



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## VÝBĚR ZDROJŮ RIZIK A JEJICH HODNOCENÍ PŘI SKLADOVÁNÍ VÝBUŠNIN

SELECTION OF THE RISK SOURCES AND THEIR ASSESSMENT IN THE EXPLOSIVES OPERATIONS

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vít Hajný

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

BRNO 2016



## Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	<b>Bc. Vít Hajný</b>
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce:	<b>Ing. Luboš Kotek, PhD.</b>
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### Výběr zdrojů rizik a jejich hodnocení při skladování výbušnin

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Problematika skladování vojenské munice a výbušnin je po závažných událostech ve Vrběticích z roku 2014 velmi aktuální. Práce se zabývá rešerší a porovnáním postupů pro výběr a hodnocení zdrojů rizik při skladování výbušnin a vojenské munice.

#### Cíle diplomové práce:

Cíle diplomové práce jsou:

Rešerše přístupů k selekci zdrojů rizik při skladování výbušnin

Rešerše zákonných požadavků na sklady výbušnin

Porovnání přístupů k selekci a hodnocení zdrojů rizik při skladování výbušnin

Použití nalezených metodik v případové studii

#### Seznam literatury:

Plíhal, B. (2010): Muniční komplety III: ekologie v oblasti munice, likvidace munice a výbušnin. Vyd. 1. Univerzita obrany, Brno

Zeman, S. (2005): Technologie energetických materiálů I. Vyd. 1. Univerzita Pardubice: Pardubice.

Storage of dangerous substances: Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations 2002, (2003). HSE, Sudbury Suffolk.

Guidelines for engineering design for process safety. 2nd ed. (2012). Center for Chemical Process Safety, New York

Cheremisinoff, N. P. (2001): Practical guide to industrial safety: methods for process safety professionals. M. Dekker, New York.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 30. 11. 2015

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá výběrem zdrojů rizik a jejich hodnocení při skladování výbušnin. Je rozdělena do čtyř částí, přičemž první dvě jsou rešeršní a zabývají se přístupy k výběru zdrojů rizik při skladování výbušnin a zákonnými požadavky na výbušniny, jejich uskladnění, manipulaci a převoz a na budovy, ve kterých jsou výbušniny uskladněny. V další části jsou vybrány a porovnány přístupy k selekci a hodnocení zdrojů rizik ve skutečných skladových jednotkách. V závěrečné části jsou vybrané metodiky použity v případových studiích.

## **ABSTRACT**

The Master's thesis concerns with the choice of sources of risks and their evaluation with storage of explosives. It is divided into four parts. The first two parts are research ones and they deal with accesses to the choice of sources of risks with storage of explosives and statutory requirements for explosives, their storage, manipulation and transport and then with the buildings, which the explosives are stored in. In the next part the accesses to selection and evaluation of sources of risks in real storage units are chosen and compared. In the final part there is the chosen methodology used in case studies.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Selekce zdrojů rizik, výbušniny, prevence, havárie

## **KEYWORDS**

Selection of the risk sources, explosives, prevention, accident



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HAJNÝ, V. *Výběr zdrojů rizik a jejich hodnocení při skladování výbušnin*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 88 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D..



## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval panu Ing. Luboši Kotkovi, Ph.D. za trpělivost, čas a předané informace a zkušenosti při vedení diplomové práce.

Dále děkuji Ing. Vojtěchovi Maradovi za korekturu diplomové práce.

V neposlední řadě děkuji mé rodině a přátelům za podporu při studiu.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Luboše Kotka Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2016

.....  
Hajný Vít



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>ANALÝZA RIZIK</b> .....	<b>17</b>
2.1	Nehody a havárie s výbušnými látkami .....	17
2.1.1	Výbuch muničních skladů ve Vrběticích .....	17
2.1.2	Výbuch ve Zbrojovce Sellior & Bellot .....	18
2.1.3	Výbuch v továrně Poličských továren .....	19
2.1.4	Výbuch muniční továrny Škodových závodů v Bolevci .....	19
2.1.5	Havárie lodi převážející výbušné látky v přístavu Halifax .....	20
<b>3</b>	<b>PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ</b> .....	<b>21</b>
3.1	Povinnosti provozovatele nebo uživatele .....	21
3.2	Bezpečnostní dokumentace .....	22
3.3	Havarijní plánování .....	22
3.3.1	Plán fyzické ochrany .....	22
3.3.2	Vnitřní havarijní plán .....	22
3.3.3	Havarijní plán a zóna havarijního plánování .....	23
3.4	Způsob provedení posouzení rizik závažné havárie .....	24
<b>4</b>	<b>ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA SKLADOVÁNÍ A POUŽÍVÁNÍ VÝBUŠNIN</b>	<b>25</b>
4.1	Skladování výbušnin .....	26
4.1.1	Rozsah platnosti .....	26
4.1.2	Třídy nebezpečí výbušnin .....	26
4.1.3	Označení skladu výbušnin .....	26
4.1.4	Bezpečnostní vzdálenost .....	27
4.1.5	Zásady pro výstavbu skladu .....	27
4.1.6	Zajištění skladu .....	28
4.1.7	Způsob skladování výbušnin .....	28
4.1.8	Zacházení s výbušninami ve skladu .....	28
4.2	Používání výbušnin .....	29
4.2.1	Základní pravidla s výbušninami a pomůckami .....	29
4.2.2	Evidence výbušnin .....	30
4.2.3	Přeprava výbušnin .....	30
4.2.4	Nakládání, skládání, přenášení výbušnin .....	30
4.2.5	Střelní mistr, odpalovač ohňostrojů, technický vedoucí odstřelů .....	31
4.3	Pyrotechnické výrobky .....	31
4.3.1	Klasifikace pyrotechnických výrobků .....	32
4.3.2	Základní požadavky na pyrotechnické výrobky .....	32
4.3.3	Přeprava a skladování .....	32
<b>5</b>	<b>METODY SELEKCE ZDROJŮ RIZIKA</b> .....	<b>33</b>
5.1	Selektivní metoda CPR 18E [2] [3] .....	33
5.1.1	Postup metody .....	33
5.1.2	Popis jednotlivých kroků .....	35
5.2	Indexová metoda požáru a výbuchu – FEI .....	39
5.2.1	Výběr procesní jednotky .....	39
5.2.2	Materiálový faktor MF .....	40
5.2.3	Obecná procesní nebezpečí F1 .....	40
5.2.4	Speciální procesní nebezpečí .....	41

5.2.5	Index požáru a výbuchu .....	42
5.2.6	Kreditní faktory řízení ztrát.....	42
5.2.7	Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky.....	43
5.3	Příručka bezpečnostních zásad NATO pro skladování vojenského střeliva a výbušnin - AASTP.....	44
5.3.1	Vzdálenost a kritéria pro nadzemní skladování .....	44
5.3.2	Skladování výbušnin, konstrukční a provozní pokyny pro zařízení .....	47
5.3.3	Kryté nadzemní skladištní budovy .....	52
5.3.4	Fragmenty, úlomky, vystřelované munice .....	53
5.3.5	Potencionální nebezpečí.....	54
5.3.6	Kritéria poškození, limity nebezpečnosti, pokyny k posouzení rizik.....	55
<b>6</b>	<b>SELEKCE ZDROJŮ RIZIK U SKLADOVÝCH JEDNOTEK.....</b>	<b>57</b>
6.1	Areál skladu výbušnin č. 1 .....	57
6.2	Výbušniny umístěné ve skladu č. 1 .....	58
6.3	Areál skladu výbušnin č. 2 .....	58
6.4	Výbušniny umístěné ve skladu č. 2 .....	59
6.5	Výpočet rizik selektivní metodou CPR 18E.....	59
6.5.1	Výpočet v areálu č. 1 .....	60
6.5.2	Výpočet v areálu č. 2.....	61
6.6	Výpočet rizik pomocí indexové metody požáru a výbuchu .....	63
6.6.1	Výpočet v areálu č. 1 .....	63
6.6.2	Výpočet v areálu č. 2.....	65
6.7	Výpočet rizik pomocí metody AASTP – 1.....	66
6.7.1	Výpočet v areálu č. 1 .....	66
6.7.2	Výpočet v areálu č. 2.....	69
6.7.3	Výpočet bezpečné vzdálenosti mezi sklady .....	72
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>75</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>79</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>81</b>

# 1 ÚVOD

K haváriím spojených se skladováním výbušnin a střeliva dochází prakticky ve všech zemích. Mezi nejznámější a nejvýznamnější havárie ve skladech výbušnin a střeliva z nedávné doby v České republice se bezesporu řadí havárie v muničních skladech u obce Vrbětice na Zlínsku, ve zbrojovce Sellier & Bellot u Vlašimi nebo výbuch v Poličských strojárnách. K haváriím, ale docházelo i v minulosti jako například v muniční továrně v části města Plzně, Bolevci. V minulosti byly tyto události z velké části spojeny s výrobou a skladováním armádní munice. K mimořádným událostem spojených s výbušnými látkami nedochází pouze při skladování a manipulaci, ale také při jejich převozu. Mezi nejznámější havárie spojené s převozem těchto látek patří havárie, která se stala v Kanadském přístavu Halifax v roce 1917. Při těchto haváriích často dochází k fatálnímu zranění zaměstnanců, ale také okolních obyvatel.

S ohledem na možné následky těchto událostí byly stanoveny zákonné požadavky na skladování výbušných látek, používání a manipulaci s výbušnými látkami. Nedílnou součástí legislativy jsou též zákonné požadavky na prevenci závažných havárií pro objekty, ve kterých jsou umístěny nebezpečné látky.

S přibývajícím počtem havárií s výbušnými látkami a stále větším požadavkům na prevenci závažných havárií, je kladen důraz na co největší bezpečnost a přísnější požadavky na skladování a přepravu výbušnin. Metody pro analýzu rizik pomáhají snižovat riziko vzniku havárie a je možné pomocí nich odhadnout následky a dosah vzniklých havárií. Klíčovou částí analýzy rizik je identifikace a selekce zdrojů rizik závažné havárie.

Cílem diplomové práce je rešerše dostupných metod pro identifikaci a selekci zdrojů rizika závažné havárie u skladových jednotek s výbušnými látkami a střelivem. Dalším cílem je použití vybraných metodik na skutečných skladových jednotkách a porovnání těchto metodik.



## 2 ANALÝZA RIZIK

Analýza rizik je první krok ke snížení rizika v procesu. Jedná se zvláště o rizika, která ohrožují zdraví lidí a životní prostředí. Analýzu je možné rozdělit do několika fází. Jako první se musí identifikovat a vybrat možné zdroje rizika a určit možné scénáře událostí a jejich příčin. To je možné provést na základě několika metod. V případě skladů výbušnin se jedná o např. indexové metody FEI (Index požáru a výbuchu) a CEI (Index chemického ohrožení). Dalšími vhodnými metodami jsou selektivní metody (podle CPR 18E, podle ARAMIS). V další fázi se odhadnou dopady možných scénářů a pravděpodobnosti jejich vzniku. Závěrečnou fází je stanovení míry rizika a hodnocení přijatelnosti rizika. [4]

Existuje také mnoho způsobů, kterými lze rizika hodnotit. Důležitý je především výběr vhodné metody. Většina metod má různá omezení, proto je důležité brát omezení zvolené metody v úvahu, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Výběr metody je tedy závislý na provedení hodnocení, vlastností dat, se kterými pracujeme a která máme k dispozici, a na finančních prostředcích [4].

Lze použít např. následující metody: Hazard operation process – HAZOP (analýza ohrožení a provozuschopnosti), Failure mode and effect analysis – FMEA (analýza poruch a jejich důsledků), Event tree analysis – ETA (analýza stromu událostí), Fault tree analysis – FTA (analýza stromu poruch).

### 2.1 Nehody a havárie s výbušnými látkami

Na území České republiky se nachází více než 200 skladů s výbušninami pro civilní použití, ve kterých může být uloženo až 13 000 tun výbušnin a 7 000 000 rozbušek. Spotřeba v civilním sektoru se pohybuje okolo 13 500 tun trhavin, 2 000 000 rozbušek a 250 km bleskovice. Dále je ve skladech uloženo 5 500 000 kusů granátů, min, dělostřeleckého střeliva nebo signálních a osvětlovacích prostředků. Dále se v České republice nachází 7 vojenských skladů, ve kterých je uskladněna další munice. Tyto sklady spravuje armáda České republiky [5].

Tab 1) Počet skladů v ČR [5]

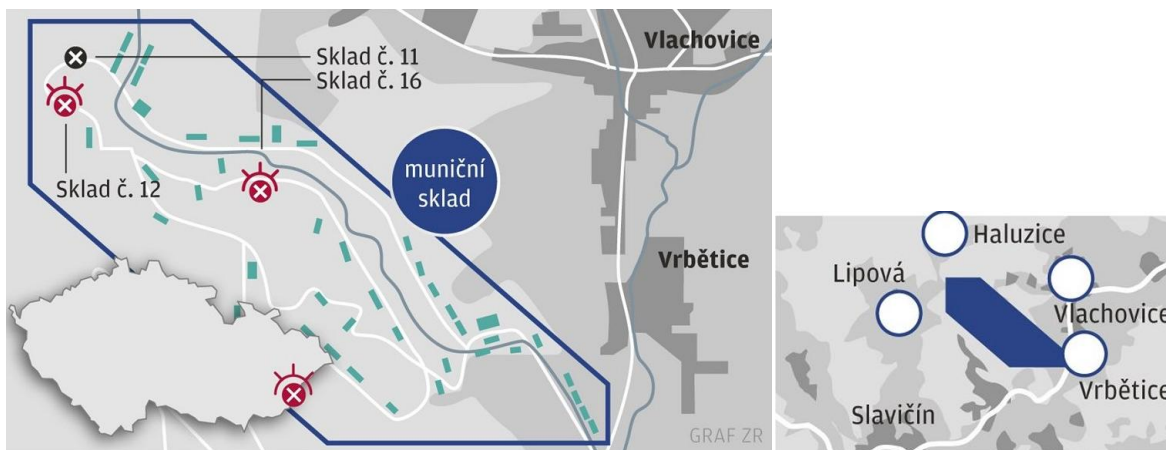
Počet skladů podle ČBÚ		
	Nad povrchem	Pod povrchem
Využívané	145	43
Nevyužívané	43	3

Poznámka: Uvedené hodnoty jsou z roku 2011

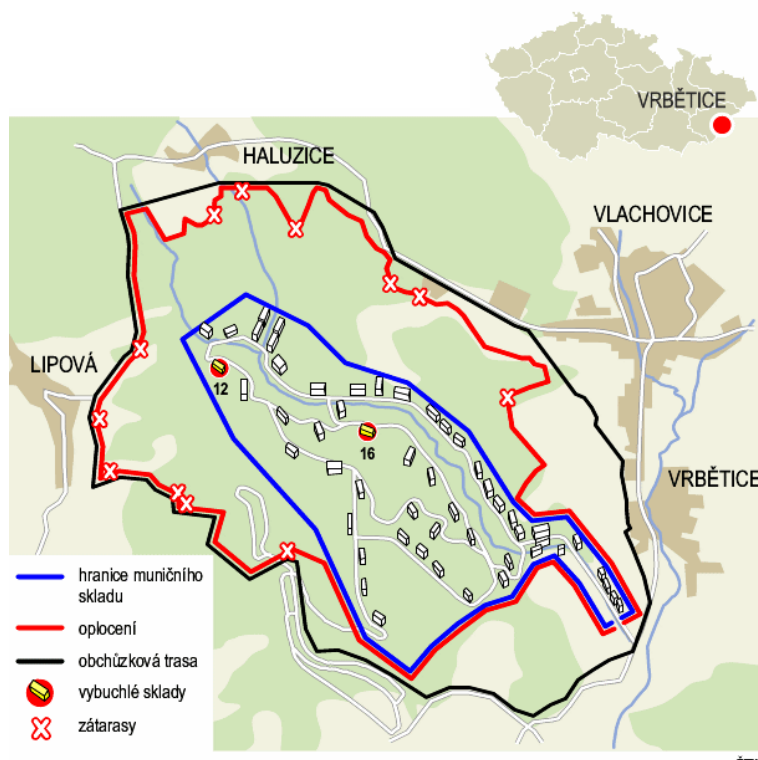
#### 2.1.1 Výbuch muničních skladů ve Vrběticích

V obci Vrbětice na Zlínsku došlo ve dnech 16. října a 3. prosince 2014 k výbuchu dvou muničních skladů. Při prvním výbuchu ve skladu č. 16, viz obr. č. 1 a č. 2, byli fatálně zraněni dva pracovníci a evakuováno přes 100 pracovníků firmy, která sklad provozovala. Dále museli být evakuováni obyvatelé obce Vlachovice, viz obr. č. 2, a žáci základní školy a střední odborné školy v obci Slavičín. Tyto obce se nachází v blízkosti areálu. V době

výbuchu se ve skladu nacházelo 57 leteckých pum. Každá z těchto pum obsahuje 70kg trhaviny. Dále bylo ve skladu asi 7 000 kusů dělostřelecké munice a 4 000 000 nábojů. K dalšímu výbuchu došlo ve skladu č. 12, který se nacházel 1 200m od epicentra prvního výbuchu tj. sklad č. 16. Při tomto výbuchu nebyl fatálně zraněn žádný člověk, ale evakuováno bylo 430 obyvatel z přilehlých obcí. V době výbuchu se ve skladu nacházelo 5 000 kusů střel, asi 700 granátů (každý obsahoval asi 16kg trhaviny) [6].



Obr. 1) Sklady ve Vrbětících a jejich okolí [6]



Obr. 2) Areál muničních skladů ve Vrbětících [10]

### 2.1.2 Výbuch ve Zbrojovce Sellior & Bellot

Dne 21. září došlo k výbuchu střelného prachu ve dvou skladech ve zbrojovce Sellier & Bellot viz obr. č. 3. Při výbuchu byli fatálně zraněni 3 lidé. Bylo zjištěno, že k výbuchu došlo na základě třeskových složí. Ty slouží k výrobě zápalek do nábojů. Exploze nastala při přenosu třeskoviny z místa výroby do meziskladu. Při výbuchu nedošlo k následnému požáru [7].



Obr. 3) Areál zbrojovky a geografické umístění [8]

### 2.1.3 Výbuch v továrně Poličských továren

Dne 9. září 2015 došlo k výbuchu bezdýmného střelného prachu v areálu Poličských strojíren, viz obr. č. 4. Odhadované množství bezdýmného střelného prachu bylo asi 320 tun. Při výbuchu nebyla žádná osoba fatálně zraněna, ale dvě osoby byly poraněny (lehce popáleny). Při výbuchu odlétla střecha skladu do vzdálenosti cca 50m. Po výbuchu se vzniklý požár rozšířil i na přilehlý les. Havárie byla způsobena poškozením obalového materiálu při manipulaci. Obyvatelé okolní vesnice nebyli nijak ohroženi, protože sklad byl obklopen betonovou zdí a zemním valem [9].

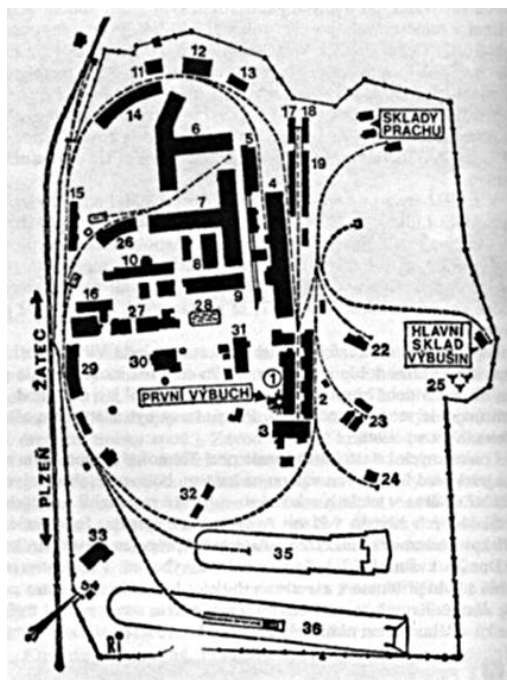


Obr. 4) Sklad poličských strojíren a jeho okolí [11]

### 2.1.4 Výbuch muniční továrny Škodových závodů v Bolevci

Dne 25. května 1917 došlo k havárii muniční továrny Škodových závodů v Bolevci, viz obr. č. 5. Továrna fungovala jako zkušební střílna děl a vyráběla se zde také munice. Objekt továrny byl největší muničkou v tehdejším Rakousku - Uhersku. Celkem se v areálu nacházelo 57 budov, sloužících jako dílny a skladiště. Ve skladech, ve kterých se z důvodu snížení nákladů nedodržovaly základní hygienické ani bezpečnostní předpisy, bylo uskladněno množství munice a materiálu k výrobě, přesahující dovolenou kapacitu. Iničiace výbuchu nastala ve výrobě vrhacích min v budově č. 10. Od této budovy, se pak exploze

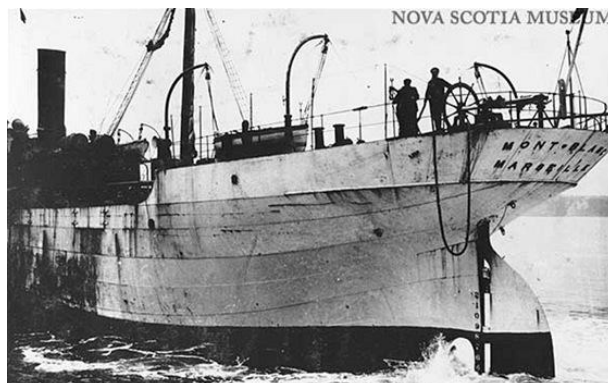
rozšířila i na další části areálu. Fatálně zraněných pracovníků bylo více než 200 a dalších 700 bylo zraněno [12].



