rychle se rozpínající kruhy, kterým se říká tlaková fronta. Tlaková fronta je jenom zlomek milimetru silná a představuje tu část atmosféry, která je stlačována těsně před tím, než se sama dá do pohybu a stane se tak součástí pozitivní neboli rozpínavé tlakové fáze takové vlny. Pokud silná tlaková fronta narazí na pevnou překážku, například na cihlovou zídku, naboural ji a zbylá část pozitivní tlakové vlny ji silou své energie vychýlí natolik, že se celá zídka nebo její část zhroutí směrem od místa výbuchu. Pozitivní tlaková fáze trvá jen zlomek vteřiny. Poté, co rozboří zídku, pozitivní tlaková vlna se pohybuje dál, až postupně ztratí svou sílu. Účinek rozpínavé fáze tlakové vlny je patrný na obrázku 3.



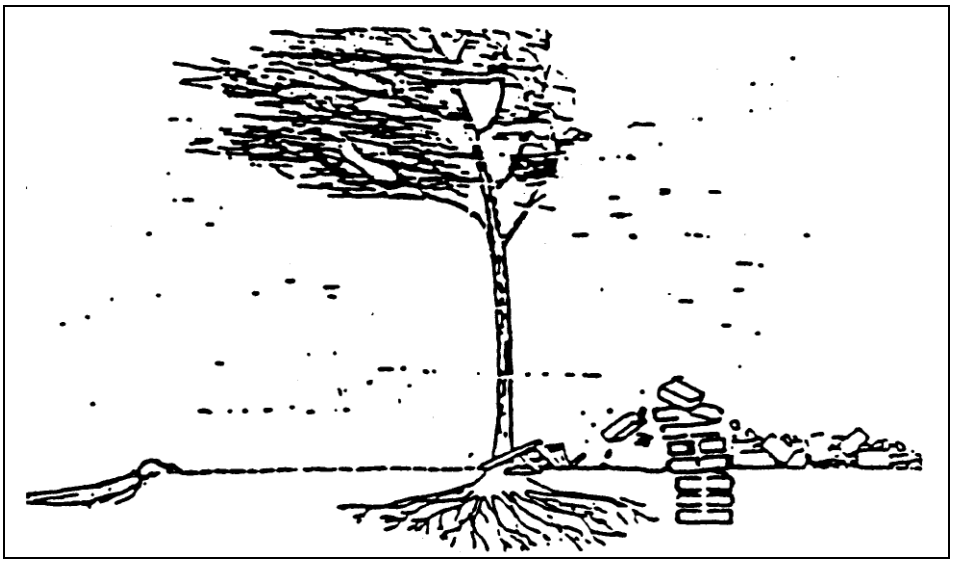
Obrázek 2. Situace před výbuchem [8]



Obrázek 3. Tlaková fáze výbuchu [8]

Negativní (sací) tlaková fáze

Vznik rozpínavé tlakové vlny vyvolá v epicentru výbuchu částečné vakuum. Toto částečné vakuum způsobí, že pohyb stlačeného vzduchu směrem od místa výbuchu vlivem ztráty energie změní směr a začne proudit zpět. Vytvoření částečného vakua a zpětný pohybu vzduchu se nazývá negativní a někdy také sací fáze tlakové vlny. Účinek sací fáze tlakové vlny je patrný na obrázku 4.



Obrázek 4. Sací fáze výbuchu [8]

4.3.2 Střepinový (fragmentační) účinek

Výbušnina, která je uložena v pevném obalu a je přivedena k detonaci, zpravidla způsobí jeho roztržení a rozlet fragmentů, které mají destruktivní účinek. Takovému účinku se říká fragmentační neboli střepinový účinek exploze. Počáteční rychlost střepin dosahuje rychlosti až 1500 $m.s^{-1}$. Dolet střepin závisí na hmotnosti trhaviny a hmotnosti střepiny. Přitom se pohybují přímým směrem, dokud nezasáhnou překážku, od níž se buď odrazí, vniknou do ní, nebo jí proniknou. Pokud ji nezasáhnou v určité vzdálenosti, ztratí rychlost a spadnou na zem. Zhruba polovina celkové výbuchové energie uvolněné explozí se však spotřebuje na roztrhání kovového obalu pouzdra. Pokud je však výbušný předmět tvořen výbušninou, do které se umístí drobné kovové předměty, např. kuličky z ložisek, drobné šroubové matičky, kancelářské svorky, nebo se připevní na její povrch, pak se dosáhne značného střepinového, tzv. šrapnelového, efektu. Tyto výbušné předměty se nazývají šrapnely [9].

4.3.3 Tepelný (zápalný) účinek

Tepelný účinek způsobený výbuchem je obvykle viditelný jako jasný záblesk nebo plamenná koule provázející detonaci a je značně závislý na druhu použité výbušniny. Teplota vyvolaná v okamžiku detonace je vysoká, avšak trvání tepelných účinků lze měřit jen na zlomky vteřiny. Dojde-li k výbuchu uvnitř objektu, v místech s hořlavými materiály nebo snadno zápalným prostředím, často vznikne požár. Vznik požáru může být zapříčiněn i působením horkých fragmentů vzniklých detonací, například kovového obalu trubkové bomby nebo střepiny z granátu. Tyto horké fragmenty mohou prorazit nádrž automobilu, zapálit palivo, vniknout do obalů s hořlavým materiálem a způsobit požár. Požáry budov však většinou nevznikají díky detonaci výbušniny, nýbrž z přerušených elektrických obvodů nebo poškozeného vedení plynu a topného oleje [(8)].

4.3.4 Zvukový efekt

Fyzikální projevy provázející průběh exploze, při níž se částice vzduchu pohybují značnou rychlostí, vyvolávají i charakteristické zvukové efekty ve formě třesku. Ty jsou nebezpečné pro živé organizmy především z fyziologického hlediska. Pokud se jedná o silnější výbuch, může dojít ke značnému poškození sluchových orgánů, případně i k dalším poruchám na zdraví [(9)].

4.3.5 Seizmický účinek

Negativní seismický účinek se projevuje ve formě otřesu půdy a vody. Jestliže se výbušná nálož uloží do země nebo pod vodu a detonuje, dojde ke stejnému náhlému uvolnění plynů, tepla, tlaku a zvuku jako ve volném prostoru. Protože se země stlačuje mnohem obtížněji než vzduch a voda není stlačitelná vůbec, detonace se zdá být slabší, i když se uvolní stejné množství energie jako při detonaci na volném prostranství. Účinky těchto výbuchů se projevují jiným způsobem. Tlaková vlna se přenáší zemí nebo vodou v podobě otřesu, který se dá přirovnat ke krátkému a silnému zemětřesení.

Tento otřes může způsobit narušení základů budov, zdiva, potrubí uloženého v zemi nebo porušit stavby pod úrovní vodní hladiny [9].

4.3.6 Vznik toxických plynů

Objem jedovatých plynů závisí na vlastnostech výbušniny a na její výbušné přeměně. Rozdíl mezi množstvím kyslíku ve výbušnině a jeho množstvím potřebným k úplnému spálení všech složek (atomů) výbušniny se nazývá kyslíková bilance. Kyslíková bilance může být kladná, vyrovnaná, záporná. Vojenské výbušniny mají zápornou kyslíkovou bilanci a vytvářejí v porovnání s průmyslovými výbušninami větší množství jedovatých plynů. Větší množství jedovatých plynů vzniká i při výbuchu pyrotechnických složí v důsledku jejich nedokonalé výbušné přeměny. Při výbuchu v uzavřených prostorách jako jsou například doly, výrobní prostory, uzavřené místnosti, studny, kde se jedovaté plyny nemůžou rozptýlit do okolí, může dojít k vážným otravám organismu [3].

4.4 Výbušniny

Výbušniny jsou látky schopné chemického výbuchu. Jedná se o chemické sloučeniny a směsi, které pokud jsou vhodným způsobem uvedeny do činnosti, tedy iniciovány, přejdou k rychlému chemickému nebo fyzikálně-chemickému ději, při kterém dojde k uvolnění velkého množství energie, což je charakterizováno prudkým uvolněním plynů světla a tepla [8].

4.4.1 Vlastnosti výbušnin

Citlivost výbušnin je vlastnost výbušniny, vyjádřená velikostí podnětu, potřebného k vyvolání výbuchu. Tento podnět se nazývá počáteční impuls. Mírou citlivosti je minimální energie počátečního podnětu (impulsu), postačujícího k početí výbušné přeměny. Pro každý druh počátečního impulsu je míra citlivosti výbušniny jiná.

Rozeznáváme citlivost výbušniny na:

Tepelný impuls (zahřátí, plamen) – je charakterizovaná teplotou vzbuchu, to je teplotou, zjištěnou v okamžiku, kdy dochází k výbuchu nebo samovznícení zkoušené výbušniny při zahřívání předepsaným způsobem [3].

Mechanický impuls (náraz, tření, nápich). Princip zkoušky na náraz spočívá v tom, že se 0,05g zkoumané výbušniny umístí na ocelovou podložku mezi dva písty, na kterou se z určité výšky spouští závaží o váze 2 nebo 10 kg. Výška pádu a hmotnost závaží jsou měrou citlivosti výbušniny na náraz – jedná se o Kastovu zkoušku. Při stanovení citlivosti na tření je zkoumaná výbušnina umístěná mezi dvěma plochami přitlačovanými k sobě určitou silou, které se po sobě posunují. Metod a přístrojů na stanovení citlivosti na tření je několik. Při zkoušce na nápich závaží dopadá na předepsanou jehlu. Stanovuje se křivka citlivosti, kde krajní body udávají dolní a horní hranici citlivosti [3].

Impuls způsobený detonací jiné výbušniny (účinek třaskavin, přenos detonace). Citlivost výbušniny k účinku třaskavin se charakterizuje mezní náplní; to je nejmenší hmotnost třaskaviny, která ještě přivede k detonaci určité množství zkoušené výbušniny. Nálož výbušniny, kterou chceme podnítit k výbuchu, nazýváme sekundární (pasivní). Výbušnina, jejíž detonace způsobí výbuch sekundární nálože, je primární nebo impulsivní nálož (aktivní nálož) [3].

Elektrický impuls (elektrická jiskra)

Impuls světelným zářením

Citlivost výbušnin má význam pro praktickou manipulaci s výbušninami. Změna citlivosti může mít nepříznivý vliv na bezpečnost při manipulaci s výbušninami anebo může vést k funkčnímu selhání. Některé změny mohou vést ke zvýšení citlivosti výbušniny k tepelným a mechanickým podnětům, nebo můžou způsobit samozápal výbušniny [13].

Brizance

Brizance je schopnost výbušniny tříštit pevná tělesa ležící v bezprostřední blízkosti zdroje výbuchu. Tato schopnost je podmíněna charakterem detonačních plodin, které mají velmi vysoký tlak a projevují se jen v bezprostřední blízkosti nálože, to je do vzdálenosti 2 – 2,5 poloměru nálože [3].

