

## **Doplňky k Metodice přístupu k identifikaci zdrojů rizik, analýze rizik a hodnocení rizik průmyslových havárií pro posouzení rizik v rámci prevence závažných havárií**

(únor 2016)

**Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., Odborné pracoviště pro prevenci závažných havárií, Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1 – Nové Město, [oppzh@vubp-praha.cz](mailto:oppzh@vubp-praha.cz)**

**TLP, spol. s r.o., Na Březince 1513/14, 150 00 Praha 5, [tlp-praha@tlp-emergency.com](mailto:tlp-praha@tlp-emergency.com)**

## Obsah

<b>Úvod.....</b>	<b>4</b>
<b>Obecné principy posouzení rizik závažné havárie.....</b>	<b>4</b>
<b>Posouzení rizik závažné havárie.....</b>	<b>6</b>
1 Identifikace zdrojů rizik.....	7
1.1 Přehled nebezpečných látek v objektu.....	7
1.2 Identifikace a výběr zdrojů rizika pro podrobnou analýzu rizik.....	7
1.3 Popis vybraných zdrojů rizika a mapové zobrazení jejich umístění v objektu .....	8
2 Analýza rizik.....	9
2.1 Identifikace možných situací a příčin (podmínek), které mohou vést k iniciační události závažné havárie, identifikace iniciačních událostí a možných scénářů rozvoje závažné havárie .....	9
2.2 Odhad následků identifikovaných scénářů závažných havárií na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek .....	11
2.2.1 Určení kritérií a limitních hodnot pro odhad následků identifikovaných scénářů závažných havárií.....	12
2.2.2 Odhady následků identifikovaných scénářů závažných havárií na životy a zdraví lidí....	12
2.2.3 Odhady následků identifikovaných scénářů závažných havárií na životní prostředí, zvířata a majetek .....	13
2.2.4 Grafické znázornění dosahu zvolených limitních hodnot účinků identifikovaných scénářů závažných havárií.....	14
2.3 Odhad výsledné roční frekvence závažných havárií .....	14
2.4 Stanovení míry skupinového rizika scénářů závažných havárií.....	14
2.5 Výsledky a postup posouzení vlivu (spolehlivosti a chybování) lidského činitele ..	15
3 Hodnocení rizik .....	16
<b>Seznam informačních zdrojů a veřejně publikovaných i nepublikovaných metodik použitých při analýze rizik a jejich popis .....</b>	<b>17</b>
<b>Použité zdroje .....</b>	<b>18</b>
<b>Doporučené zdroje .....</b>	<b>19</b>
<b>Přílohy k metodickému pokynu .....</b>	<b>20</b>
Příloha č. 1: Metoda pro výběr zdrojů rizika.....	20
1 Úvod.....	21
2 Vyloučení určitých nebezpečných látek.....	22
2.1.1 Fyzikální stav (skupenství) nebezpečné látky.....	22
2.1.2 Skladování a množství .....	22
2.1.3 Umístění a množství .....	22
2.1.4 Klasifikace .....	22
3 Metoda výběru .....	23
4 Jednotlivé kroky metody výběru .....	24
4.1 Definování jednotky/zařízení v objektu/podniku .....	24
4.2 Výpočet indikačního čísla $A_i$ .....	24
4.2.1 Množství přítomné nebezpečné látky $Q$ .....	25
4.2.2 Faktory pro provozní podmínky $O_i$ .....	25
4.2.2.1 Faktor $O_{i1}$ .....	26

---

4.2.2.2	Faktor $O_2$ .....	26
4.2.2.3	Faktor $O_3$ .....	27
4.2.3	Mezní hodnota <b>G</b> .....	28
4.2.3.1	Mezní hodnota pro toxické látky .....	28
4.2.3.2	Mezní hodnota pro hořlavé látky.....	29
4.2.3.3	Mezní hodnoty pro výbušné látky .....	29
4.2.4	Výpočet indikačního čísla <b>A<sub>i</sub></b> .....	29
4.3	Výpočet výběrového (selektivního) čísla <b>S</b> .....	30
4.4	Výběr jednotek/zařízení .....	31
Příloha č. 2: Iniciační události pro posouzení rizika .....		32
Příloha č. 3 Probitová funkce .....		35
Příloha č. 4: Kritéria a limitní hodnoty .....		36
Příloha č. 5: Meteorologická data – větrná růžice .....		40

## Úvod

**Metodika přístupu k identifikaci zdrojů rizik, analýze rizik a hodnocení rizik průmyslových havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi** je schválená Ministerstvem životního prostředí a doporučena pro použití v rámci prevence závažných havárií. Tato metodika je návodem, jak přistoupit ke zpracování požadavků zákona o prevenci závažných havárií týkajících se posouzení rizik závažné havárie [1] (dále jen zákon). Tento zákon je implementací směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU ze dne 4. července 2012 o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES (směrnice 2012/18/EU se zkráceně nazývá tzv. SEVESO III). Zákon a související prováděcí předpisy určují pravidla pro prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi (dále jen nebezpečné látky) a omezení jejich následků na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek tak, aby byla účinným způsobem zajištěna vysoká úroveň ochrany.

Metodika obsahuje určité části, které je vhodné doplnit dalšími informacemi, buď z důvodu určité záležitosti blíže vysvětlit, anebo z důvodu pokroku v postupech posouzení rizika v oblasti prevence závažných havárií.

Tyto informace jsou určeny všem dotčeným účastníkům prevence závažných havárií.

## Obecné principy posouzení rizik závažné havárie

Posouzení rizik závažné havárie (dále posouzení rizik) podle zákona obsahuje identifikaci zdrojů rizik, analýzu rizik a hodnocení rizik. Po identifikaci zdrojů rizika se provádí výběr zdrojů rizika pro podrobnou analýzu rizik. Pro zpracování posouzení rizik nelze poskytnout univerzální metodický postup pro všechny typy zdrojů rizika, které se vyskytují v objektech zařazených do příslušné skupiny dle zákona o prevenci závažných havárií. Rozdílnost používaných technologií a činností, různá projekční a stavební řešení, rozdílná lokalizace objektů a jejich zařízení v místě, rozdílné vlivy jiných objektů v okolí, demografické údaje a další proměnné faktory vytvářejí specifické situace na jiných místech a v jiných podmínkách neopakovatelné. **Metodika přístupu k identifikaci zdrojů rizik, analýze rizik a hodnocení rizik průmyslových havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi** a dle potřeby vydávané **Doplňky** by měly pomoci, aby výsledky získané analýzou rizik byly korektní pro následné hodnocení rizik v rámci posouzení rizik.

Posouzení rizik je prováděno po celou dobu existence objektu a při provádění jakýchkoli změn, kterými by mohla být ovlivněna bezpečnost, jako jsou např. změny výrobní technologie, úpravy technologického zařízení, změny personálního obsazení, změny pracovních předpisů, a také změny v pracovním režimu (najíždění, odstavování, údržba a opravy zařízení). Při řešení a zpracování jednotlivých složek rizik se používají různé metody, jak kvalitativní (např. při identifikaci možných situací a příčin, které mohou vést k iniciační události závažné havárie), tak semikvantitativní (např. oceňování zranitelnosti životního prostředí) a kvantitativní (ocenění následků a pravděpodobností různých koncových stavů havárií). Při výběru těchto metod je třeba dbát na aktuálnost a použitelnost metody, potřebu a dostupnost vstupních dat včetně uvážení nejistoty těchto dat. Cílem prevence závažných havárií je předcházení vzniku závažných havárií, nebo alespoň snížení rizika závažné havárie, tj. snížení pravděpodobnosti vzniku a omezení následků závažných havárií na stanovené přijemce v takovém rozsahu, aby riziko bylo přijatelné. V tomto případě se

jedná o akutní následky závažných havárií působením krátkodobé expozice nežádoucího jevu; střednědobé a dlouhodobé expozice, které provázejí některé typy havárií, jsou předmětem posouzení rizik pro jiné účely (např. bezpečnost a ochrana zdraví na pracovišti).

Odborná terminologie má v oblasti posouzení rizik důležité místo, proto dle potřeby (kromě základních pojmů ze zákona) je vhodné využít *Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v analýze a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií* a *Terminologický výkladový slovník k problematice lidského činitele*. Terminologie managementu rizik se řídí pokynem *Management rizik – Slovník (Pokyn 73) TNI 01 0350*. Při zpracování dokumentu **Posouzení rizik závažné havárie** je třeba dbát srozumitelného slohu. Při použití zkratk, pojmů či definic, které nejsou běžně používané nebo známé, je nutné je uvést vhodnou formou v adekvátním textu (poznámka pod čarou, poznámka pod kapitolou, popř. jiným přehledným způsobem v abecedním řazení). Bibliografické citace se uvádí podle norem (např. ČSN ISO 690<sup>1</sup>) a spolu s dalšími odkazy na informační zdroje jsou zařazeny na konci příslušného dokumentu. Co se týká informací uváděných v tabulkách, grafech a obrázcích je třeba tyto tabulky, grafy a obrázky pro lepší orientaci číslovat. Předpokládá se používání jednotek SI. Pokud nejsou údaje v jednotkách SI, doporučuje se uvést význam údajů a přepočítání na jednotky SI.

Pro zjištění vstupních dat pro posouzení rizik se vychází primárně z dokumentace provozovatele – údaje o technologickém zařízení, technologická schémata, provozní schémata, schémata potrubí, údaje o měření a regulaci, materiálová a energetická bilance, bezpečnostní listy nebezpečných látek. Tyto údaje musí být doplněny údaji o okolí objektu (stavby, doprava, demografie, meteorologická charakteristika, životní prostředí aj.) včetně zdrojů těchto dat a údajů o jejich aktuálnosti a dalšími informacemi potřebnými dle místní situace.

Uživatele je nutno upozornit, že jak metodika, tak postupně dle potřeby vydávané doplňky nenahrazují odbornou literaturu. Pro podrobnější informace k jednotlivým krokům posouzení rizik a doplnění znalostí je třeba použít příslušnou odbornou literaturu.

---

<sup>1</sup> ČSN ISO 690. *Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 39 s. Třídící znak 01 0197.

## **Posouzení rizik závažné havárie**

# 1 Identifikace zdrojů rizik

## 1.1 Přehled nebezpečných látek v objektu

Základním předpokladem pro analýzu rizik je důkladná znalost posuzovaného objektu, jeho zařízení a všech aspektů umístění nebezpečných látek v tomto objektu, která je založena na materiálové bilanci nebezpečných látek. Uvádí se přehled všech nebezpečných látek v objektu v množstvích, pro která jsou objekty kolaudovány. Uvádí se také ty nebezpečné látky, u kterých se dá důvodně předpokládat, že mohou vzniknout v případě závažné havárie. Zákon pro účely zařazení nebo nezařazení objektu do skupiny A nebo do skupiny B ukládá povinnost zpracovat seznam všech nebezpečných látek umístěných v objektu. Zpracovatel bezpečnostní dokumentace pro účely posouzení rizik vypracuje aktualizovaný seznam nebezpečných látek. Obsah tohoto seznamu je uveden v metodice v kapitole 1.1 a). U provozovatelů ve skupině B lze odkázat na příslušnou kapitolu v popisných částech bezpečnostní zprávy.

## 1.2 Identifikace a výběr zdrojů rizika pro podrobnou analýzu rizik

Identifikace zdrojů rizika a výběr zdrojů rizika závažných havárií pro podrobnou analýzu rizik je zásadní krok v analýze rizik.