Obr. 5) Plán muniční továrny v Bolevci [12]

### 2.1.5 Havárie lodi převážející výbušné látky v přístavu Halifax

Dne 6. prosince 1917 se stala tragická havárie dvou lodí s názvy Imo a Mont Blanc. Právě Mont Blanc, viz obr. č. 6, převážela asi 2400 tun kyseliny pikrové (TNP – trinitrofenol) 250 tun TNT (trinitrotoluen) a 60 tun střelné bavlny. Dále bylo na palubě Lodi Mont Blanc 300 tun benzolu, které byly uloženy v barelech. Právě barely s benzonylem způsobili obrovský výbuch, protože hořlavina zalila celou palubu. Jiskry vznikající díky tření nařázejících kovových částí lodí do sebe, způsobili vzplanutí benzolu a kyseliny pikrové. Tlaková vlna, které v závislosti na výbuchu nastala, dosahovala až pětinasobku rychlosti vzduchu a teplota v centru výbuchu dosahovala až 5 000 °C. Zdevastovaná plocha po explozi činila 160 hektarů. Na místě bylo fatálně zraněno 1 600 osob, 9 000 osob bylo zraněno, z toho 6 000 bylo zraněno vážně. Výbuch v přístavu v Halifax je dodnes považován za jednu z největších nejaderných explozí [13].



Obr. 6) Francouzská muniční loď Mont Blanc [13]

### 3 PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ

Cílem prevence závažných havárií je snížit riziko jejich vzniku a omezení následků. Předpisy pro prevenci závažných havárií jsou uvedeny v zákonu č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi, který byl vydán dne 12. 8. 2015 a účinnosti nabyl dne 1. 10. 2015 [14].

Zákon stanovuje prevenci závažných havárií pro objekty, ve kterých jsou umístěny nebezpečné látky. Cílem je snížit pravděpodobnost vzniku závažných havárií a omezit jejich následky na zdraví a životy lidí a zvířat. Dále omezit následky na životní prostředí a majetek, který se nachází v objektech a jejich okolí. Zákon stanovuje povinnosti právnických a podnikajících fyzických osob, které užívají nebo budou užívat objekt, ve kterém bude skladována nebezpečná látka a působnost orgánů veřejné správy na úseku PZH způsobených nebezpečnými látkami [14].

Zákon se nevztahuje na vojenská zařízení a objekty, na nebezpečí spojená s ionizujícím zařízením, silniční, drážní, leteckou a vodní dopravu spojenou s převozem nebezpečných látek. To platí i pro dočasné skladování během přepravy, nakládky a vykládky. Dále na přepravu nebezpečných látek v potrubích a to i přečerpávacích, kompresních a předávacích stanic, které jsou mimo objekt v trase potrubí. Zákon se nevztahuje také na geologické práce, hornickou činnost, a činnost prováděnou hornickým způsobem v lomech, dolech a pomocí vrtů. Výjimkou jsou povrchové objekty s chemickými a termickými úpravami a zušlechťováním nerostů, dále skladování a ukládání materiálů na odkaliště pokud jsou umístěny nebezpečné látky. Dále je to průzkum a dobývání nerostů na moři a to i včetně uhlovodíků, skladování plynu v podzemních zásobnících a v pobřežních vodách. V neposlední řadě jsou to skládky odpadu a to i včetně podzemního skladování odpadu [14].

#### 3.1 Povinnosti provozovatele nebo uživatele

Provozovatel či uživatel je povinen přijmout všechna opatření, která jsou nezbytná k prevenci závažných havárií a omezení jejich následků na životy a zdraví lidí a zvířat. Dále na životní prostředí a majetek [14].

Zpracuje seznam, který bude obsahovat druh a množství látky, klasifikaci a fyzikální formu látek umístěných v objektu. Po zpracování seznamu a součtu poměrných množství nebezpečných látek, které se nachází v objektu, zpracuje protokol nebo navrhne zařazení do skupiny A nebo B. Součet poměrných množství nebezpečných látek se vypočítá, viz rovnice (1) [14].

$$N = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_i} \quad (1)$$

kde:

$q_i$  - množství nebezpečné látky  $i$  umístěné v objektu

$Q_i$  - příslušné množství nebezpečné látky uváděné v sloupci 2 (při posuzování objektu k zařazení do skupiny A) nebo sloupci 3 (při posuzování objektu k zařazení do skupiny B)

$n$  - počet nebezpečných látek

$N$  - ukazatel vyjadřující součet poměrů  $q_i / Q_i$

Návrh na zařazení do skupiny A nebo B musí obsahovat identifikační údaje provozovatele i objektu, seznam nebezpečných látek, popis činnosti provozovatele ať už plánované nebo stávající, grafické znázornění a popis objektu, údaje o množství nebezpečných látek použitých při výpočtu součtu poměrných množství nebezpečných látek, které jsou umístěny v objektu, popis tohoto výpočtu a místo, datum, a podpis fyzické osoby, která má oprávnění jednat za provozovatele [14].

### 3.2 Bezpečnostní dokumentace

Tato problematika je popsána také v předpisu č. 227/2015 Sb. O náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku, který byl vydaný dne 24. 08. 2015 a účinnosti nabyl dne 01. 10. 2015.

Provozovatel objektu, který je zařazený do skupiny A nebo B provede posouzení rizik závažné havárie za účelem zpracování bezpečnostního programu či bezpečnostní zprávy. Toto posouzení musí obsahovat identifikaci zdrojů rizik, analýzu rizik a hodnocení rizik. Náležitosti obsahu, způsob provedení a rozsah posouzení rizik závažné havárie zpracovaného pro objekty zařazené do skupiny A nebo B stanovuje prováděcí právní předpis [14].

**Bezpečnostní program:** Na základě posouzení rizik závažné havárie zpracovává provozovatel, jehož objekt je zařazen do skupiny A. Bezpečnostní program musí obsahovat základní informace o objektu, posouzení rizik závažné havárie, popis zásad, cílů a politiky prevence závažné havárie, popis řízení systému bezpečnosti a závěrečné shrnutí [14].

**Bezpečnostní zpráva:** Na základě posouzení rizik závažné havárie zpracovává provozovatel, jehož objekt je zařazen do skupiny B. Bezpečnostní zpráva musí obsahovat základní informace o objektu a technický popis objektu, informace o složkách životního prostředí v okolí objektu, posouzení rizik závažné havárie, popis zásad, cílů a politiky prevence závažných havárií, popis systému řízení bezpečnosti, popis bezpečnostních preventivních opatření k omezení vzniku a následku závažné havárie, závěrečné shrnutí a jména právnické a fyzické osoby, které se podílely na vypracování bezpečnostní zprávy [14].

### 3.3 Havarijní plánování

#### 3.3.1 Plán fyzické ochrany

Plán fyzické ochrany zpracovává provozovatel, jehož objekt je zařazen do skupiny A nebo B. V plánu musí být uvedeny bezpečnostní opatření, což jsou analýza možností neoprávněných činností a provedení případného útoku na objekt, režimová opatření, fyzická ostraha a technické prostředky. Provozovatel vnitřním předpisem stanovuje rozsah bezpečnostních opatření přijímaných v objektu. Prováděcí právní předpis stanoví požadavky na rozsah analýzy, povahu a kategorie režimových opatření, požadavky na zajištění fyzické ostrahy, kategorie technických prostředků, jejich vymezení a způsob stanovení rozsahu bezpečnostních opatření, které jsou přijímány v objektu. Bezpečnostní opatření pro fyzickou ochranu objektu zajišťuje a přijímá provozovatel za účelem zabránění vzniku závažné havárie. Nejméně jednou za rok musí provádět funkční zkoušky bezpečnostních opatření a musí vytvářet zápis o provedených zkouškách, který je uchováván po dobu 3 let [14].

#### 3.3.2 Vnitřní havarijní plán

Vnitřní havarijní plán zpracovává provozovatel, jehož objekt je zařazen do skupiny B. V něm stanovuje opatření přijímaná uvnitř objektu při vzniku závažné havárie za účelem zmírnění

následků na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek. Vnitřní havarijní plán obsahuje jména, příjmení a funkční zařazení fyzických osob, které jsou pověřeny provozovatelem k realizaci preventivních bezpečnostních opatření, scénáře možných havárií, odezvy na možné havárie, matice odpovědnosti za jednotlivé fáze odezvy na možné havárie, popis možných následků, přehled ochranných zásahových prostředků, způsob varování osob a vyzoomění dotčených orgánů, opatření pro výcvik a plán havarijních cvičení, opatření k zmírnění následků mimo objekt [14].

Provozovatel postupuje podle vnitřního havarijního plánu v případě, že k závažné havárii už došlo a její vznik nelze odvrátit. Nebo v případě, že vznik nebezpečné havárie lze očekávat [14].

Vnitřní havarijní plán musí být prověřován provozovatelem z hlediska jeho aktuálnosti do 3 let od předložení krajskému úřadu a poté periodicky nejméně jednou za 3 roky. Aktualizace vnitřního plánu musí být prováděna vždy, když dojde ke změně druhu nebo množství nebezpečné látky umístěné v objektu přesahující 10% dosavadního množství, po každé změně technologie, v níž se nebezpečná látka vyskytuje. V takovém případě musí být aktualizace předložena krajskému úřadu k evidenci a uložení a hasičskému záchrannému sboru do 1 měsíce od dne, kdy nastala změna [14].

### 3.3.3 Havarijní plán a zóna havarijního plánování

Vnější havarijní plán se zpracovává a zóna havarijního plánování se stanovuje pro objekty, zařazené do skupiny B. Provozovatel musí spolupracovat s krajským úřadem, jím pověřenými organizacemi a institucemi, a s hasičským záchranným sborem z důvodu zajištění havarijní připravenosti, informování veřejnosti a výchovné činnosti v oblasti vymezené vnějším havarijním plánem [14].

Provozovatel zpracovává podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a vnějšího havarijního plánu, které obsahují identifikační údaje provozovatele, jméno a příjmení fyzické osoby odpovědné za zpracování těchto podkladů, popis závažné havárie, která může vzniknout v objektu a jejíž následky mohou zasahovat i mimo objekt. Dále obsahuje přehled možných následků závažné havárie na životy a zdraví lidí, zvířat, životní prostředí a majetek, přehled preventivních bezpečnostních opatření, které vedou ke zmírnění následků, seznam a popis technických prostředků, které se dají využít při odstraňování následků, a které jsou umístěny mimo objekt a opatření k podpoře nápravných opatření mimo objekt. Obsahuje také nezbytné údaje vyžádané krajským úřadem, a to zejména podrobnější specifikaci technických prostředků na odstraňování následků závažné havárie, plán únikových cest a evakuačních prostorů a údaje vyžádané hasičským záchranným sborem [14].

Zónu havarijního plánování stanovuje krajský úřad na základě podkladů, které předloží provozovatel. Vnější havarijní plán zpracuje hasičský záchranný sbor postupem, který je stanovený zákonem o integrovaném záchranném systému. HZS musí zpracovat vnější havarijní plán do dvou let od vydání zóny havarijního plánování. Aktuálnost havarijního plánu ověřuje HZS minimálně jednou za 3 roky [14].

Pokud krajský úřad rozhodne, že za hranicemi objektu zařazeného do skupiny B nehrozí žádné nebezpečí závažné havárie, může rozhodnout, že objekt nebude stanovovat zónu havarijního plánování a HZS nebude muset zpracovávat vnější havarijní plán [14].

### 3.4 Způsob provedení posouzení rizik závažné havárie

Při posouzení rizik závažné havárie uvažujeme následující kroky. Prvním z nich je identifikace zdrojů rizik, která obsahuje přehled nebezpečných látek v daném objektu, identifikaci a výběr zdrojů rizika pro analýzu rizik, popis vybraných zdrojů, mapu jejich umístění v objektu. Do přehledu nebezpečných látek v objektu řadíme seznam nebezpečných látek, který musí být aktualizovaný a bezpečnostní listy nebezpečných látek umístěných v objektu. Bezpečnostní listy sou dodávány v digitální formě. Identifikací a výběrem zdroje rizika je míněno popis použitých metod, přehled jednotlivých zařízení s potřebnými údaji pro aplikaci metody a seznam vybraných zdrojů rizika. Popisem vybraných zdrojů je myšleno jejich technologie, výrobní postup a jejich zabezpečení, uvedení vzdáleností od zájmových lokalit a zakreslení zdrojů rizik do mapy objektu [15].

Druhým krokem je analýza rizik. Zde je důležité identifikovat možné scénáře a příčiny, které mohou vést k iniciační události. Musí se provést odhad následků identifikovaných scénářů závažných havárií a odhad roční frekvence potenciálních závažných havárií. Dále je stanovena míra skupinového rizika identifikovaných zdrojů, viz rovnice (2). Je také stanoven postup posouzení vlivu spolehlivosti a chybování [15].

$$R = F_h \cdot N \quad (2)$$

kde:

$R$  - míra skupinového rizika scénáře závažné havárie (počet usmrcených osob za rok)

$F_h$  - zjištěná roční frekvence scénáře závažné havárie

$N$  - odhad počtu usmrcených osob

Třetím krokem je hodnocení rizik, kde je hodnocena přijatelnost rizika závažných havárií a celkového hodnocení rizika v daném objektu. Riziko scénáře závažné havárie pro okolí daného objektu, se považuje za přijatelné, když platí  $F_h < F_p$ . Hodnota  $F_p$ , což je přijatelná roční frekvence závažné havárie se vypočítá, viz rovnice (3) [15].

$$F_p = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{N^2} \quad (3)$$

kde:

$F_p$  - přijatelná roční frekvence závažné havárie,

$N$  - odhad počtu usmrcených osob

Pokud se výsledná frekvence jeví jako nepřijatelná, musí být stanovena opatření na snížení rizika a provést nová analýza rizik.

## 4 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA SKLADOVÁNÍ A POUŽÍVÁNÍ VÝBUŠNIN

Všichni provozovatelé civilních objektů průmyslové výroby, kteří nakládají s výbušninami, spadají pod působnost právních předpisů na úseku nakládání se zbraněmi, střelivem a municí. To znamená pod zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu, dále pod zákon č. 206/2015 Sb., o pyrotechnických výrobcích a zacházení s nimi, pod zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, pod zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích a v neposlední řadě pod zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě [16].

Cílem metodického postupu Ministerstva životního prostředí je uspořádat vzájemnou provázanost právních předpisů. Dále sjednotit požadavky, které se vztahují na nakládání s výbušninami, odstranit duplicity a sjednotit terminologii. Dalším cílem je upřesnění požadavků na spolupráci jednotlivých kontrolních orgánů [16].

Metodický postup upřesňuje vzájemnou provázanost právních předpisů mezi různými oblastmi legislativy, které se vztahují k nakládání s výbušninami tj. výroba, skladování, ničení, zneškodňování, výzkum a vývoj [16].

Rozsah je dán zákonem č. 224/2015 Sb. O prevenci závažných havárií. Ten stanovuje povinnosti právnických osob nebo podnikajících fyzických osob a působnost orgánů veřejné správy úseku PZH (prevence závažných havárií) [16].

Tento zákon se nevztahuje na:

- Vojenské objekty, které jsou důležité pro obranu státu a jsou využívány pouze Ministerstvem obrany, Armádou české republiky nebo Hradní stráží nebo vojenská zařízení, která jsou určena k zajišťování potřeb ozbrojených sil
- Geologické práce, hornickou činnost a činnost prováděnou hornickým způsobem v dolech, lomech a prostřednictvím vrtů, s výjimkou povrchových objektů chemické a termické úpravy a zušlechťování nerostů, skladování a ukládání materiálů na odkaliště, pokud jsou zde umístěny nebezpečné látky
- Silniční, drážní, leteckou a vodní přepravu nebezpečných látek

Provozovatelé objektů, kteří spadají pod zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií (provozovatelé objektů, které jsou zařazeny do skupiny A nebo B) mají povinnost mít zpracované plány opatření pro mimořádné události. Tyto plány musí obsahovat: jména, příjmení, funkční zařazení fyzických osob, které jsou provozovatelem pověřeny k realizaci preventivních bezpečnostních opatření, scénáře možných havárií, scénáře odezvy, scénáře řízení odezvy, matice odpovědnosti za jednotlivé fáze odezvy, popis možných následků, popis činností ke zmírnění následků, přehled ochranných zásahových prostředků, se kterými může provozovatel disponovat, způsob vyznění dotčených orgánů a varování osob, opatření pro výcvik a plán cvičení, opatření k podpoře zmírnění ZH mimo objekt, při zohlednění dopravní a technické infrastruktury, významných krajinných prvků, zvláště pak chráněných území a území soustavy NATURA 2000, přehled sil a prostředků složek IZS a dalších subjektů, které se podílejí na řešení ZH [16].

**Nakládání s výbušninami:** Požadavky z oblasti zákona č. 119/2002 Sb., o zbraních jsou směřovány na zabezpečení proti zneužití, ztrátě nebo odcizení, ale nevztahují se na způsob, jakým musí být výbušniny uloženy. Bezpečné nakládání s pyrotechnickými výrobky z oblasti zákona č. 206/2015 Sb., o pyrotechnických výrobcích a také ze zákona č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě stanovuje, že provozovatel je povinný včas stanovit potřebná preventivní a zajišťovací opatření a odstraňovat nebezpečné stavy, které by mohly ohrozit provoz nebo bezpečnost života a zdraví lidí [16].

**Zajištění bezpečnosti:** Je nutno dodržovat předpisy o požární ochraně. Je zakázáno kouřit, manipulovat s otevřeným ohněm a rozpálenými předměty a odpalovat pyrotechnické výrobky. Pokud jsou nutné opravy prostor, které mohou ohrozit pyrotechnické výrobky, pak je nutné tyto výrobky před opravou odstranit [16].

## 4.1 Skladování výbušnin

Správné skladování výbušnin je velmi důležité z hlediska bezpečnosti okolí. Stanovené předpisy skladování jsou uvedeny ve vyhlášce Českého báňského úřadu č. 99, která byla vydána dne 15. května 1995 a nabyla účinnosti dne 1. srpna 1995 [1].

### 4.1.1 Rozsah platnosti

Jsou zde uvedeny principy provedení stavby skladu výbušnin a výbušných předmětů na povrchu i pod povrchem. Dále také podmínky pro toto umístění a požadavky ke splnění bezpečnosti a ochrany zdraví [1].

### 4.1.2 Třídy nebezpečí výbušnin

Každá výbušnina musí být zařazena podle svého chování při výbuchové přeměně do tříd a skupin nebezpečí. Tyto třídy a skupiny nebezpečí jsou součástí této vyhlášky [1].

- **Třída A** – jsou to tzv. výbušniny nebezpečné hromadným výbuchem, při němž je okolí ohrožováno tlakovými účinky a vymršťovanými úlomky. Poškození a škody jsou závislé na množství výbušniny [1].
- **Třída B** – jsou to tzv. výbušniny, které nejsou schopné hromadného výbuchu a při požáru vybuchují jednotlivě. Účinek tlakových vln je omezen pouze na bezprostřední okolí. Na objektech, které jsou v blízkém okolí, vznikají jen nepatrné škody. Nebezpečí od vymršťování předmětů je způsobeno tím, že mohou vybuchnout a přenášet požár a výbuchy [1].
- **Třída C** – jsou to také tzv. výbušniny, které nejsou schopné hromadného výbuchu, ale jejich požár vyvolává silné tepelné účinky a je schopen se rychle rozšířit. Okolí je nejvíce ohroženo tepelným zářením, plameny a hořícími díly, které vyletují [1].
- **Třída D** – jsou to výbušniny, které významně neohrožují okolí. Při požáru nevybuchuje celý obsah balení, ale účinky jsou omezeny na jednotlivé obaly. Předměty mohou vybuchovat jednotlivě. Při výbuchu nevznikají nebezpečně velké úlomky. Dolet těchto úlomků je malý a zanedbatelný [1].

### 4.1.3 Označení skladu výbušnin

Každý sklad, který slouží ke skladování výbušnin, musí být označen třídou a skupinou nebezpečí, viz příloha 1. Tyto třídy a skupiny nebezpečí jsou taktéž součástí této vyhlášky [1].

#### 4.1.4 Bezpečnostní vzdálenost

Je vypočítaná vzdálenost mezi místem nebo objektem, v němž se vyrábějí, zpracovávají nebo skladují výbušniny, nebo hranicí místa manipulace s výbušninami a ohroženým objektem. Stanovení nejmenší bezpečnostní vzdálenosti, viz rovnice (4), musí být součástí každé projektové dokumentace [1]. Tato vzdálenost se stanovuje na základě vzorce:

$$S = k \cdot (M)^n \quad (4)$$

kde:

$S$  – je bezpečnostní vzdálenost

$k$  – je koeficient volený podle charakteru a stavebního provedení ohroženého objektu a stupně jeho poškození a stavebního provedení ohrožujícího objektu

$M$  – je obložnost [kg]

$n$  – je exponent, jehož hodnota závisí na obložnost ohrožujícího objektu

Určení bezpečnostní vzdálenosti se určuje na základě vzdáleností od skladu podle tříd (A, B, C, D). Jednotlivé koeficienty se pro stanovení bezpečnostních vzdáleností se určují podle tabulek, které se nachází v této vyhlášce a je označena jako přílohou 2 [1].

#### 4.1.5 Zásady pro výstavbu skladu

Sklad se musí budovat jako jednopodlažní budova a stavební provedení se určuje na základě skladovaného materiálu, skladovací techniky a skladové technologie a manipulace. Ve skladu se musí nacházet, minimálně jedna stěna ve výfukovém provedení. V tomto provedení může namísto stěny být také střecha. Jestliže délka únikové cesty je, ze kteréhokoli místa skladu delší než 20 metrů, musí být ve skladu vybudován ještě další východ. V okolí skladu musí být zhotoven pás z nehořlavých hmot (beton, dlažba atd.), který musí být minimálně 1 metr široký a musí navazovat na požární pruh, který musí být minimálně 5 metrů široký. Pás z nehořlavých hmot musí být odvodněn. Povrch požárního pruhu musí být také pokryt nehořlavou hmotou. V tomto případě se povrch může i zatravnit. Jinak je to u skladu zasypaného, kde vzdálenost požárního pruhu je minimálně 3 metry od vstupu do skladu nebo od vyústění větracích šachet. Okolo skladu výbušnin musí provozovatel zajistit oplocení, které je vysoké minimálně 2,2 metru. Jestliže provozovatel na plot použije pletivo, tak velikost oka může být maximálně 0,05 metru a nad tímto plotem musí být nástavba v podobě dvou řad ostnatého drátu. Sklad nebo soubor skladů, který je umístěn uvnitř oploceného prostoru se toto ustanovení nevztahuje [1].