Detonační rychlost

Detonační rychlost je rychlost šíření detonace hmotou výbušniny. Z hydrodynamické teorie vyplývá, že detonační rychlost závisí na druhu výbušniny a její hustotě. Na základě pokusů však bylo zjištěno, že detonační rychlost závisí i na jiných faktorech, jako je průměr nálože, kvalita obalu, teplota výbušniny apod. Se zmenšujícím se průměrem nálože detonační rychlost klesá, až při dostatečně malém průměru klesne tak, že výbušnina není schopna detonace [16].

Flegmatizace

Flegmatizátory jsou látky, které se používají ke snížení citlivosti výbušnin. Nejčastěji se používají inertní (nevýbušné) flegmatizátory jako olej, vosk, parafín, vazelína. Jako aktivní (výbušné) flegmatizátory se používají dinitrotoluen, tritol apod. S přidáním flegmatizátoru kromě citlivosti klesá i výkon výbušniny [13].

Iniciace

Iniciace je proces, při kterém je výbušnině dodána energie vnějším podnětem (impulsem), potřebným k vyvolání výbuchu [13].

Pracovní schopnost

Pracovní schopnost je vlastnost výbušniny vykonávat při výbuchu pomocí expanze zplodin výbušné přeměny mechanickou práci v okolním prostředí. Pracovní schopnost je podmíněna expanzí detonačních zplodin do relativně nízkého tlaku a přechodem detonační vlny do okolního prostředí. Praktické stanovení pracovní schopnost se provádí v olověném válci o průměru a výšce 200 mm, který má válcový otvor o průměru 25 mm a délce 125 mm. Do otvoru se umístí navážka 10g výbušniny v cínové fólii, opatří rozbuškou a zasype jemným pískem. Po odpálení se měří výduť, od které se odečte objem původního otvoru ve válci. Objem výduti je měřítkem pracovní schopnosti výbušniny, jedná se o Trauzlovu zkoušku [13].

4.4.2 Dělení výbušnin

Výbušniny dělíme na:

- trhaviny
- třaskaviny
- střeliviny
- pyrotechnické složе

4.4.3 Trhaviny

Trhaviny jsou výbušniny, jejichž hlavním typem výbušné přeměny je detonace, která byla vyvolána silným podnětem, např. detonací jiné výbušniny (iniciací rozbuškou). Detonací trhavin je určen jejich tříštivý účinek na okolní prostředí, a proto se používají k trhání (rozpojování) pevných materiálů. Na rozdíl od třaskavin jsou však trhaviny relativně méně citlivé a k vyvolání jejich detonace je nutno použít silného podnětu, např. detonace jiné výbušiny - třaskaviny. Jednoduchým fyzikálním podnětem, jako je slabý úder, tření, plamen, jiskra, který je schopen vyvolat detonaci třaskavin, není možné vyvolat spolehlivou detonaci trhavin [8,13].

Použití trhavin

Trhaviny obecně slouží k trhání (rozpojování) pevných materiálů. Průmyslově jsou trhaviny používány pro těžbu nerostných surovin v dolech a lomech, pro trhací práce při inženýrských stavbách (ražení tunelů, terénní úpravy při stavbě silnic a železnic i jiných objektů, přemísťování zeminy), při provádění destrukčních prací (likvidace staveb a objektů), při seizmickém průzkumu v zemědělství a lesnictví (meliorace, dobývání pařezů, kypření půdy), při těžbě ropy a zemního plynu (perforace pažnic, oživování vydatnosti vrtů) a pro výbuchové zpracování kovů (tváření, plátování - svařování, zpevňování - vytvrzování). Ve vojenské technice se trhaviny používají k plnění střel, granátů, leteckých bomb, raketových hlavic, min a jiné munice a jako trhací nálože pro ženijní destrukční práce [13].

Rozdělení trhavin

Dusičné estery (nitráty) – nitrocelulosa, pentrit, nitroglicerin

Přítomnost nitrátové skupiny u většiny esterů podmiňuje jejich specifické vlastnosti, jako jsou omezená chemická stálost, vysoká citlivost k mechanickým a tepelným podnětům a velká citlivost k detonaci jiných výbušnin. Při manipulaci jsou

nebezpečnější než nitrolátky. Řadíme je mezi silné výbušniny. Na rozdíl od nitrolátek mají větší obsah kyslíku a větší tepelný efekt výbušného rozkladu. Princip výroby dusičných esterů spočívá v působení kyseliny dusičné (případně směsi s kyselinou sírovou) na alkoholy, polyalkoholy, celulózu nebo jiné uhlohydráty [3].

Nitrocelulóza – bílá nebo nažloutlá vláknitá látka, chemicky málo stabilní, mírně hygroskopická. V suchém stavu velmi citlivá k iniciaci nárazem, třením nebo elektrickou jiskrou. Z tohoto důvodu se skladuje a přepravuje vlhčená vodou. Detonační rychlost nitrocelulózy je 7300 $m.s^{-1}$, brizance je srovnatelná s tritolem. Nitrocelulóza se používá k výrobě bezdýmných prachů, želatinových průmyslových trhavin, laků, filmů, celuloidu apod. [3,13].

Pentrit – je krystalický prášek bílé barvy, nerozpustný ve vodě, dobře rozpustný v acetonu a ethylacetátu. Detonační rychlost pentritu je 8300 $m.s^{-1}$, teplota vzbuchu 205°C. V suchém stavu je pentrit velmi citlivý na náraz, tření a elektrickou jiskru. Jeho citlivost je větší než u hexogenu Pro přepravu se vlhčí vodou. Čistý pentrit se používá jako sekundární náplň rozbušek, k výrobě bleskovic, počinových náložek a plastických trhavin. Pentrit flegmatizovaný 10% tritolu se nazývá pentritol a používá se častěji než čistý pentrit [3,13].

Nitroglycerin – je to olejovitá bezbarvá kapalina nasládlé chuti a zápachu. Ve vodě je málo rozpustný, dobře rozpustný v organických rozpouštědlech. V čistém stavu se jako výbušnina nepoužívá, je velmi citlivý na náraz, proto ho nelze přepravovat. Detonační rychlost je 7700 $m.s^{-1}$. Používá se na výrobu dynamitu, želatinových průmyslových trhavin a nitroglycerinového bezdýmného prachu [3,16].

Nitrolátky – (deriváty uhlovodíků) - tritol, kyselina pikrová, tetryl

Nitrolátky považujeme za nejdůležitější skupinu trhavin. Mnozí představitelé této skupiny se vyznačují oproti trhavinám jiných skupin, vysokou brizanci a vysokou pracovní schopnost při malé citlivosti k mechanickým podnětům. Nitrolátky jsou chemicky velmi stabilní. Můžeme je skladovat bez změny jejich chemických a výbušinářských vlastností po dlouhou dobu i v nepříznivých podmínkách. Při výrobě

nitrolátek jsou základními surovinami aromatické uhlovodíky např. benzen, toluen, xylen, fenol a jiné [13,16].

***Trinitrotoluen** (tritol, TNT)* – je nejrozšířenější a nejpoužívanější trhavina. Čistý tritol je světle žlutá krystalická mírně toxická látka, ve vodě nerozpustná, s vysokou chemickou stabilitou a malou citlivostí vůči mechanickým podnětům. Lehce se lisuje a snadno odlévá. Jeho detonační rychlost je 6800 $m.s^{-1}$, teplota vzbuchu 295°C. Tritol taje při 80°C. Hustota litého tritolu je l,55 - l,66$g.cm^{-3}$. Volně zapálený hoří silně čadivým plamenem, ale nevybuchuje. Hořením tritolu v uzavřeném prostoru může přejít k detonaci. Tritol je velmi stabilní výbušninou, je možno ho dlouhodobě skladovat. Případná vlhkost nemá vliv na jeho vlastnosti. Při použití pod vodou neztrácí tritol své výbušné vlastnosti. Tritol se používá jako hlavní trhavina k výrobě ženijního náloživa, k plnění munice a jako přísada do jiných trhavin. Pro zvýšení účinnosti se používá ve směsi s brilantnějšími trhavinami, jako jsou hexogen, oktogen, pentrit aj. [13,19].

Tetril – je světle žlutá krystalická látka. Není hygroskopický, prakticky nerozpustný ve vodě, dobře rozpustný v acetonu a benzenu. Je dost citlivý k mechanickým podnětům ale méně než pentrit nebo hexogen.Taví se při teplotě 130°C, přičemž se částečně rozkládá. Teplota vzbuchu je 186°C, detonační rychlost 7850 $m.s^{-1}$. Používá se jen výjimečně k výrobě rozbušek, počinových a přenosových náložek [13].

Nitraminy – hexogen, oktogen

Nitraminy se liší od nitrolátek lepší kyslíkovou bilancí a větším množstvím plynných zplodin při výbušné přeměně. Svou citlivostí k nárazu a tření, stejně jako i chemickou stabilitou se řadí mezi skupinu nitrolátek a skupinu dusičných esterů. Svými detonačními charakteristikami převyšují nitrolátky [3].

Hexogen – je bílý krystalický prášek s vysokou tvrdostí krystalů. Je velmi málo rozpustný ve vodě, dobře rozpustný v acetonu. Hexogen je dost citlivý na mechanické podněty. Jeho citlivost vzrůstá se zvyšující se teplotou. Detonační rychlost je 8500 m.s ^{1}, teplota vzbuchu 230°C. Čistý hexogen se používá pro sekundární náplně rozbušek nebo pro výrobu bleskovic. Flegmatizovaný hexogen se používá k výrobě počinových tělísek, plnění kumulativních a malorážových střel, jako lisovaný nebo litý například ve směsi s tritolem (H/TNT) [(13)].

Oktogen je krystalická látka bílé barvy, nerozpustná ve vodě. Ze všech trhavin dosahuje největší detonační rychlosti a je nejodolnější proti působení teploty. Detonační rychlost oktogenu je 9100m.s^{-1}, teplota vzbuchu 336°C. Používá se k výrobě speciálních termostabilních rozbušek a k plnění usměrněných náloží pancéřovek. Pro svou vysokou citlivost se však nepoužívá v čisté formě [(13)].

Výbušné směsi – amatol, amonoledkové trhaviny

Výbušné směsi se skládají z okysličovadla a hořlaviny. Jako okysličovadla se používají sloučeniny, které snadno uvolňují při hoření kyslík. Jsou to dusičnany, chlorečnany a chloristany.

Amatol – je směs dusičnanu amonného a tritolu. Amatol se začal používat v 1. a 2. světové válce jako náhrada při nedostatku tritolu. V současnosti se amatol používá pro průmyslové účely. Je hydroskopický, reaguje s některými kovy. Proto je nevhodný k dlouhodobému uskladnění. Je necitlivý k mechanickým podnětům. Jeho detonační rychlost je 5060 – 6500 m.s^{-1} v závislosti na mísícím poměru [(3)].

Trhaviny DAP – jsou jednoduché trhavinové směsi tvořené dusičnanem amonným a palivem. Jako palivo se používá motorová nafta nebo topný olej. Optimální poměr

komponentů je 94,5% dusičnanu a 5,5% paliva. Detonační rychlost je 1500 – 3000 $m.s^{1}$. DAPy se používají jako průmyslová trhavina [3].