Pro zdroje rizika s nebezpečnými látkami typu hořlavé, výbušné a toxické se doporučuje aplikovat metodu identifikace a výběru zdrojů rizika pro podrobnou analýzu rizik uveřejněnou v *Guidelines for quantitative risk assessment* („Purple Book“), *CPR-18E*, která je následně využitelná i pro další kroky analýzy rizik. Postup při použití této metody výběru je uveden v **příloze č. 1**.

Pro zdroje rizika s nebezpečnými látkami, které mají jiné nebezpečné vlastnosti než výše uvedené, nejsou dosud doporučené metody výběru zdrojů rizika (např. látky oxidující, nebezpečné životnímu prostředí, pyroforické a jiné). V takových případech je třeba zvážit konkrétní situaci dislokace zdroje rizika, typ nebezpečnosti chemické látky a možné příjemce rizika, a podle toho zvolit další kroky analýzy rizik podle současného stavu poznání. Pro zdroje rizika s nebezpečnými látkami pro životní prostředí není dosud doporučen ani postup kvantitativní analýzy rizik ohledně následků na různé složky životního prostředí.

Pokud provozovatel nepoužije pro výběr zdrojů rizika pro podrobnou analýzu rizik doporučenou výběrovou metodu pro zdroje rizika s nebezpečnými látkami typu hořlavé, výbušné a toxické, nebo v případě jiných nebezpečných vlastností odůvodněnou metodu výběru, musí podrobně analyzovat rizika všech zařízení v objektu. Provozovatel při použití výběrové metody však může v případech hodných zřetele vybrat do podrobné analýzy rizik i ty zdroje rizika, které nejsou indikovány použitou metodou výběru. V tomto případě uvede důvod výběru. Kompetentní orgán státní správy na úseku prevence závažných havárií může v odůvodněných případech rozhodnout o zařazení do výběru zdrojů rizika pro podrobnou analýzu rizik i ty zdroje rizika, které při použití výběrové metody nebyly pro podrobnou analýzu rizik vybrány.

---

Ve všech případech musí tato kapitola obsahovat: přehled všech identifikovaných zdrojů rizika; přehled vybraných zdrojů rizika pro podrobnou analýzu rizik; přehled vlastností nebezpečných látek potřebných pro analýzu rizik u vybraných zdrojů rizika.

### **1.3 Popis vybraných zdrojů rizika a mapové zobrazení jejich umístění v objektu**

Přehled vybraných zdrojů rizika s uvedením vlastností nebezpečných látek musí být doplněn popisem technických parametrů těchto zdrojů rizika a předmětného nakládání s nebezpečnými látkami. To se týká jak kvalitativních, tak kvantitativních údajů ohledně vlastního procesu nebo skladování, konstrukce zařízení, potřebného propojení a instrumentace, dále údaje o frekvenci manipulací typu stáčení/plnění a době jejich trvání, viz kapitola 1.3 metodiky. Pro hodnocení následků havárie vně objektu je nutné stanovit vzdálenosti zdrojů rizika k zájmovým oblastem (obytná zástavba, veřejné komunikace, chráněné přírodní lokality apod.). Součástí popisu vybraných zdrojů rizika je mapové zobrazení umístění těchto zdrojů rizika v objektu.



## 2 Analýza rizik

Analýza rizik v rámci posouzení rizik závažné havárie je založena na použití postupů kvantitativní analýzy rizik, která využívá v některých svých částech i kvalitativní metody. Specifický způsob analýzy rizik platí při posouzení rizik látek nebezpečných životnímu prostředí.

### 2.1 Identifikace možných situací a příčin (podmínek), které mohou vést k iniciační události závažné havárie, identifikace iniciačních událostí a možných scénářů rozvoje závažné havárie

Za určitých okolností mohou nastat situace, kdy se může realizovat nebezpečný potenciál zdroje rizika se závažnými následky na zdraví a životy lidí a zvířat, životní prostředí a majetek. Takové situace a příčiny (podmínky) realizace nebezpečného potenciálu zdroje rizika je nutno identifikovat, protože bez jejich znalosti není možno realizovat efektivní prevenci závažných havárií.

Nejprve se sestaví logický řetěz všech předpokládaných událostí vzniku a rozvoje závažné havárie. Poruchami či odchylkami ve funkci zařízení, vznikem nebezpečných chemických reakcí při nežádoucím kontaktu chemických látek v objektu nebo za nežádoucích provozních podmínek a dalšími vlivy v objektu může dojít k nebezpečným situacím uvnitř objektu. Tyto nebezpečné situace mohou být způsobeny i nebezpečnými situacemi vzniklými vně objektu. Výsledkem může být iniciační událost, která může iniciovat uplatnění nebezpečného potenciálu zdroje rizika. Tato iniciační událost stojí na začátku vývoje událostí, který v konečném důsledku může být závažnou havárií. Celý tento vývoj je popsán scénářem závažné havárie, který má jak slovní popis, tak grafické zobrazení pomocí metody ETA (*Event Tree Analysis* – Analýza stromu událostí). V rámci analýzy rizika je třeba zjistit takové nebezpečné situace a příčiny (podmínky), kdy může dojít k úniku nebezpečné látky ze zařízení (ztráta soudržnosti zařízení), k požáru v zařízení nebo k fyzikální nebo chemické explozi zařízení.

Příčiny mohou být zjišťovány různými metodami.

Doporučovanou metodou je metoda HAZOP (*Hazard and Operability Analysis/Study* – Studie nebezpečí a provozuschopnosti), která je použitelná pro jakýkoli typ zařízení a procesu pro všechny fáze života zařízení – od projekce, různé fáze provozu až po jeho likvidaci.

Důležitým zdrojem informací jsou také informace z vyšetřování příčin proběhlých havárií.

Co se týče vnějšího domino efektu, pak tento typ se uvažuje na základě určení možnosti domino efektu krajským úřadem při úkonu zařazování objektu do příslušné skupiny v důsledku domino efektu a pro tvorbu opatření k zabránění jeho účinků v rámci havarijního plánování (na výzvu místně příslušného krajského úřadu).

Zásadní úlohu hraje systematická komplexní identifikace příčin a popis iniciačních událostí možných scénářů závažné havárie. Pro systematickou komplexní identifikaci možných situací

a příčin (podmínek) vedoucích k iniciační události závažné havárie v analýze rizik u vybraných zdrojů rizik se používají tyto metody: HAZOP (*Hazard and Operability Analysis/Study* – Studie nebezpečí a provozuschopnosti)<sup>2</sup>, případně FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis* – Analýza způsobů a důsledků poruch)<sup>3</sup>, nebo FTA (*Fault Tree Analysis* – Analýza stromu poruch)<sup>4</sup> pro identifikaci příčin tzv. vrcholové události (Top Event) poruchy. Minimum uvažovaných iniciačních událostí je uvedeno v **příloze č. 2**.

Pokud pro určení iniciačních událostí (a jejich příčin) možných scénářů závažné havárie byly použity publikované generické údaje, jejich volbu a výběr je zásadně nutné zvážit a prověřit pro stávající objekt a způsob nakládání s nebezpečnými látkami. Za systematickou komplexní analýzu pro vyšetření možných příčin havárie vybraných ZR u provozovatelů ve skupině B lze považovat výše uvedené metody.

Pokud došlo na předmětném zařízení k havárii, pak před jeho uvedením opět do provozu musí být vždy provedena analýza metodou HAZOP.

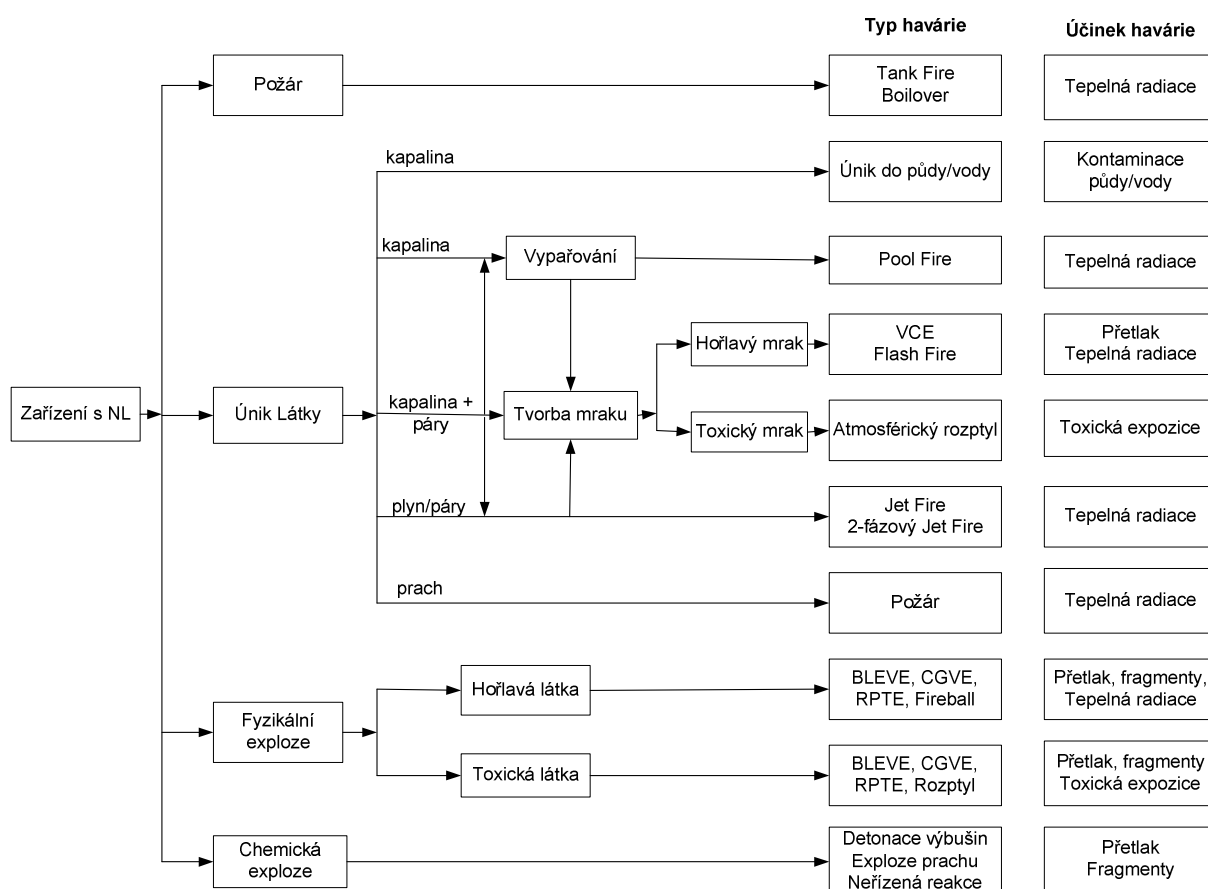
Další důležitou úlohou v analýze rizik je identifikace a popis identifikovaných scénářů závažných havárií. Scénář závažné havárie zahrnuje kromě iniciační události i další mezilehlé události, které rozvíjejí (např. selhání bezpečnostních prvků, přítomnost iniciačního zdroje, selhání lidského činitele) nebo zmírňují iniciační událost (např. správná funkce prvků bezpečnostního systému, přítomnost pasívních prvků zmírňujícího systému, správná reakce personálu). Scénář dále zahrnuje události, které postihují fyzikální vývoj popř. modifikaci fyzikálního rozvoje události (např. meteorologická situace) a koncové stavy scénáře, které se vyznačují určitým fyzikálně-chemickým jevem v čase (prosté úniky s dalším fyzikálním vývojem, požáry, výbuchy), který může mít určitý následek na příjemce (toxické účinky, tepelné účinky, efekt přetlakové vlny, nárazy letících fragmentů zařízení, poškození životního prostředí). Základem scénářů jsou tzv. stromy událostí, charakterizující očekávané chování nebezpečných látek při havárii. Existují různé softwarové produkty, které nabízejí podle typu nebezpečné látky určité generické (typové, referenční) scénáře nebo jsou tyto scénáře v literatuře, např. v příručce *Reference Manual Bevi Risk Assessments*. Generické scénáře však mohou posloužit pouze jako vodítko, protože důležitá je konkrétní situace v analyzovaném systému a jeho okolí: vlastnosti nebezpečné látky, její aktuální skupenství a jeho případné změny v průběhu havarijního děje; dále charakter zařízení, v nichž je nebezpečná látka obsažena (tlakový charakter zařízení, konstrukční a stavební uspořádání, procesní nebo skladové zařízení aj.); podmínky úniku látky ze zařízení (jednorázový nebo kontinuální únik); vliv atmosférických podmínek na šíření oblaku plynu/páry; časová lokalizace předpokládané iniciace požáru látky nebo jejího výbuchu ve směsi se vzduchem (iniciace okamžitá nebo zpožděná), dále intenzita iniciace a zastavenost prostoru překážkami, usnadňujícími mísení plynu/páry se vzduchem.