#### Určení vzdálenosti dílčího prostoru pro skladování výbušnin k objektům

- K objektům důležitým pro nerušený provoz podzemních pracovišť a nezastavěnému povrchu, viz rovnice (5)

$$S = k_1 \cdot \sqrt{k_2 \cdot M} \quad (5)$$

- K povrchovým objektům podle vztahu, viz rovnice (6)

$$S = \frac{1500 \cdot k_1 \cdot \sqrt[3]{k_2 \cdot M}}{\sqrt{K_3}} \quad (6)$$

kde:

$S$  – nejmenší přípustná vzdálenost [m]

$M$  – hmotnost skladovaných trhavin v dílčím prostoru pro skladování výbušnin [k]

$k_1$  – konstanta prostředí

$k_2$  – seismický ekvivalent trhavin

$k_3$  – rychlost kmitání [ $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

#### 4.1.6 Zajištění skladu

Podnikatel, který provádí zabezpečování objektů, stanoví způsob zajištění proti odcizení nebo zneužití výbušnin. Toto stanovení musí být zahrnuto v projektové dokumentaci skladu. Části skladu musí být dostatečně odolné proti násilnému vniknutí cizí osoby. Tyto části jsou například (okna, stěny, střecha atd.). Tyto části nezahrnují prvky ve výfukovém systému. Požadavky na vstupní dveře jsou stanoveny na základě technické normy a musí být odolnější, než je stanoveno pro vloupání kategorie A. Dále sklad musí obsahovat elektronickou, zabezpečovací signalizaci [1].

#### 4.1.7 Způsob skladování výbušnin

Každý sklad výbušnin musí mít rozhodnutí o povolení sklad užívat. V tomto rozhodnutí jsou uvedeny výbušniny a množství, které se může skladovat. Veškeré výbušniny různých druhů (jen u skladů, kde je povoleno skladovat výbušniny různých druhů) se musí skladovat odděleně a musí být řádně a jasně označeny [1].

Odděleným uložením je uložení výbušnin:

- V expedičních obalech
- U výrobce v mezioperačních obalech
- V samostatných hranicích

Ve skladu, ve kterém podmínku odděleného uložení dodržet nelze, nesmí dojít k záměně jednotlivých druhů. Výrobce stanovuje podmínky skladování pro výbušniny, které ještě nebyly určeny k uvedení do oběhu. To jsou například výrobky vývojové a dovážené. Všechny výbušniny musí být řádně a viditelně označeny trvanlivým označením. Toto označení bývá z pravidla na obalu, který musí být neporušený. Výbušniny v těchto obalech musejí být skladovány víkem nahoru, z důvodu lepší viditelnosti jejich označení a data výroby. Výbušniny, u kterých nastala nejistota nezávadnosti, musejí být přezkoušeny nebo zničeny. Tyto výbušniny dále nesmí být skladovány společně s jinými výbušninami. Pokud musí dojít ke zničení výbušnin, musí být uloženy na místě, které je k tomu určené a je oddělené od ostatních výbušnin. Ničení smí být prováděno pouze osobou k tomu určenou tj. pyrotechnikem. Poblíž těchto skladů nesmí být skladovány další hořlavé a snadno zápalné látky nebo předměty [1].

#### 4.1.8 Zacházení s výbušninami ve skladu

Ve skladu smí zacházet s výbušninami pouze osoby, které jsou k tomu způsobilé. Tyto osoby musí být řádně školeny a musí podstupovat ověření svých znalostí v termínech, které určí podnikatel (zaměstnavatel). O těchto školeních a ověřováních se musí vést záznamy. V každém skladu s výbušninami musí být určen vedoucí, popř. se může zvolit ještě jeho zástupce. Tyto pozice určuje podnikatel. Osoby na těchto pozicích odpovídají za přejímání a

vydávání výbušnin, dále za správný a bezpečný chod skladu. Vedoucí popř. jeho zástupce neodpovídají za příruční sklad, za který odpovídá osoba tomu určená. Tuto pozici určuje opět podnikatel. S výbušninami musí být ve skladu zacházeno bezpečně a s opatrností. Pro bezpečnost musí být podnikatelem zajištěny vhodné mechanizační prostředky. Dále by měl být používán vhodný oděv. Například do skladu černého prachu a směsí podobných, třaskavin se smí vstupovat jen v bezpečnostní obuvi. Pokud jsou výbušniny ukládány v expedičním balení, pak toto ustanovení neplatí. V nejbližším okolí skladu se můžou provádět pouze práce související s provozem skladu a také jeho údržbou. V těchto místech se musí udržovat pořádek a čistota. Manipulace s výbušninou jako je otevírání, zavírání a přebalování obalů nebo odebrání vzorků se smí provádět jen ve vyhrazeném prostoru, který musí být oddělen od výbušnin. Pokud má sklad obložnost menší než 500kg můžeme s výbušninou manipulovat i ve skladovacím prostoru, ale pouze na místě tomu vyhrazeném. Pokud musí dojít k opravě nebo úpravě skladu, při které by mohlo dojít k ohrožení skladovaných výbušnin, musí být tyto výbušniny odstraněny [1].

## 4.2 Používání výbušnin

Při používání a manipulaci s výbušninami musí dbát na bezpečnost především osoba, která je pověřena prací s výbušninou, ale také lidé, kteří při používání a manipulaci přijdou nepřímou s výbušninou do kontaktu. Pravidla používání a manipulace s výbušninou jsou uvedeny ve vyhlášce Českého báňského úřadu č. 72, která byla vydána dne 29. dubna 1988 a nabyla účinnosti dne 1. července 1988 [1].

### 4.2.1 Základní pravidla s výbušninami a pomůckami

V prostorách, ve kterých se uskládají výbušniny, se nesmí používat otevřeného ohně, rozžhavených nebo rozpálených předmětů a je zde zákaz kouření. Dále se zde musí udržovat pořádek a čistota. Ve skladu s výbušninami se nesmí používat předměty, látky a zařízení, která by mohla snadno způsobit požár nebo výbuch výbušnin. V těchto prostorách se taky smí používat pouze svítidla a osvětlovací zařízení, která jsou uzpůsobena pro prostředí, kde hrozí nebezpečí požáru nebo výbuchu. Pracovník, který zachází s výbušninami, musí používat ochranné prostředky. Jedná se především o výbušniny, které mohou poškodit zdraví, zejména toxickými účinky. Pouze kontrolní orgány a pracovníci, kteří plní požadované úkoly při manipulaci s výbušninami můžou být přítomni při zacházení s těmito výbušninami. Práce s výbušninami je dovolená pouze ve stavu a tvaru, ve kterém je dodal výrobce, ale může nastat výjimka, a to v případě, že je používání v návodu stanoveno jinak. Všechny výbušniny a pomůcky musí projít přezkoušením a kontrolou vždy, když nastanou pochybnosti o nezávadnosti. Nezávadnost se musí kontrolovat také při předávání a vydávání výbušnin. Při předávání nebo vydávání musí být také kontrolováno množství. Pokud výbušnina selže s důvodu nedostatečné kvality, musí se výsledek projednat s výrobcem a následně ho předat Českému báňskému úřadu. V oznámení musí být uvedeny výrobní údaje výbušnin. Na expedičních obalech výbušnin můžou zůstat zbytky výbušnin, a proto se musí zničit v souladu s návodem na používání výbušnin. V souladu s tímto návodem se musí zničit také vadné výbušniny [1].

Podle právního předpisu se musí před prvním použitím a poté jednou za tři měsíce přezkoušet funkční spolehlivost roznětic a ohmmetrů. Tyto zkoušky probíhají v určené zkušební nebo u výrobce. Nesmí se používat takové roznětnice a ohmmetry, které při této zkoušce nevyhovely technickým podmínkám nebo nebyly přezkoušeny v určené lhůtě. O každé zkoušce těchto se musí vést evidence [1].

#### 4.2.2 Evidence výbušnin

Evidence musí být vedena u skladovaných výbušnin i u výbušnin odebraných ke spotřebě. Nesmí být vedeny společně, ale musí být vedeny odděleně. Jsou vedeny na evidenčních záznamech (tiskopisech). Vzory k tiskopisům stanovuje Český báňský úřad. Všechny musí být k dispozici kontrolním orgánům [1]. Tyto evidence vytváří a zodpovídá za ně:

- Skladování výbušnin – skladník
- Trhací práce malého rozsahu – střelmistr
- Trhací práce velkého rozsahu – technický vedoucí odstřelů
- Ohňostrojoyé práce – odpalovač ohňostrojů

Pokud musí dojít ke zničení vadných výbušnin, musí se zhotovit zápis, který obsahuje datum, důvod a způsob zničení, druh a množství, potřeba výbušnin potřebných pro roznět. Tento zápis zhotovuje střelmistr nebo vedoucí odstřelů [1].

Jedenkrát za měsíc se musí provádět kontrola množství, způsobu uložení, a příjmu a výdeje výbušnin ze skladu. Tuto kontrolu provádí pověřený pracovník, kterého určí vedoucí pracovník. Vedoucí pracovníci jsou určeni organizací a jsou odpovědní za kontrolu evidenčních záznamů. Zápisy v evidenčních záznamech se musí minimálně jednou za tři měsíce a po zapsání posledního zápisu součtově uzavřít. Po uzavření se zápis překontroluje a porovná se skutečným stavem [1].

#### 4.2.3 Přeprava výbušnin

Organizace stanovuje v přepravním řádu potřebné a provozní údaje a pokyny, dopravní cestu, strojní zařízení, dopravní prostředky, nejmenší vzdálenosti mezi nimi, největší hmotnost nákladu, uložení, nejvyšší rychlost při přepravě, prohlídky dopravních cest a dopravních prostředků, místa nakládání a vykládání, stanovení odborné způsobilosti pracovníků a jejich odpovědnost za dopravu. Hmotnost výbušnin, které jsou přepravovány, nesmí přesáhnout 90% přípustného zatížení strojního zařízení. V dopravním prostředku se nesmí spolu s výbušninami převážet jiné předměty nebo látky. V prostoru určeném pro výbušniny se smí převážet pouze pomůcky nezbytné k použití výbušnin. V tomto prostoru mohou být pouze pracovníci, kteří jsou určeni pro nakládku a vykládku a také pro obsluhu dopravního prostředku. Počet osob může být maximálně poloviční, než je dovoleno pro jízdu lidí v dopravním prostředku. Na dopravní cestě, na které jsou přepravovány výbušniny, je zakázáno, aby současně při převozu výbušnin chodili lidé, nebo se pohybovaly jiné dopravní prostředky. Výjimkou je pouze přenášení výbušnin na pracoviště, ale musí být zajištěno, aby na cestách křižujících, nedošlo k ohrožení provozu a osob. Řidič, který převáží výbušniny, musí být o tomto nákladu informován. Informována musí být taktéž osoba, která obsluhuje strojní zařízení. Dopravní prostředek, který převáží výbušniny, musí být dozorován a viditelně označen modrým světlem [1].

#### 4.2.4 Nakládání, skládání, přenášení výbušnin

Nakládat a skládat výbušniny je možné pouze při zajištění dostatečného osvětlení. Při těchto činnostech nesmí dojít k pádu nebo nárazu výbušnin. Při manipulaci s výbušninami smí jedna osoba manipulovat najednou nejvýše s 30kg. Všechny výbušniny, které jsou přenášeny, musí být uloženy v uzavřených obalech určených na přepravu. Těmito obaly se míní např. brašny, schránky, expediční obaly apod. Výbušniny smí přenášet střelmistr nebo pracovníci pod jeho dozorem. Výjimkou jsou rozbušky, které smí přenášet pouze střelmistr. Pokud přenáší

rozbušky, může současně přenášet maximálně 10kg dalších trhavin, které musí být odděleny od rozbušek. Trhavinu smí přenášet i pracovník, který není pod dozorem střelmistra, ale tyto trhavinu musí být uloženy v uzamčeném přepravním obalu. Od takového obalu má klíče pouze střelmistr. Je dovoleno přenášet množství o nejvyšší váze 25kg [1].

#### 4.2.5 Střelmistr, odpalovač ohňostrojů, technický vedoucí odstřelů

**Střelmistr:** Musí mít dokončenou základní školu, praxi na podzemních pracovištích minimálně 2 roky, nejméně jeden rok na ostatních pracovištích a půl roku musí pracovat jako pomocník střelmistra. Na základě těchto podmínek se může uchazeč stát střelmistrem. Jestliže je student nebo absolvent vysoké školy nebo absolventem střední školy, pak nemusí splnit předešlou podmínku o praxi. Musí ale mít ve svém indexu (vysvědčení) potvrzeno úspěšné splnění zkoušky z předmětu, jehož náplní byla technologie a bezpečnost trhacích prací. Dále musí absolvovat minimálně 10 směnových hodin příslušných, odborných trhacích prací [1]. Odbornosti střelmistrů jsou:

- Střelmistr pro plynující doly s nebezpečím výbuchu uhelného prachu
- Střelmistr pro doly s nebezpečím výbuchu uhelného prachu
- Střelmistr pro neplynující doly bez nebezpečí výbuchu uhelného prachu
- Střelmistr pro povrchové dobývání
- Střelmistr pro stavební práce a destrukce
- Střelmistr pro vrtné a geofyzikální práce
- Střelmistr pro zvláštní druhy prací s uvedením specializace

**Odpalovač ohňostrojů:** Musí mít ukončenou základní školu a absolvovaný kurz. Na základě těchto podmínek se uchazeč může stát odpalovačem ohňostrojů [1].

**Technický vedoucí odstřelů:** Může se jím stát pouze uchazeč, který je střelmistr s úplným středním vzděláním. Musí mít splněnou půlroční odbornou praxi, která musí být splněna při projektování a provádění trhacích prací velkého rozsahu [1]. Do odbornosti technických vedoucích odstřelů patří:

- Tech. vedoucí důlních odstřelů
- Tech. vedoucí komorových odstřelů
- Tech. vedoucí odstřelů pro destrukce
- Tech. vedoucí odstřelů pro povrchové dobývání, vyjímaje komorové odstřely
- Tech. vedoucí odstřelů pro stavební práce
- Tech. vedoucí odstřelů pro vrtné a geofyzikální práce
- Tech. vedoucí odstřelů pro zvláštní druhy prací s uvedením specializace

### 4.3 Pyrotechnické výrobky

U pyrotechnických výrobků, jsou jiná pravidla než u výbušnin. Nejedná se jen o klasifikaci, ale také o základní požadavky na ně a přepravu a skladování. Tato pravidla obsahuje vyhláška č. 174/1992Sb, která byla vydána dne 16. března 1992 [1].

Základní pojmy:

**Pyrotechnické výrobky:** obsahují pyrotechnické slože, případně i výbušniny. Ty mohou být v tuhém nebo kapalném stavu. Slouží k zábavným a technickým účelům [1].

**Pyrotechnické slože:** mechanické směsi hořlavin, oxidovadel, pojiv a dalších přídavných látek. Na základě chemické přeměny složí, vznikají světelné, tepelné, zvukové, dýmové tlakové a pohybové účinky [1].

**Výbušková slož:** jeden druh pyrotechnických složí. Obsahuje kovový prášek s oxidovadlem, které je ve volně sypaném stavu [1].

**Výbuška:** vyvolává zvukový a zábleskový účinek [1].

#### 4.3.1 Klasifikace pyrotechnických výrobků

- Pyrotechnické předměty: obsahují pyrotechnické slože, popř. malé množství výbušin. Hrozí především nebezpečí vzniku požáru [1].
- Výbušné předměty: obsahují pyrotechnické slože a výbušniny. Nebezpečí hrozí především výbuchem a zraněním osob nebo majetku. Pro zábavné účely se zařazují podle stupně nebezpečnosti I, II, III a pro technické účely se zařazují podle stupně nebezpečnosti do podtříd T0 a T1 [1].

#### 4.3.2 Základní požadavky na pyrotechnické výrobky

Musí být vyrobeny tak, aby nebyla ohrožena bezpečnost osob a majetku, pokud je dodržen návod na používání. Nesmí přesáhnout výše 100 metrů a nesmí dopadat na zem hořící zbytky. Nesmí se vytvářet nebezpečné střeptiny, které by mohly způsobit zranění osob. U třídy I a II nesmí být intenzita hluku vyšší než 115dB. Všechny tyto výrobky musí být zabaleny tak, že při dopravě nemůže dojít k nežádoucímu zapálení. U zážehu jsou dané časové intervaly zpoždění. Pokud není výrobek zažehnut elektricky tak interval zpoždění musí být 3 až 6 sekund. U předmětů třídy II a III a podtřídy T1 musí být na povrchu uveden návod použití v českém nebo slovenském jazyce, datum spotřeby a výroby. U třídy III a podtřídy T1 musí být uveden také návod selhávek. Pyrotechnické slože u pyrotechnických předmětů, nesmí být samozápalné a chemicky znečištěné [1].

#### 4.3.3 Přeprava a skladování

Pyrotechnické předměty, které jsou uloženy na dopravním prostředku, musí být uloženy tak, aby se nemohly pohybovat a narážet do sebe. Takto přepravované předměty nesmí spadnout na zem. Musí být přepravovány v předepsaných a uzavřených obalech, na kterých je vyznačen způsob manipulace. V dopravních prostředcích přepravující pyrotechnické předměty se nesmí zacházet s otevřeným ohněm (plamenem). Pyrotechnické předměty musí být skladovány tak, aby při výbuchu nebo požáru nebyly ohroženy osoby na životě a jejich zdraví. Musí být skladovány v původních obalech od výrobce a v suchu. Skladovací teplota nesmí přesáhnout 40°C. Musí být odděleny od hořlavých nebo lehce zápalných látek. Každé prodejní místo nebo příruční sklad musí být vybaveno protipožárními prostředky [1].

## 5 METODY SELEKCE ZDROJŮ RIZIKA

V této kapitole budou popsány a rozebrány metody, pomocí kterých bude prováděna analýza rizik ve vybraných skladech s výbušninami. Těmito metodami jsou Selektivní metoda CPR 18E, Indexová metoda požáru a výbuchu – FEI a metoda AASPT (Allied ammunition storage and transport publication) příručka bezpečnostních zásad pro skladování a transport střeliva a výbušnin.

### 5.1 Selektivní metoda CPR 18E [2] [3]

Metoda byla uveřejněna v příručce CPR 18E Guidelines for Quantitative Risk Assessment tzv. Purple Book. Poprvé byla uveřejněna v holandském Haagu v roce 1999. Slouží k identifikaci rizik závažných havárií. Analýza rizik spočívá v tom, že jsou vybrána ta zařízení, která se vyznačují největším rizikem vzniku havárie. V příručce je uvedeno, že metoda je pouze obecná a měla by být chápána pouze jako směrnice. Metoda uvažuje látky, které jsou klasifikovány jako toxické, hořlavé a výbušné, nikoliv však střelivo. Metoda identifikuje jednotky nebo zařízení (zdroje rizik), pro které má být provedena analýza QRA. Analyzované jednotky se musí rozdělit na samostatné jednotky za předpokladu, že porucha integrity pláště jednotky nebo zařízení nezpůsobí výrazný únik z jiné, přilehlé jednotky nebo zařízení. Analýza QRA slouží ke stanovení přijatelnosti rizik při provozu, manipulaci, transportu a skladování nebezpečných látek.

#### 5.1.1 Postup metody

1. Rozdělení provozu na jednotlivé jednotky nebo zařízení
2. Stanovení indikačního čísla, které má označení „A“ a vyjadřuje skutečnou nebezpečnost jednotlivých jednotek
3. Stanovení selektivního čísla, které má označení „S“ a vyjadřuje míru nebezpečnosti vůči jiné posuzované jednotce nebo zařízení
4. Výběr další jednotky nebo zařízení v závislosti na relativní hodnotě selektivního čísla



Obr. 7) Kroky selektivní metody

### 5.1.2 Popis jednotlivých kroků

**Definice jednotky nebo zařízení v prostorách objektu:** zásadním kritériem metody je fakt, že dvě jednotky nebo zařízení jsou považovány za samostatné jednotky nebo zařízení, pokud mohou být od sebe odděleny ve velmi krátkém čase, pokud dojde k havárii. Tzn., že únik z jedné jednotky nezpůsobí únik z druhé jednotky. Jednotky nebo zařízení se rozlišují na dva typy (procesní a skladovací). Přičemž procesní jednotku může tvořit několik zásobníků, potrubí a podobná zařízení a skladovací jednotku tvoří např. nádrž s nebezpečnou látkou uchovávanou za určitých podmínek. Skladovací jednotky bývají často vybaveny systémem recirkulace a výměníky tepla pro udržení určitých, skladovacích podmínek.

**Indikační číslo:** druhým krokem metody je výpočet indikačního čísla viz rovnice (7). Toto číslo se značí písmenem „A“. Vyjadřuje míru skutečné nebezpečnosti, která je ovlivňována množstvím nebezpečné látky přítomné v zařízení, fyzikálními a toxickými vlastnostmi nebezpečné látky a specifickými provozními podmínkami.

$$A = \frac{Q \cdot O_1 \cdot O_2 \cdot O_3}{G} \quad (7)$$

kde:

$Q$  – množství přítomné látky v jednotce nebo zařízení [kg]

$O_1$  – faktor pro procesní jednotku nebo pro skladovací jednotku

$O_2$  – faktor zohledňující umístění jednotky

$O_3$  – faktor zahrnující množství látky v plynném stavu po úniku v závislosti na provozní teplotě, normálním bodu varu, skupenství látky a teplotě okolí

$G$  – Mezní hodnota (množství látky pro vybrané nebezpečné vlastnosti [kg])

V jediné jednotce nebo zařízení se může vyskytovat několik nebezpečných látek, které mají různé provozní podmínky. Pak se indikační číslo  $A_{i,p}$  stanovuje pro každou nebezpečnou látku  $i$  pro všechny provozní podmínky  $p$ . Výsledné indikační číslo  $A$  pro jednotku nebo zařízení se vypočítá jako součet všech indikačních čísel  $\Sigma i, p A_{i,p}$ . Stanovuje se pro zvlášť pro hořlavé látky  $A^F$ , toxické látky  $A^T$  a výbušné látky  $A^E$ . Posuzovaná jednotka nebo zařízení může mít až 3 indikační čísla.