Plastické trhaviny

Plastické trhaviny se působením mechanických vnějších vlivů snadno a trvale deformují bez porušení jejich struktury a výbušných vlastností. Výhody plastických trhavin se využívají při destrukčních pracích, hlavně při trhání přiloženými náložemi. Jejich plasticita umožňuje přizpůsobit nálož ničenému objektu a iniciovat ji na nejvhodnějším místě. Současné plastické trhaviny obsahují pentrit nebo hexogen a plastické vazivo na bázi termoplastického polymeru nebo elastomeru (kaučuku). Do této skupiny patří trhaviny: Composition C4, Semtex H, Semtex 1A, Semtex 3, PLNp10, PLHX30 apod. [3,6].

Průmyslové trhaviny

Průmyslové trhaviny jsou směsi organických a anorganických látek výbušné i nevýbušné povahy. Jsou málo citlivé k vyvolání výbušné přeměny, k jejich iniciaci je potřeba silného iniciačního impulsu, tedy počinové nálože. Průmyslové trhaviny se liší od vojenských nižší cenou, kratší spotřební lhůtou (obvykle 1/2 - 1 rok), nižší brizancí a příznivějším složením výbuchových zplodin [8].

Základní rozdělení průmyslových trhavin:

- povrchové
- důlní skalní
- důlní bezpečné – protiprachové, protiplynové I. – III. kategorie
- pro zvláštní použití

4.4.4 Třaskaviny

Třaskaviny jsou přímé výbušniny, které lze k výbuchu přivést poměrně slabým podnětem. Iniciační podnět, počáteční impuls může mít povahu mechanického tlaku jako je náraz, nápich, tření, nebo to může být energie tepelná, plamen, žár, elektrická jiskra. Třaskaviny jsou tedy velmi citlivé a na rozdíl od ostatních výbušin mohou detonovat od prostého počátečního impulsu. Energeticky jsou třaskaviny většinou chudé a množství energie uvolněné při výbuchu zdánlivě neodpovídá jejich iniciační mohutnosti. Pro iniciační účinek je důležitá energie, která je třaskavinou iniciované látce udělena a která je závislá na akceleraci výbušné přeměny třaskaviny. Používají se zpravidla k vyvolání detonace jiné výbušniny, při trhací práci slouží třaskaviny k počáteční iniciaci trhavin, neboť tvoří primární náplň rozbušek [8,13].

Třaskavá rtuť (fulminát rtuťnatý)

Třaskavá rtuť je jemně krystalický prášek bílé barvy. Je jedovatá, špatně rozpustná ve vodě, velmi citlivá na úder a tření. Zvlhnutím se její výbušné vlastnosti podstatně snižují, např. při l0% vlhkosti již nevybuchuje při 30% vlhkosti již ani nehoří. Má dvě formy, bílou a hnědou. Používá se do rozbušek a zápalek. Protože se třaskavá rtuť ve styku s hliníkem rozkládá, musí byt dutinky rozbušek z mědi nebo ze slitiny mědi a niklu [9].

Trinitroresorcinát olovnatý (TNRO)

Trinitroresorcinát olovnatý je žlutý krystalický prášek nerozpustný ve vodě. Je mimořádně citlivý na plamen a jiskru. Používá se do rozbušek, kde zlepšuje citlivost amidu olovnatého na plamen a jiskru [8].

Azid olovnatý

Azid olovnatý tvoří jemné krystalky bílé barvy. Je slabě rozpustný ve vodě. Kyselinami a hydroxidy se rozkládá. Citlivost na úder, tření i oheň je menší než u třaskavé rtuti. Slučuje se s mědí, a proto se používá vždy v rozbuškách s hliníkovými dutinkami [8].

4.4.5 Střeliviny

Za střeliviny považujeme látky, ve kterých výbušná přeměna probíhá formou explozivního hoření za tvorby plynů o vysokém tlaku a teplotě, určených k udělení pohybové (kinetické) energie střelám. Pro svou funkci nepotřebují vzdušný kyslík. Proto vždy střeliviny obsahují palivo a okysličovadlo. Tyto složky mohou být buď ve formě mechanické směsi, nebo může být palivová a okysličující složka v jedné molekule chemické sloučeniny. Představitelem prvního typu, tedy střeliviny ve formě směsi je černý prach. Představitelem druhého typu střeliviny ve formě chemické sloučeniny, jsou bezdýmné prachy. Patří sem nitrocelulózové, nitroglycerinové a diglykolové prachy, dále pak tuhé pohonné hmoty (TPH). Za určitých podmínek může hoření přejít v detonaci a střeliviny se tudíž mohou chovat jako trhaviny. Bezdýmné prachy a tuhé pohonné hmoty mohou v uzavřeném prostoru dosáhnout detonační rychlost 7000 – 8000m.s^{-1}. Černý prach byl dlouhou dobu používán jako střelivina i jako trhavina.

Posláním střelivin je udělit střele potřebnou rychlost k dosažení cíle. Energie střeliviny se musí uvolňovat pravidelně a tak, aby zajistila správnou a bezpečnou funkci zbraně [13].

Existují dva základní způsoby využití energie střelivin:

1. Zplodiny hoření působí svým tlakem v hlavni na dno střely a tím jí udělují požadovanou rychlost. Tohoto způsobu se využívá v klasických zbraních. Hlavním požadavkem je pravidelné hoření při silně proměnném tlaku až do výše několika stovek MPa. Doba hoření je řádově v desítkách milisekund. K tomuto účelu se používají bezdýmné prachy a černý prach [13].

2. Zplodiny hoření průtokem tryskou raketového motoru vyvolávají reaktivní sílu, která uvádí v pohyb raketovou střelu. Hlavním požadavkem je pravidelné hoření při nízkém konstantním tlaku. Doba hoření je řádově až v desítkách sekund. K tomuto účelu se používají tuhé pohonné hmoty (TPH) [13].

Bezdýmné prachy

Nitrocelulózové prachy.

Hlavní surovinou při výrobě je nitrocelulóza, která se míchá se směsí éteru a alkoholu s následným lisováním nebo válcováním. Řezáním se potom upravuje potřebný tvar zrna. Ty mají tvar drobných destiček, kuliček a trubiček. Nitrocelulózový bezdýmný prach se používá do střeliva pro ruční palné zbraně a pro děla [13].

Nitroglycerínové a diglykolové prachy.

Hlavní surovinou při výrobě je nitroglycerin a dietylenglykoldinitrát. Nitroglycerinové prachy se nejčastěji vyskytují ve tvaru pružných pásků, vláken a trubiček světle až tmavě hnědé průsvitné barvy s hladkým povrchem. Používají se do střeliva pro děla, minomety a speciální zbraně.

Diglykolové prachy mají tmavohnědou až černou barvu s hladkým, jemně pórovaným povrchem. Používají se do hnacích náplní raket a pro střelivo do protiletadlových a protitankových zbraní [13].

Tuhé pohonné hmoty (TPH).

TPH jsou určeny jako hnací náplň raketových motorů. Složení mají podobné jako bezdýmné prachy, velikost a váha jednotlivých elementů TPH je dána velikostí raketové střely a konstrukcí motoru, od několika gramů až po několik tun [13].

Černý prach

Černý prach je nejstarší známá výbušnina a v oblasti výbušnin má výjimečné postavení. Černý prach tvoří směs 75% dusičnanu draselného, 15%dřevěného uhlí a l0% síry. Dosahuje výbuchového tepla 2380 °C, energie 244kJ/kg a měrný objem plynů jen 280 dm3/kg. Má značnou citlivost tření. Vyskytuje se ve formě zrn různé velikosti šedočerné barvy s matným leskem. Malé množství se jenom vznítí a větší množství může detonovat. Detonační rychlost má 380 m/s.

V současnosti se černý prach používá:

- k plnění kroužků časovaných zapalovačů
- k výrobě přenosových tělísek do šrapnelů
- jako výmetné náplně do zápalného a osvětlovacího střeliva
- k výrobě zpožďovacích směsí
- k výrobě prachových tělísek do rozněcovačů
- k výrobě zápalnic zapalovačů bezdýmných prachů a pyrotechnických směsí
- k výrobě zapalovačů a výmetných náplní min a dělostřelecké munice
- k výrobě zápalnic
- k trhání sochařského kamene
- ke střelbě z historických zbraní [8]

4.4.6 Pyrotechnické složе

Pyrotechnické složе jsou mechanické směsi chemických látek, které mají charakter hořlavin, oxidovadel, pojidel a dalších přídavných látek, ze kterých se chemickou přeměnou ve formě různě rychlého hoření vyvolávají světelné, zvukové, barevné, dýmové a pohybové účinky k získání pyrotechnických efektů. Pyrotechnické složе se ve vyspělých státech využívají v civilní, policejní i vojenské praxi.

V praktickém životě se s nimi setkáváme v různých formách, například v podobě ohňostrojů, časovaných rozbušek, zápalek, termitových směsí na sváření nebo propalování kovů. Velký význam mají ve vojenské technice, protože se z nich vyrábějí osvětlovací složе pro noční boj, zábleskové složе pro fotografický průzkum, trasovací složе na označování dráhy střely, zpožďovací složе sloužící k časování nebo zajišťování autodestrukce mnoha typů střel, dýmové složе se využívají k signalizačním účelům a pro zastírací (maskovací) účely. Speciální pyrotechnické složе se používají např. k odstraňování podchlazených mlh na letištích, k ničení a průmyslovému využití. Pyrotechnické složе mohou byt zneužity k trestné činnosti jako náhrada střelivin, třaskavin a trhavin. V důsledku jejich použití může dojít k požáru, zranění nebo úmrtí osob. Pyrotechnických složí je velké množství a některé mají i výbušné vlastnosti. Připravit se dají jednoduše, tj. smícháním jednotlivých komponent. Značné množství z nich je však velice citlivých na mechanické, tepelné a chemické podněty a mohou vybuchnout už při samotném procesu míchání. Výbuch může nastat i při jejich přepravě a adjustaci [(9)].

4.4.7 Podomácku vyráběné výbušniny

Podomácku vyráběné výbušniny jsou jedním z hlavních zdrojů získávání výbušnin pro páchání trestné činnosti, hlavně pumových útoků. V dnešní době není problém v domácích podmínkách tyto výbušniny vyrobit ze surovin, které jsou běžně dostupné na trhu. Některé druhy výbušnin lze vyrobit i v poměrně velkém množství. Tato výroba mnohdy probíhá v hustě obydlených oblastech nebo obytných domech. Kromě toho, že se takovýto výrobci vystavují trestnímu postihu, svým jednáním ohrožují životy a zdraví obyvatel a mohou způsobit vážné škody na majetku. Motivy takovéhoto jednání mohou být různé a můžeme je rozdělit do několika skupin.

- Pro první skupinu výrobců to může být koníček a náplní volného času, kdy své výrobky odpaluje na odlehlých místech a nezpůsobuje žádnou velkou škodu.
- Druhá skupina vyrábí výbušniny jen občas s tím, že se baví vylekáním svého okolí na zahradách, veřejných prostranstvích apod.

- Do třetí skupiny můžeme zařadit výrobce, kteří se do výroby výbušnin pustí ze zvědavosti.
- Poslední skupinou jsou výrobci, kteří takto řeší nedostupnost průmyslově vyráběných výbušnin za účelem páchání závažné trestné činnosti nebo teroristických útoků.