Na níže uvedeném obrázku je prezentováno zjednodušené ilustrativní schéma možných havárií a jejich účinků.

<sup>2</sup> ČSN IEC 61882. *Studie nebezpečí a provozuschopnosti (studie HAZOP) – Pokyn k použití*. ČNI, říjen 2002. Třídící znak 01 0693.

<sup>3</sup> ČSN EN 60812. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. ČNI, leden 2007. Třídící znak 01 0675.

<sup>4</sup> ČSN EN 61025. *Analýza stromu poruchových stavů (FTA)*. ČNI, listopad 2007. Třídící znak 01 0676.



Vysvětlivky zkratk ve schématu: NL-nebezpečná látka; VCE – Vapour Cloud Explosion (exploze mraku par/plynu); BLEVE – Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (exploze expandujících par vroucí kapaliny); CGVE – Compressed Gas/Vapour Explosion (exploze stlačeného plynu/par); RPTE – Rapid Phase Transition Explosion (exploze prudkého přechodu fáze)

## 2.2 Odhad následků identifikovaných scénářů závažných havárií na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek

U zařízení s nebezpečnou látkou podle uvedeného schématu může dojít k různým nežádoucím událostem, při kterých se vyskytují různé fyzikální jevy. Výsledkem jsou různé typy havárií, které mají různé projevy a účinky s určitými následky. Následky se řeší pro působení toxických účinků nebezpečných látek, tepelné radiace z požárů, přetlaku výbuchové vlny, letících fragmentů rozrušeného zařízení a pro kontaminaci životního prostředí. Podle intenzity účinku a jeho době působení (expozice účinku) mohou být následky různě intenzivní – různá zranění a smrt lidí a zvířat, různý stupeň poškození majetku a zasažení životního prostředí. Tyto účinky se mohou vyskytnout dle typu havárie a nebezpečných látek jednotlivě nebo i společně, pak se jedná podle vývoje situace o kumulativní nebo synergické účinky.

Při stanovení odhadu následků se používá postupně různého modelování: modelování fyzikálně chemických procesů a jevů, které se objevují ve vývoji událostí od iniciační události až po koncové stavy těchto událostí znázorněných příslušnými scénáři. Modelování poskytne ohodnocení koncových stavů kvantifikací hlavních fyzikálních parametrů účinků (koncentrace nebezpečné látky, tepelná radiace z požáru, přetlak po výbuchu) s ohledem na

další proměnné veličiny – vzdálenost od zdroje rizika a čas. Další modelování používá modelů zranitelnosti pro odhad následků na stanovené příjemce při obdržení expoziční dávky, kdy je příjemce vystaven působení danému účinku po určitou expoziční dobu. Hlavním zájmovým příjemcem rizika je člověk, a proto se v rámci hodnocení rizika řeší riziko úmrtí osob. Hlavní důraz je kladen na obyvatelstvo v okolí objektu, přičemž se uvažuje, že část obyvatelstva je v budovách, a může mít tedy určitou ochranu.

Míra poškození lidského organismu účinky havárie (tepelný tok, přetlak, toxicita) závisí na obdržené (expoziční) dávce, to znamená, že člověk je vystaven danému účinku po určitou expoziční dobu. Kvantifikace dávky spočívá v případě neměnného účinku v dané expoziční době ve fyzikálním vyjádření účinku v součinu s časem nebo v případě účinku proměnlivého s časem v jeho integraci podle času v integračních mezích odpovídajících expoziční době. V praxi se používá buď stanovených limitních (prahových) hodnot daného účinku v kombinaci s expoziční dobou (nebo rovnou explicitně vyjádřené dávky), nebo probitové funkce, která se použije pro určení pravděpodobnosti specifického následku v závislosti na velikosti dávky. Probitová funkce umožňuje plné kvantitativní hodnocení vztahu dávka – následek („odpověď“) ve spojitém rozsahu dávky a pravděpodobnosti (viz **příloha č. 3**).

### 2.2.1 Určení kritérií a limitních hodnot pro odhad následků identifikovaných scénářů závažných havárií

Pro matematické modelování následků předpokládaných havárií se nejprve musí určit kritéria, jak se budou vyhodnocovat následky havárií – účinky tepelné radiace, účinky přetlaku výbuchové vlny, účinky toxické dávky a účinky způsobené intoxikací životního prostředí. Co se týče limitních hodnot následků, jedná se o stanovení zájmových prahových hodnot různých účinků na příjemce ve vztahu k době expozice. Tato limitní hodnota může být zvolena výběrem diskrétní hodnoty dávky sledovaného účinku, popř. diskrétních hodnot míry účinku za určitou expoziční dobu, které jsou v různých tabulkách v odborné literatuře. Co se týče výběru limitních hodnot pro následky na lidi, pak výběr určitých hodnot pro limitní hodnoty účinků je omezen tím, že stanoven jen pro určitou expoziční dobu. Jiným způsobem ke stanovení limitní hodnoty je použití probitových funkcí. Probitová funkce je modelem, který umožňuje stanovit procentuální odezvu zasažených jedinců pro jakoukoli hodnotu účinku a doby expozice. Kritéria a limitní hodnoty jsou uvedeny v **příloze č. 4**.

### 2.2.2 Odhady následků identifikovaných scénářů závažných havárií na životy a zdraví lidí

Na základě stanovených kritérií a limitních hodnot se provede odhad následků identifikovaných scénářů závažné havárie. Podle typu havárie jsou potřeba další údaje: údaje o atmosférických podmínkách v okolí objektu (výpočty pro relevantní typy havárií se provádějí pro nejpravděpodobnější a nejhorší atmosférické podmínky z hlediska rozptylu nebezpečné látky). Co se týče údajů z meteorologie, pak je třeba používat aktuální data a uvést zdroje dat. Je třeba používat větrnou růžici s příslušnou klasifikací teplotní stability atmosféry (viz **příloha č 5**). V podkladech pro analýzu je nutno uvést počty osob, které se mohou vyskytovat na území zasaženém potenciální havárií včetně zdroje těchto údajů a jeho časové aktuálnosti. V obytných zónách lze použít plošnou hustotu osídlení s uvedením časové aktuálnosti. V místech s proměnlivým výskytem osob, jako jsou komunikace, veřejné budovy, nákupní střediska, výrobní objekty apod., lze uvažovat s konkrétními počty osob v různých denních dobách s různou pravděpodobností přítomnosti (den/noc, pracovní/mimopracovní

doba). Vzhledem k rozšíření kategorií nebezpečných látek podle CLP<sup>5</sup>, které spadají pod působnost zákona, mohou vzniknout další specifické požadavky na údaje potřebné k analýze rizik.

Je doporučeno využití probitových funkcí pro vyjádření všech potenciálních ztrát na životech, tedy v prostorech s mortalitou osob 99 % až 1 %. Co se týče výpočtových programů, je nutno uvést použitý výpočetní software, resp. uvést a popsat použitý způsob výpočtu. Souhrnné výsledky odhadů následků je třeba uvést nejlépe formou tabulek.

Co se týče domino efektu, pak zákon definuje domino efekt jako zvýšení pravděpodobnosti vzniku nebo následků závažné havárie v důsledku vzájemné blízkosti zařízení, objektů nebo skupiny objektů a umístění nebezpečných látek. Domino efekt je spojený hlavně s požáry, výbuchy a letícími troskami. Řeší se na základě určení možnosti domino efektu krajským úřadem při úkonu zařazování objektu do příslušné skupiny v důsledku domino efektu a v rámci havarijního plánování.

### 2.2.3 Odhady následků identifikovaných scénářů závažných havárií na životní prostředí, zvířata a majetek

Následky na životní prostředí se mohou projevit ve formě mechanického poškození ekosystémů v důsledku požáru nebo výbuchu, ale hlavně v důsledku kontaminace složek životního prostředí uniklou nebezpečnou látkou. Pozornost je třeba věnovat i šíření toxických zplodin hoření a také kontaminaci složek životního prostředí hasební vodou, použitou při likvidaci havárie, protože hasební voda může obsahovat nebezpečné látky. Pro analýzu možné závažné havárie z pohledu následků pro životní prostředí musí být známy vlastnosti nebezpečné látky při jejím pohybu a kontaktu s jednotlivými složkami životního prostředí (včetně možných kumulativních účinků) a musí se specifikovat expoziční cesta tj. spojení mezi zdrojem rizika a receptorem. V rámci prevence závažných havárií pro ocenění závažnosti ohrožení životního prostředí lze použít některé indexové metody, např. *Index nebezpečnosti a zranitelnosti (H&V Index)* nebo *Environment-Accident Index*, popř. jiný vhodný postup, jehož princip bude popsán a bude adekvátní dané situaci. Stanovení následků na životní prostředí by mělo sledovat stav poznání v této oblasti. Minimálně však musí být uvedeny vzdálenosti zdrojů rizika k nejbližšímu národnímu parku (NP), chráněné krajinné oblasti (CHKO), národní přírodní rezervaci (NPR), národní přírodní památce (NPP), přírodní rezervaci (PR), přírodní památce (PP), evropsky významné lokalitě (EVL), ptačí oblasti (PO), památnému stromu a významným krajinným prvkům (VKP).

Vzhledem k tomu, že nejsou stanovena kritéria a limitní hodnoty pro působení různých účinků závažných havárií na zvířata, při odhadu následků scénářů závažných havárií v zájmových případech lze použít kvalitativní analýzu rizika.

Co se týče odhadu následků scénářů závažných havárií na majetek, pak se vychází z údajů limitních hodnot pro různé typy poškození budov a zařízení publikovaných v odborné literatuře (při uvedení zdroje informací) nebo lze využít probitové funkce pro různé typy poškození budov a zařízení publikovaných v odborné literatuře. U výbuchů se uváží i dosah a účinek letících fragmentů z poškozeného primárního zařízení.