**Množství látky  $Q$ :** Množství nebezpečné látky, které je přítomné v jednotce nebo zařízení. Je nutné uvažovat s tvorbou žádoucích i nežádoucích nebezpečných látek z důvodu ztráty kontroly nad procesem. Množství látky výrazným způsobem ovlivňuje hodnotu indikačního čísla. Směsi a přípravky dělíme na dva základní typy:

- Nebezpečné látky rozpuštěné v bezpečném rozpouštědle  
Bere se v úvahu pouze množství nebezpečné látky. Směsi a přípravky toxických látek jsou brány v úvahu, jestliže jsou klasifikovány jako velmi toxické.

Příklad: Amoniak nebo chlorovodík rozpuštěný ve vodě

- Směs nebezpečných látek

Jestliže má směs nebezpečných látek svoje vlastní fyzikální, chemické a toxické vlastnosti, musíme ji posuzovat jako čistou látku.

Jestliže jsou ve skladu nebezpečné látky v obalech po malém množství, je pravděpodobnost, že by mohlo dojít k úniku z více obalu najednou, pak musíme uvažovat celkové množství nebezpečné látky skladované na jednom místě. Pokud se ve skladu

nacházejí toxické látky v pevném skupenství, uvažujeme pouze prach, který můžeme vdechnout. Pokud ale dojde k požáru, bude ovzduší znečištěno zplodinami hoření.

**Faktory pro provozní podmínky  $O_i$ :** Pro výpočet indikačního čísla jsou použity tři faktory (provozní podmínky, typ zařízení a umístění zařízení). Tyto faktory se použijí pro toxické a hořlavé látky. Pro výbušniny platí:  $O_1 = O_2 = O_3 = 1$ . Proto je výpočet indikačního čísla pro výbušniny  $A = \frac{Q}{G}$ .

### Faktor $O_1$

Faktor zohledňující typ jednotky nebo zařízení (skladovací nebo procesní). Hodnoty, které může nabývat, jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab 2) Hodnoty faktoru  $O_1$

Typ	$O_1$
Procesní jednotka nebo zařízení	1
Skladovací jednotka nebo zařízení	0,1

### Faktor $O_2$

Faktor zohledňující umístění jednotky nebo zařízení a opatření proti šíření látek do okolí. Hodnoty, které může nabývat, jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab 3) Hodnoty faktoru  $O_2$

Umístění jednotky nebo zařízení	$O_2$
Umístění vně budovy	1
Umístění uvnitř budovy	0,1
Jednotka zařízení umístěná v jímce a provozní teplota $T_p$ je menší než teplota normálního bodu varu $T_{bv}$ zvýšená o $5^\circ\text{C}$	0,1
Jednotka zařízení umístěná v jímce a provozní teplota $T_p$ je vyšší než teplota normálního bodu varu $T_{bv}$ zvýšená o $5^\circ\text{C}$	1

*Poznámka: U skladování je provozní teplota brána jako skladovací teplota.*

Uzavřený prostor zamezuje úniku látek do okolí, proto se vyžaduje, aby uzavřený prostor zůstal nepoškozený i po působení tlaků vyvolaných okamžitým uvolněním skladovaných nebezpečných látek, a aby uzavření výrazně snížilo přímý únik do atmosféry. Jímka zamezuje šíření nebezpečné látky do okolí.

Druhý plášť zásobníku je navržený tak, aby zachytil kapalinu a odolával všem možným silám. Považuje se za jímku, a proto  $O_2 = 0,1$ .

### Faktor O<sub>3</sub>

Faktor zohledňující vliv provozních podmínek a vyjadřuje množství nebezpečné látky, které bude po úniku v plynné fázi. Hodnoty, které může nabývat faktor O<sub>3</sub> jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab 4) Hodnoty faktoru O<sub>3</sub>

Skupenství	O <sub>3</sub>
Nebezpečná látka v plynném skupenství	10
Nebezpečná látka v kapalném skupenství	
<i>Tlak nasycených par při provozní teplotě <math>\geq 3</math> bary</i>	10
<i>Tlak nasycených par při provozní teplotě je 1 až 3 bary</i>	X+ $\Delta$
<i>Tlak nasycených par při provozní teplotě <math>&lt; 1</math> bar</i>	P <sub>i</sub> + $\Delta$
Nebezpečná látka je v pevném skupenství	0,1

*Poznámka: U skladování je provozní teplota brána jako skladovací teplota.*

Tlaky jsou absolutní. Faktor X lineárně vzrůstá (1 – 10) podle toho, jak roste tlak nasycených kyselin (1 – 3 bary). P<sub>i</sub> je parciální tlak nebezpečné látky nad roztokem této nebezpečné látky (v bezpečném rozpouštědle) při provozní teplotě.

**Mezní hodnota:** Mezní hodnota je označována písmenem „G“. Je mírou nebezpečnosti nebezpečné látky, která je stanovena na základě fyzikálních vlastností a údajů o výbušnosti, toxicitě a hořlavosti nebezpečné látky.

#### Mezní hodnota pro toxické látky

Tato hodnota se stanovuje podle koncentrace LC<sub>50</sub> (rat, inh, 1 h) a skupenství při teplotě 25°C. Koncentrace LC<sub>50</sub> je stanovena inhalační metodou. Stanovuje se pro krysu. Hodnoty pro tuto koncentraci jsou uvedeny v bezpečnostních listech nebezpečných látek, pokud tomu tak není, použije se databáze nebezpečných látek. Kapaliny mají rozdělení podle normálního bodu varu: kapalina (L) T<sub>bv</sub> 25°C – 50°C, kapalina (M) T<sub>bv</sub> 50°C – 100°C a kapalina (H) T<sub>bv</sub> vyšší než 100°C.

#### Mezní hodnota pro hořlavé látky

Mezní hodnota G pro hořlavé látky je 10 000kg. Tato hodnota je pro všechny chemické látky, které jsou klasifikované jako hořlavé, vysoce hořlavé a extrémně hořlavé. Pro metodu výběru jsou tyto hořlaviny definovány tak, že jejich provozní teplota je rovna nebo vyšší než bod vzplanutí.

#### Mezní hodnoty pro výbušné látky

Mezní hodnota G pro výbušné látky je množství látky, které uvolní ekvivalentní množství energie jako 1 000kg TNT. Při takovém množství vzniká exploze o velikosti 4 600kJ/kg.

**Výpočet selektivního čísla S:** Selektivní neboli výběrové číslo se označuje písmenem „S“ a vyjadřuje míru nebezpečnosti jednotky nebo zařízení vůči jinému posuzovanému místu, které je ve vzdálenosti L. Hodnota selektivního čísla se stanoví součinem indikačního čísla A a faktorem. Selektivní číslo se počítá pro každou jednotku zvlášť a musíme brát v úvahu všechny body na hranici posuzovaného objektu. Stanovuje se minimálně v 8 bodech a vzdálenost mezi nimi nesmí být větší než 50m. Podle počtu jednotek dělíme podniky na malé

(do 30 jednotek), střední (do 100 jednotek) a velké (nad 100 jednotek). Pokud je objekt ohraničen vodní hladinou, musí se stanovit selektivní čísla i pro body na protějším břehu. Selektivní číslo musí být stanoveno pro každou jednotku i v bodech obytného pásma, které existuje nebo je plánované nejbližší posuzované jednotce.

Faktor pro toxické látky (8):

$$S = \left(\frac{100}{L}\right)^2 \quad (8)$$

kde:

$L$  je vzdálenost od jednotky nebo zařízení k posuzovanému místu v metrech. Minimální vzdálenost je 100m

Faktor pro hořlavé a výbušné látky (9):

$$S = \left(\frac{100}{L}\right)^3 \quad (9)$$

kde:

$L$  je vzdálenost od jednotky nebo zařízení k posuzovanému místu v metrech. Minimální vzdálenost je 100m

Jediná jednotka může mít i tři různá selektivní čísla. Pro toxické látky (10), pro hořlavé látky (11) a pro výbušné látky (12).

$$S^T = \left(\frac{100}{L}\right)^2 \quad (10)$$

$$S^F = \left(\frac{100}{L}\right)^3 \quad (11)$$

$$S^E = \left(\frac{100}{L}\right)^3 \quad (12)$$

kde:

$S^T$  je selektivní číslo pro toxické látky

$S^F$  je selektivní číslo pro hořlavé látky

$S^E$  je selektivní číslo pro výbušné látky

$A^T$  je indikační číslo pro toxické látky

$A^F$  je indikační číslo pro hořlavé látky

$A^E$  je indikační číslo pro výbušné látky

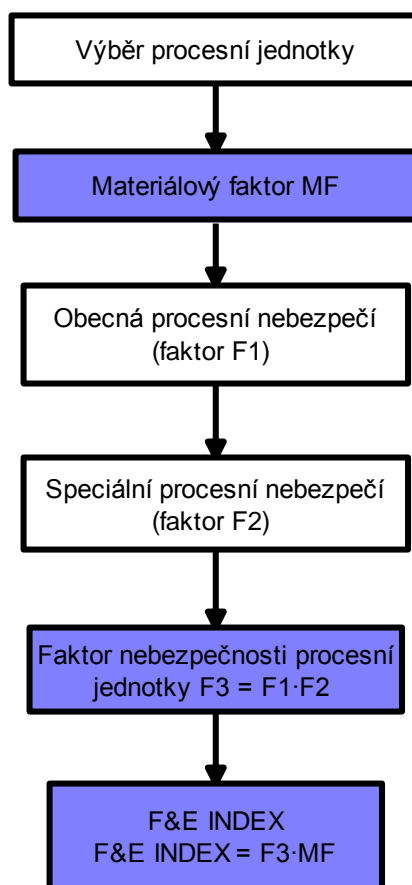
**Výběr jednotek nebo zařízení:** Nezávislá jednotka je vybrána na základě hodnoty selektivního čísla. Selektivní číslo jednotky nebo zařízení v určitém bodě na hranici objektu nebo na břehu řeky proti objektu je větší než 1 a větší než 50% maximálního selektivního čísla v posuzovaném bodě. Selektivní číslo jednotky nebo zařízení je větší než 1v místě obydlené oblasti, ať už existující nebo plánované, nejbližším k jednotce nebo zařízení. Následky úniku toxických látek se projevují na větší vzdálenosti, než při úniku hořlavých

látek. Pokud byly vybrány pouze jednotky s hořlavými látkami a selektivní číslo jednotek s toxickými látkami je stejného řádu jako maximální selektivní číslo, pak musíme uvažovat i jednotku s toxickými látkami.

## 5.2 Indexová metoda požáru a výbuchu – FEI

Indexová metoda požáru a výbuchu (Fire and Explosion Index) byla vyvinuta společností Dow's Chemical Company v roce 1994. Slouží k identifikaci zdrojů rizik u zařízení s hořlavými a výbušnými látkami. Umožňuje předpovídat rozsah poškození zařízení a ztráty přerušáním provozu. Výsledkem metody FEI je tzv. F&E index. Na základě velikosti tohoto indexu se jednotky seřadí podle nebezpečnosti a těmto jednotkám se přiřadí stupeň nebezpečnosti, které jsou uvedeny v příručce pro metodu FEI.

**Postup analýzy rizik:** První krok u metody FEI je výběr procesních jednotek pro posuzování. Po výběru těchto jednotek se stanoví materiálový faktor, který má označení MF. V následujícím kroku jsou určeny faktory nebezpečnosti procesní jednotky což je tzv. F&E index. Jedná se, buďto o obecná procesní nebezpečí nebo o speciální procesní nebezpečí. Posledními kroky jsou souhrnné analýzy procesní a výrobní jednotky. Výsledkem je soubor podkladů pro souhrnnou analýzu rizika.



Obr. 8) Postup stanovení F&E indexu

### 5.2.1 Výběr procesní jednotky

Musí být vybrána jednotka, která bude podrobena analýze. Touto jednotkou může být, kterákoli větší část zařízení.

### **Faktory uvažované při výběru jednotky:**

- Energetický potenciál nebezpečné látky
- Množství nebezpečného materiálu v jednotce
- Procesní tlak a procesní teplota
- Popis jednotky (historie), havárie končí požárem nebo explozí
- Kritické jednotky

Procesními jednotkami mohou být pece, kotle s dehtem, skladovací zásobníky, reaktory, skladovací budova a další.

### **5.2.2 Materiálový faktor MF**

Je to míra potenciální energie, která se uvolní při výbuch nebo požáru. Značí se MF.

$$MF = f(NF \text{ a } NR) \quad (13)$$

kde:

$N_F$  - hořlavost

$N_R$  – reaktivita

### **5.2.3 Obecná procesní nebezpečí F1**

K nebezpečnosti většiny procesních jednotek přispívá šest primárních faktorů, mezi které patří:

**Exotermické chemické reakce**, které se dále dělí na slabě exotermické, středně exotermické, kritické exotermické a zvláště citlivé exotermické. Do první skupiny, slabě exotermických reakcí patří hydrogenace, hydrolýza, izomerace, sulfonace a neutralizace. Přírážka u slabě exotermických reakcí je 0,30. Do druhé skupiny, středně exotermických reakcí patří alkylace, esterifikace, adice, oxidace, polymerace a kondenzace. Přírážka u středně exotermických reakcí je 0,50. Třetí skupinou jsou kritické exotermní reakce, což je skupina reakcí, kde hrozí nebezpečí požáru a výbuchu, patří sem halogenace. Přírážka u kritických exotermních reakcí je 1,00. Poslední skupinou v této kategorii jsou zvláště citlivé exotermní reakce, do kterých se řadí nitrace. Přírážka u této skupiny je 1,25.

**Endotermické procesy** dělíme na kalcinaci, elektrolýzu, pyrolýzu nebo krakování. Pro endotermický proces v reaktoru se použije přírážka 0,20. Pokud je endotermický proces spojený se spalováním paliva tak se přírážka zvýší na hodnotu 0,40 stejně jako u již zmíněné kalcinace a pyrolýzy nebo krakování, kde je ohřev přímým plamenem. Pro elektrolýzu a pyrolýzu nebo krakování kde je použito elektrického ohřevu nebo ohřevu horkými plyny je přírážka 0,20.

**Manipulace** s materiálem nebo přeprava materiálu. Faktorem u manipulace je vznik požáru při manipulaci, přepravě nebo skladování.

**Procesní jednotky** se dělí na jednotky v otevřených nebo uzavřených prostorech. Uzavřený prostor se bere takový prostor, který má jakkoli zastřešenou plochu ze tří nebo více stran. Může to být také konstrukce, která je nezastřešená, ale vymezená stěnami na všech stranách.

**Přístupnost jednotky** znamená snadný přístup záchranných vozidel. Minimálním požadavkem je přístupnost ze dvou směrů, přitom jeden musí být od příjezdové cesty (silnice/vozovka). Provozy s velkou plochou tj. větší než 925m<sup>2</sup> a se špatnou přístupností mají přírážku 0,35 stejně jako skladovací budovy s plochou větší než 2 312m<sup>2</sup>. Menší plochy s nedostatečnou přístupností mají přírážku 0,20.

**Drenáž, odvodnění, zabezpečení proti přetečení** jsou brány v úvahu z důvodu možnosti rozlití nebo úniku hořlavé nebo zápalné kapaliny. Pokud má materiál v jednotce nižší bod vzplanutí než je 60°C nebo je materiál zpracováván při teplotě nad bodem vzplanutí, tak používáme přírážky. Jenom u perfektní drenáže nepoužijeme žádnou přírážku.

#### 5.2.4 Speciální procesní nebezpečí

Jsou to faktory, které zvyšují pravděpodobnost vzniku havárie.

- Toxicita materiálu komplikuje zásah zachraňujících složek a osob. Je použita přírážka  $0,20 \cdot N_H$
- Podtlak umožňuje průnik vzduchu do systému. Dále hrozí kontakt vzduchu s mlhou nebo kontakt citlivého materiálu s kyslíkem. Přírážka 0,50 se použije v případě, že je absolutní tlak nižší než 500mm Hg.
- Provoz uvnitř nebo v blízkosti hořlavosti jsou podmínky pro hořlavé a zápalné kapaliny. Pokud tyto podmínky nastanou, volíme přírážku 0,8.
- Výbuch prachu je způsoben jemností prachu. Čím jemnější, tím větší nebezpečí výbuchu. Je to způsobeno přírůstkem tlaku a maxima tlaku. Přírážky se určují podle dané tabulky, viz příloha 2.
- Otevírací tlak pojišťovacího ventilu je provozní tlak vyšší než atmosférický. Zohledňuje se větší uniklé množství otvorem nebo netěsností. Přírážky se určují podle dané tabulky, viz příloha 2.
- Nízká teplota se posuzuje z důvodu možné křehkosti u uhlíkatých ocelí nebo jiných kovových materiálů. Pokud po posouzení jednotky nedochází k poklesu teplot pod přechodovou teplotu křehnutí materiálu, pak přírážku nepoužijeme.
- Množství hořlavého nebo nestabilního materiálu se dělí do 3 skupin. První skupinou jsou kapaliny nebo plyny v procesu, kde je přírážka závislá na množství uniklé hořlaviny, které uniká ze spojovacího potrubí nebo procesní jednotky. Stanovená doba úniku pro posouzení je 10 minut. Druhá skupina je skladování kapalin nebo plynů v zásobnících mimo proces. U této skupiny použijeme nižší přírážku, protože zásobníky nejsou ovlivněny procesem. Přírážka se stanovuje jako součin množství materiálu v zásobníku a spalné teplo, od kterého se odečte faktor  $H_C$ . Třetí skupinou jsou zápalné, pevné látky v zásobnících a prachový materiál v procesu. Přírážka se stanovuje na základě hustoty materiálu, snadnosti zapálení a schopnosti odolávat účinkům plamene.
- Koroze je součet rychlostí vnější a vnitřní koroze.
- Netěsnosti spojů a těsnění mohou být zdrojem úniku hořlavých materiálů např. působením tepla a tlaku.
- Použití zařízení s otevřeným ohněm zvyšuje pravděpodobnost zapálení hořlavých látek, jestliže dojde k jejich úniku.
- Výměníky s horkým olejem, jehož teplota je ve většině případů vyšší než bod varu a vzplanutí. Tím se zvyšuje nebezpečí v procesní jednotce. Přírážky se určují podle dané tabulky, viz příloha 2.

- Rotační stroje jako jsou čerpadla a kompresory od určité velikosti pravděpodobně přispívají k nebezpečnosti. Vyplývá to ze statistických údajů.

### 5.2.5 Index požáru a výbuchu

F&E Index se vypočítá jako součin faktoru nebezpečnosti jednotky (F3) a materiálového faktoru (MF).

Tab 5) Stupně nebezpečnosti podle F&E Indexu

Pásmo F&E indexu	Stupeň nebezpečnosti
1 - 60	Nepatrný, malý
61 – 96	Mírný
97 – 127	Střední
<b>128 – 158</b>	Závažný
159 a vyšší	Kritický

*Poznámka: Hodnota 128 je mezní hodnotou.*

### 5.2.6 Kreditní faktory řízení ztrát

Jsou tři skupiny, které umožňují řízení ztrát:

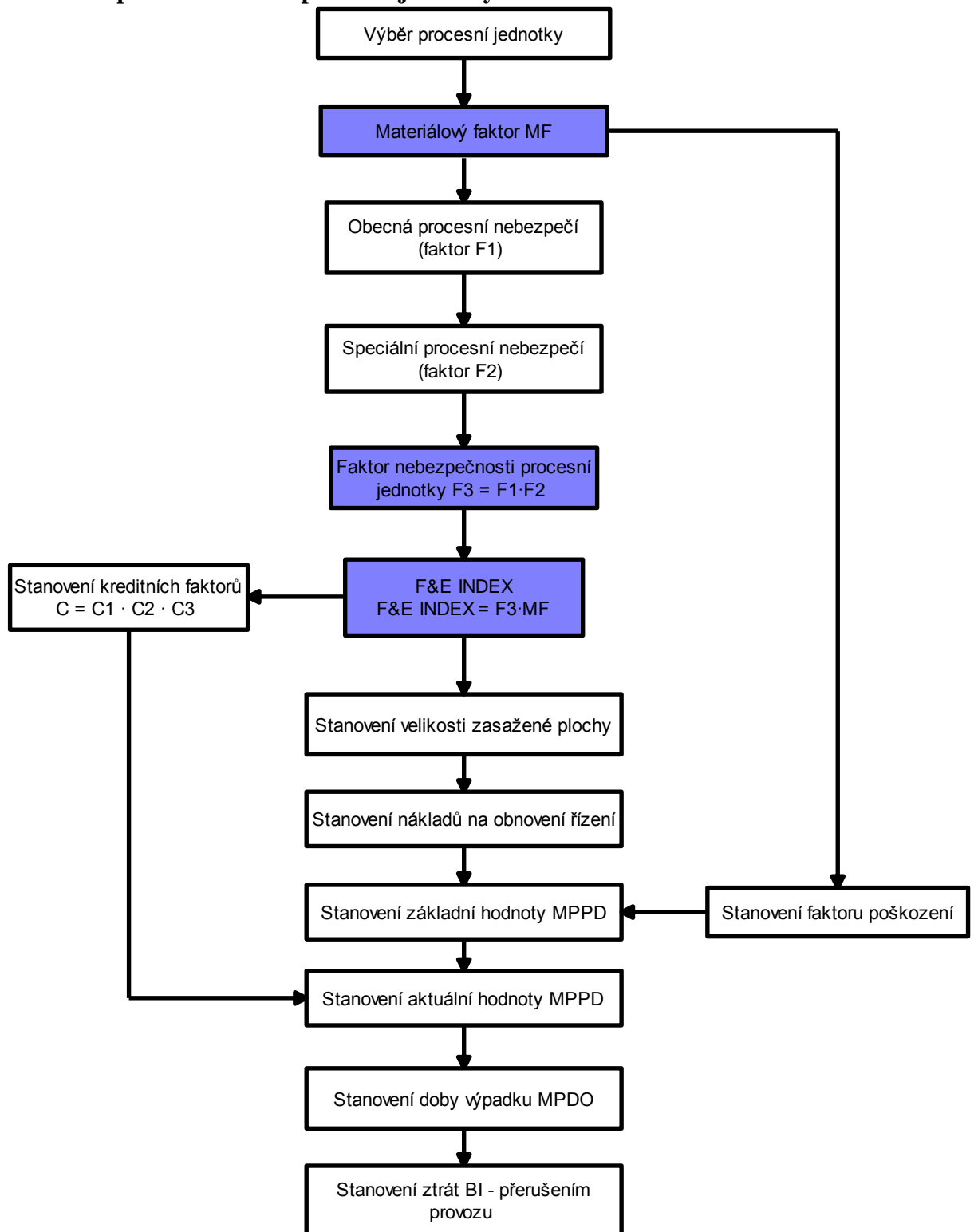
C<sub>1</sub> – řízení procesu

C<sub>2</sub> – oddělitelnost materiálu

C<sub>3</sub> – protipožární ochrana

Kreditní faktor ztráty kontroly je součin jednotlivých faktorů.