Rizika

Podomácku vyráběné výbušniny jsou velice nebezpečné. Jsou většinou nestabilní, mnoha z nich hrozí předčasná exploze při zdánlivě nepatrných podnětech, jako je tření, statická elektřina, změna teploty nebo změna vlastností při skladování. Velice častou příčinou předčasné exploze při přípravě a manipulaci je nedodržení technologického postupu při výrobě. Někdy jsou při míchání používány nástroje z nevhodného materiálu, jako jsou kovové nádoby a lžíce. Navíc někteří výrobci podceňují sílu svého výrobku a následná exploze je větší než čekali a má katastrofální následky. To je ještě umocněno použitím plechovek nebo skleněných nádob na uskladnění, nebo plnění výsledných produktů do ocelových trubek. Následná exploze pak zasáhne své okolí devastujícími fragmenty. Dalším rizikem jsou toxické výpary a aerosoly, které se uvolňují z použitých surovin, nebo vznikají z chemické reakce při výrobě. Zároveň hrozí velké nebezpečí poškození zraku nebo poleptání jiných částí těla, protože suroviny pro výrobu jsou často silné kyseliny nebo louhy.

Zdroje návodů k výrobě

Zdroje informací na výrobu výbušnin jsou v dnešní době lehce dostupné a lze je čerpat z mnoha různých pramenů. S rozvojem informačních technologií je tím nejsnáze dostupným internetová síť. Zde se nachází velké množství webových stránek věnovaných výrobě výbušnin od jednoduchých návodů až po příručky pro teroristy. S internetem souvisí i skupiny lidí se stejným zaměřením, kteří si návody na výrobu a použití rozesílají přímo v elektronické podobě. Dalším zdrojem jsou učebnice chemie

pro střední a vysoké chemické školy. Zde se nacházejí popisy jednotlivých látek a stručné principy a popisy přípravy. Informace lze získat i z příruček pro střelmistry nebo publikací určených pro armádu a zbrojní průmysl, např. Speciální technika I, II.

Zdroje surovin k výrobě

Zdroje surovin na výrobu výbušnin můžeme rozdělit do několika skupin.

- prodejní síť s drogistickým zbožím poskytuje široký sortiment chemikálií, které se dají použít k výrobě. V drogeriích je možno získat koncentrované kyseliny, peroxid vodíku, aceton, karbid vápníku, líh, toluen, glycerol, škrob, naftalen, dusičnan draselný, manganistan draselný apod.
- lékárny, kde je nožné získat jodovou tinkturu, dusičnan stříbrný, vazelíny apod.
- chemické laboratoře poskytují velmi rozsáhlý zdroj surovin pro výrobu výbušnin, ale i prostor a vybavení pro jejich výrobu.
- hnojiva používaná v zemědělství dávají největší možnosti vyrábět podomácku výbušniny ve velkém rozsahu, řádově stovky kilogramů. Toto potvrzují i teroristické útoky na území USA. Jedná se hlavně o granulovaná hnojiva na bázi dusičnanu amonného, dusičitého vápna, močoviny apod. [(3)].

Rozdělení podomácku vyráběných výbušnin

Třaskaviny bez iniciační schopnosti.

Jsou to ve většině případů nestabilní výbušné látky, které se chemicky rozkládají za normální teploty působením vlhkosti, slunečního záření nebo atmosférického kyslíku. Jsou extrémně citlivé na tření, slabý úder, mírné zahřátí, styk s reaktivnějšími chemikáliemi nebo silné osvětlení. Manipulace s těmito látkami je v suchém stavu prakticky vyloučená. Nemají schopnost iniciovat trhavinu k detonaci. Jejich příprava je velmi jednoduchá a nenáročná na vybavení. Nejčastější je výroba trijodidu dusíku, nitridu stříbrného, acetylidu měďnatého a acetylidu měďného [(3)].

Třaskaviny s iniciační schopností.

Jsou to poměrně citlivé výbušné látky, které mají schopnost iniciovat trhavinu k detonaci. Jejich stabilita a citlivost do jisté míry závisí na přesnosti dodržení technologického postupu a čistotě výsledného produktu. Suroviny k výrobě jsou běžně dostupné v maloobchodní síti, pro výrobu postačuje běžné vybavení domácnosti. Nejčastější je výroba acetonperoxidu, HMTD(hexametylentriperoxiddiamin), fulminátu rtuťnatého a fulminátu stříbrného [(3)].

Trhaviny

Jsou to chemické sloučeniny, většinou méně citlivé na vnější podněty. Pro přivedení k detonaci potřebují ve většině případů iniciaci rozbuškou. Jejich výroba je náročnější, u některých typů jsou potřebné určité znalosti chemie. Jsou určeny jako hlavní nebo počinová nálož. Z tohoto důvodu jsou vyráběny ve větším množství a proto má náhodná exploze velmi vážné následky. Podomácku lze vyrobit hexogen, R-sůl, nitromočovinu, nitroglycerin, nitrocelulózu, trinitrofenol, dinitrotoluen apod. [(3)].

Trhaviny směsné

Do této kategorie řadíme trhaviny typu DAP, trhavinové směsi dusičnanu amonného a močoviny, emulzní trhaviny. Nejdostupnější a nejméně náročné na výrobu je trhavina DAP, což je směs dusičnanu amonného s palivem. Jako palivo se používá olej, nafta, uhelný prach nebo dřevěná moučka s cukrem. Další trhavinou jednoduchou na výrobu je směs dusičnanu amonného s močovinou. Dá se odlévat při teplotě 48°C. Podstatně technologicky náročnější je domácí výroba emulzních trhavin. Z tohoto důvodu je jejich výroba velmi málo rozšířena. K tomu, aby byly tyto trhaviny přivedeny k detonaci, potřebují silný počin 1 až 2 kg brizantní trhaviny [(3)].

Pyrotechnické složе

Z velkého množství pyrotechnických složí typu okysličovadlo a palivo jsou významné hlavně složе s vysokou rychlostí hoření, které v uzavřeném prostoru přecházejí v detonaci. Jednoduše lze vyrobit složе na bázi chlorečnanu draselného, dusičnanu draselného, manganistanu draselného a dichromanu draselného [3].

4.5 Nástražné výbušné systémy

Nástražný výbušný systém (NVS), je systém tvořený výbušným předmětem, výbušnou nebo zápalnou látkou, nebo pyrotechnickým prostředkem a funkčními prvky iniciace. Tento systém je schopen vyvolat za určitých, uživatelem (výrobcem) předem stanovených podmínek výbuchový účinek nebo ložisko požáru. Nástražný výbušný systém je zpravidla ukryt v obalu, nebo má takovou vnější formu, která skrývá pravý účel předmětu. Cíle, kterých chce útočník dosáhnout použitím nástražného výbušného systému, jsou zpravidla motivovány potřebou prosazení určitých zájmů a požadavků jednotlivce, skupiny nebo organizace [8].

4.5.1 Konstrukce nástražného výbušného systému

Policejní praxe se setkává s různými druhy systémů, od nejjednodušších konstrukcí až po konstrukčně složitá zařízení, která mají mnohdy za úkol ztížit jejich zneškodnění po případném odhalení. Z pojmu NVS vyplývá, že jeho základními konstrukčními prvky jsou [8]:

- obal;
- výbušná (zápalná) látka;
- iniciační systém.

Obal drží jednotlivé části nástražného výbušného systému pohromadě a většinou maskuje (zakrývá)jeho typické, hlavně vizuální znaky. Nástražný výbušný systém pak

může získat vzhled běžných balíků, zavazadel nebo předměty, které se ve vytipovaném prostředí běžně vyskytují. V případě, že obal je vyroben z materiálu, který působením výbuchu vytváří střepiny, může obal podstatným způsobem zvýšit množství fragmentů vznikajících při výbuchu nástražného výbušného systému a tím rozšířit účinek i ohrožený prostor [9].

Výbušná (zápalná) látka svými účinky působí na okolní prostředí s cílem způsobit ztráty na životech a zdraví osob nebo škody na majetku. Výbušnina bývá většinou umístěna v jedné náloži v bezprostřední blízkosti iniciačního systému. Tato sestava má pro útočníka poměrně velkou výhodu, protože je předpoklad, že výbuchem bude zničena převážná většina stop, které by mohly být využity při pátrání po útočníkovi. V nástražném výbušném systému je výbušnina koncovým stupněm. Výbušnou látkou může být:

- trhavina - vojenská, průmyslová nebo podomácku vyrobená
- třaskavina - vojenská, průmyslová nebo podomácku vyrobená
- střelivina
- pyrotechnická složˇ - vojenská, veřejně prodávaná nebo vyrobena podomácku;
- výbušné kapaliny a plyny – benzín, nafta, propan butan, acetylén apod. [8].

Iniciační systém včetně iniciátoru

Hlavní funkcí iniciačního systému je uvést iniciátor a následně i nástražný výbušný systém v činnost. To znamená způsobit výbuch nebo zahoření nástražného výbušného systému ve stanovený okamžik nebo při nedovolené manipulaci. Jako koncový prvek je použit iniciátor k vytvoření prvotní detonační vlny nebo plamene a je nedílnou součástí iniciačního systému. V nástražných výbušných systémech jsou používány jak průmyslově vyráběné iniciátory (rozbušky, palníky, iniciátory imitačních

prostředky), tak i iniciátory improvizované. V některých případech nemusí byt celý iniciační systém umístěn v obalu společně s výbušninou, ale některé části mohou být umístěny mimo a vyhodnocovat různé vnější podněty, případně vlastní iniciační systém může být umístěn mimo vlastní nálož, a pak je iniciátor umístěný ve výbušnině připojen vedením nebo systémem přenosu detonace [7].

4.5.2 Dělení výbušných systémů podle cílů sledovaných útočníkem

Taktické výbušné systémy.

Mez ně řadíme všechny výbušné systémy, které jsou použité proti konkrétním osobám nebo objektům. Jsou přímo zaměřeny proti životu a zdraví osob, poškození nebo úplná likvidace objektu, přerušení výroby apod. Výbušné systémy použité proti osobám se vyznačují tím, že osoba, proti které útok směřuje, má buď sama uvést výbušný systém do činnosti, nebo je uveden do činnosti jiným způsobem v prostoru, kde je předpoklad jejího výskytu [3].

Strategické výbušné systémy

Mezi ně řadíme výbušné systémy, které jsou použité cíleně na konkrétní objekt. Ztráty na životě a zdraví osob a škody na majetku jsou jen sekundárním cílem. Sem můžeme zařadit většinu teroristických útoků, při kterých byly použity výbušniny. Prvořadým cílem teroristů při těchto útocích je:

- upoutat pozornost světové veřejnosti na svou činnost
- utvrzení vážnosti svých úmyslů, výhružky, vydírání
- útoky a výpady proti vládě v určitém státě
- požadavky na přerušení činnosti justice apod. [3]

Tyto útoky bývají někdy předem ohlášeny, aby nedošlo ke ztrátám na lidských životech, a aby byla možná evakuace osob z daného prostoru, případně bylo možno zlikvidovat výbušný systém [3].