---

<sup>5</sup> Nařízení (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. 12. 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (tzv. nařízení CLP – CLP je zkratka z anglického „classification, labelling and packaging“)

## 2.2.4 Grafické znázornění dosahu zvolených limitních hodnot účinků identifikovaných scénářů závažných havárií

Zjištěné limitní hodnoty účinků identifikovaných scénářů závažných havárií se uvedou grafickou formou do dostatečného výseku mapového zobrazení umístění objektu s jeho okolím. V případě velkého počtu vybraných zdrojů rizik je vhodné mapové zobrazení rozdělit do většího počtu map.

## 2.3 Odhad výsledné roční frekvence závažných havárií

Po určení možných následků závažné havárie se určí, jak často k havárii s danými následky může dojít, to znamená, že se stanoví frekvence závažné havárie za určité časové období. Pro účely zákona o prevenci závažných havárií je to za rok, jak uvádí metodika v kapitole 2.3. Potřebné frekvence a pravděpodobnosti událostí scénáře lze získat za použití metod FTA a ETA a z generických dat (je třeba uvést zdroj informací).

## 2.4 Stanovení míry skupinového rizika scénářů závažných havárií

Zákon definuje pro účely tohoto zákona riziko jako pravděpodobnost vzniku nežádoucího specifického účinku, ke kterému dojde během určité doby nebo za určitých okolností. Scénář závažné havárie je podle definice variantní popis rozvoje závažné havárie, popis rozvoje příčinných a následných, na sebe navazujících a vedle sebe i posloupně probíhajících událostí, a to buď spontánně probíhajících anebo probíhajících jako činnost lidí, které mají za účel zvládnout průběh závažné havárie. Analýza rizik v posouzení rizik závažných havárií pro účely zpracování bezpečnostního programu nebo bezpečnostní zprávy používá tzv. rizikové triplety: scénář závažné havárie, roční frekvence jejího výskytu a následky této závažné havárie. Jeden scénář může mít dle možného rozvoje několik koncových stavů. Hlavním sledovaným příjemcem rizika je člověk. Mírou rizika scénáře pro osoby je pak číselné vyjádření hodnot odhadu počtu úmrtí a hodnot roční frekvence koncových událostí scénáře závažné havárie. Pro stanovení míry skupinového rizika scénáře závažné havárie ( $R$ ) se používá zjištěná roční frekvence scénáře závažné havárie ( $F_h$ ). Při jejím výpočtu se vychází z výsledné roční frekvence koncové události scénáře ( $F_s$ ). V odůvodněných případech dle typu havárie se bere v úvahu korekce na atmosférické podmínky (četnost třídy stability, výskytu směru a rychlosti větru), dále se ve všech případech uvažuje pravděpodobnost výskytu nebezpečné látky a výskyt osob v dané lokalitě. Výslednou roční frekvenci scénáře závažné havárie ( $F_h$ ) lze matematicky vyjádřit:

$$F_h = F_s \times P_{VNL} \times P_{VO} \times P_{atm.podmínky}$$

kde:

$F_h$	zjištěná roční frekvence scénáře závažné havárie
$F_s$	výsledná roční frekvence koncové události scénáře
$P_{VNL}$	pravděpodobnost výskytu nebezpečné látky (pokud není ZR přítomen stále, např. ŽC nebo AC na místě stáčení)

$P_{VO}$	pravděpodobnost výskytu osob v dané lokalitě
$P_{atm.podmínky}$	pravděpodobnost meteorologické situace v době havárie – součin četnosti třídy stability, výskytu směru a rychlosti větru ( $P_{atm.stab.} \times P_{směr.větru} \times P_{rychl.větru}$ )

Míra skupinového rizika scénáře závažné havárie je následně vyjádřena výrazem:

$$R = F_h \times N$$

$R$	míra skupinového rizika scénáře závažné havárie
$F_h$	zjištěná roční frekvence scénáře závažné havárie
$N$	odhad počtu usmrcených osob (mortalita)

V dokumentu se uvede přehledně souhrn stanovené míry skupinového rizika pro jednotlivé analyzované identifikované scénáře závažných havárií.

## 2.5 Výsledky a postup posouzení vlivu (spolehlivosti a chybování) lidského činitele

Pro účely zákona je posouzení vlivu lidského činitele v rámci analýzy rizik prováděno jako posouzení vlivu spolehlivosti a chybování lidského činitele při výkonu stanovených pracovních činností. K tomuto účelu je určen samostatný metodický pokyn MŽP, metodika uvádí zásadní úlohy a informace z tohoto posouzení: Identifikace kritických pracovních pozic; Analýza úkolů a činností vykonávaných zaměstnanci na kritických pracovních pozicích; Příčiny selhání lidského činitele na kritických pracovních pozicích a důsledky tohoto selhání a Realizovaná a plánovaná preventivní opatření pro eliminaci výskytu chybování lidského činitele.

Existuje řada metod, které jsou v této oblasti použitelné, vždy je ale třeba dodržet zásadu vazby analýzy a posouzení vlivu lidského činitele na vybrané zdroje rizik.

### 3 Hodnocení rizik

Metodika uvádí v kapitole 3.1 princip hodnocení přijatelnosti rizika závažných havárií. Pokud se při hodnocení rizika ukáže, že výsledná hodnota skupinového rizika uvažovaného scénáře závažné havárie se jeví pro daný zdroj rizika jako nepřijatelná, provede se podrobnější analýza rizik pro potvrzení předpovědi. Tato analýza také umožňuje potvrdit, která ze složek rizika je nepřijatelná. Podle potřeby se stanoví a realizují organizační a technická opatření ke snížení tohoto rizika (snížení následků a/nebo frekvence možné závažné havárie, vyjádřené daným scénářem), jejichž příspěvek ke snížení rizika byl ověřen opakovanou analýzou rizik a hodnocením rizik. Hodnocení ostatních rizik pro další příjemce rizika (zvířata, životní prostředí a majetek) se provede podle aktuální potřeby nebo situace a současného stavu poznání. Zákon, resp. jeho vyhláška, uvádí zásadu pro celkové hodnocení rizika objektu, kdy celková přijatelnost rizika objektu pro jeho okolí je podmíněna přijatelnou roční frekvencí scénářů závažné havárie pro všechny hodnocené scénáře, souhrnem hodnocení dopadů závažné havárie na životní prostředí a hodnocením účinnosti a dostatečnosti preventivních a represivních havarijních opatření. Pokud se zjistí, že riziko je nepřijatelné, je třeba stanovit opatření ke snížení tohoto rizika a prověřit je opakovanou analýzou rizik a hodnocením rizik. Pokud se prokáže, že tato opatření jsou přínosem, je třeba je realizovat. Bezpečnostní a ochranná opatření musí být přiměřená ke zjištěnému riziku.

Lze předpokládat, že tato důležitá část posouzení rizik bude řešena podrobněji, výsledky pak budou uveřejněny v dalším dodatku k metodice.



---

## **Seznam informačních zdrojů a veřejně publikovaných i nepublikovaných metodik použitých při analýze rizik a jejich popis**

Co se týče požadavku uvést seznam použitých metodik, které byly použité při zpracování posouzení rizik, včetně použitých softwarových nástrojů, platí následující: Pro zpracování posouzení rizik lze využít veřejně publikované a uznávané metody, které pro jednotlivé části posouzení rizik používají kombinace různých dílčích metod (postupů). Jedná se např. o tyto metodiky: BEVI Risk Assessments, CPQRA (Chemical Process Quantitative Risk Analysis), ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for Industries), LOPA (Layer of Protection Analysis) a jiné, pokud výsledky jejich aplikace splní požadavky zákona a vyhlášky. Pokud by byly použity metodiky, které nejsou veřejně publikované (a tím dostupné pro účely kontroly provedeného posouzení rizik), např. metodiky za použití explicitně vyjádřených matematicko-fyzikálních vztahů z chemického inženýrství, je třeba tyto vztahy všechny uvést.

## Použité zdroje

1. *Guidelines for quantitative risk assessment („Purple Book“)*, CPR 18E, Hague, First edition 1999/2005. First print – ISBN 90 12 08796 1. Second print 2005.  
Dostupné z WWW: <[http://infororma.gencat.cat/pdf/AG\\_AQR\\_3\\_PB\\_%202005.pdf](http://infororma.gencat.cat/pdf/AG_AQR_3_PB_%202005.pdf)>.
2. *Certifikovaná metodika k analýze a hodnocení rizik průmyslových havárií pro posouzení rizik v rámci prevence havárií*, JOSRA 2015
3. *Metodický pokyn odboru environmentálních rizik a ekologických škod pro hodnocení dopadů havárií s účastí nebezpečné látky na životní prostředí*. Věstník MŽP, roč. XXII, srpen 2012, částka 8.
4. *Reference Manual Bevi Risk Assessments, version 3.2, 01.07.09*. Dostupné z WWW: <[http://infororma.gencat.cat/pdf/AG\\_AQR\\_2\\_Bevi\\_V3\\_2\\_01-07-2009.pdf](http://infororma.gencat.cat/pdf/AG_AQR_2_Bevi_V3_2_01-07-2009.pdf)>.
5. Scott, Åsa. *Environment – Accident Index: Validation of Model*. Journal of Hazardous Materials 61, p. 305–312, 1998.
6. *Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v analýze a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií*. VÚBP, Praha, 2005. Dostupné z WWW: <<http://www.vubp.cz/index.php/metodiky>> a <<http://mapis.vubp.cz/OPPZH/ZS/Prehled/ClanekDetail.aspx?guid=f5547951-a38b-4c72-8b2b-6684dbddc319>>.  
V případě nedostupnosti sledovat základní webovou stránku VÚBP, v.v.i.
7. *Terminologický výkladový slovník k problematice lidského činitele*. VÚBP, Praha, 2011. Dostupné z WWW: <<http://www.vubp.cz/index.php/metodiky>> a <<http://mapis.vubp.cz/OPPZH/ZS/Prehled/ClanekDetail.aspx?guid=f5547951-a38b-4c72-8b2b-6684dbddc319>>.  
V případě nedostupnosti sledovat základní webovou stránku VÚBP, v.v.i.

## Doporučené zdroje

### Tzv. „barevné knihy“ TNO

- *Methods for the calculation of physical effects due to release of hazardous materials (liquids and gases)* („Yellow Book“), CPR 14 E. The Hague, 3rd ed. first print 1997. ISBN 9012084970; 3rd ed. second revised print 2005. ISSN 0921-9633/2.10.014/9110. Dostupné z WWW: <<http://content.publicatiereeksgevaarlijkstoffennl/documents/PGS2/PGS2-1997-v0.1-physical-effects.pdf>>.
- *Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials*, („Green Book“), CPR 16E. The Hague, 1st ed. ISBN 90-5307-052-4, 1992.
- *Methods for determining and processing probabilities* („Red Book“), CPR 12E, The Hague, 2nd ed. first print 1997, second print 2005. Verze z 1997. Dostupné z WWW: <<http://content.publicatiereeksgevaarlijkstoffennl/documents/PGS4/PGS4-1997-v0.1-probabilities.pdf>>.
- Tzv. „Purple Book“ je uvedena v kapitole *Použité zdroje pod odkazem* [1].