### 5.2.7 Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky



Obr. 9) Postup stanovení F&E indexu a dalších údajů

kde:

*MPPD* – základní hodnota maximální očekávané ztráty majetku

*MPDO* – Maximální očekávaný počet dní výpadku výroby

*BI* – přerušení provozu

## 5.3 Příručka bezpečnostních zásad NATO pro skladování vojenského střeliva a výbušnin - AASTP

Příručka vznikala po dobu 30 let a je výsledkem po sobě jdoucích revizí. První vydání vzniklo 1. 9. 1963 a na jejím vývoji se podíleli zástupci ze zemí Francie, Německa, Velké Británie a Spojených států amerických.

Hlavním účelem této příručky je stanovení bezpečnostních zásad, které mají sloužit jako vodítko mezi hostitelskými zeměmi a silami NATO v rozvoji vzájemně přijatelných předpisů pro rozvržení, skladování munice, skladů a pro skladování konvenční munice a výbušniny v nich. Tyto zásady jsou určeny také k vytvoření základu národních předpisů, pokud je to možné.

### **Příručka je rozdělena do čtyř částí:**

Část I - stanovuje všeobecné, bezpečnostní zásady pro munici a pro všechny výbušniny, skladování a vzdálenost pro nadzemní skladování.

Část II - poskytuje technické podrobnosti o složení výbušniny, skladování, a provozní pokyny zařízení s výbušninami.

Část III – zabývá se podzemním skladováním a střelivem.

Část IV - zabývá se manipulací ve zvláštních situacích, například na vojenských letištích a při přenosu munice a výbušnin v námořních přístavech.

### **5.3.1 Vzdálenost a kritéria pro nadzemní skladování**

Účelem (obsahem) přílohy je uvedení kritérií a metod použitých ke generování hodnot v Q - D tabulce. Pro každou funkci vzdálenosti, konstantní vzdálenosti a minimální hodnoty je v tabulce uveden odstavec a písmeno. Každé z nich zaznamenává na základě rozhodnutí skupiny (specifická experimentální pozorování nebo posudku) a označuje číslem příslušný odkaz v literatuře.

#### **Převodní faktory**

Délka: 1 m = 003.2808 ft (stop)

Povrch: 1 m<sup>2</sup> = 010.7639 sqft (čtverečních stop)

Hmotnost: 1 kg = 002.2046 lb (liber)

Energie: 1 kgm = 007.2330 ftlb = 009,8066 Joule

Tlak: 1 kg / cm<sup>2</sup> = 014.2233 psi = 980,665 mbar

Délka: 1 ft = 000,3048 metrů

Povrch: 1 sqft = 000,0929 m<sup>2</sup>

Hmotnost: 1 lb = 000,4536 kg

Energie: 1 ftlb = 000,1383 kgm = 001,3558 Joule

Tlak: 1 psi = 000,0703 kg / cm<sup>2</sup> = 068,948 mbar

#### **Kritéria pro Q – D tabulky**

##### **D1-vzdálenosti a D2 vzdálenosti**

Vzdálenosti D1 (14) a D2 (15) jsou založeny na britských studiích, kdy se zabarikádovaly otevřené komíny s leteckými bombami. S ohledem na americké pokusy na modulární uložení se zabránilo šíření detonace na přilehlé komíny mimo zemní barikády, i

když mohla nastat nějaká škoda např. občasné požáry, zpožděné exploze atd. Při použití vzdálenosti D2 je situace omezena na případ, kdy nepůsobí hořlavé materiály a je jen lehká ochrana proti povětrnostním vlivům (kovová pultová střecha, nebo střecha s plachtou).

$$D1 = 0,35 Q^{1/3} \text{ Platí pro } Q \leq 30\,000 \text{ kg} \quad (14)$$

$$D2 = 0,44 Q^{1/3} \text{ Platí pro } 30\,001 \leq Q \leq 120\,000 \text{ kg} \quad (15)$$

kde:

$Q$  je množství [kg]

### **D3 – vzdálenost**

Vzorec udává minimální vzdálenost mezi stěnami sousedních skladů, jestliže střechy a stěny skladů jsou chráněny předepsaným množstvím zeminy. Vzdálenost D3 (16) se vztahuje na jakoukoli kombinaci zadních a bočních stěn.

$$D3 = 0.5 Q^{1/3} \quad (16)$$

### **D4 – vzdálenost**

Vzdáleností D4 se zabrání šíření výbuchu plamenem přes kráter a výbuch. Barikády poskytnou ochranu proti šíření. Vzdálenost D4 platí, když je přední část jednoho skladu tváří zadní stěny, nebo za předpokladu, že konstrukce čelní stěny a dveře jsou dostatečně kvalitní. Vzdálenost D4 (17) není dostatečná, pokud je přední část jednoho skladu boční stěnou jiného.

$$D4 = 0.8 Q^{1/3} \quad (17)$$

### **D5 – vzdálenost**

Tato vzdálenost se používá, když přední strana jednoho ze skladů stojí s boční stěnou druhého. Vzdálenost D5 (18) je minimální vzdálenost mezi stranou skladu PES a akceptorem hlavní stěny ES bez významného nebezpečí výbuchu.

$$D5 = 1.1 Q^{1/3} \quad (18)$$

### **D6 – vzdálenost**

Výpočet slouží jako podklad k zabránění šíření výbuchu, když jsou stěny oblasti ES ze železobetonu a to minimálně 25cm silné.

$$D6 = 1.8 Q^{1/3} \quad (19)$$

### **D7 – vzdálenost**

Vzdálenost D7 (20) se zabrání šíření výbuchu ze strany plamene, tepla a výbuchu.

$$D7 = 2.4 Q^{1/3} \quad (20)$$

### **D8 – vzdálenost**

Výpočet slouží jako podklad k množení fragmentů, když je poloměr fragmentu větší než poloměr plamene.

$$D8 = 3.6 Q^{1/3} \quad (21)$$

**D9 – vzdálenost**

$$D9 = 4.8 Q^{1/3} \quad (22)$$

**D10 – vzdálenost**

Vypočítaná vzdálenost chrání osoby před vážným zraněním způsobené výbuchem. Je to minimální vzdálenost od jakéhokoli aspektu skladu, kterou musíme zajistit, aby tyto účinky výbuchu byly snesitelné. Tato minimální vzdálenost je  $D= 270m$

$$D10 = 8.0 Q^{1/3} \quad (23)$$

**D11 – vzdálenost**

Vzorec platí pro  $Q \leq 4\,500$  kg.

$$D = 3.6 Q^{1/23} \quad (24)$$

Vzorec platí pro  $Q > 4\,500$  kg

$$D = 14.8 Q^{1/3} \quad (25)$$

Minimální vzdálenost je  $D=180m$ .

**D12 – vzdálenost**

$$D12 = 22.2 Q^{1/3} \quad (26)$$

**D13 – vzdálenost**

Vzorec platí pro  $Q \leq 4\,500$  kg. A minimální vzdálenost  $D=270m$ .

$$D13 = 5.5 Q^{1/2} \quad (27)$$

Vzorec platí pro  $Q > 4\,500$  kg. A minimální vzdálenost je  $D=400m$

$$D13 = 22.2 Q^{1/3} \quad (28)$$

**D14 a D15 – vzdálenosti**

D14 a D15 - Uskladněná munice nesmí přesahovat hmotnost 45 000 kg.

$$D14 = 14.0 Q^{1/3} \quad (29)$$

$$D15 = 18.0 Q^{1/3} \quad (30)$$

**D16 a D17 – vzdálenosti.**

$$D16 = 9.3 Q^{1/3} \quad (31)$$

$$D17 = 12.0 Q^{1/3} \quad (32)$$

**Pevná vzdálenost**

$$D = 2 \text{ m}$$

Tato vzdálenost se používá vždy, když ES poskytuje ochranu proti fragmentům nebo zbytků z PES.

$$D = 10 \text{ m} - 25 \text{ m} - 90 \text{ m} \quad (33)$$

Vzdálenosti jsou závislé na:

- Úlomky a trosky, které by mohly vyplývat z PES popřípadě z náhodného výbuchu v PES.
- Citlivost k ES tj. dveře směrem k PES, slabá střecha atd.
- Požadovaná úroveň ochrany.

$$D = 25 \text{ m} - 90 \text{ m} - 135 \text{ m} \quad (34)$$

Pevná vzdálenost 25 m je určena pro zabarikádovanou dílnu s ochrannou stříškou a to znamená, že poskytuje dobrou ochranu proti fragmentům.

$$D = 90 \text{ m} - 135 \text{ m} \quad (35)$$

Pevná vzdálenost 90m nebo 135m v závislosti na kalibru munice v PES se používá, když může být provoz zastaven okamžitě, aby se zabránilo nejhoršímu útoku.

### Funkční vzdálenost

Vzdálenosti v závislosti na ráži munice v PES, když je nemožné zastavit provoz okamžitě v případě výbuchu.

$$D1 = 53 Q^{0.18} \quad (36)$$

$$D2 = 68 Q^{0.18} \quad (37)$$

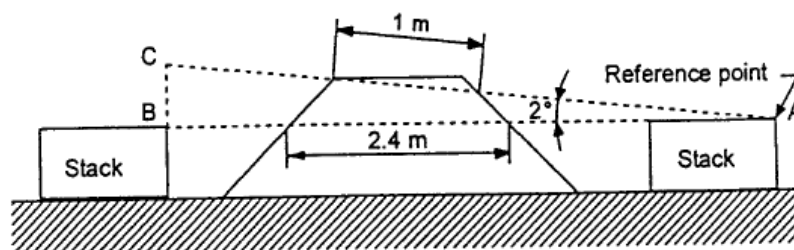
### 5.3.2 Skladování výbušnin, konstrukční a provozní pokyny pro zařízení

Tato část příručky poskytuje technické údaje, které doplňují zásady z části I. Týká se nadzemního skladování. Dělí do několika částí, jako je skladování ve volném a ve vyrovnávacím zásobníku, konstrukční materiály, ochrana zásobníku proti výbuchu, uvolňovací tlak, ochrana před bleskem. Dále jsou zde popsány funkce barikád, geometrie země pro funkci barikád, materiály pro stavbu barikád.

#### Norma pro vnitřní osvětlení skladištních budov

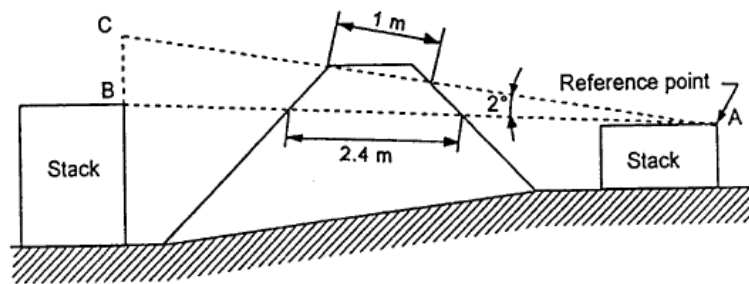
Ve všech skladištních budovách je třeba přesně určit zásoby, označení a vést dokumentaci. To vyžaduje pouze minimální úroveň osvětlení. Toto osvětlení se měří na úrovni podlahy a minimální přijatelný standart je 75 luxů.

#### Stanovení barikády ve výšce na úrovni terénu



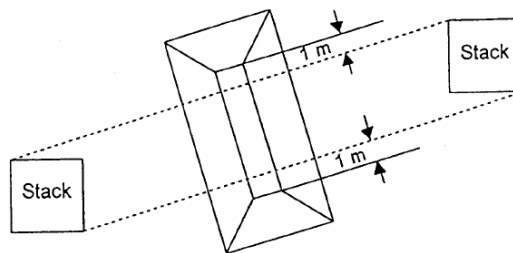
Obr. 10) Stanovení barikády I.

## Stanovení barikády v terénu ve svahu



Obr. 11) Stanovení barikády II.

## Stanovení délky barikády



Obr. 12) Stanovení délky barikády

## Vzdušný náraz – airblast

Parametry pro určení airblast byly důkladně zkoumány a prováděny na analýze účinků zbraní. Otevřené povrchové detonace byly předmětem složitých experimentů a vědeckých výzkumů, které byly základem pro stanovení příslušných airblast zatížení. Důležitými faktory jsou intenzita, průběh a interakce s osobami. Pomocí těchto faktorů se stanovují vzdálenosti pro munice a výbušniny.

Zatížení proudem vzduchu v důsledku výbuchu, může být snadno zjednodušeno pro konstrukční účely. To je charakteristické pro relativně plochou tlakovou vlnu, jejíž vrcholový přetlak a variace s časem jsou funkcí vzdálenosti, náboje a dynamického tlaku se změnou v čase.

Design a metody výpočtu pro muniční sklad jsou založeny hlavně na modelování a orientovaných předpokladech v praxi.

**Vlastnosti airblast vlny:** Airblast vlna se skládá z dopadající tlakové vlny a dynamické tlakové vlny. Vrcholový přetlak je výrazně vyšší než vrchol dynamického přetlaku. Pro konstrukční účely může být doba trvání tlakové vlny a dynamické tlakové vlny pokládána za rovnou.

### Rankine-Hugoniot rovnice

- Rychlost rázové vlny

$$U = a_o \cdot \left[ 1 + \frac{6 \cdot P_{SO}}{7 \cdot P_a} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (38)$$

- Částice rychlosti „u“

$$u = \frac{5 \cdot P_{SO}}{7 \cdot P_a} \cdot \frac{a_0}{(1 + 6 \cdot P_{SO}/7 \cdot P_a)^{1/2}} \quad (39)$$

- Hustota vzduchu za čelem rázové vlny

$$Rho = \frac{7 + 6 \cdot P_{SO}/P_a}{7 + P_{SO}/P_a} \cdot rho_a \quad (40)$$

- Dynamický tlak

$$q_o = 0,5 \cdot rho \cdot u^2 \quad (41)$$

$$q_o = \frac{5}{2} \cdot \left[ \frac{P_{SO}^2}{7 \cdot P_a + P_{SO}} \right] \quad (42)$$

- Za normálních podmínek se odráží tlak

$$P_r = 2 \cdot P_{SO} \cdot \left[ \frac{7 \cdot P_a + 4 \cdot P_{SO}}{7 \cdot P_a + P_{SO}} \right] \quad (43)$$

- Tlak - časové změny Airblast a dynamického tlaku

$$P_{s(t)} = P_{SO} \cdot \left(1 - \frac{t}{t_o}\right) \cdot e^{(-\beta \cdot t/t_o)}, \quad 0 \leq t \leq t_o \quad (44)$$

$$q(t) = q_o \cdot \left(1 - \frac{t}{t_o}\right) \cdot e^{(-\beta \cdot t/t_o)}, \quad 0 \leq t \leq t_o \quad (45)$$

- Pozitivní impuls

$$I_s = \frac{P_{SO} \cdot t_o}{\beta} \cdot 1 - \frac{1 - e^{-\beta}}{\beta} \quad (46)$$

$$I_q = \frac{q_o \cdot t_o}{\beta} \cdot \left[ 1 - \frac{2}{\beta} \cdot \left(1 - \frac{1}{\beta}\right) - \frac{2}{\beta^2} \cdot e^{-\beta} \right] \quad (47)$$

### Charakteristické airblast parametry

$P_{SO}$  - Vrchol přetlaku [MPa]

$q_o$  - Dynamický přetlak [MPa]

$P_r$  - Odrážející se přetlak [MPa]

$t_o$  - Pozitivní doba trvání výbuchu [s]

$t_a$  - Čas přiletu [s]

$U$  - Rychlost čela rázové vlny [m / s]

$u$  - Rychlost pevných částí za čelem rázové vlny u [m / s]

*Poznámka: Poměrné parametry se musí vynásobit třetí odmocninou ekvivalentní hmotnosti TNT.*

## Zákony na změnu měřítek

Změna parametrů airblast, vzdáleností a výbušných náloží z parametrů známého prostředí exploze. To může být dosaženo pomocí zákonů na změnu měřítka.

### Zákon kořene krychle

Teoretický vztah mezi vzdáleností, tlakem a hmotností výbušné nálože. To je vyjádřeno pomocí zákona kořene krychle. Zkoušky ve skutečném měřítku ukázaly, že úměrnost mezi vzdáleností a hmotností se vztahuje na množství až do rozmezí megatun.

### Škálování

- Vzdálenost hmotnosti náboje

$$\frac{R_X}{R_0} = \left[ \frac{Q_X}{Q_0} \right]^{1/3} \quad (48)$$

$$R_X = R_0 \cdot \left[ \frac{Q_X}{Q_0} \right]^{1/3} \quad (49)$$

- Dynamický impuls

Čas vzdálenosti hmotnosti náboje

$$t_x = t_0 \cdot \frac{R_X}{R_0} = t_0 \cdot \left[ \frac{Q_X}{Q_0} \right]^{1/3} \quad (50)$$

- Impuls vzdálenosti hmotnosti náboje

$$I_x = I_0 \cdot \frac{R_X}{R_0} = I_0 \cdot \left[ \frac{Q_X}{Q_0} \right]^{1/3} \quad (51)$$

Opatření k airblast parametrům s různými vzdálenostmi, hmotnosti nabíjení a za různých povětrnostních podmínek mohou být převedeny na standardní podmínky. Ty se uplatňují v zákonu kořene krychle – Hopkinson-Cranz a Sachz. To se vztahuje pouze na ideální plyny. Z toho vyplývá, že to není vhodné pro vzduch.

### Stupnice faktorů

Pro tlak P:

$$S_P = \left[ \frac{P_a}{P_{a,s}} \right] \quad (52)$$

Pro vzdálenost R:

$$S_d = Q_X^{1/3} \cdot \left[ \frac{P_{a,s}}{P_a} \right]^{1/3} \quad (53)$$

Pro čas t:

$$S_t = Q_X^{1/3} \cdot \left[ \frac{P_{a,s}}{P_a} \right]^{1/3} \cdot \left[ \frac{T_{a,s}}{T_a + 273} \right]^{1/2} \quad (54)$$

Pro impuls I:

$$S_I = Q_X^{1/3} \cdot \left[ \frac{P_{a,s}}{P_a} \right]^{2/3} \cdot \left[ \frac{T_{a,s}}{T_a + 273} \right]^{1/2} \quad (55)$$

Poznámka: Index  $X_{a,s}$  Za standardních podmínek na úrovni hladiny moře

**Parametry:**

$Q_o$  - Dynamický přetlak [MPa]

$P_r$  – Odražející přetlak [MPa]

$i_s$  – Odstupňovaný pozitivní boční impuls [MPa·ms/(kg)<sup>1/3</sup>]

$i_r$  – Odstupňovaný pozitivní odražející impuls [MPa·ms/(kg)<sup>1/3</sup>]

$t_o$  – Pozitivní trvání airblast výbuchu [s]

$t_a$  – Čas příletu [s]

$U$  – Čelo rázové vlny [m / s]

$u$  – Rychlost pevných částic za čelem rázové vlny [m / s]

**TNT ekvivalent:** Pro stanovení charakteristických parametrů airblast, je vhodné převést skutečnou hmotnost náboje na ekvivalentní TNT náboje hmoty, aby se využily různé stávající konstrukční diagramy, které jsou obvykle spojené s TNT.

$$Q_{TNT,e} = \left[ \frac{E_{exp}^d}{E_{TNT}^d} \right] \cdot Q_{exp} \quad (56)$$

kde:

$Q_{TNT,e}$  – ekvivalentní hmotnost TNT náboje [kg]

$Q_{exp}$  – skutečná hmotnostní nálož [kg]

$E_{TNT}^d$  – specifické detonace energie TNT [J / kg]

$E_{exp}^d$  – specifické detonace energie skutečné výbušniny [J / kg]

Tab 6) Hodnoty pro vrchol přetlaku  $P_{SO}$

P <sub>SO</sub> - Vrchol přetlaku [MPa]	
Rozsah	Funkce
0,50 ≤ Z < 0,75	P <sub>SO</sub> = 1,313137 · Z <sup>(-1,910441)</sup>
0,75 ≤ Z < 3,50	P <sub>SO</sub> = 1,330026 · Z <sup>(-2,218832)</sup>
3,50 ≤ Z < 8,50	P <sub>SO</sub> = 0,724571 · Z <sup>(-1,726565)</sup>
8,50 ≤ Z < 30,00	P <sub>SO</sub> = 0,293592 · Z <sup>(-1,295654)</sup>

Tab 7) Hodnoty pro odstupňovaný boční impuls

<b><math>i_s</math> – Odstupňovaný pozitivní boční impuls [MPa·ms/(kg)<sup>1/3</sup>]</b>	
<b>Rozsah</b>	<b>Funkce</b>
$0,50 \leq Z < 1,00$	$i_s = 41,2564 \cdot Z^5 + 144,608 \cdot Z^4 - 198,8880 \cdot Z^3 + 134,238 \cdot Z^2 - 44,3554 \cdot Z + 5,8956$
$1,00 \leq Z < 30,00$	$i_s = -0,254674 \cdot Z^{(-0,918606)}$

Trvání pozitivního tlaku [m / s]

Lineární tlaková křivka

$$T_0 = \left[ \frac{Z \cdot I_s}{P_{SO}} \right] \quad (57)$$

$$I_s = i_s \cdot NEQ^{(1/3)} \quad (58)$$

Konstantní pokles tlaku  $\beta$  je určen iterací následující rovnice:

$$\frac{P_{SO} \cdot t_0}{I_s} = \frac{\beta^2}{\beta - (1 - e^{(-\beta)})} \quad (59)$$

### 5.3.3 Kryté nadzemní skladištní budovy

Snížení velikosti tlaku a impulsu závisí na hmotnosti krytiny nebo stínícím materiálu (stavební pouzdro, zemní kryt), ale také na stupni koncentrace. Efekt útlumu lze pozorovat především v blízkém okolí poblíž místa výbuchu. Ve velkých vzdálenostech jsou hodnoty tlaku už na poměrně nízké úrovni. Efekt útlumu je zvláště důležitý pro prevenci detonace mezi skladištními budovami na municí.