Výbušné systémy dále dělíme podle:

- Rozpoznatelnosti – známé, neznámé, maskované
- Způsobu umístění – volně uložené, vmontované do systému
- Subjektu umístění – v objektech nebo prostorách, v dopravních prostředcích, jako poštovní zásilky, na osobách
- Subjektu iniciace – na povel útočníka, cílovým subjektem
- Výrobce NVS – průmyslově, podomácku

Rok	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Celkem
Celkem	25	17	20	38	30	39	30	25	32	24	21	301
Objasněno	11	8	10	9	14	19	12	13	16	8	12	132
Dodatečně objasněno	2	3				3		2			7	19

Tabulka 1. Výbuchy v ČR v letech 1994 – 2004 [14]

4.6 Munice

Munice - souhrnné označení pro ruční a jiné granáty, střely do pancéřovek a tarasnic, dělostřelecké střelivo, pumy, torpéda, řízené a neřízené rakety, kazetovou (kontejnerovou) munici, náložky trhavin, miny, pyropatrony, výmetné klamné cíle, pyrotechnické imitační prostředky, signální a osvětlovací prostředky, nástražná výbušná

zařízení včetně zařízení pro dálkový odpal; za munici se považují též její hlavní částí, kterými jsou dělostřelecké střely a nábojky, rozněcovače, zapalovače a iniciátory [(4)].

Na území České republiky se můžeme setkat s municí zejména válečnou. Největší zastoupení má munice pocházející z období 2. světové války. Nalezneme ji hlavně na místech bojových operací na Ostravsku, Olomoucku, Opavsku a Brněnsku. Dalšími lokalitami kde je zvýšený výskyt válečné munice, jsou místa, kde byly odzbrojovány německé jednotky, například okolí Žďáru nad Sázavou, Jižní Čechy nebo Plzeňsko. Spojenecká vojska takto zabavené zbraně a munici často zahrnovala do různých roklí nebo močálů. Zvýšený výskyt munice je rovněž podél hlavních komunikací, po kterých německá vojska ustupovala do amerického zajetí. V této souvislosti je problém s odbahněním některých rybníků, ve kterých se stále munice nachází. Na ostatním území je míra zamoření municí závislá na aktivitě vojsk jak německých tak spojeneckých. S nálezy munice se však můžeme setkat i při vyklízení půdních prostor, nebo rekonstrukcích střech starých domů. Na tato místa byly takovéto pozůstatky války uschovány některými obyvateli.

Jedním z velice nebezpečných druhů válečné munice jsou nevybuchlé letecké pumy s chemickými časovými zapalovači pocházející ze spojeneckých náletů na průmyslová centra válečné výroby, nebo na dopravní a zásobovací tepny, například v Praze, Českých Budějovicích, Brně, Ústí nad Labem, Plzni atd. V některých lokalitách byl zaznamenán i výskyt munice z 1. světové války.

Dalším místem, kde se můžeme setkat s municí, jsou bývalé vojenské prostory, které obývali vojska Sovětské armády, zejména území v okolí Milovic a Ralska. Po jejich odchodu zde zůstalo velké množství vojenského materiálu, včetně munice. Tato území byla sice asanována, ale protože se jedná o velké plochy a mnohde špatně prostupný terén, byla na některých místech asanace provedena jen formou povrchového sběru. Místa s největším výskytem munice jsou dopadové plochy dělostřeleckých a leteckých střelnic. O stálé přítomnosti munice v těchto bývalých vojenských prostorech hovoří i fakt, že součástí stavebního povolení je i povinný pyrotechnický průzkum lokality stavby.

4.6.1 Rozdělení munice

Munice do ručních palných zbraní zahrnuje náboje do pistolí, pušek, samopalů a kulometů. Je to jednotný náboj, který se skládá z nábojnice, zápalky, prachové náplně a střely.

Munice do ručních protitankových zbraní zahrnuje ruční protitankové granáty, náboje do protitankových pušek, puškové protitankové granáty, náboje do ručních bezzákluzových zbraní.

Ruční granáty jsou v podstatě dutá tělesa vyrobená z kovu případně pevného plastu, naplněná trhací náplní. K iniciaci trhací náplně je ruční granát opatřen zapalovačem. Ruční granát je tvarově přizpůsoben k uchopení do sevřené dlaně tak, aby bylo usnadněno jeho házení. Účinek ručního granátu s trhací náplní se projevuje tím, že se výbuchem trhací náplně tělo granátu roztrhne na množství střepin, které jsou rozmetány do všech stran. V nejbližším okolí působí i tlakovou vlnou. Ruční granáty jsou určeny pro boj zblízka. Účinné působení střepin je až do vzdálenosti 200 m.

Dělostřelecká munice. Do dělostřelecké munice zahrnujeme veškeré střelivo pro děla, minomety a salvové raketomety. Skládá se za dvou hlavních celků. Prvním je střela, mina nebo bojová hlavice pro vyvolání žádaného účinku v cíli. Druhým je nábojka, raketový motor sloužící pro dopravu střely do cíle.

Letecká munice zahrnuje střelivo do palubních zbraní letadel, rakety odpalované z letadel a letecké pumy.

Raketová střela je prostředek, kterému je rychlost potřebná k dopravě bojové části do prostoru cíle udělována výtokem plynů z vlastního raketového motoru.

Signální a osvětlovací munice slouží k vytvoření světla, dýmu a zvuku za použití pyrotechnických složí. Spadá sem munice signální, osvětlovací, značkovací a zábleskova.

Ženijní prostředky zahrnují protipěchotní a protitankové miny, určené k ničení živé síly nebo obrněných vozidel, náloživo, což jsou nálože trhaviny určené k ženijním nebo trhacím pracím, a rozněcovače sloužící k roznětu, tj. aktivaci miny nebo nálože.

4.6.2 Ničení munice

Nalezená nebo zajištěná munice, trhaviny, iniciátory nebo výbušné předměty nemají žádné praktické využití. Munice je ve většině případů silně napadena korozí, mechanicky poškozena nebo selhaná, proto nepřichází v úvahu její delaborace. Trhaviny, iniciátory a výbušné předměty mají mnohdy nejasný původ, prošlou životnost nebo s nimi bylo nevhodně manipulováno nelze je použít k původnímu účelu. Z těchto důvodů je třeba zajistit jejich bezpečnou likvidaci. Tato likvidace se provádí na trhacích jamách Armády České republiky nebo na stálé trhací jámě pyrotechnické služby Policie České republiky. Trhací jáma je vymezené území uvnitř vojenského prostoru nebo území ve správě Policie ČR. Toto území je umístěno na přehledném místě v dostatečné vzdálenosti od obydlených oblastí. Dalším požadavkem je vhodné umístění a nepropustné podloží, aby nebylo povýbuchovými zplodinami a stopovými zbytky výbušnin kontaminováno okolní prostředí nebo spodní a povrchové vody.

Velmi zjednodušený postup vlastního ničení munice vypadá takto: uložení ničeného kusu munice do vykopané jámy, přiložení nálože trhaviny opatřené rozbuškou, nakrytí zeminou pro omezení tlakové vlny a rozletu střepin, odpálením z bezpečného úkrytu. Množství najednou ničené munice, výška nakrytí, velikost přiložené nálože, velikost ohroženého prostoru a další parametry při vlastním ničení

munice záleží na druhu ničené munice, povolených limitech trhací jámy, atmosférických podmínkách atd.

V případech, kdy je nalezenou municí možno manipulovat, ale není možný její bezpečný převoz na vzdálenou trhací jámu, je tato munice zničena na nejbližším vhodném místě (kamenolom, rokle, rozlehlé pole) za dodržení bezpečnostních opatření k zamezení ohrožení životu a zdraví obyvatel, nebo škod na majetku. Pokud je u nalezené munice vyloučena jakákoli manipulace (např. letecká puma s chemickým časovým zapalovačem), je nutná likvidace na místě. V těchto případech je snaha co nejvíce minimalizovat škody na majetku. Způsob likvidace může být zničení výbuchem, uražení zapalovače, použití vodního paprsku k odříznutí zapalovače atd. Záleží na místě nálezu, stavu munice, okolní zástavbě a dostupné technologii pro likvidaci.

4.6.3 Nežádoucí jevy při výbuchu a omezení jejich účinku

Při výbuchu munice a výbušnin dochází:

- otřesení okolní půdy seizmickou vlnou
- vzniku tlakové vlny
- rozdrcení a vymrštění zeminy
- rozletu střepin
- vzniku zvukové vlny

Okruh a velikost působení těchto účinků závisí na druhu a množství munice, výbušnin, hloubce uložení a druhu okolní půdy [15].

Omezení nežádoucích účinků výbuchu

Otřesná seizmická vlna se šíří půdou a může způsobit narušení základů budov, zdiva, inženýrských sítí uložených v zemi apod. Její velikost závisí na hloubce, nakrytí, druhu

a množství munice a vlastnostech okolní půdy. Největších hodnot dosahuje při úplném utlumení tlakové vlny, nejmenších při výbuchu na povrchu.

Druhy objektů	Poloměr **r** nebezpečných pásem v **m** při hmotnosti trhaviny						
	5 kg	10 kg	25 kg	50 kg	100 kg	250 kg	500 kg
Betonové a kameninové potrubí	10	13	15	17	20	37	60
Litinové potrubí	3	4	5	6	8	15	22
Základy staveb	1,5	2	3	3,5	4,5	6	8