Tyto „barevné knihy“ TNO lze souhrnně získat z WWW:

<<https://www.tno.nl/en/focus-area/urbanisation/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red>>.

### Další doporučené zdroje:

- CASAL, J. (ed.): *Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants*. First edition, Elsevier 2008. ISBN 978-0-444-53081-3.
- *Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers: Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Second Edition. New York, 2000. ISBN 0-8169-0720-X.
- CROWL, D.A., LOUVAR, J.F.: *Chemical Process Safety. Fundamentals with Applications*. 2nd ed. Prentice Hall PTR. New Jersey, 2002. ISBN 0-13-018176-5; 3<sup>rd</sup> ed. 2011. ISBN 0-13-138226-8.
- FINNEY, D. J.: *Probit Analysis*, 3rd edition. Cambridge University Press, 1971. ISBN 052108041X, ISBN-13: 978-0521080415.
- LEES F.P.: *Loss Prevention in the Process Industries*. Butterworth-Heinemann, Oxford, United Kingdom, Second Edition 1996; Third Edition 2005 and Fourth Edition 2012: MANNAN, S.: *Lees' Loss Prevention in the Process Industries. Hazard Identification, Assessment and Control*. Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-397189-0.

## **Přílohy k metodickému pokynu**

### **Příloha č. 1: Metoda pro výběr zdrojů rizika**

# 1 Úvod

Tato metoda výběru zařízení s nebezpečnými látkami klasifikovanými jako toxické, hořlavé a výbušné, byla uveřejněna v holandské příručce pro kvantitativní analýzu *Guidelines for Quantitative Risk Assessment* (tzv. „Purple Book“), CPR-18E, aby byla do kvantitativní analýzy rizik byla vybrána ta zařízení, která nejvíce přispívají k riziku, které představuje daný podnik (v terminologii zákona „objekt“) s jeho zařízeními a nebezpečnými látkami. V úvodu se v příručce kromě jiného uvádí, že tato metoda je „metoda obecná a měla by být podle autorů tudíž chápána jen jako směrnice. Některá zařízení a nebezpečí mohou být neospravedlnitelně opominuta, jako např. zařízení pro nakládání a vykládání, spojovací potrubí uvnitř výrobních jednotek, konečné a vedlejší produkty procesů, látky tvořící se jako spaliny při požárech, spalné a reakční produkty neřízených reakcí apod. Proto uživatel této metody si této skutečnosti musí být vědom, a používat tuto metodu s přihlédnutím k těmto omezením, a v těchto případech uplatnit svůj logický úsudek a jiné doplňující metody dle potřeby“. Tato příručka se dá dále použít k výpočtu rizik pro vybrané zdroje rizika, protože uvádí další kroky řešení analýzy rizik.

Pro účely výběru jednotlivých jednotek/zařízení (zdrojů rizika) pro podrobnou analýzu rizik, která je založena na použití postupů kvantitativní analýzy rizik, je nutné analyzovaný objekt rozdělit na řadu tzv. „samostatných“ (technologických) jednotek/zařízení (zdrojů rizika). Kritériem pro definici „samostatné“ jednotky/zařízení je předpoklad, že porucha integrity pláště (obálky kontejnmentu – *loss of containment*) jedné jednotky/zařízení nezpůsobí významný únik látek z jiných jednotek/zařízení. Současně lze považovat dvě jednotky/zařízení za samostatné, pokud je možné oddělit (odpojit) je navzájem během velmi krátké doby po začátku události. Toto rozdělení je velice náročná a odpovědná záležitost a chybné provedení může výsledky následné analýzy silně ovlivnit.

Schéma metody výběru je na obr. č. 1 v kapitole 3 této přílohy. Jednotlivé kroky metody jsou následující:

## 2 Vyloučení určitých nebezpečných látek

Určité nebezpečné látky mohou být vyloučeny, jestliže je splněna alespoň jedna z následujících všeobecných podmínek.

### 2.1.1 Fyzikální stav (skupenství) nebezpečné látky

Nebezpečná látka je v pevném skupenství, takže jak za normálních podmínek, tak i za jakýchkoliv anomálních podmínek, které lze racionálně předvídat, nemůže únik hmoty nebo energie vyvolat nebezpečnou závažnou havárii.

### 2.1.2 Skladování a množství

Nebezpečné látky zabalené nebo uskladněné (uložené) takovým způsobem a v takovém množství, že maximální možný únik za jakýchkoliv okolností nemůže způsobit závažnou havárii.

### 2.1.3 Umístění a množství

Nebezpečné látky přítomné v takovém množství a v takové vzdálenosti od ostatních nebezpečných látek (v objektu nebo kdekoliv), že nemohou ani vyvolat nebezpečnou závažnou havárii, ani nemohou iniciovat závažnou havárii s jinými nebezpečnými látkami.

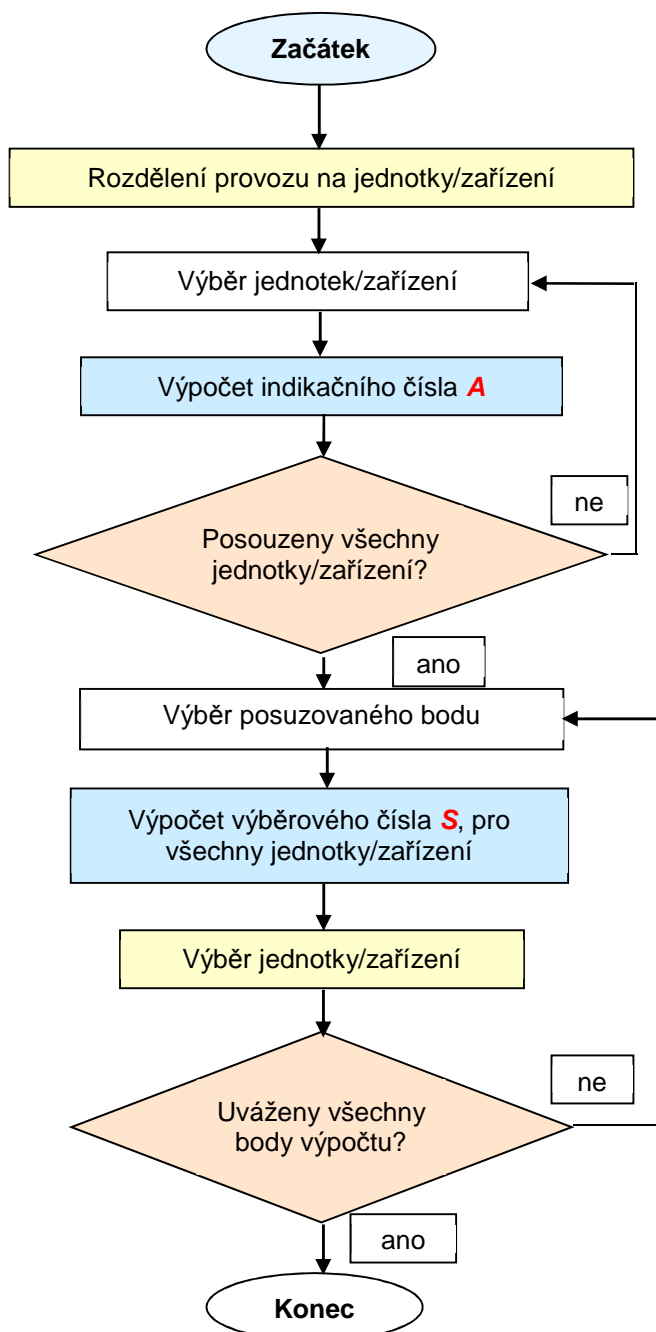
### 2.1.4 Klasifikace

Nebezpečné látky, které jsou klasifikovány jako nebezpečné podle všeobecné klasifikace, ale které nemohou způsobit závažnou havárii, a pro které je tudíž všeobecná klasifikace nepřiměřená.

### 3 Metoda výběru

Metoda výběru – odhalí všechny jednotky/zařízení, které významně přispívají k riziku, které představuje daný objekt s nebezpečnými látkami.

Obr. č. 1 Jednotlivé kroky metody výběru



## 4 Jednotlivé kroky metody výběru

Objekt se rozdělí na nezávislé jednotky/zařízení.

Nebezpečnost každé jednotky/zařízení se stanoví na základě množství nebezpečné látky, provozních podmínek a vlastností nebezpečných látek. Indikační číslo  $A$  vyjadřuje míru skutečné nebezpečnosti jednotky/zařízení.

Nebezpečnost jednotky/zařízení se stanovuje pro množinu bodů v okolí (na hranici) objektu. Nebezpečnost jednotky na jistou vzdálenost se stanoví na základě známého indikačního čísla a vzdálenosti mezi posuzovaným bodem a jednotkou/zařízením. Míra nebezpečí v posuzovaném bodě se odvodí z hodnoty výběrového čísla  $S$ .

Jednotky/zařízení jsou pro podrobnou analýzu rizika vybírány na základě relativní hodnoty výběrového čísla  $S$ .

### 4.1 Definování jednotky/zařízení v objektu/podniku

Důležitým kritériem pro definování „oddělených jednotek/zařízení“ je skutečnost, že únik obsahu jedné jednotky nevyvolá významný únik z jiné jednotky/zařízení.

V důsledku toho jsou dvě jednotky/zařízení považovány za dvě samostatné jednotky/zařízení tehdy, pokud mohou být v případě havárie od sebe odděleny ve velmi krátkém čase.

Rozlišují se dva různé typy jednotek/zařízení, tj. **procesní** a **skladovací** jednotky/zařízení.

Procesní jednotku/zařízení může tvořit několik zásobníků, potrubí a obdobná zařízení.

Skladovací jednotka/zařízení, jako je např. skladovací nádrž, je vždy uvažována samostatně/odděleně. Skladovací jednotky/zařízení bývají často vybaveny systémem recirkulace a výměníky tepla pro udržování skladovacích podmínek. Avšak zařízení je stále považováno za skladovací, ať už je takovým systémem vybaveno nebo není.

### 4.2 Výpočet indikačního čísla $A$

Skutečná nebezpečnost jednotky/zařízení je ovlivňována:

- množstvím přítomné nebezpečné látky,
- fyzikálními vlastnostmi a toxicitou nebezpečné látky,
- specifickými provozními podmínkami.

Indikační číslo  $A$  vyjadřuje míru skutečné nebezpečnosti zařízení:

$$A = \frac{Q \cdot O_1 \cdot O_2 \cdot O_3}{G}$$

kde:

- $Q$  množství nebezpečné látky přítomné v zařízení (kg),  
 $O_i$  faktory provozních podmínek (–), (odst. 4.2.2),  
 $G$  mezní hodnota (kg).



## 4.2.1 Množství přítomné nebezpečné látky Q

Množství nebezpečné látky (přítomné) v jednotce/zařízení je celkové množství nebezpečné látky obsažené v jednotce/zařízení; přitom je potřebné uvažovat s tvorbou žádoucích i nežádoucích nebezpečných látek v důsledku ztráty kontroly nad procesem.