Tab 8) Hodnoty pro vrchol přetlaku  $P_{SO}$

<b><math>P_{SO}</math> - Vrchol přetlaku [MPa]</b>	
<b>Směr airblast</b>	<b>Funkce</b>
Přední	$P_{SO} = 0,435 \cdot Z^{(1-541)}$
Boční	$P_{SO} = 0,301188 \cdot Z^{(1,364270)}$
Zadní	$P_{SO} = 0,300052 \cdot Z^{(1,513182)}$

Tab 9) Hodnoty pro odstupňovaný boční impuls

<b><math>i_s</math> – Odstupňovaný pozitivní boční impuls [MPa·ms/(kg)<sup>1/3</sup>]</b>	
<b>Směr airblast</b>	<b>Funkce</b>
Přední	$i_s = 0,263627 \cdot Z^{(-1,027171)}$
Boční	$i_s = 0,191082 \cdot Z^{(-0,922905)}$
Zadní	$i_s = 0,120419 \cdot Z^{(-0,888696)}$

### 5.3.4 Fragменты, úlomky, vystřelované munice

Exploze ve skladu munice na místě vytvoří následující čtyři typy projekcí:

- Úlomky munice
- Úlomky od zemnicího krytu
- Stavební trosky
- Kráter

Posouzení rizika fragmentů a trosek je z větší části pravděpodobnostní přístup. Důvodem je skutečnost, že fragmenty a úlomky vytvářejí náhodný proces, který se vyskytuje na základě podmínek životního prostředí, které nejdou přesně definovat.

Hmotnostní rozdělení fragmentů

Konstantní:

$$M_A = B_x \cdot t_c^{5/6} \cdot d_i^{1/3} \cdot (1 + t_c/d_i) \text{ [kg}^{1/2}\text{]} \quad (60)$$

kde:

$B_x$  – konstanta výbušnosti [ (kg<sup>1/2</sup>) / ( m<sup>7/6</sup>) ]

$t_c$  – tloušťka pláště [m]

$d_i$  – vnitřní průměr pláště [m]

Počet úlomků

$$N_t = \frac{M_c}{(2 \cdot M_A^2)} \quad (61)$$

Fragменты балistikы

Lze předpokládat, že nepravidelné fragmenty si budou geometricky podobné.

$$M_f = k \cdot A_f^{3/2} \quad (62)$$

kde:

$M_f$  – Hmotnost fragmentu [kg]

$A_f$  – Oblast

$k$  - Faktor tvaru

Počáteční rychlost

$$N_t = \frac{M_c}{(2 \cdot M_A^2)} \quad (63)$$

Nositel rychlosti pro danou konstantní výbušnou hodnotu

$$G = \sqrt{(2 \cdot E)} \quad (64)$$

kde:

$n$  – geometrická konstanta

Efektivní hodnota  $Q_o$ ,  $Q_{o, \text{eff}}$  závisí na převládajících podmínkách skladování. Účinná hodnota fragmentů z hromady munice se odhaduje násobkem hodnoty pro jednu muniční položku efektivním počtem položek  $N_E$ .

$$Q_{o, \text{eff}} = Q_o \cdot N_E \quad (65)$$

Pro zásobník pod širým nebem je  $N_E$  odvozena:

$$N_E = 0,9 \cdot N_S + 0,1 \cdot N_T \quad (66)$$

Pro zásobník pokrytý zemí je  $N_E$  odvozena:

$$N_E = 0,7 \cdot N_S + 0,1 \cdot N_T \quad (67)$$

kde:

$N_E$  – Efektivní počet kusů střeliva

$N_S$  – Počet kusů střeliva na straně zásobníku, která je blíž k potenciálnímu terči útoku

$N_T$  – Počet kusů střeliva v horní vrstvě zásobníku

### 5.3.5 Potencionální nebezpečí

Pravděpodobnost dopadu

Pravděpodobnost dopadu  $P_F$  jednotlivého fragmentu nebo tok fragmentu se vypočítá pomocí hustoty plochy  $q_F$ .

$$P_f = 1 - e^{-q_f \cdot A_T} \quad (68)$$

kde:

$A_T$  – Cílová oblast [ $m^2$ ], pro člověka stojícího směrem k explozi je  $A_T \approx 0,56m^2$

Kritéria a úrovně nebezpečí

$$E_{kin} = E_i = (M_f \cdot V_i^2)/2 \quad (69)$$

Dopad impulsů na jednotlivé fragmenty

$$I_i = M_f \cdot V_i \quad (70)$$

### 5.3.6 Kritéria poškození, limity nebezpečnosti, pokyny k posouzení rizik

Airblast způsobený explozí, ohrožuje pracovníky různými způsoby prostřednictvím:

- rázovou vlnou a časově závislým přetlakem
- zbytky ze zničených struktur či zrychlenými předměty
- vlivem zrychlení lidského těla na překážkách nebo na zemi.

Oblasti těla, které jsou airblast nejvíce ohrožené jsou následující:

- dýchací systém s plícemi a průdušnice
- hlava
- uši a ušní bubínky
- slezina, játra srdce.

Rozsah zranění způsobených přímo airblast je silně ovlivněna:

- rychlostí nárůstu tlaku uvnitř čela rázové vlny
- vrcholem přetlaku uvnitř čela rázové vlny
- doba trvání pozitivní fáze tlaku.

Vzhledem ke složitosti procesu, spolehlivé stanovení balistických parametrů z náhodných explozí, je obtížné. Nebezpečí různých oblastí lidského těla jsou uvedeny níže v sestupném pořadí:

- Oblast hlavy (fraktura lebky)
- Oblast hrudníku (zlomené žebro, srdeční poškození)
- Oblast břicha (poškození jater a sleziny)
- Končetiny (zlomenina kostí)

Tab 10) Úmrtnost v závislosti na nárazové energii

Úmrtnost v důsledku nárazové energie				
Úmrtnost p [%]	Dopad energie / kinetická energie [Joule]			
	Hlava	Hrudník	Břicho	Končetiny
1	55	58	105	155
5	65	90	140	240
20	79	140	200	380
50	100	230	280	620
99	200	850	850	2500



## 6 SELEKCE ZDROJŮ RIZIK U SKLADOVÝCH JEDNOTEK

Pro selekci rizik a její hodnocení byly vybrány 3 sklady, ve kterých jsou umístěny výbušné látky. Pomocí metod, které jsou uvedeny v kapitolách 5. 1, 5. 2 a 5. 3 byl proveden výběr zdrojů rizik a jejich hodnocení. Na základě výsledků byla porovnána vhodnost metod pro skladové jednotky.

### 6.1 Areál skladu výbušnin č. 1

První sklad, viz obrázek č. 13, u kterého je provedena selekce rizik a jejich hodnocení, obsahuje tři skladové jednotky, viz tabulka č. 11. V těchto skladových jednotkách se nachází výbušniny a střelivo, které jsou zařazené do skupiny A a B, viz kapitola 4. 1. 2. Sklady jsou umístěné nezávisle na sobě a nejméně 100 metrů od sebe. Okolí areálu je lesního typu. Budova, která se nachází nejbližší areálu, je vzdálená 750 metrů a jedná se o areál firmy. Každý sklad je umístěn v ochranném valu a nad střechou jsou umístěny bleskosvody. Sklady mají obvodové zdi z betonu a střecha je odlehčená. V obvodových stěnách se nenachází žádná okna. Ve skladech jsou trezorové dveře. Vstup skladu je chráněn světelnou závorou, uvnitř jsou pohybová čidla, proti vniknutí cizí osoby.



Obr. 13) Areál skladů výbušnin č. 1

## 6.2 Výbušniny umístěné ve skladu č. 1

První skladová jednotka obsahuj výbušninu s názvem Pentrit. Tato látka je vysokobrizantní pevná trhavina a její směs flegmatizovaná více než 10% výbušných předmětů bez kovového obalu, a spadá do skupiny AII, viz příloha 1. Musí být uložena v hranicích a maximální povolená výška uložení je 3 metry. Uložena může být pouze s výbušninami, které mají stejné vlastnosti a s výbušninami, které jsou neflegmatizované a do 10% flegmatizované vysokobrizantní pevné trhaviny. V našem případě je výbušina uložena samostatně ve skladové jednotce č. 1 a její množství je 89 tun.

Ve druhé skladové jednotce se nachází třaskavé slože. Ve skladu č. 2 jsou umístěny třaskavé slože, které obsahují zvlhčovadla nad 10%. Ty musí být umístěny v regálech do výšky 1,5 metru a uloženy mohou být pouze s látkami stejného typu. Jsou umístěny v dřevěných bednách. Množství složí je 8 tun.

Ve třetí skladovací jednotce je umístěn černý prach ve volném stavu. Tato látka taktéž spadá do skupiny AIII a uložena musí být rovněž v hranicích do výšky 3 metrů. Skladovaný může být pouze s výbušninami stejného typu, což je jen černý prach, ale může být uložen buď volně, nebo lisovaný. Je uložen ve skladovací jednotce č. 3 a jeho množství je 94 tun.

Tab 11) Výbušniny uloženy ve skladu č. 1

Seznam výbušnin ve skladu č. 1				
Č.	Název látky	Množství látky	Označení skladu	Skupina nebezpečí
1.	Pentrit	89 tun	sklad č. 1	A
2.	Třaskavé slože	8 tun	sklad č. 2	B
3.	Černý prach	94 tun	sklad č. 3	A

## 6.3 Areál skladů výbušnin č. 2



Obr. 14) Areál skladů výbušnin č. 2

Druhý areál, viz obrázek č. 14, u kterého je provedena selekce rizik a jejich hodnocení obsahuje dvě skladové jednotky, přičemž každá jednotka obsahuje 3 kóje. V jednotlivých kójích jsou umístěny taktéž výbušniny a střelivo, které spadá do skupiny A a B. Sklady jsou umístěny nezávisle na sobě, ale vzdálenost mezi nimi je mnohem menší, než u předchozího areálu. Nachází se asi 10 metrů od sebe. To ovlivňuje i látky, které mohou být ve skladu uloženy. Oba sklady jsou obklopeny ochrannými valy, viz obrázek č. 14. Okolí skladu je lesního typu. Objekt, který se nachází nejbližší skladových jednotek je vzdálen asi 500m. Jedná se o výrobní halu. Nad celým areálem, který má rozlohu asi 2 000m<sup>2</sup> jsou vedeny bleskosvody. Sklady mají obvodové zdivo z betonu a oba mají i odlehčenou střechu. Trezorové dveře každé kóje, jsou chráněny spínačem, proti vniku cizí osoby. Uvnitř skladů jsou pohybová čidla. Oba tyto systémy jsou napojené na bezpečnostní služby a na GPS systém.

#### 6.4 Výbušniny umístěné ve skladu č. 2

V první skladové jednotce, v kóji č. 1 je umístěna taktéž látka s názvem Pentrit. Jak již bylo zmíněno v kapitole 6. 2, tato látka je pevná trhavina a spadá do skupiny AII. V tomto skladu je Pentrit uložen samostatně a jeho množství je 15 tun.

Ve skladu č. 1, ve druhé kóji jsou uloženy rozbušky, kterých se ve skladu nachází 120 ks. Rozbušky spadají do skupiny AIII, Ve stejném skladu, ale ve třetí kóji se nachází bleskovice. Bleskovice se ve skladu nachází asi 25 metrů. Rozbušky i bleskovice mohou být uloženy pouze v regálech v jedné vrstvě, v truhlicích nebo v hranicích. Dovolená výška horní příhrady regálu je 1,65 metru a hranice 3 metry. Uloženy mohou být pouze spolu s výbušninami a výbušnými předměty třídy nebezpečí A, které svojí konstrukcí nebo balením splňují podmínky i pro zařazení do třídy nebezpečí B.

Ve skladu č. 2, v první kóji jsou uloženy náložky. Těchto náložek je uloženo ve skladu celkem 350 ks. Ve stejném skladu, ale ve vedlejší kóji jsou uloženy bustry, které slouží na přenos iniciace výbuchu.

Všechny výbušniny a látky, které jsou umístěny ve skladech, jsou roztrženy v tabulce č. 12.

Tab 12) Výbušniny uloženy ve skladu č. 2

Seznam výbušnin ve skladu č. 2				
Č.	Název látky	Množství látky	Označení skladu	Skupina nebezpečí
1.	Pentrit	15 tun	sklad č. 1, kóje 1	A
2.	Bleskovice	25 m	sklad č. 1, kóje 2	A
3.	Rozbušky	120ks	sklad č. 1, kóje 3	A
4.	Náložky	350 ks	sklad č. 2, kóje 1	

#### 6.5 Výpočet rizik selektivní metodou CPR 18E

Pomocí metody byly identifikovány a prioritizovány rizika závažných havárií u skladovacích zařízení, které jsou popsány v kapitolách 6. 1 a 6. 3.

### 6.5.1 Výpočet v areálu č. 1

Tab 13) Výsledné hodnoty skladu č. 1 - Selektivní metoda

Sklad č. 1				
Název látky	Množství [kg]	Objekt v okolí skladu	Vzdálenost od areálu [m]	Selektivní číslo
Pentrit	15 000 kg	Skladová jednotka č. 2	150	0,21
		Skladová jednotka č. 3	205	0,0825
		Areál firmy	752	0,0017
		Sídliště	900	0,0010
		Obydlená část (ulice)	950	0,0008
		Ubytovací zařízení	1020	0,00007
		Budova kina	1300	0,00003
		Restaurační zařízení	1500	0,00002

Ani v jednom případě nevyšlo selektivní číslo větší než 1, proto se tento sklad považuje za bezpečný vůči posuzovaným jednotkám. Je to především způsobeno tím, že v posuzované jednotce je umístěna pouze jedna látka (Pentrit).

Tab 14) Výsledné hodnoty skladu č. 2 - Selektivní metoda

Sklad č. 2				
Název látky	Množství [kg]	Objekt v okolí skladu	Vzdálenost od areálu [m]	Selektivní číslo
Třaskavé slože	8 000	Skladová jednotka č. 1	150	0,71
		Skladová jednotka č. 3	210	0,28
		Areál firmy	752	0,0057
		Sídliště	900	0,0033
		Obydlená část (ulice)	950	0,0028
		Ubytovací zařízení	1020	0,0023
		Budova kina	1300	0,0022
		Restaurační zařízení	1500	0,00071

Ve skladu č. 2 taktéž nebylo stanoveno žádné selektivní číslo větší než 1, proto i skladová jednotka č. 2 je považována za bezpečnou vůči okolním objektům.

Tab 15) Výsledné hodnoty skladu č. 3 - Selektivní metoda

Sklad č. 3				
Název látky	Množství [kg]	Objekt v okolí skladu	Vzdálenost od areálu [m]	Selektivní číslo
Černý prach	94 000kg	Skladová jednotka č. 1	205	0,5
		Skladová jednotka č. 2	210	0,19
		Areál firmy	752	0,004
		Sídlíště	900	0,0023
		Obydlená část (ulice)	950	0,0020
		Ubytovací zařízení	1020	0,0016
		Budova kina	1300	0,0008
		Restaurační zařízení	1500	0,0005

Ve skladu č. 3 nebylo taktéž zjištěno selektivní číslo větší než 1 a proto i tato skladová jednotka je považována za bezpečnou.

Všechny skladové jednotky v tomto areálu byly vyhodnoceny pomocí selektivní metody jako bezpečné. To je způsobeno tím, že v jednotlivých jednotkách jsou umístěny pouze látky stejného typu.

### 6.5.2 Výpočet v areálu č. 2

Tab 16) Výsledné hodnoty skladu č. 1 (1. Kóje) - Selektivní metoda

Sklad č. 1				
Název látky	Množství [kg]	Objekt v okolí skladu	Vzdálenost od areálu [m]	Selektivní číslo
Pentrit	15 000 kg	Sklad č. 2	100	0,7
		Výrobní hala	500	0,0056
		Lesnická budova	580	0,0036
		Sídlíště	650	0,0025
		Rodinné domy	720	0,0014
		Výrobní haly	800	0,0013
		Sportovní areál	920	0,0009
		Skladovací haly	1100	0,0005

Ani v jednom případě nevyšlo selektivní větší než 1, proto můžeme tento sklad považovat za bezpečný vůči posuzovaným jednotkám. Je to způsobeno tím, že v posuzované jednotce je umístěna pouze jedna látka (Pentrit).

Tab 17) Výsledné hodnoty skladu č. 1 (2. Kóje) - Selektivní metoda

Sklad č. 1				
Název látky	Množství [kg]	Objekt v okolí skladu	Vzdálenost od areálu [m]	Selektivní číslo
Bleskovice	1 kg	Sklad č. 2	100	0,7
		Výrobní hala	500	0,006
		Lesnická budova	580	0,004
		Sídliště	650	0,003
		Rodinné domy	720	0,0014
		Výrobní haly	800	0,0013
		Sportovní areál	920	0,0010
		Skladovací haly	1100	0,0005

Ve skladu č. 2 je uložena bleskovice, která se používá především na přenos detonace. Ve skladu je jí umístěno tak malé množství (cca 25 m), že ani v tomto případě nebyla jednotka posouzena jako nebezpečná. Bleskovice se skládá především z látky zvané Pentrit.

Tab 18) Výsledné hodnoty skladu č. 1 (3. Kóje) - Selektivní metoda

Sklad č. 1				
Název látky	Množství [kg]	Objekt v okolí skladu	Vzdálenost od areálu [m]	Selektivní číslo
Rozbušky	80	Sklad č. 2	100	<b>4,33</b>
		Výrobní hala	500	0,3
		Lesnická budova	580	0,22
		Sídliště	650	0,15
		Rodinné domy	720	0,012
		Výrobní haly	800	0,0085
		Sportovní areál	920	0,0056
		Skladovací haly	1100	0,0033

Ve skladu č. 1, ve kterém jsou uloženy rozbušky, se jedna hodnota nevešla do tolerance. Pomocí výpočtu byla stanovena hodnota 4,33, což znamená, že skladová jednotka je nebezpečná vůči druhé skladové jednotce. Je to způsobeno především malou vzdáleností mezi těmito sklady, ale také množstvím látek, které rozbušky obsahují.

Tab 19) Výsledné hodnoty skladu č. 2 (1. Kóje) – Selektivní metoda

Sklad č. 2				
Název látky	Množství [kg]	Objekt v okolí skladu	Vzdálenost od areálu [m]	Selektivní číslo
Náložky	53	Sklad č. 2	100	<b>1,37</b>
		Výrobní hala	500	0,011
		Lesnická budova	580	0,007
		Sídliště	650	0,005
		Rodinné domy	720	0,0037
		Výrobní haly	800	0,0027
		Sportovní areál	920	0,0018
		Skladovací haly	1100	0,0010

Ve skladu č. 2, ve kterém jsou uloženy náložky, se opět jedna hodnota, v tomto případě 1,37, stanovená selektivní metodou nevěšla do tolerance. V tomto případě je jednotka nebezpečná vůči prvnímu skladu. Což má za následek opět malá vzdálenost mezi těmito sklady a látky, které náložky obsahují.

Ve druhém areálu byly zjištěny dvě nevyhovující hodnoty. Jednalo se o hodnoty u náložek a u rozbušek. Pokud by byla určována bezpečnost podle této metody, musela by se buďto upravit vzdálenost vzdálenosti mezi sklady, což by byla velká investice, nebo upravit množství a druh látek umístěných ve skladech. V takovém případě, kde se hodnoty nevejdu do tolerance, by bylo nejlepším řešením, ještě zkusit bezpečnost určit pomocí některých dalších metod. To z důvodu, že selektivní metoda by měla být chápána jako směrnice, nikoli však jako směrodatné měřítko bezpečnosti.

## 6.6 Výpočet rizik pomocí indexové metody požáru a výbuchu

Na základě výpočtů této metody bude určen rozsah poškození zařízení, v našem případě skladů nebezpečných látek a výbušnin. Postupně budou vypočteny a určeny rozsahy u všech skladů.

### 6.6.1 Výpočet v areálu č. 1

V areálu jsou 3 jednotlivé skladové jednotky, viz kapitola 6. 1, u kterých jsou provedeny výpočty.

Tab 20) Výsledné hodnoty skladu č. 1 – FEI

<b>Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky</b>	
Index požáru a výbuchu (F&EI)	<b>152,83</b>
Poloměr zasažené plochy	39,1m
Zasažená plocha	4802,9m <sup>2</sup>
Faktor poškození	0,8
Základní hodnota maximální očekávané ztráty na majetku MPPD	400 000Kč
Celkový kreditní faktor	15,3

Pásmo F&E Indexu bylo stanoveno na hodnotu 152,83, což spadá do kategorie závažný stupeň nebezpečnosti. Největší zásluhu na velikosti této hodnoty má míra potencionální energie, která se uvolní při výbuchu, tzv. materiálový index MF, který byl stanoven na hodnotu 29. Maximální očekávaná ztráta na majetku, což je v naší tabulce MPPD je 400 000Kč. Tato hodnota vychází z předpokladu, že investice v zasaženém prostoru byla stanovena na 500 000Kč.

Tab 21) Výsledné hodnoty skladu č. 2 – FEI

<b>Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky</b>	
Index požáru a výbuchu (F&EI)	104,6
Poloměr zasažené plochy	26,78m
Zasažená plocha	2253,1m <sup>2</sup>
Faktor poškození	0,7
Základní MPPD	350 000Kč
Celkový kreditní faktor	21

Pásmo F&E Indexu bylo stanoveno na hodnotu 104,6, což spadá do kategorie střední stupeň nebezpečnosti. Očekávaná ztráta na majetku činí 350 000Kč. Stejně jako u předchozího příkladu byla tato suma stanovena za předpokladu, že investice v zasaženém prostoru byla 500 000Kč.