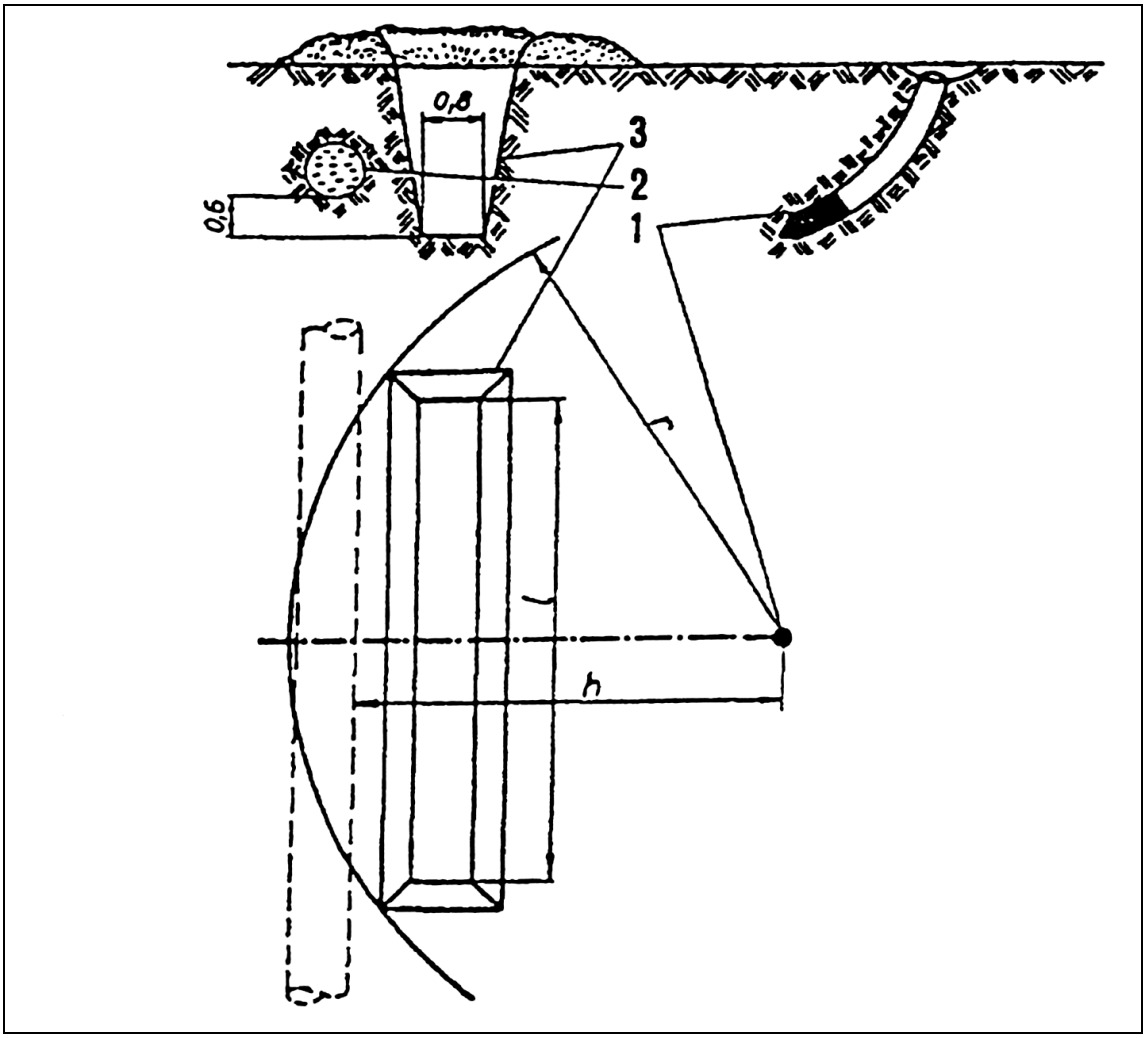
Tabulka 2. Poloměr nebezpečných pásem [15]

Hmotnost trhaviny se v tabulce 2 uvádí pro tritol. Pro brizantnější trhavinu je nutné poloměr **r** zvětšit. Nelze-li z bezpečnostních důvodů munici přemístit, použijí se ochranná opatření, jejichž účelem je buď otřesovou vlnu přerušit, nebo objekty zpevnit [15].

Ochrana před otřesnou vlnou

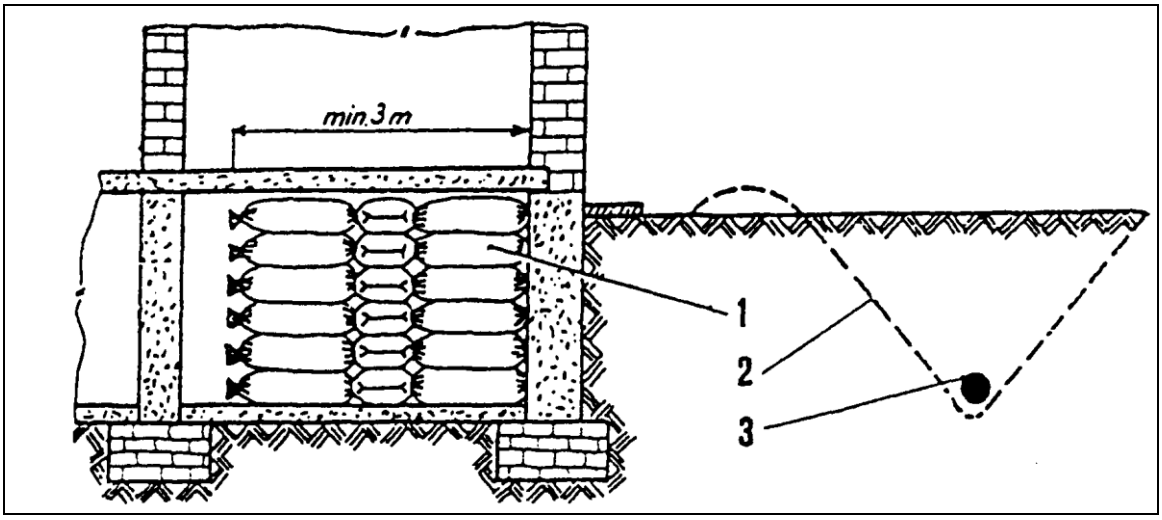
Přerušení otřesné vlny se dosáhne pomocí ochranného příkopu, který se hloubí co nejblíže k objektu. Objekt se zpevňuje tehdy, jestliže by otřesná vlna mohla rozrušit zdivo, které je volné ze strany opačné nárazu otřesné vlny, a jestliže by se ochranný příkop stal

po výbuchu součástí nálevky. Nálevka se vytváří od středu vybuchlé nálože nebo munice vymrštěním, popř. rozdrcením zeminy.



Obrázek 5. Ochranný příkop. 1 – místo ničené munice s přiloženou náloží; 2 – ohrožené potrubí; 3 – ochranný příkop; l – délka ochranného příkopu; r – poloměr otřesného účinku; h – vzdálenost ohroženého objektu od místa ničení [(15)]

Volná zeď se zpevňuje pytli s pískem, které se navrší do úrovně vnějšího terénu v takové délce, ve které objekt zasáhne otřesná vlna, a do hloubky nejméně 3 m. Mezi pytli s pískem a další stěnou objektu se ponechá volný prostor k přerušení otřesné vlny.



Obrázek 6. Zpevnění objektu. 1 – pytle s pískem; 2 – tvar předpokládané nálevky; 3 – ničená munice s přiloženou náloží [15]

Tlaková vlna. Při výbuchu se okolo nálože velmi prudce stlačí vzduch a vznikne tlaková vlna, která se šíří podle druhu a uložení munice počáteční rychlostí, jež dosahuje hodnot až 600 $m.s^{-1}$. Tato rychlost však rychle klesá. Vzdálenost, na kterou je tlaková vlna neškodná pro volně stojícího člověka je dána vzorcem:

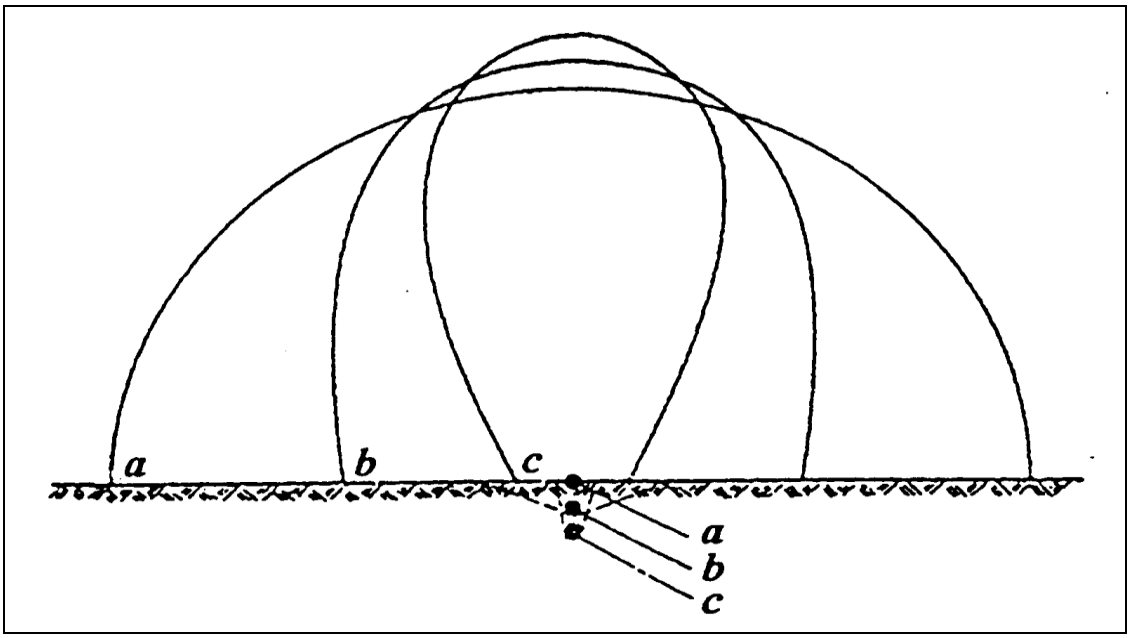
$$r_b = 10 \div 15.\sqrt{N}$$

r_b – bezpečná vzdálenost

N – hmotnost trhaviny

Člověk intenzivně vnímá přetlak v řádu 100 Pa, k praskání ušních bubínků dochází při přetlaku nad 2 kPa, smrtelný (po několika hodinách nebo dnech) může být přetlak nad 150 kPa a okamžitá smrt nastává při hodnotách 500 kPa. [13]

Usměrnění tlakové vlny se dosahuje vybráním vhodného terénu, uložením munice v šachtě nebo vytvořením ochranného valu. Tlaková vlna se také tlumí nakrytím tlumícího materiálu na ničenou munici (balíky slámy, papír, pytle s pískem) Budovy se ochraňují otevřením, popřípadě vysazením oken, vyplněním okenních a dveřních otvorů pytli s pískem nebo obložení stěn pytli nebo bednami s pískem [15].



Obrázek 7. Rozsah účinku tlakové vlny, a – uložení nálože na povrchu; b – uložení nálože v 0,5 m; c - uložení nálože v 1 m [15]

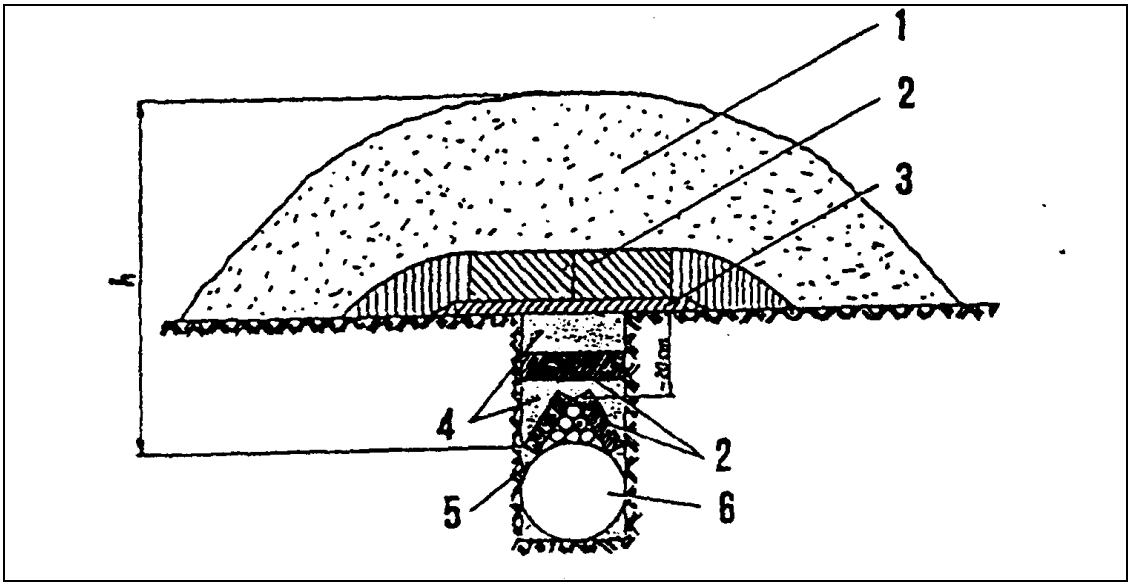
Rozdrcení a vymrštění zeminy. Při ničení munice uložené v zemi může dojít k rozletu zeminy do okruhu o poloměru více než 300 m. Rozlet závisí na hloubce, nakrytí, druhu a množství munice a vlastnostech okolní půdy. K tomu, aby bylo okolí ohroženo co nejméně, nesmí se ničená munice zakrývat kameny ani jinými tvrdými předměty. Ochrana proti vymrštěné zemině je stejná jako ochrana proti rozletu střepin [15].