### Používají se tato pravidla:

- Směsi a přípravky se dělí na dva základní typy
  - 1) nebezpečné látky v bezpečném rozpouštědle,  
Jestliže je nebezpečná látka rozpuštěna v bezpečném rozpouštědle, potom se bere v úvahu pouze množství nebezpečné látky. Jako příklady lze uvést amoniak ve vodě nebo chlorovodík ve vodě. Směsi a přípravky toxických látek se berou v úvahu pouze tehdy, jestliže jsou klasifikovány jako (velmi) toxické.
  - 2) směsi nebezpečných látek.  
Jestliže má směs různých nebezpečných látek svoje vlastní fyzikální, chemické a toxické vlastnosti, je potřeba ji posuzovat jako čistou látkou.
- Jestliže jsou nebezpečné látky uskladňovány v obalech po malých množstvích na jednom místě a je pravděpodobné, že může dojít k současnému úniku z mnoha obalů, potom je nutno uvažovat celkové množství nebezpečné látky skladované na jednom místě. Příkladem je skladování výbušnin nebo zábavné pyrotechniky (ohňostrojí) a únik toxických zplodin hoření při požáru.
- V případě toxických látek v pevném skupenství uvažujeme pouze množství respirabilního prachu, který by mohl být vdechnut. Nicméně je nutno uvažovat s možností požáru. Při požáru je ovzduší znečištěno zplodinami hoření a určitým množstvím neshořelých částic.
- Ve skladovacích nádržích mohou být po různou dobu skladovány různé nebezpečné látky. Jestliže je v objektu přepravováno velké množství různých nebezpečných látek, je vhodné klasifikovat tyto látky a použít „vzorovou nebezpečnou látku“ pro každou kategorii. Jestliže jedna nebezpečná látka tvoří podstatnou část celkového přepravovaného množství, potom musíme uvažovat takovou látku samostatně.

## 4.2.2 Faktory pro provozní podmínky $O_i$

Používají se tři různé faktory pro zahrnutí vlivu provozních podmínek.

Tab. č. 1 Typy faktorů pro provozní podmínky  $O_i$

$O_1$	faktor pro procesní jednotku/zařízení nebo pro skladovací jednotku/zařízení
$O_2$	faktor zohledňující umístění jednotky/zařízení
$O_3$	faktor zahrnující množství nebezpečné látky v plynném stavu po úniku v závislosti na provozní teplotě, normálním bodu varu, skupenství nebezpečné látky a teplotě okolí.

Faktory provozních podmínek se použijí pouze pro toxické a hořlavé látky. Pro výbušniny platí, že  $O_1 = O_2 = O_3 = 1$ .

#### 4.2.2.1 Faktor $O_1$

Faktor  $O_1$  zohledňuje typ jednotky/zařízení, zda je procesní nebo skladovací.

Tab. č. 2 Hodnoty faktoru  $O_1$

Typ	$O_1$
procesní (výrobní) jednotka/zařízení	1
skladovací jednotka/zařízení	0,1

#### 4.2.2.2 Faktor $O_2$

Faktor  $O_2$  zohledňuje umístění jednotky/zařízení a opatření proti šíření látek do okolí.

Tab. č. 3 Hodnoty faktoru  $O_2$

Umístění jednotky/zařízení	$O_2$
umístění vně budovy (na otevřeném prostoru)	1
umístění uvnitř budovy (v uzavřeném prostoru)	0,1
jednotka/zařízení umístěná v jímce a provozní teplota $T_p$ je menší než teplota normálního bodu varu zvýšená o 5 °C, tj. $T_p \leq T_{bv} + 5 \text{ °C}$	0,1
jednotka/zařízení umístěná v jímce a provozní teplota $T_p$ je vyšší než teplota normálního bodu varu $T_{bv}$ zvýšená o 5 °C, tj. $T_p > T_{bv} + 5 \text{ °C}$	1

#### Upozornění:

- V případě skladování je za provozní teplotu považována skladovací teplota.
- Uzavření jednotky/zařízení (vytvoření uzavřeného prostoru kolem jednotky/zařízení) zamezuje šíření nebezpečných látek do okolí. To vyžaduje, aby (a) uzavření zůstalo nepoškozené i po působení tlaků vyvolaných okamžitým uvolněním skladovaných nebezpečných látek, (b) uzavření by mělo významně snížit přímý únik do atmosféry. Pravidlo: jestliže uzavření omezí šíření do atmosféry na jednu pětinu, nebo když lze z uzavření únik přeměřovat do bezpečného vývodu, potom je jednotka/zařízení považována za uzavřenou. V ostatních případech se jedná o venkovní jednotku/zařízení.
- Jímka zamezuje šíření nebezpečné látky do okolí.
- Druhý plášť obalu navržený tak, aby zachytil kapalinu a odolával všem možným silám, se považuje za jímku, a proto  $O_2 = 0,1$ .  
Faktor 0,1 se použije také pro: atmosférické zásobníky s dvojitým kontejnmentem (obálka zařízení) [double containment atmospheric tanks], atmosférické zásobníky s plným kontejnmentem [full containment atmospheric tanks], podzemní atmosférické zásobníky [in-ground atmospheric tanks] a pro nadzemní zasypané atmosférické zásobníky [mounded atmospheric tanks].

### 4.2.2.3 Faktor $O_3$

Faktor  $O_3$  zahrnuje vliv provozních podmínek a vyjadřuje množství nebezpečné látky, které bude po úniku v plynné fázi.

Tab. č. 4 Hodnoty faktoru  $O_3$

Skupenství	$O_3$
nebezpečná látka je v plynném skupenství	10
nebezpečná látka je v kapalném skupenství	
tlak nasycených par při provozní teplotě $\geq 3$ bary	10
tlak nasycených par při provozní teplotě je 1 až 3 bary	$X + \Delta$
tlak nasycených par při provozní teplotě $< 1$ bar	$P_i + \Delta$
nebezpečná látka je v pevném skupenství	0,1

#### Upozornění:

- V případě skladování je za provozní teplotu považována skladovací teplota.
- Uváděné tlaky jsou absolutní.
- Faktor  $X$  lineárně vzrůstá od 1 do 10 podle toho, jak tlak nasycených par při provozní teplotě  $P_{sat}$  roste od 1 do 3 barů. Do vztahu pro  $X$  se hodnota  $P_{sat}$  dosazuje v barech.

$$X = 4,5 \cdot P_{sat} - 3,5$$

- $P_i$  je parciální tlak nebezpečné látky (složky) nad roztokem této nebezpečné látky (složky) v „bezpečném rozpouštědle“ (v barech) při provozní teplotě.
- Jestliže je nebezpečná látka ve skupenství kapalném, potom se přičítá hodnota  $\Delta$  jako přírážka na vypařování následkem tepelného toku z okolí do uniklé kapaliny. Hodnota  $\Delta$  (viz tabulka pro  $\Delta$ ) závisí na normálním bodu varu  $T_{bv}$ .

Tab. č. 5 Přírážka  $\Delta$  zohledňující odpařování z povrchu kaluže

Normální bod varu	Přírážka $\Delta$
$-25 \text{ °C} \leq T_{bv}$	0
$-75 \text{ °C} \leq T_{bv} < -25 \text{ °C}$	1
$-125 \text{ °C} \leq T_{bv} < -75 \text{ °C}$	2
$T_{bv} < -125 \text{ °C}$	3

Pro směsi nebezpečných látek se jako  $T_{bv}$  použije teplota, při které oddestiluje 10 % směsi.

- Pro nebezpečné látky s bezpečnými rozpouštědly se použije parciální tlak nebezpečné látky (složky) při provozní teplotě (místo hodnoty tlaku nasycených par). Faktor  $X$  lineárně narůstá od 1 do 10, což odpovídá nárůstu parciálního tlaku nebezpečné látky za provozní teploty od 1 do 3 bar.
- Faktor  $O_3$  nabývá hodnot v rozmezí 0,1 – 10.

## 4.2.3 Mezní hodnota **G**

Mezní hodnota **G** je mírou nebezpečnosti nebezpečné látky stanovená na základě:

- fyzikálních vlastností,
- údajů o toxicitě/výbušnosti /hořlavosti nebezpečné látky.

### 4.2.3.1 Mezní hodnota pro toxické látky

Pro toxické látky se mezní hodnota stanovuje na základě koncentrace **LC<sub>50</sub>** (rat, inh, 1 h) a skupenství při teplotě 25 °C (viz tabulka).

#### Upozornění:

- Skupenství látky (plyn, kapalina a pevná látka) se uvažuje při teplotě 25 °C. Pro kapaliny platí následující rozdělení:  
kapalina (L) má teplotu normálního bodu varu  $T_{bv}$  mezi 25 °C a 50 °C,  
kapalina (M) má teplotu normálního bodu varu  $T_{bv}$  mezi 50 °C a 100 °C,  
kapalina (H) má teplotu normálního bodu varu  $T_{bv}$  vyšší než 100 °C.
- **LC<sub>50</sub>** (rat, inh, 1h) je koncentrace **LC<sub>50</sub>** pro krysou stanovená inhalační metodou při jednodinové expozici. Tyto hodnoty pokud nejsou uvedeny v bezpečnostních listech příslušných nebezpečných látek, je třeba použít databáze nebezpečných látek.
- Mezní hodnoty se stanoví podle následující tabulky.

Tab. č. 6 Mezní hodnota **G** pro toxické látky

<b>LC<sub>50</sub> (rat, inh, 1 h)</b> <b>[mg·m<sup>-3</sup>]</b>	<b>skupenství při 25 °C</b>	<b>Mezní hodnota (kg)</b>
LC < 100	Plyn	3
	Kapalina (L)	10
	Kapalina (M)	30
	Kapalina (H)	100
	Pevná látka	300
100 < LC ≤ 500	Plyn	30
	Kapalina (L)	100
	Kapalina (M)	300
	Kapalina (H)	1000
	Pevná látka	3000
500 < LC ≤ 2000	Plyn	300
	Kapalina (L)	1000
	Kapalina (M)	3000
	Kapalina (H)	10 000
	Pevná látka	∞
2000 < LC ≤ 20 000	Plyn	3000
	Kapalina (L)	10 000
	Kapalina (M)	∞
	Kapalina (H)	∞
	Pevná látka	∞

LC > 20 000	všechna skupenství	∞
-------------	--------------------	---

#### 4.2.3.2 Mezní hodnota pro hořlavé látky

Mezní hodnota pro hořlavé látky je 10 000 kg.

##### Poznámka:

Pro účely metody výběru jsou hořlaviny definovány jako látky, jejichž provozní teplota je rovna nebo je vyšší než bod vzplanutí.

(Bod vzplanutí se stanovuje použitím Abel-Penskeho přístroje, pokud je bod vzplanutí  $\leq 65$  °C a přístrojem Pensky–Martense pro body vzplanutí vyšší než 65 °C.)

#### 4.2.3.3 Mezní hodnoty pro výbušné látky

Mezní hodnota pro výbušné látky je takové množství látky (v kg), které uvolní ekvivalentní množství energie jako **1 000 kg TNT** (energie exploze 4 600 kJ/kg).

#### 4.2.4 Výpočet indikačního čísla $A_i$

Indikační číslo  $A_i$ , jednotky/zařízení obsahující nebezpečnou látku  $i$  se stanoví ze vztahu:

$$A_i = \frac{Q_i \cdot O_1 \cdot O_2 \cdot O_3}{G_i}$$

kde:

- $Q_i$  množství nebezpečné látky  $i$  přítomné v jednotce/zařízení (kg),
- $O_1$  faktor typu jednotky/zařízení, procesní nebo skladovací (–),
- $O_2$  faktor umístění jednotky/zařízení, vnitřní, v jímce nebo vnější
- $O_3$  faktor provozních podmínek (–)
- $G_i$  mezní množství nebezpečné látky  $i$  (kg).