Tab 22) Výsledné hodnoty skladu č. 3 - FEI

<b>Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky</b>	
Index požáru a výbuchu (F&EI)	<b>133,4</b>
Poloměr zasažené plochy	34,15m
Zasažená plocha	3663,8m <sup>2</sup>
Faktor poškození	0,85
Základní MPPD	425 000Kč
Celkový kreditní faktor	21,3

Pásmo F&E Indexu bylo stanoveno na hodnotu 133,4, což spadá do kategorie závažný stupeň nebezpečnosti. Největší zásluhu na velikosti této hodnoty má míra potencionální energie, která se uvolní při výbuchu, tzv. materiálový index MF, který byl stanoven na hodnotu 29 a množství černého prachu, který je umístěný ve skladovací jednotce. Očekávaná ztráta na majetku činí 425 000Kč. Tato suma je opět vypočtená z investic v zasaženém prostoru, což je 500 000Kč.

### 6.6.2 Výpočet v areálu č. 2

V areálu jsou 2 jednotlivé skladové jednotky, viz kapitola 6. 4, u kterých budou provedeny výpočty.

Tab 23) Výsledné hodnoty skladu č. 1 - FEI

<b>Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky</b>	
Index požáru a výbuchu (F&EI)	115,42
Poloměr zasažené plochy	29,55
Zasažená plocha	2743,251m <sup>2</sup>
Faktor poškození	0,8
Základní MPPD	560 000Kč
Celkový kreditní faktor	17,6

Pásmo F&E Indexu bylo stanoveno na hodnotu 115,42, což spadá do kategorie střední stupeň nebezpečnosti. Očekávaná ztráta na majetku je 560 000Kč. Tato hodnota byla stanovena na základě investic v zasaženém prostoru, které byly stanoveny na 700 000Kč.

Tab 24) Výsledné hodnoty skladu č. 2 - FEI

Souhrnné posouzení rizika procesní jednotky	
Index požáru a výbuchu (F&EI)	124,7
Poloměr zasažené plochy	31,9
Zasažená plocha	3196,9m <sup>2</sup>
Faktor poškození	0,75
Základní MPPD	525 000Kč
Celkový kreditní faktor	17,6

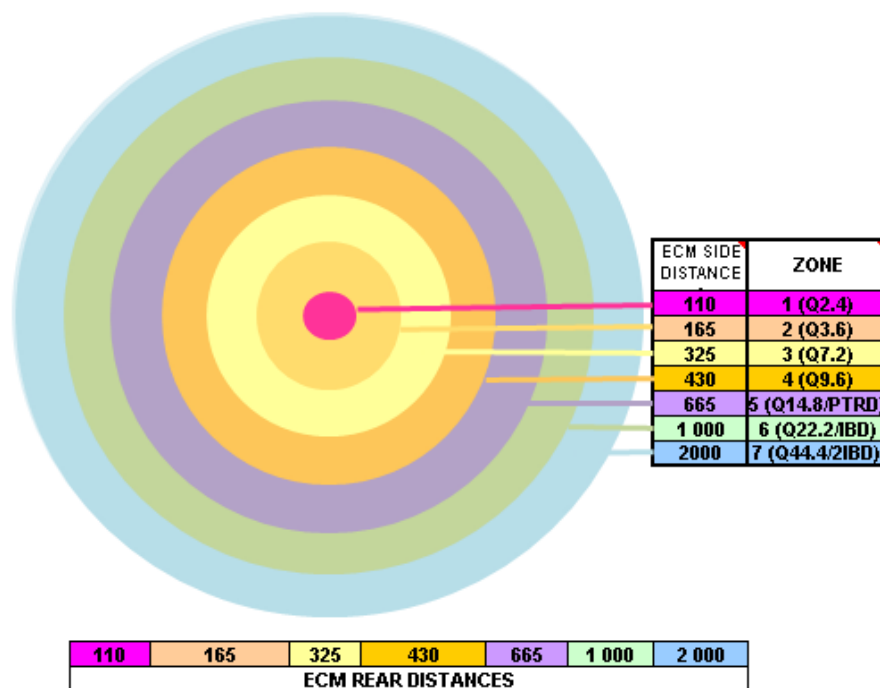
Pásmo F&E Indexu bylo stanoveno na hodnotu 124,7, což spadá těsně do kategorie střední stupeň nebezpečnosti. Očekávaná ztráta na majetku je 525 000Kč. Tato hodnota byla stanovena na základě investic v zasaženém prostoru, které byly stanoveny na 700 000Kč.

## 6.7 Výpočet rizik pomocí metody AASTP – 1

Pro výpočet rizik pomocí metody AASTP – 1 byl použit program, který je zpracovaný v Microsoft Excel. Do programu byly zadávány stejné hodnoty, jako u předchozích metod, což je například množství látky, poloha skladu a okolní budovy, které mohou být skladem ohroženy. U této metody se navíc počítá i s obyvateli, kterých se může nebezpečí týkat.

### 6.7.1 Výpočet v areálu č. 1

V areálu jsou tři skladové jednotky a výpočet byl proveden u každého ze tří skladů zvlášť. Na základě zadaných hodnot byly stanoveny zóny vzdálenosti pro první sklad, viz obr č. 15



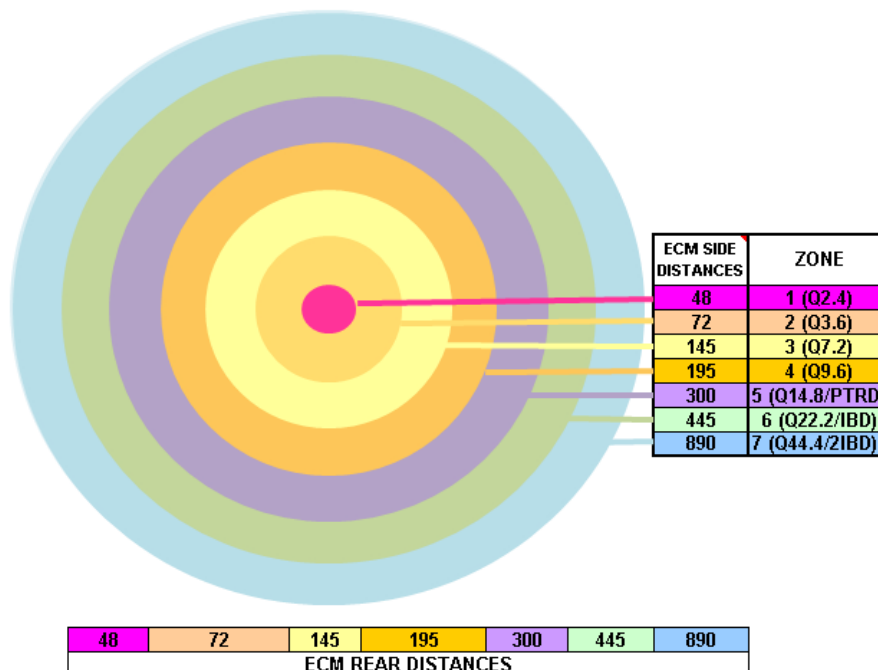
Obr. 15) Zóny vzdálenosti – sklad č. 1

Tab 25) Výsledné hodnoty skladu č. 1 – AASTP

Výsledné hodnoty - Pentrit				
Potencionálně ohrožené místo	Vzdálenost[m]	Počet ohrožených lidí	Úmrtnost	Zóna
Sklad č. 2	150	1	0,9	2
Sklad č. 3	205	1	0,7	3
Areál firmy	752	50	0,5	6
Sídlíště	900	100	0,5	6
Obydlená část (ulice)	950	150	0,6	6
Ubytovací zařízení	1020	80	0,2	7
Budova kina	1300	250	0,4	7
Restaurační zařízení	1500	50	0,1	7
<b>Celková úmrtnost ve všech zónách</b>			<b>0,73%</b>	
<b>Celkový počet fatálně zraněných</b>			<b>5</b>	

U této skladové jednotky, kde je uloženo 89 tun Pentritu, byla pro okolní obyvatelstvo stanovena úmrtnost 0,73%, což vychází na 5 osob, které budou fatálně zraněny.

Ve druhém skladu je uloženo 8 tun třaskavých složí a zóny vzdáleností byly stanoveny, viz obr. č. 16.



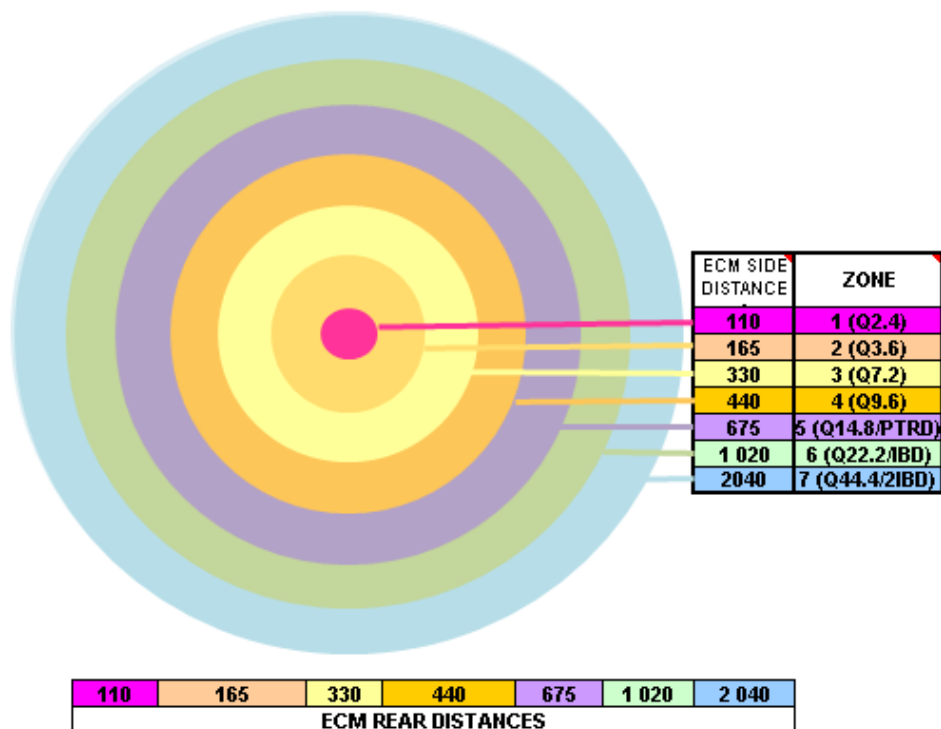
Obr. 16) Zóny vzdálenosti – sklad č. 2 (třaskavé slože)

Tab 26) Výsledné hodnoty skladu č. 2 - AASTP

Výsledné hodnoty - Třaskavé slož				
Potencionálně ohrožené místo	Vzdálenost[m]	Počet ohrožených lidí	Úmrtnost	Zóna
Sklad č. 1	150	1	0,2	4
Sklad č. 3	205	1	0,0	5
Areál firmy	752	50	0,0	7
Sídliště	900	100		> 7
Obydlená část (ulice)	950	150		> 7
Ubytovací zařízení	1020	80		> 7
Budova kina	1300	250		> 7
Restaurační zařízení	1500	50		> 7
<b>Celková úmrtnost ve všech zónách</b>			<b>5,77%</b>	
<b>Celkový počet fatálně zraněných</b>			<b>3</b>	

U tohoto příkladu je stanovena vysoká úmrtnost z toho důvodu, že do výpočtů bylo zahrnuto pouze 52 osob a z toho 3 byly fatálně zraněny.

Stanovení analýzy ve skladu č. 3, kde je uloženo 94 tun černého prachu. Zóny vzdálenosti byly stanoveny, viz obr. č. 17.



Obr. 17) Zóny vzdálenosti – sklad č. 3

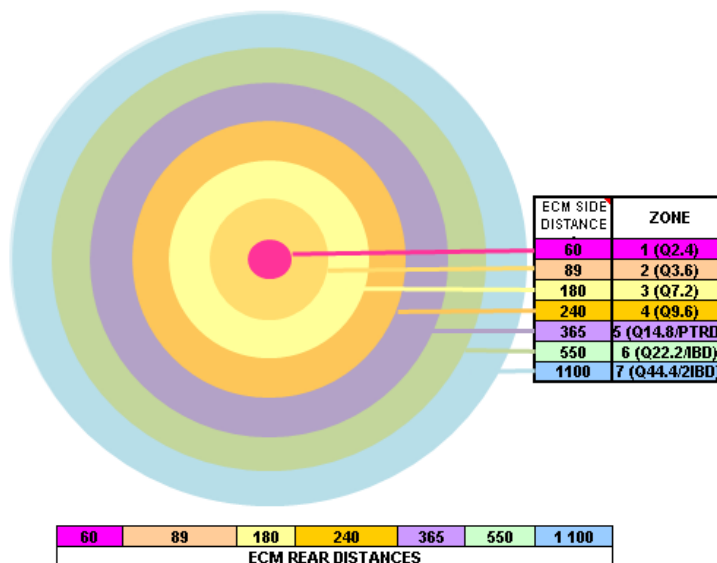
Tab 27) Výsledné hodnoty skladu č. 3 – AASTP

Výsledné hodnoty - Černý prach				
Potencionálně ohrožené místo	Vzdálenost[m]	Počet ohrožených lidí	Úmrtnost	Zóna
Sklad č. 1	150	1	0,9	2
Sklad č. 2	205	1	0,7	3
Areál firmy	752	50	0,5	6
Sídliště	900	100	0,6	6
Obydlená část (ulice)	950	150	0,7	6
Ubytovací zařízení	1020	80	0,2	6
Budova kina	1300	250	0,5	7
Restaurační zařízení	1500	50	0,1	7
<b>Celková úmrtnost ve všech zónách</b>			<b>0,73%</b>	
<b>Celkový počet fatálně zraněných</b>			<b>5</b>	

### 6.7.2 Výpočet v areálu č. 2

V areálu jsou umístěny 2 skladové jednotky, ve kterých jsou umístěny nebezpečné látky. Látky nejsou umístěny spolu, ale každá je umístěna v jiné kóji. V prvním skladu jsou obsazeny 3 kóje, v nichž je umístěn Pentrit, bleskovice a rozbušky. Ve druhém skladu je obsazena pouze jedna kóje, v níž se nachází náložky. Ve výsledných analýzách nebude uvažována bleskovice z důvodu malého množství.

V analýze pro první sklad a první kóji, kde je uloženo 15 tun Pentritu, byly stanoveny zóny vzdálenosti, viz obr. č 18.



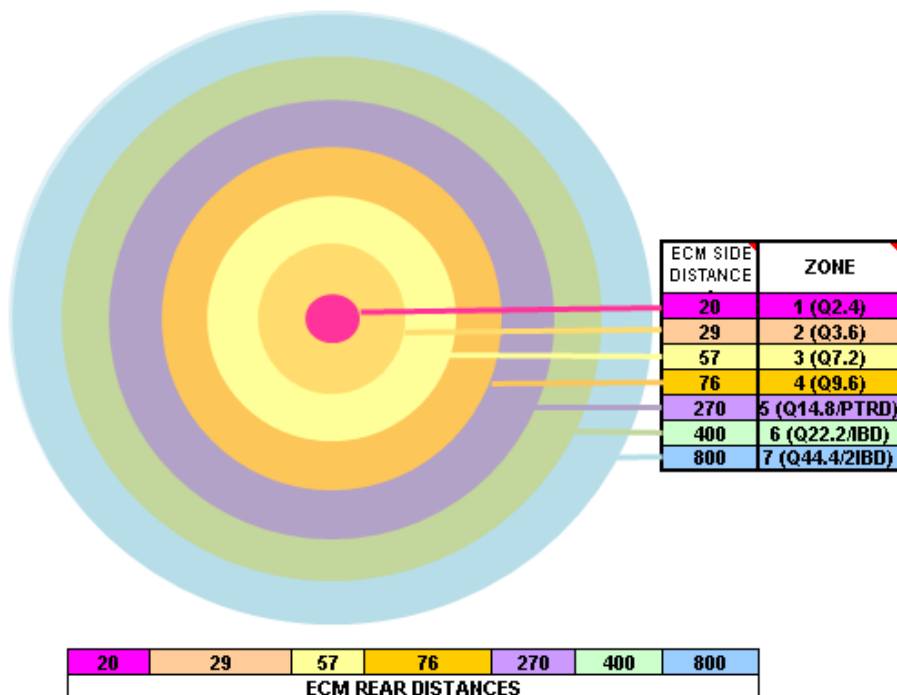
Obr. 18) Zóny vzdálenosti – sklad č. 1 (1. Kóje)

Tab 28) Výsledné hodnoty skladu č. 1 (1. Kóje) - AASTP

Výsledné hodnoty -Pentrit				
Potencionálně ohrožené místo	Vzdálenost[m]	Počet ohrožených lidí	Úmrtnost	Zóna
Sklad č. 2	100	1	0,8	3
Výrobní hala	500	100	0,5	6
Lesnická budova	580	3	0,0	7
Sídliště	650	250	0,5	7
Rodinné domy	720	100	0,2	7
Výrobní haly	800	45	0,1	7
Sportovní areál	920	25	0,0	7
Skladovací haly	1100	10		>7
<b>Celková úmrtnost ve všech zónách</b>			<b>0,57%</b>	
<b>Celkový počet fatálně zraněných</b>			<b>3</b>	

V tomto areálu bylo Pentritu uloženo největší množství a úmrtnost zde byla stanovena na 0,57%, což stanovuje 3 fatálně zraněné osoby.

Ve skladu č. 1, ale ve třetí kóji je uloženo 120 ks rozbušek. Zóny vzdálenosti pro tuto kóji byly stanoveny, viz obr. č. 19.



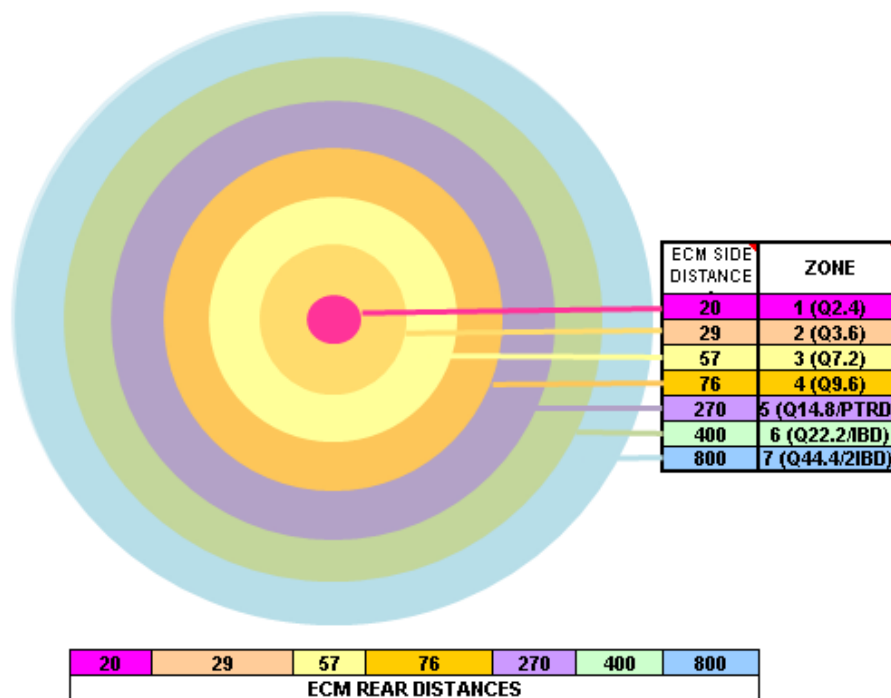
Obr. 19) Zóny vzdálenosti – sklad č. 1 (3. Kóje)

Tab 29) Výsledné hodnoty skladu č. 1 (3. Kóje) AASTP

Výsledné hodnoty - Rozbušky				
Potencionálně ohrožené místo	Vzdálenost[m]	Počet ohrožených lidí	Úmrtnost	Zóna
Sklad č. 2	100	1	0,0	5
Výrobní hala	500	100	0,2	7
Lesnická budova	580	3	0,0	7
Sídliště	650	250	0,2	7
Rodinné domy	720	100	0,1	7
Výrobní haly	800	45		>7
Sportovní areál	920	25		>7
Skladovací haly	1100	10		>7
<b>Celková úmrtnost ve všech zónách</b>			<b>0,44%</b>	
<b>Celkový počet fatálně zraněných</b>			<b>2</b>	

I když je počet fatálně zraněných osob pouze o jednu méně, procento úmrtnosti bylo stanoveno, pouze o cca 0,15% menší. To je z toho důvodu, že tři zóny vzdálenosti nebyly do analýzy započteny a bylo počítáno s menším počtem osob.

Ve druhém skladu je uloženo 350 ks náložek a zóny vzdálenosti pro tento sklad byly určeny, viz obr. č. 20.



Obr. 20) Zóny vzdálenosti – sklad č. 2

Tab 30) Výsledné hodnoty skladu č. 2 - AASTP

Výsledné hodnoty - Náložky				
Potencionálně ohrožené místo	Vzdálenost[m]	Počet ohrožených lidí	Úmrtnost	Zóna
Sklad č. 2	100	1	0,0	5
Výrobní hala	500	100	0,2	7
Lesnická budova	580	3	0,0	7
Sídliště	650	250	0,2	7
Rodinné domy	720	100	0,1	7
Výrobní haly	800	45		>7
Sportovní areál	920	25		>7
Skladovací haly	1100	10		>7
<b>Celková úmrtnost ve všech zónách</b>			<b>0,44%</b>	
<b>Celkový počet fatálně zraněných</b>			<b>2</b>	

Výsledky jsou stejné jako u předchozího příkladu. Je to způsobeno malým rozdílem hmotnosti skladovaných látek.

### 6.7.3 Výpočet bezpečné vzdálenosti mezi sklady

Určení bezpečnostní vzdálenosti mezi sklady se určí podle vzorce, viz rovnice 4. Kde je potřebné určit koeficient volený podle charakteru a stavebního provedení ohroženého objektu, obložnost tohoto objektu a exponent, jehož hodnota je závislá na obložnosti ohrožujícího objektu. Tato vzdálenost se počítá pro zabránění přenesení výbuchu. Vzdálenost musí být taková, aby výbuch jednoho skladu nezpůsobil iniciaci výbuchu dalšího skladu.