Rozlet střepin. Při výbuchu munice dochází k rozletu střepin do okolí. Počáteční rychlost střepin dosahuje rychlosti až 1500 $m.s^{-1}$. Dolet střepin závisí na hmotnosti trhaviny a hmotnosti střepiny. V tabulce 3 jsou uvedeny vzdálenosti rozletu střepin při uložení munice na povrchu, nebo v jámě o hloubce 1m.

Druh ničené munice	Uložení munice			
	na povrchu		v jámě hluboké 1m	
	rozlet střepin	bezpečnostní vzdálenost	rozlet střepin	bezpečnostní vzdálenost
Tenkostěnná munice (ruční granáty, ženijní miny apod.)	300 m	400 m	100 m	200 m
Silnostěnná munice o hmotnosti zalaborované trhaviny 5 až 40 kg	600 m	800 m	200 m	400 m
Silnostěnná munice o hmotnosti zalaborované trhaviny 5 až 40 kg	800 m	1000 m	500 m	800 m
Zápalná a osvětlovací munice v jámě hluboké 1 m	-	-	100 m	300 m

Tabulka 3. Rozlet střepin a bezpečnostní vzdálenosti [15]

Při předpokládaném výbuchu je třeba uzavřít bezpečnostní okruh. Není-li možno uzavřít bezpečnostní okruh podle údajů v tabulce, zmenšuje se rozlet střepin nakrytím. Při nakrytí se použije sypkého, pokud možno hutného materiálu (vlhký písek, zemina) proloženého v jedné nebo více vrstvách větvemi pro lepší zachycení střepin.



Obrázek 8. Utlumení tlakové vlny a rozletu střepin. 1 – zemina; 2 – drny; 3 – větve; 4 – jemná zemina; 5 – náloživo; 6 – střela [15]

Zvuková vlna. Vzhledem k tomu, že počáteční rychlost střepin je větší než rychlost zvukové vlny, dopadají přímo letící střepiny do ohroženého prostoru dříve, než je slyšet zvukovou vlnu výbuchu. Jedině střepiny, které letí větším obloukem, ztrácejí vlivem nepravidelného tvaru na rychlosti a dopadají až po zvukovém účinku výbuchu. Zvuk výbuchu tak nemůže být signálem ke krytí osob, nebo k opuštění úkrytu [(15)].

4.7 Právní předpisy na úseku výbušnin

V této kapitole uvádím přehled vybraných právních předpisů, které se vztahují k výrobě, nabývání, skladování, používání a přepravě výbušnin. Celou tuto oblastí má na starosti Český báňský úřad. Činnost Českého báňského úřadu je stanovena v § 40 zákona č. 61/1988 Sb. V souvislosti s výbušninami sem patří zejména zajištění vydávání právních předpisů, kontrolní a inspekční činnost, povoluje uvedení výbušnin do oběhu. Tento zákon se nevztahuje:

na výbušniny, výbušné předměty a pomůcky, které drží pro své potřeby ozbrojené síly České republiky, ozbrojené bezpečnostní sbory, zpravodajské služby České republiky, Generální ředitelství cel, Český úřad pro zkoušení zbraní a střeliva nebo Hasičský záchranný sbor České republiky pro výkon služby [(17)].

Zákon ČNR č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění zákona ČNR č. 425/1990 Sb., zákona ČNR č. 542/1991 Sb., zákona č. 169/1993 Sb., zákona č. 128/1999 Sb., zákona č. 71/2000 Sb., zákona č. 124/2000 Sb., zákona č. 315/2001 Sb., zákona č. 206/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb., [úplné znění č. 408/2002 Sb.], zákona č. 150/2003 Sb., zákona č. 226/2003 Sb., zákona č. 227/2003 Sb., zákona č. 3/2005 Sb., zákona č. 386/2005 Sb., zákona č. 186/2006 Sb., zákona č. 313/2006 Sb., zákona č. 342/2006 Sb., zákona č. 296/2007 Sb., zákona č. 376/2007 Sb., zákona č. 124/2008 Sb., zákona č. 189/2008 Sb. a zákona č. 274/2008 Sb., zákona č. 223/2009 Sb., zákona č. 227/2009 Sb. (účinnost od 1. 7. 2010) a zákona č. 281/2009 Sb. (účinnost od 1. 1. 2011)

1. Vyhláška ČBÚ **č. 72/1988 Sb.**, o používání výbušnin, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 173/1992 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 340/1992 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 99/1995 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 341/2001 Sb., vyhlášky ČBÚ č. 338/2004 Sb., vyhlášky č. 298/2005 Sb. a vyhlášky č. 199/2006 Sb.

2. Vyhláška ČBÚ **č. 174/1992 Sb.**, o pyrotechnických výrobcích a zacházení s nimi.

3. Vyhláška ČBÚ **č. 327/1992 Sb.**, kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při výrobě a zpracování výbušnin a o odborné způsobilosti pracovníků pro tuto činnost, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 340/2001 Sb.

4. Vyhláška ČBÚ **č. 102/1994 Sb.**, kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu v objektech určených pro výrobu a zpracování výbušnin, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 76/1996 Sb.

5. Vyhláška ČBÚ **č. 99/1995 Sb.**, o skladování výbušnin, ve znění vyhlášky ČBÚ č. 342/2001 Sb. a vyhlášky č. 200/2006 Sb.

6. Vyhláška ČBÚ **č. 209/1999 Sb.**, kterou se zrušují některé právní předpisy o povolení používat výbušniny a další prostředky trhací techniky.

7. Vyhláška ČBÚ **č. 494/2002 Sb.**, kterou se zrušuje vyhláška č. 51/1996 Sb., o podmínkách skladování, přechovávání a zacházení s černým loveckým prachem, bezdýmným prachem, zápalkami a střelivem.

8. Vyhláška **č. 293/2003 Sb.**, o bližších podmínkách a vlastnostech výbušnin pro použití v rizikových podmínkách nebo v rizikovém prostředí a o přezkušování vlastností těchto výbušnin.

9. Vyhláška **č. 153/2008 Sb.**, o vzorech tiskopisů žádostí o udělení povolení k předávání, nabývání, vývozu, dovozu a tranzitu výbušnin.

10. Vyhláška **č. 378/2008 Sb.**, o stanovení procesu schvalování plastických trhavin, které neobsahují detekční látky.

11. Zákon č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu a o změně zákona č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů.

12. Směrnice Rady 93/15/EHS o harmonizaci předpisů týkajících se uvádění na trh a dozoru nad výbušninami pro civilní použití.

13. Směrnice Komise 2004/57/ES o definování pyrotechnických předmětů a určité munice pro účely Směrnice Rady 93/15/EHS o harmonizaci předpisů týkajících se uvádění na trh a dozoru nad výbušninami pro civilní použití.

14. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY **2008/68/ES** ze dne 24. září 2008 o pozemní přepravě nebezpečných věcí [(17)].

5 DISKUZE

Bakalářská práce byla zaměřena jako výukový materiál o výbušninách pro studenty ochrany obyvatelstva, složek IZS a krizového řízení. Již samotné shromažďování podkladů pro tuto práci přineslo zajímavé poznatky o dostupnosti materiálů, které se zabývají problematikou výbušnin. Nejsnáze dostupné informace lze získat prostřednictvím internetu. Zde však většinou narazíme na anonymitu autora a z toho vyplývající problematickou úplnost, správnost a v případě návodů na amatérskou výrobu výbušnin i vysoké riziko. U informací čerpaných z odborné literatury jsem zjistil, že v oblasti výbušnin se většinou jedná o knihy vydané odbornými školami pro vlastní potřebu. Velkým zklamáním byl zamítavý postoj vedení pyrotechnického odboru Policejního prezídia k mé žádosti na získání statistiky o zneužívání výbušnin na území ČR. V práci jsou tak uvedeny starší a jen částečné údaje čerpané z knihy o terorismu.

Takto získané podklady byly zpracovány tak, aby byl čtenář uveden do problematiky výbušnin stručnou historií, získal základní orientaci v rozdělení výbuchů a účincích výbuchů na okolní prostředí. Na místech, kde k výbuchu došlo, nebo kde výbuch hrozí je nutno si uvědomit účinky a z toho odvodit možné následky. Toto je důležité zejména pro složky IZS, které jako první zasahují na takto postiženém místě.

Účinky výbuchu na okolní prostředí nedělím na primární a sekundární jak to uvádí Hrazdíra. Vycházím zde z osobní zkušenosti a z vědeckých poznatků, že výbuch je tak rychlý jev, že všechny účinky výbuchu působí téměř ve stejnou dobu. Výjimkou může být pozorovatel, který sleduje výbuch ze vzdálenosti několika stovek metrů. Na takovouto vzdálenost začíná být patrný rozdíl v rychlosti zvuku a rychlosti světla. Pozorovatel tedy vidí nejdříve záblesk nebo vyhozený sloupec rozdrcené zeminy, ucítí seizmickou vlnu a teprve se zpožděním uslyší zvuk výbuchu v závislosti na vzdálenosti od jeho místa. S měřicími přístroji v laboratorních podmínkách bychom samozřejmě získali postupné fáze jednotlivých výbuchových dějů. Pro potřeby této práce je však postačující základní dělení, neboť se zabývá účinky v bezprostřední blízkosti výbuchu.

V kapitole rozdělení výbušnin vycházím z dělení výbušnin do skupin podle jejich vlastností. Hrazdíra uvádí dělení ještě podle uživatele, způsobu výroby, rychlosti detonace apod. Dělení podle vlastností na trhaviny, třaskaviny, střeliviny a pyrotechnické složе jak uvádí kolektiv autorů ve Speciální technice je základní, nejdéle používané a je z něj hned zřejmé, o jakou výbušninu se v tom daném případě jedná. V další kapitole jsou uvedeni zástupci jednotlivých druhů, jejich vlastnosti a použití.