Pro výbušniny platí  $O_1 = O_2 = O_3 = 1$ , a proto:

$$A = \frac{Q}{G}$$

##### Upozornění:

1. V **jediné jednotce/zařízení** se mohou vyskytovat **různé nebezpečné látky** za různých provozních podmínek. V takovém případě se indikační číslo,  $A_{i,p}$ , stanovuje pro každou nebezpečnou látku  $i$  a pro všechny provozní podmínky  $p$ .

Indikační číslo  $A$  pro jednotku/zařízení se stanoví jako součet všech indikačních čísel  $\sum_{i,p} A_{i,p}$ .

Tento součet se stanovuje odděleně pro tři různé skupiny nebezpečných látek, jmenovitě: hořlavé ( $A^F$ ), toxické ( $A^T$ ) a výbušné ( $A^E$ ).

$A^T = \sum_{i,p} A_{i,p}$ , součet indikačních čísel všech toxických látek při všech provozních podmínkách,

$A^F = \sum_{i,p} A_{i,p}$ , součet indikačních čísel všech hořlavých látek při všech provozních podmínkách,

$A^E = \sum i, p A_{i,p}$ , součet indikačních čísel všech výbušných látek při všech provozních podmínkách.

Posuzovaná jednotka/zařízení tak může mít až tři indikační čísla.

### Poznámka:

Jestliže nebezpečná látka náleží současně k více skupinám nebezpečných látek, indikační číslo se počítá pro každou skupinu zvlášť. Například, jestliže je nebezpečná látka jak toxická, tak i hořlavá, stanovují se dvě indikační čísla,  $A_{i,p}$ :

$A_{i,p}^T$  pro nebezpečnou látku jako toxickou mající celkové množství  $Q_i$  a mezní hodnotu  $G^T$ , odpovídající toxickým vlastnostem nebezpečné látky

$A_{i,p}^F$  pro nebezpečnou látku jako hořlavou mající celkové množství,  $Q_i$ , a mezní hodnotu pro hořlaviny  $G_i^F = 10\ 000$  kg.

## 4.3 Výpočet výběrového (selektivního) čísla $S$

Selektivní číslo  $S$  – vyjadřuje míru nebezpečnosti jednotky/zařízení vůči jinému posuzovanému místu ve vzdálenosti  $L$ , a stanoví se **násobením** indikačního čísla jednotky/zařízení  $A$  faktorem:

$\left(\frac{100}{L}\right)^2$  pro toxické látky

$\left(\frac{100}{L}\right)^3$  pro hořlavé a výbušné látky.

kde:

$L$  – vzdálenost od jednotky/zařízení k posuzovanému místu v metrech, přičemž minimální vzdálenost je 100 m.

Jediná jednotka/zařízení může mít tři různá selektivní čísla:

$S^T = \left(\frac{100}{L}\right)^2 \cdot A^T$  pro toxické látky,

$S^F = \left(\frac{100}{L}\right)^3 \cdot A^F$  pro hořlavé látky,

$S^E = \left(\frac{100}{L}\right)^3 \cdot A^E$  pro výbušniny.

Selektivní číslo se stanovuje:

- pro celou hranici objektu, i když objekt hraničí s podobným objektem;
- jestliže je objekt ohraničen vodní hladinou, selektivní číslo musí být stanoveno pro body na protějším břehu vůči objektu;

- kromě výpočtů v bodech na hranicích objektu musí být selektivní číslo  $S$  stanoveno pro každou jednotku/zařízení i v bodech obytného pásma, existujícího nebo plánovaného, nejbližše jednotce/zařízení.

#### 4.4 Výběr jednotek/zařízení

Jednotka/zařízení (zdroj rizika) je vybrána do podrobné analýzy rizika, jestliže je:

- selektivní číslo jednotky/zařízení v určitém bodě na hranici objektu (nebo na břehu řeky proti objektu) větší než jedna a větší než 50 % maximálního selektivního čísla v posuzovaném bodě

nebo

- selektivní číslo jednotky/zařízení je větší než jedna v místě obydlené oblasti (existující nebo plánované), nejbližším k jednotce/zařízení.

##### **Upozornění:**

Následky úniku toxických látek se projeví na větší vzdálenosti, než je tomu při úniku hořlavých látek. Pokud byly vybrány pouze jednotky/zařízení s hořlavými látkami a selektivní číslo jednotek/zařízení s toxickými látkami je stejného řádu jako maximální selektivní číslo, potom je nutné uvažovat i jednotku/zařízení s toxickými látkami.

## Příloha č. 2: Iniciační události pro posouzení rizika

**Tlakové stacionární zásobníky a nádoby: zásobníky, procesní nádoby (v nádobě dochází ke změně fyzikálních vlastností látky), reaktorové nádoby (v nádobě dochází k chemické změně látek), tlakové láhve na plyny:**

- jednorázový únik veškerého množství nebezpečné látky (dále jen „NL“),
- kontinuální únik veškerého množství NL během 10 minut konstantní rychlostí,
- kontinuální únik NL otvorem o efektivním průměru 10 mm.

**Atmosférické stacionární zásobníky a nádoby: nadzemní nádoby a zásobníky s jednoduchým pláštěm a dalšími variantami vnějšího pláště, podzemní zásobníky, zasypané zásobníky:**

- jednorázový únik veškerého množství NL: (a) přímo do atmosféry, (b) do neporušené druhé nádoby či vnějšího pláště,
- kontinuální únik veškerého množství NL během 10 minut konstantní rychlostí: (a) přímo do atmosféry, (b) do neporušené druhé nádoby či vnějšího pláště,
- kontinuální únik NL otvorem o efektivním průměru 10 mm: (a) přímo do atmosféry, (b) do neporušené druhé nádoby či vnějšího pláště.

**Nadzemní potrubí:**

- výtok NL z obou stran roztrženého potrubí (plný průměr potrubí),
- výtok NL z otvoru o efektivním průměru 10 % jmenovitého průměru potrubí, max. 50 mm.

**Čerpadla:**

- výtok NL z obou stran roztrženého potrubí (plný průměr největšího připojeného potrubí),
- výtok NL z otvoru o efektivním průměru 10 % jmenovitého průměru největšího připojeného potrubí, max. 50 mm.

**Trubkové výměníky tepla:**

**výměníky tepla, kde NL je vně trubek:**

- jednorázový únik veškerého množství NL,
- kontinuální únik veškerého množství NL během 10 minut konstantní rychlostí,
- kontinuální únik NL otvorem o efektivním průměru 10 mm,

**výměníky tepla, kde NL je uvnitř trubek, s vnějším pláštěm, jehož konstrukční tlak je vyšší než nebo rovný maximálně se vyskytujícímu tlaku NL uvnitř trubek:**

- současné roztržení 10 trubek, výtok NL z obou stran roztržení,



**výměníky tepla, kde NL je uvnitř trubek, s vnějším pláštěm, jehož konstrukční tlak je nižší než maximálně se vyskytující tlak NL uvnitř trubek:**

- současné roztržení 10 trubek, výtok NL z obou stran roztržení,

**roztržení 1 trubky:**

- výtok NL z obou stran roztržené trubky,
- výtok NL z otvoru o efektivním průměru 10 % jmenovitého průměru trubky, max. však 50 mm.

**Pojistné zařízení tlaku (pojistné ventily) v případě, kdy otevření pojistného zařízení má za následek únik NL pouze v tom případě, je-li takové zařízení v přímém styku s NL a otevírá-li se přímo do atmosféry:**

- výtok NL při maximální výtokové rychlosti.

**Skladiště NL:**

- při manipulaci se zabaleným zbožím – pevné látky: rozptýlení obsahu skladované jednotky ve formě vdechovatelného prachu,
- při manipulaci se zabaleným zbožím – kapalné látky: rozlití celého obsahu skladované jednotky zboží,
- emise neshořelých toxických NL a toxických produktů hoření.

**Skladování výbušnin:**

- detonace skladovaného množství NL ve skladu,
- požár ve skladu.

**Silniční a železniční cisterny (tlakové i atmosférické) v objektu:**

- jednorázový únik veškerého množství NL
- kontinuální únik NL otvorem o velikosti největšího připojení, pokud je cisterna naplněna (i jen částečně) kapalinou, výtok je modelován jako výtok kapalné fáze největší přípojky pro kapalinu,
- roztržení stáčecí/plnicí hadice, kdy dochází k výtoku NL z obou konců roztržené hadice (roztržení o plném průměru),
- výtok NL z otvoru ve stáčecí/plnicí hadici o efektivním průměru 10 % jmenovitého průměru, max. 50 mm,
- výtok NL z obou konců roztrženého stáčecího/plnicího ramene (roztržení o plném průměru),
- výtok NL z otvoru ve stáčecím/plnicím rameni o efektivním průměru 10 % jmenovitého průměru, max. 50 mm,
- vnější náraz do cisterny,

- požár pod cisternou – modeluje se jako jednorázový únik veškerého množství NL z cisterny.

### **Přeprava tlakových lahví v objektu**

- uvážit možnost domino efektu.

Tento přehled zahrnuje základní zařízení v objektu. Pokud se vyskytnou specifická zařízení, pak v zásadě je třeba uvážit vždy tyto iniciační události: jednorázový únik veškerého množství NL, kontinuální únik veškerého množství NL během 10 minut konstantní rychlostí a kontinuální únik NL otvorem o efektivním průměru 10 mm.

## Příloha č. 3 Probitová funkce

Probitová funkce je definována jako druh modelové závislosti dávka – následek vyjádřený rovnicí typu

$$Pr = a + b \cdot \ln \cdot D$$

kde za předpokladu normálního rozložení náhodných veličin, které model bere v úvahu, představuje **D** dávku a konstanty **a**, **b** reprezentují podmínky stanovené pro platnost závislosti. Dávka **D** je pro různé typy účinků definována různě (viz dále). Výsledná pravděpodobnost specifického následku (obvykle úmrtí, ale existují probitové funkce i pro jiné případy) je poměrně komplikovaný přepočít ze stanovené číselné hodnoty **Pr** probitové funkce. Příručka [1] uvádí následující vztah pro pravděpodobnost **P** specifického následku,

$$P = 0,5 \cdot x \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{Pr - 5}{\sqrt{2}} \right) \right]$$

kde „*erf*“ je chybová funkce ve tvaru:

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} \cdot dt$$

V diskrétních hodnotách (desítky a jednotky procent) lze závislost pravděpodobnosti **P** specifického následku na hodnotě **Pr** probitové funkce vyjádřit i formou tabulky dle funkce  $P = f(Pr)$ , která je uvedena níže, nebo grafu, zobrazujícím závislost  $P = f(D)$ .