Tab 31) Hodnoty bezpečnostních vzdáleností mezi sklady

Bezpečnostní vzdálenosti mezi sklady	
<b>Areál č. 1</b>	
Sklad č. 1	89,3 m
Sklad č. 2	40m
Sklad č. 3	90,9m
<b>Areál č. 2</b>	
Sklad č. 1	49,45m
Sklad č. 2	4,3m

Tab 32) Hodnoty bezpečnostních vzdáleností od skladu k nejbližšímu objektu

<b>Bezpečnostní vzdálenosti od skladu po nejbližší objekt</b>	
<b>Areál č. 1</b>	
Sklad č. 1	670 m
Sklad č. 2	300 m
Sklad č. 3	682 m
<b>Areál č. 2</b>	
Sklad č. 1	370m
Sklad č. 2	37m

Pro skladové jednotky byly stanoveny bezpečnostní vzdálenosti, viz tabulky 31 a 32. Ve všech případech jsou hodnoty určeny pro maximální uložené množství. Sklady jsou vůči sobě v dostatečné vzdálenosti, protože nejvyšší hodnota bezpečnostní vzdálenosti je 90,9 m a nejmenší vzdálenost dvou skladů je 100 m. Vzdálenosti jsou dostatečné i vůči nejbližšímu objektu, což je v obou případech výrobní hala. Ta je od nejbližšího skladu vzdálená 752 m a největší bezpečnostní vzdálenost vůči nejbližšímu objektu byla stanovena na 682 m. Obložnost u všech skladových jednotek je dostatečná.



## 7 ZÁVĚR

Cílem práce bylo provést rešerši přístupů k selekci zdrojů rizik pro prevenci závažných havárií při skladování výbušnin, popsat zákonné požadavků na sklady výbušnin, porovnat přístupy k selekci a hodnocení zdrojů rizik při skladování výbušnin a použít vybrané metodiky v případové studii.

Případová studie byla realizována na dvou reálných areálech se sklady s výbušninami, kde byly třemi vybranými metodami (selektivní metoda CPR 18E, indexová metoda výbuchu a požáru tzv. metoda FEI a metoda AASTP) a vzorce na výpočet bezpečnostní vzdálenosti, který je stanoven ve vyhlášce ČBÚ č. 99/1995 Sb. porovnány výsledky z hlediska významnosti zdrojů rizik. Všechny vypočtené hodnoty byly seřazeny do tabulek a podle mezních stavů byly určeny rizikové jednotky.

Tab 33) Souhrn výsledků všech metod

Souhrn výsledků							
Areál	Sklady	Selektivní metoda	FEI (index požáru a výbuchu)	AASTP		Bezpečnostní vzdálenost	
				Celková úmrtnost	Fatálně zranění	Vzdálenost mezi sklady	Vzdálenost k nejbližšímu objektu
Areál č. 1	Sklad č. 1	0,21	152,83	0,73%	5	89,3 m	670 m
	Sklad č. 2	0,71	104,6	5,77%	3	40,0 m	300 m
	Sklad č. 3	0,5	133,4	0,73%	5	90,9 m	682 m
Areál č. 2	Sklad č. 1		115,42			49,45 m	370 m
	Kóje č. 1	0,7		0,57%	3		
	Kóje č. 2	0,7					
	Kóje č. 3	4,33		0,44%	2		
	Sklad č. 2	1,37	124,7	0,44%	2	4,3 m	37 m

Podle vyhlášky ČBÚ Č. 99/1995 Sb. byly hodnoceny bezpečnostní vzdálenosti od skladů vůči skladům přilehlým. Ze stanovených výsledků je patrné, že jsou všechny sklady v dostatečné vzdálenosti a nemělo by dojít ke vzájemnému ohrožení způsobeného iniciací výbuchu. Dále byly hodnoceny bezpečnostní vzdálenosti od skladů vůči nejbližšímu přilehlému objektu. V prvním i druhém případě se jednalo o výrobní halu. V prvním případě byla tato výrobní hala vzdálena 752 m, ve druhém případě byla hala vzdálena 500 m. Z dosažených výsledků vyplývá, že i bezpečnostní vzdálenost mezi sklady a nejbližším objektem je dostatečná a taktéž by nemělo dojít k ohrožení těchto objektů. Proto jsou areály vyhodnoceny jako bezproblémové v závislosti na bezpečnostní vzdálenosti.

Identifikací, prioritací a oceněním nejzávažnějších rizik pomocí selektivní metody byly interpretovány všechny zdroje rizika pro nejbližší subjekty a místa s výskytem osob v okolí areálu. Z tabulky 33 vyplývá, že byly nalezeny dva potencionální zdroje rizika vůči těmto subjektům a místům. Tyto zdroje byly určeny na základě postupných výpočtů selektivní metody a stanovení selektivního čísla. Výpočty jsou v největší míře ovlivněny vzdálenostmi

mezi skladem a posuzovanými jednotkami a látkami, které se ve skladu nacházejí. Rizika jsou vyhodnoceny pouze u těchto skladů z toho důvodu, že u dalších posuzovaných skladů nebyla hodnota selektivního čísla větší než 1 nebo polovina selektivního čísla největšího, a tudíž odhalené riziko pokryje i rizika ostatní. Výsledky selektivní metody a dosažených selektivních čísel jsou v tabulkách pro jednotlivá měření, v kapitolách 6. 5. 1 a 6. 5. 2.

Pro posouzení a hodnocení možných škod byla vybrána indexová metoda výbuchu a požáru tzv. metoda FEI. Na základě dosažených výsledků byly v areálu nalezeny 2 rizikové skladové jednotky, viz tabulka 33. Významnost byla stanovena na základě výpočtu indexu požáru a výbuchu tzv. F&E Indexu. Mezní hodnota pro stanovení závažného stupně nebezpečnosti je 128. Tato hodnota byla překročena u skladové jednotky č. 1 a č. 3 v areálu č. 1. Na překročení mezní hodnoty se největší měrou zasloužila míra potencionální energie tzv. materiálový faktor, množství látky v posuzované skladové jednotce a kreditní faktory, které se musí stanovit u každé skladové jednotky. Největší zasažená plocha byla stanovena u skladu č. 1 a to na 4802,9 m<sup>2</sup>.

Metodou AASTP byla stanovena celková úmrtnost a počet fatálně zraněných osob v závislosti na vypočtených zónách vzdálenosti. Ty jsou pro každou skladovou jednotku určeny zvlášť, na základě zadaných vzdáleností okolních objektů, počtem osob v těchto objektech a zadaného množství látky umístěné ve skladové jednotce. Metoda uvažuje vlastnosti všech látek stejné, jako vlastnosti látek zařazených do třídy a skupiny nebezpečí AIII. Na základě zjištěných hodnot a pomocí programu vytvořeného v Microsoft Excel byla nejvyšší úmrtnost stanovena ve skladu č. 2., v areálu č. 1 a to na 5,77%. Výsledek je ovlivněn množstvím skladované látky, okolními objekty a počtem osob, které se v daných objektech vyskytují. U tohoto skladu byly zjištěny pouze 3 fatálně zraněné osoby. To je z důvodu vypočtených zón vzdálenosti a osob, které se v daných zónách vyskytovali. U zbylých skladů v tomto areálu bylo zjištěno 5 fatálně zraněných osob, ale na základě zadaného množství látky, vypočtených zón a s tím spojený počet osob vyskytujících se v potencionálně ohrožených objektech byla celková úmrtnost stanovena pouze na 0,73%. V areálu č. 2 byla ve skladu č. 1 a kóji č. 1 stanovena celková úmrtnost na 0,57% a počet fatálně zraněných osob byl stanoven na hodnotu 3. Ve stejném skladu, ale v kóji č. 3 byla úmrtnost 0,44% a počet fatálně zraněných osob byl stanoven na hodnotu 2. Stejná úmrtnost i počet zraněných byla vypočtena i ve skladu č. 2.

Ve dvou areálech se sklady s výbušninami se podařilo identifikovat významné zdroje nebezpečí. Každá z vybraných metod má prioritní jiné vstupní parametry, proto jsou stanovená nebezpečí u různých skladových jednotek. U indexové metody požáru a výbuchu byly významné zdroje pouze v areálu č. 1 a to sklad č. 1 a č. 3. Ty byly vyhodnoceny jako významné zdroje nebezpečí, protože F&E Index byl stanoven na hodnotu vyšší než je mezní hodnota metody. F&E Index u skladu č. 1 byl stanoven na hodnotu 152, 83 a u skladu č. 3 na hodnotu 133, 4. Oba případy spadají do kategorie závažný stupeň nebezpečnosti. Selektivní metodou byly nalezeny taktéž dva významné zdroje, které se, ale nacházely v areálu č. 2. Jednalo se o sklad č. 2 a o kóji č. 3 ve skladu č. 1. Byly vyhodnoceny jako významné zdroje nebezpečí, protože selektivní čísla byla stanovena nad mezní hodnotu metody. V kóji č. 3 ve skladu č. 1. bylo selektivní číslo stanoveno na hodnotu 4,33 a ve skladu č. 2 na hodnotu 1,37. Třetí použitou metodou AASTP, byly stanoveny úmrtnosti. Přičemž největší celková úmrtnost byla nalezena v areálu č. 1 ve skladu č. 2, který byl předchozími metodami vyhodnocen jako nevýznamný zdroj nebezpečí. Bezpečnostní vzdálenosti skladů mezi sebou i k nejbližším objektům byly vyhodnoceny jako bezproblémové. Toto tvrzení bylo podloženo

výpočtem, viz rovnice (4), jehož hodnoty, charakter stavebního provedení objektu v závislosti na jeho obložení a charakter okolního terénu byly voleny dle tabulky ve vyhlášce ČBÚ č. 99/1995 Sb.



## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Předpisy o výbušninách: úplné znění*. Ostrava: Montanex, 2005, 80, 114, 66 s. ISBN 80-7225-154-6.
- [2] Committee for the Prevention of Disasters: Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E). Hague, 1999. ISBN 90 – 12 – 8796 - 1.
- [3] VLČEK, Z. Posouzení bezpečnosti průmyslového komplexu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010, 67 s.
- [4] KOUDELKA, Ing. Ctirad a Doc. Ing. Václav VRÁNA CSC. *RIZIKA A JEJICH ANALÝZA* [online]. Ostrava, 2006 [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Magisterske%20nav/prednasky/web/RIZIKA.pd>
- [5] V Česku je více než 200 skladů s výbušninami, pojmu jich 13 tisíc tun. *Hospodářské noviny* [online]. 2014, , 1 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://domaci.ihned.cz/c1-63070000-pocet-skladu-munice-cesko>
- [6] Odtajněný seznam munice ve Vrbětčích: 57 leteckých pum, 988 tun trhavin Zdroj: [http://www.lidovky.cz/desitky-pum-tisic-tun-trhaviny-vime-co-bylo-ve-vybuchlych-skladech-1dy-/zpravy-domov.aspx?c=A141209\\_182753\\_in\\_domov\\_ogo](http://www.lidovky.cz/desitky-pum-tisic-tun-trhaviny-vime-co-bylo-ve-vybuchlych-skladech-1dy-/zpravy-domov.aspx?c=A141209_182753_in_domov_ogo). *Lidovky* [online]. 2014, , 1 [cit. 2016-04-12]. ISSN 1213-1385. Dostupné z: [http://www.lidovky.cz/desitky-pum-tisic-tun-trhaviny-vime-co-bylo-ve-vybuchlych-skladech-1dy-/zpravy-domov.aspx?c=A141209\\_182753\\_in\\_domov\\_ogo](http://www.lidovky.cz/desitky-pum-tisic-tun-trhaviny-vime-co-bylo-ve-vybuchlych-skladech-1dy-/zpravy-domov.aspx?c=A141209_182753_in_domov_ogo)
- [7] Ve zbrojovce Sellier & Bellot ve Vlašimi explodoval střelný prach. Pohřešují se tři zaměstnanci. *Hospodářské noviny* [online]. 2015, , 1 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://domaci.ihned.cz/c1-64632760-ve-zbrojovce-sellier-bellot-ve-vlasimi-explodoval-strelny-prach-pohresuji-se-tri-zamestnanci>
- [8] Vlašimskou zbrojovku prozkoumal speciální pyrotechnický robot. *Novinky.cz* [online]. 2015, , 1 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.novinky.cz/krimi/381209-vlasimskou-zbrojovku-prozkoumal-specialni-pyrotechnicky-robot.html>
- [9] V továrně v Poličce explodovaly tony střelného prachu. Dva pracovníky výbuch popálil. *Hospodářské noviny* [online]. 2015, , 1 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://domaci.ihned.cz/c1-64571770-v-tovarne-v-policece-explodovaly-tuny-strelneho-prachu-dva-pracovniky-vybuch-popalil>
- [10] Ve Vrbětčích bylo dokončeno oplocení areálu muničních skladů. *České noviny* [online]. 2016, , 1 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.ceskenoviny.cz/zpravy/ve-vrbeticich-bylo-dokonceno-oploceni-arealu-municnich-skladu/1307632>
- [11] V továrně v Poličce explodovaly tony střelného prachu, 2 zranění. *České noviny* [online]. 2015, , 1 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.ceskenoviny.cz/zpravy/v-tovarne-v-policece-explodovaly-tuny-strelneho-prachu-2-zraneni/1256286>
- [12] Bolevecká katastrofa se stala Karlu Čapkovi námětem pro napsání románu »K Krakatit«. *Městská kronikářka 2015* [online]. 2015, , 1 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://mestska-kronikarka-plzen.blogspot.cz/2015/11/bolevecka-katastrofa-se-stala-karlu.html>

[13] Největší výbuch před Hirošimou. Loď s výbušninami zničila Halifax. *Technet.cz* [online]. 2012, , 1 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: [http://technet.idnes.cz/lod-s-vybusninami-znicila-halifax-dl8-/tec\\_technika.aspx?c=A121219\\_172518\\_tec\\_technika\\_nyv](http://technet.idnes.cz/lod-s-vybusninami-znicila-halifax-dl8-/tec_technika.aspx?c=A121219_172518_tec_technika_nyv)

[14] Předpis č. 224/2015 Sb. Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií)

[15] Předpis č. 227/2015 Sb. Vyhláška o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku

[16] *VĚSTNÍK MINISTERSTVA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ* [online]. 2. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2016 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/doc/E32B8D12266C18F1C1257F68004EA6DB>

## 9 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### SEZNAM TABULEK

TAB 1) POČET SKLADŮ V ČR [5] .....	17
TAB 2) HODNOTY FAKTORU $O_1$ .....	36
TAB 3) HODNOTY FAKTORU $O_2$ .....	36
TAB 4) HODNOTY FAKTORU $O_3$ .....	37
TAB 5) STUPNĚ NEBEZPEČNOSTI PODLE F&E INDEXU .....	42
TAB 6) HODNOTY PRO VRCHOL PŘETLAKU $P_{SO}$ .....	51
TAB 7) HODNOTY PRO ODSUPŇOVANÝ BOČNÍ IMPULS.....	52
TAB 8) HODNOTY PRO VRCHOL PŘETLAKU $P_{SO}$ .....	52
TAB 9) HODNOTY PRO ODSUPŇOVANÝ BOČNÍ IMPULS.....	53
TAB 10) ÚMRTNOST V ZÁVISLOSTI NA NÁRAZOVÉ ENERGII.....	55
TAB 11) VÝBUŠNINY ULOŽENY VE SKLADU Č. 1.....	58
TAB 12) VÝBUŠNINY ULOŽENY VE SKLADU Č. 2.....	59
TAB 13) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 1 - SELEKTIVNÍ METODA .....	60
TAB 14) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 2 - SELEKTIVNÍ METODA .....	60
TAB 15) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 3 - SELEKTIVNÍ METODA .....	61
TAB 16) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 1 (1. KÓJE) - SELEKTIVNÍ METODA .....	61
TAB 17) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 1 (2. KÓJE) - SELEKTIVNÍ METODA .....	62
TAB 18) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 1 (3. KÓJE) - SELEKTIVNÍ METODA .....	62
TAB 19) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 2 (1. KÓJE) – SELEKTIVNÍ METODA .....	63
TAB 20) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 1 – FEI.....	64
TAB 21) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 2 – FEI.....	64
TAB 22) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 3 - FEI .....	65
TAB 23) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 1 - FEI .....	65
TAB 24) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 2 - FEI .....	66
TAB 25) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 1 – AASTP.....	67
TAB 26) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 2 - AASTP.....	68
TAB 27) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 3 – AASTP .....	69
TAB 28) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 1 (1. KÓJE) - AASTP .....	70

<b>TAB 29) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 1 (3. KÓJE) AASTP .....</b>	<b>71</b>
<b>TAB 30) VÝSLEDNÉ HODNOTY SKLADU Č. 2 - AASTP .....</b>	<b>72</b>
<b>TAB 31) HODNOTY BEZPEČNOSTNÍCH VZDÁLENOSTÍ MEZI SKLADY ..</b>	<b>72</b>
<b>TAB 32) HODNOTY BEZPEČNOSTNÍCH VZDÁLENOSTÍ OD SKLADU K NEJBLIŽŠÍMU OBJEKTU .....</b>	<b>73</b>
<b>TAB 33) SOUHRN VÝSLEDKŮ VŠECH METOD.....</b>	<b>75</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1) SKLADY VE VRBĚTICÍCH A JEJICH OKOLÍ [6] .....	18
OBR. 2) AREÁL MUNIČNÍCH SKLADŮ VE VRBĚTICÍCH [10] .....	18
OBR. 3) AREÁL ZBROJOVKY A GEOGRAFICKÉ UMÍSTĚNÉ [8].....	19
OBR. 4) SKLAD POLIČSKÝCH STROJÍREN A JEHO OKOLÍ [11].....	19
OBR. 5) PLÁN MUNIČNÍ TOVÁRNY V BOLEVCI [12].....	20
OBR. 6) FRANCOUZSKÁ MUNIČNÍ LOĎ MONT BLANC [13] .....	20
OBR. 7) KROKY SELEKTIVNÍ METODY .....	34
OBR. 8) POSTUP STANOVENÍ F&E INDEXU .....	39
OBR. 9) POSTUP STANOVENÍ F&E INDEXU A DALŠÍCH ÚDAJŮ .....	43
OBR. 10) STANOVENÍ BARIKÁDY I.....	47
OBR. 11) STANOVENÍ BARIKÁDY II.....	48
OBR. 12) STANOVENÍ DÉLKY BARIKÁDY .....	48
OBR. 13) AREÁL SKLADŮ VÝBUŠNIN Č. 1 .....	57
OBR. 14) AREÁL SKLADŮ VÝBUŠNIN Č. 2 .....	58
OBR. 15) ZÓNY VZDÁLENOSTI – SKLAD Č. 1 .....	66
OBR. 16) ZÓNY VZDÁLENOSTI – SKLAD Č. 2 (TŘASKAVÉ SLOŽE) .....	67
OBR. 17) ZÓNY VZDÁLENOSTI – SKLAD Č. 3 .....	68
OBR. 18) ZÓNY VZDÁLENOSTI – SKLAD Č. 1 (1. KÓJE).....	69
OBR. 19) ZÓNY VZDÁLENOSTI – SKLAD Č. 1 (3. KÓJE).....	70
OBR. 20) ZÓNY VZDÁLENOSTI – SKLAD Č. 2 .....	71



## SEZNAM ZKRATEK

**FEI** – Index požáru a výbuchu

**CEI** – Index chemického ohrožení

**ČBÚ** – Český báňský úřad

**TNT** – trinitrotoluen

**TNP** - trinitrofenol

**ZH** – závažná havárie

**PZH** – prevence závažných havárií

**HZS** – hasičský záchranný sbor

**QRA** – kvantitativní analýza

**MF** – materiálový faktor

**PES** – potencionální poloha výbuchu

**ES** – nechráněná poloha



## PŘÍLOHY

### Příloha 1.

Ukázka tabulky na třídění výbušnin

Třída a skupina nebezpečí	Pořadové číslo	Druh výbušniny
AI	1	Třaskavá rtuť, azidy olova a stříbra, tricinát, dinitrodiazofenol, tetrazen a jiné třaskaviny suché nebo s obsahem zvlhčovačla (např. vody) do 10 %
	2	Třaskavé slože pro rozněcovačla obsahující třaskaviny uvedené pod poř. č. 1 v suchém stavu
AII	3	Vysokobrizantní kapalné trhaviny (nitroglycerin, diglykoldinitrát, nitroglykol apod.)
	4	Neflegmatizované a do 10 % flegmatizované vysokobrizantní pevné trhaviny (Pentrit, hexogen, oktogen, tetryl apod.) a jejich směsi, výbušné předměty bez kovového obalu, které je obsahují v suchém stavu, trhací želatina
	5	Výbušné předměty s kovovým obalem obsahující trhaviny uvedené pod poř. č. 4

## Příloha 2.

## Hodnoty k určení materiálového indexu MF

Hodnoty k určení MF		Reaktivita nebo nestabilita				
<b>Kapaliny a plyny</b> <b>Hořlavost a zápalnost</b>	NFPA 325M nebo 49	$N_R = 0$	$N_R = 1$	$N_R = 2$	$N_R = 3$	$N_R = 4$
Nehořlavé materiály	$N_F = 0$	1	14	24	29	40
Bod vzplanutí $> 93,3^\circ\text{C}$	$N_F = 1$	4	14	24	29	40
$37,8^\circ\text{C} < \text{bod vzplanutí} \leq 93,3^\circ\text{C}$	$N_F = 2$	10	14	24	29	40
$22,8^\circ\text{C} \leq \text{bod vzplanutí} < 37,8^\circ\text{C}$ nebo bod vzplanutí $< 22,8^\circ\text{C}$ & bod varu $\geq 37,8^\circ\text{C}$	$N_F = 3$	16	16	24	29	40
Bod vzplanutí $< 22,8^\circ\text{C}$ & bod varu $< 37,8^\circ\text{C}$	$N_F = 4$	21	21	24	29	40
<b>Hořlavý prach nebo mlhy</b>						
St – 1 ( $K_{st} \leq 200$ bar m/sec)		16	16	24	29	40
St – 2 ( $K_{st} = 201 - 300$ bar m/sec)		21	21	24	29	40
St – 3 ( $K_{st} > 300$ bar m/sec)		24	24	24	29	40
<b>Hořlavé pevné látky</b>						
Hutné $> 40$ mm tloušťky	$N_F = 1$	4	24	14	29	40
Porézní $< 40$ mm tloušťky	$N_F = 2$	10	14	24	29	40
Pěna, fibr, prach, atd.	$N_F = 3$	16	16	24	29	40