Následující kapitola se zabývá podomácku vyráběnými výbušninami a je zaměřena na základní orientaci a rizik s tím spojených. Tato práce nemá za úkol poskytovat návody na výrobu nebo použití výbušnin. Pouze ve dvou případech je popsané přesné složení a poměr surovin. Tím prvním je historicky nejstarší a doposud používaný černý střelný prach. Ve druhém případě jde o trhavinu DAP. Tato trhavina je běžně používána k průmyslovým účelům, pro svou levnou a jednoduchou výrobu je oblíbena k teroristickým útokům.(19. dubna 1995 bylo v Oklahoma City použito 2300 kg trhaviny DAP). S tím souvisí nástražné výbušné systémy, jejich popis, konstrukce, použití. Vycházíme z toho, že pro NVS neexistují pevně stanovená pravidla. Vše záleží na technických schopnostech výrobce, zdrojích materiálu na výrobu a vybraném cíli pro útok. Improvizované výbušniny a výbušné prostředky jsou celosvětově velký problém. Nemám teď na mysli útoky na spojenecká vojska v Afganistanu nebo Iráku, kde jsou takové útoky velice časté a způsobují velké ztráty na životech. Podobné útoky se udály i na Evropské půdě. Problém spatřuji mimo jiné v tom, že návody k výrobě improvizovaných výbušných systémů a výbušnin jsou vcelku snadno dostupné. Na celé věci je zarážející, že mnoho takových materiálů jsou příručky určené pro armádní potřeby, zejména pro speciální jednotky nebo tajné služby různých států, které unikly na veřejnost a jsou volně rozšiřovány. Ve své praxi jsem se s několika takovými materiály setkal, a jeden z nich jsem zařadil do zdrojů této práce. V této publikaci se autor zabývá popisem improvizovaných nástrah, snadnou výrobou průbojných náloží, ale i způsobem uložení těchto náloží. Jako velmi vážný problém na celé věci spatřuji fakt, že většina takovýchto materiálů existuje v elektronické podobě a jsou volně šířeny po internetové síti. Internetové servery nebo stránky, které se

zabývají amatérskou výrobou výbušnin nelze do této práce začlenit, protože jejich obsah je většinou zaměřen pouze na postupy a návody na výrobu výbušnin. Při studiu těchto zdrojů jsem zjistil, že v jednom případě autor stránek Project – X vs. Detonator záměrně odstranil návod na výrobu peroxidu acetonu a HMTD. Jde o velmi nebezpečné třaskaviny, u kterých hrozí nebezpečí výbuchu již při výrobě nebo následné manipulaci. Autor toto odůvodňuje tím, že někteří lidé stále nechápou nebezpečí a dále vyrábějí tuto třaskavinu ve větším množství. Tento krok nepovažuje za cenzuru jako někteří jeho čtenáři, ale nechce již další oběti na životech. Je si však vědom, že případný zájemce o návod na tyto třaskaviny si je obstará jinde.

Navazující kapitola pojednává o munici. Zde je třeba si připomenout, že ve většině případů nemá stáří vliv na účinky nalezené munice. Pouze se zvyšuje riziko výbuchu při neodborné manipulaci. Nebezpečí hrozí zejména při zemních pracích v lokalitách s výskytem válečné munice nebo při manipulaci s nalezenou municí. V přílohách jsou zařazeny fotografie stavební techniky, která při výkopových pracích narazila na nevybuchlou munici z druhé světové války a přivedla ji k výbuchu. Riziku vážné újmy na zdraví se vyskytují i takzvaní hledači militarií, kteří za použití detektorů kovů prohledávají vytypovaná místa válečných operací.

Můj přínos je ve srovnání s autory ostatních publikací především ve výběru informací a v zaměření celé práce. Kolektiv autorů ve speciální technice se celou tematikou zabývá velice podrobně včetně výpočtů, technologických postupů průmyslové výroby, laboratorních zkoušek apod. Kniha Speciální technika byla přímo určena pro odborníky pracující ve zbrojním průmyslu. Pro potřeby IZS a krizového řízení je tato publikace příliš rozsáhlá, a čtenář by některým pasážím bez patřičného výkladu asi jen těžko porozuměl. Publikace neobsahuje problematiku nástražných výbušných systémů a podomácku vyráběných výbušnin. V kapitole o munici se speciální technika zabývá podrobnou konstrukcí soudobé munice. Naproti tomu Hrazdíra svoji publikaci zaměřil jako vstupní informace pro studenty, kteří se budou zabývat problematikou policejní pyrotechniky. Z toho vyplývá odbornější zaměření, které mimo jiné obsahuje kapitoly o policejní pyrotechnice a pyrotechnické kriminalistické expertize, což jsou informace, které nenaplňují poslání této práce.

V kapitole o munici se zabývá spíše konstrukcí a šablonací (označováním) munice. K problematice nástražných výbušných systémů

uvádí Kollár velmi podrobné rozdělení nástražných systémů. Ve své práci používám jednodušší rozdělení, které vychází z publikace od Cigánika. Cigánik se jako jediný z autorů použité literatury zabývá podomácku vyráběnými výbušninami, kde uvádí zdroje k jejich výrobě, jejich klasifikaci a charakteristiku jednotlivých skupin.

V poslední kapitole jsou uvedeny právní předpisy, vztahující se na výrobu, dovoz, nabývání a používání výbušnin. Jako zdroj informací pro tuto kapitolu jsem zvolil Český báňský úřad, který ze zákona spravuje oblast výbušnin v civilním sektoru a vydává povolení k výrobě, nabývání, skladování, používání a přepravě výbušnin. Podle posledních informací jsou podnikány kroky k tomu, aby se interní právní normy, které upravují používání výbušnin u Policie České republiky, přizpůsobily předpisům používaným Armádou České republiky a zákonným normám upravujícím tuto oblast pro civilní sektor.

Odborný rozsah je zvolen tak, aby tato práce poskytla základní přehled o problematice výbušnin a nezabíhala do podrobností a konstrukčních řešení. Práce má za úkol zvýšení efektivity ochrany obyvatelstva a snížení rizik zasahujících složek IZS v případech spojených s přítomností výbušnin. Zájemci, kteří budou chtít získat další a podobnější informace z této oblasti, mohou čerpat z literatury a zdrojů uvedených na konci této práce. Neuvádím zde účinky výbuchu na lidský organismus a s tím spojená typická zranění, neboť toto téma by přesáhlo rámec této bakalářské práce a je na zvážení jako samostatné téma diplomové práce.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo vypracovat výukový materiál o výbušninách, který bude svojí hloubkou odpovídat potřebám IZS a krizového řízení pro případy řešení mimořádných událostí spojených s výbušninami. Tato práce poskytuje základní informace o výbušninách, zejména o jejich vlastnostech a účincích na okolní prostředí, o možném výskytu a z toho vyplývajících opatřeních pro zajištění ochrany. Tím přispívá k větší bezpečnosti zasahujících složek IZS a na místě mimořádné události spojené přítomností výbušnin.

Jako hypotéza byla stanovena potřeba vytvoření vhodného výukového materiálu pro studenty oboru ochrany obyvatelstva. Materiál s takovým zaměřením nebyl do současné doby zpracován. Tato hypotéza byla potvrzena a vypracováním tohoto materiálu byl cíl práce splněn.

7 KLÍČOVÁ SLOVA

munice, nástražný výbušný systém, účinky výbušnin, výbuch, výbušniny

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BREBERA, Stanislav. *Vojenské trhaviny a výroba trhavinových náloží*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2001. 111 s. ISBN 80-7194-360-6.

2. CIA. *Improvised sabotage devices*. USA, 1972, 72 s.

3. CIGÁNIK, Lubomír. *Výbušniny, výbušné systémy a činnosť príslušníka PZ*. Bratislava : Akadémia Policajného zboru SR Bratislava, 2001. 114 s. ISBN 80-8054-190-6.

4. Česká republika. 19. Zákon o střelných zbraních a střelivu. In *202*. 119/2002, 16, s. 641 - 688.

5. *Detonator & Project-X* [online]. 10.08.2001 [cit. 2010-04-18]. Project -X vs. Detonator. Dostupné z WWW: <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/vybusnin/PXD/cl/hmtd.htm>.

6. *Explosia.cz* [online]. 2003 [cit. 2010-04-29]. Semtex. Dostupné z WWW: <http://www.explosia.cz/?show=semtex>.

7. Headquarters department of the army USA. *Boobytraps*. Washington D.C.,1965. 126 s. FM 5-31.

8. HRAZDÍRA, Ivo; KOLLÁR, Milan. *Policejní pyrotechnika*. Plzeň: Aleš Čeněk s.r.o., 2006. 205 s. ISBN 80-68898-87-3.

9. HRAZDÍRA, Ivo; KOLLÁR, Milan. *Základy policejní pyrotechnické činnosti*. Praha : Policejní akademie Praha, 2001. 154 s. ISBN 80-7251-069-X.

10. JANÍČEK, Miroslav; DRAHOVZAL, Petr. *Pyrotechnik v boji proti terorismu*. Praha: DEUS, 2001. 175 s. ISBN 80-86215-17-2

11. KLŮC, Antonín; ZLATOHLÁVKOVÁ, Dana. *Život pyrotechnika*. Praha: Naše vojsko, 2003. 153 s. ISBN 80-206-0675-0.

12. KLŮNA, Jindřich ; HRUBÝ, Vojtěch . *Technika a vojenství včera, dnes a zítra*. 1.vydání. Praha : Naše vojsko, 1989. 368 s. ISBN 80-206-0127-9.

13. Kolektiv autorů. *Speciální technika: 1. díl*. Praha: FMVS, 1976. 534 s.

14. MAREŠ, Miroslav. *Terorismus v ČR*. Brno: Centrum strategických studií, 2005. 480 s. ISBN 80-90-3333-8-9.

15. MNO ČR. *Pyrotechnická činnost v Armádě ČR:* MNO Praha, 1998. 73 s. Vševojsk 16-20

16. PLÍHAL B., et al. *Munice*. Brno : Vydavatelská skupina UO, 2004. 330 s. S2288.

17. *Státní báňská správa České republiky* [online]. 8.3.2010 [cit. 2010-04-18]. Právní předpisy. Dostupné z WWW: <http://www.cbusbs.cz/prehled-platnych.aspx>.

18. VÁGNER, Jiří; SUDICKÝ, Josef. *Pyrotechnická činnost*. 1. vydání. Martin: Vojenské učiliště Martin, 1983. 143 s.

19. VÁGNER, Jiří; SUDICKÝ, Josef. *Výbušniny*. 1. vydání. Martin: Vojenské učiliště Martin, 1982. 185 s.

9 PŘÍLOHY

- ukázky fotografií současné a válečné munice
- stavební stroje po výbuchu leteckých pum z Druhé světové války
- následky výbuchu ve Vojenském opravárenském podniku v Novákách

Ruční granát URG 86, ČR

Ruční granát F1, ČR

Puškové granáty Německo, 2. sv. válka

Ruční granát RG 4, ČR

Dělostřelecká munice ráže 152 mm

Dělostřelecká mina ráže 82mm

Dělostřelecká raketa ráže 122 mm

RPG 75, protitanková zbraň, ČR

Německo 2. světová válka

Letecká puma z 2. světové války

Vibrační válec přivedl svoji činností k výbuchu leteckou pumu z 2. sv. války, stavba dálnice A3, Německo

Stavební stroj po výbuchu 250 kg letecké pumy

Vojenský opravárenský podnik Nováky na Slovensku po výbuchu munice 2. 3. 2007. VOP Nováky se zabývá delaborací vyřazené vojenské munice. Při výbuchu bylo 8 osob usmrceno, 41 zraněno, celková hmotná škoda byla vyčíslena na 61 milionů slovenských korun.