Tabulka: Odečet závislosti pravděpodobnosti na probitu dle funkce  $P = f(Pr)$  [Purple Book]

<b>P [%]</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33

## Příloha č. 4: Kritéria a limitní hodnoty

### Kritéria a limitní hodnoty pro působení tepelných účinků na člověka

Tepelná dávka v případě konstantní intenzity tepelné radiace teoreticky představuje součin intenzity tepelné radiace  $I$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] a doby expozice  $t$  [s], vyjádřená obecně rovnicí  $D = I \cdot t$ . V bezpečnostně technické praxi se většinou používá empiricky podložený vztah, kdy do rovnice je zaveden exponent intenzity tepelné radiace, který zahrnuje řadu reálných vlivů. Obecná rovnice pro tepelnou dávku v případě konstantní intenzity tepelné radiace pak má tvar  $D = I^n \cdot t$ , kde exponent  $n$  je obvykle vyjádřen hodnotou  $4/3$ . Obecná rovnice pro tepelnou dávku v případě intenzity tepelné radiace proměnlivé s časem má tvar  $D = \int I^{4/3}(t) \cdot dt$  (v integračních mezích expoziční doby  $t$ ). V literatuře existují četné tabulky s limitními hodnotami intenzity tepelné radiace a doby expozice nebo také tepelné dávky (vyjádřené oběma způsoby), kterým odpovídá určitý stupeň zasažení příjemce od počátku bolestivosti až po smrt. Co se týče tabelárních explicitních limitních hodnot, většinou původní zdroje jsou obtížně dohledatelné a použití těchto hodnot je omezené.

Probitové funkce zpracované pro tepelnou radiaci bývají obvykle definovány pro úmrtnost, i pro jiné druhy účinku (popáleniny prvního nebo druhého stupně). Probitová funkce obecně formulovaná pro účinek tepelné radiace (resp. tepelné dávky) je ve tvaru:

$$Pr = a + b \cdot \ln \left( I^{4/3} \cdot t \right)$$

kde:

$Pr$	probitová funkce [-]
$a, b$	regresní konstanty [-]
$I$	intenzita tepelné radiace [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]
$t$	doba expozice [s]

Existují probitové funkce s různými hodnotami regresních konstant na základě získaných dat (havárie, experimenty, vojenské údaje) a uvážení různých předpokladů či podmínek, např. vliv ochrany člověka oděvem.

Příručka „Purple Book“ pro pravděpodobnost úmrtí následkem expozice tepelnou radiací uvádí probitovou funkci ve tvaru:

$$Pr = -36,38 + 2,56 \cdot \ln \left( I^{4/3} \cdot t \right)$$

Příručka „Purple Book“ pro modelování následků požárů používá tato kritéria: co se týče bleskového požáru (*Flash Fire*), pak lidé, kteří jsou uvnitř požáru (v hranicích DMV v okamžiku vznícení), bez ohledu zda jsou uvnitř nebo vně budov, všichni zahynou. Pro požáry typu ohnivá koule (*Fireball*), tryskový požár (*Jet Fire*) a požár kaluže (*Pool Fire*) platí totéž, ohledně přítomnosti lidí uvnitř požáru; pokud nejsou uvnitř požáru, pak při hodnotě hustoty tepelného toku rovné nebo větší než  $35 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$  zahynou všichni uvnitř i mimo budovy; pokud je hustota tepelného toku menší než uvedená limitní hodnota, pak lidé uvnitř přežijí a pravděpodobnost úmrtí mimo budovy je funkcí tepelné dávky a počítá se pomocí probit funkce. Pro výpočet společenského rizika se předpokládá, že vně budov jsou lidé chráněni před tepelnou radiací oděvem tak dlouho, dokud nevzplane. Z tohoto důvodu se použije faktor 0,14, kterým se násobí vypočtená pravděpodobnost úmrtí pomocí probit funkce. Pro výpočet individuálního rizika se tato korekce nepoužívá. Doba expozice je

omezena maximálně 20 sekundami, protože se předpokládá, že lidé mohou utéci do 20 s na bezpečné místo. Při havárii typu *Fireball* je doba expozice dána dobou trvání této ohnivé koule.

### Kritéria a limitní hodnoty pro působení účinků tlakové vlny na člověka

V rámci obecné úvahy pro odhad následků na stanovené příjemce při obdržení expoziční dávky, kdy je příjemce vystaven působení danému účinku po určitou expoziční dobu, lze teoreticky „dávku“ absorbovanou organizmem při působení výbuchového přetlaku  $\Delta p$  chápat jako impuls  $I_p$ , který je vyjádřen rovnicí:

$$I_p = \int \Delta p(t) \cdot dt \quad (\text{v integračních mezích „expoziční“ doby } t)$$

Vzhledem k tomu, že „expoziční doba“ je určena již samotným výbuchovým dějem a je velmi krátká (do 1 sekundy), je jednodušší a co se týče přesnosti v praxi dostačující, charakterizovat účinek přímo pomocí přetlaku. V literatuře existují pak tabulky obsahující informace o prahových hodnotách přetlaku pro konkrétní poškození lidského organismu.

V této oblasti existuje řada vyjádření probitových funkcí pro poškození různých orgánů člověka, které v různé míře postihují konkrétní vlivy při vzniku výbuchu, jak přímé vlivy působením přetlaku (hlavně prasknutí ušních bubínků a poranění plic), tak nepřímé vlivy (působení destrukce budov, letící trosky a odhození člověka na překážku).

Příručka „*Purple Book*“ pro modelování následků výbuchu oblaku par nebo plynů (VCE) používá tato kritéria: Pokud je přetlak výbuchové vlny větší než 30 kPa, všichni lidé zahynou, bez ohledu zda jsou nebo nejsou uvnitř budov. Pokud je přetlak výbuchové vlny větší než 10 kPa, pak ti, co jsou venku, přežijí. Pro lidi uvnitř budov se uvádí, že pravděpodobnost úmrtí je 0,025. Při nižších hodnotách přetlaku se uvažuje, že přežijí všichni lidé.

Mechanismu výbuchové přeměny kromě výbušných plynných systémů (směsi hořlavých plynů nebo par se vzduchem o koncentraci plynu nebo par v mezích výbušnosti) mohou podléhat také výbušné disperzní systémy, což jsou hořlavé aerosoly nebo směsi prachů se vzduchem o koncentraci hořlavé složky v mezích výbušnosti. Dále se jedná o výbušniny, tj. kondenzované (pevné, příp. kapalné) chemické systémy, které obsahují současně složku hořlavou i složku oxidační. Metodický pokyn nedoporučuje v tomto případě explicitní hodnoty přetlaku či některou probitovou funkci; je na uživateli, jakým způsobem tento typ nebezpečných látek vyhodnotí. Je třeba také uvážit, že pro oblast výbušnin existují další právní předpisy báňské legislativy, které tuto oblast upravují.

### Kritéria a limitní hodnoty pro působení toxických účinků

Pro vyjádření akutní inhalační toxicity plynů a par se používá stanovených koncentrací nebezpečné látky  $C$  (obvykle vyjádřených v jednotkách  $[\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}]$  nebo  $[\text{ppm}]$ ), které způsobují v dané expoziční době u procentuálního podílu zasažených jedinců specifický účinek. Přijatá toxická dávka  $D$  (obvykle vyjádřenou v jednotkách  $[\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}]$  nebo  $[\text{ppm} \cdot \text{min}]$ ) lze obecně vyjádřit  $D = C^n \cdot t$ , pokud koncentrace  $C$  je konstantní během doby expozice  $t$ , pro časově závislou koncentraci nebezpečné látky pak rovnicí  $D = \Delta C^n \cdot (t) \cdot dt$  (v integračních mezích expoziční doby  $t$ ). Exponent  $n$  je empirická konstanta charakteristická pro příslušnou toxickou látku, která obecně zahrnuje místní účinky, regeneraci a exkreci látky z organismu, a podle okolností se v konkrétních případech pohybuje v rozmezí 0,6 – 3,0. Pro vyjádření perorální toxicity se přijatá dávka vyjadřuje v  $[\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}]$ , tedy v miligramech látky na 1 kilogram tělesné hmotnosti jedince. Zásadním problémem vyjádření specificky účinné koncentrace nebo dávky je skutečnost, že tyto

hodnoty jsou vztaženy k testovaným laboratorním zvířatům. Přepočet těchto hodnot na člověka je velmi obtížný a pro vysoce ohrožující až smrtelné dopady na člověka jsou tyto hodnoty prakticky nedostupné. Existují rozmanité účinky (např. podráždění, dušení, slepota, poškození smyslových orgánů, smrt) a rozmanité stupně odezvy jednotlivců v typické populaci.

V praxi pro účely předpovědi účinků, resp. ochrany člověka, byla zavedena řada limitních (prahových) hodnot pro definované následky na lidské zdraví vlivem toxické látky při stanovené expoziční době, která je obvykle v rozmezí od 10 minut až do 8 hodin, a to ve třech stupních: stupeň 1, který představuje nepatrné riziko, nepohodlí, mírné dráždění příp. bolest; stupeň 2, který vyžaduje nutnost lékařského ošetření a vážné až trvalé účinky na zdraví; stupeň 3, který představuje trvalé zneschopnění, vážné ohrožení na životě a pravděpodobně smrt. Lze ještě definovat stupeň 0, který se týká úrovně smyslového vnímání. Používají se různé limitní (prahové) hodnoty pro různé účely (hygienické limity pro pracovní prostředí, environmentální limity, limity pro havarijní a územní plánování), např. AEGL, ERPG, IDLH, DTL, EEI, LC<sub>50</sub>, LC1, LD<sub>50</sub>, SEL, SEI, TEEL, AETL a jiné.

Probitová funkce pro případ toxicity na základě obecně vyjádřené dávky  $D$ , nebo na základě koncentrace  $C$  a expoziční doby  $t$  má tvary

$$Pr = a + b \cdot \ln D \text{ nebo } Pr = a + b \cdot \ln(C^n \cdot t)$$

kde:

$Pr$	probitová funkce [-]
$a, b, n$	konstanty popisující toxicitu látky [-]
$C$	koncentrace [ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]
$t$	doba expozice [min]

Příručka „Purple Book“ pro modelování následků pro člověka působením toxického oblaku používá tato kritéria: Pravděpodobnost úmrtí se počítá pomocí funkce probit, při výběru tvaru rovnice je třeba uvážit, zda koncentrace toxické látky je nebo není konstantní během expoziční doby. Expoziční doba je omezena na dobu maximálně 30 minut, počínaje okamžikem příchodu oblaku; příchod oblaku může být definován jako okamžik, kdy pravděpodobnost úmrtí přesáhne 1 %. Pokud jsou lidé v době havárie v budově, pak vzhledem k tomu, že pobyt v budově redukuje toxickou dávku (koncentrace toxické látky v budově je v daném čase pohybu oblaku okolím budovy nižší než venku), je použit buď generický faktor 0,1 pro podíl obyvatel, kteří zahynou uvnitř budov nebo lze použít rychlost obměny vzduchu v obydlených k výpočtu dávky uvnitř budov a podílu obyvatel, kteří zahynou uvnitř budov (blíže viz „Purple Book“). V denní době se předpokládá, že 7 % lidí je mimo budovy, v noci je to pouze 1 %. Co se týče hodnot konstant popisujících toxicitu látky  $a$ ,  $b$  a  $n$  jsou pro některé chemické látky uvedeny v „Purple Book“, popř. v jiné odborné literatuře (vždy uvést příslušnou probitovou funkci a zdroj dat).

Při hodnocení následků požárů je také třeba ocenit nebezpečí plynoucí ze vzniku toxických spalin. Nebezpečnost je obecně závislá na chemickém složení nebezpečné látky, rychlosti hoření, která určuje rychlost úniku vzniklých zplodin, a na meteorologických podmínkách. U některých typů požárů ji není třeba uvažovat, např. u otevřených požárů velkých ploch s rychlou výměnou plynů nebo naopak u plošně malých požárů. V těchto případech se jedná pouze o lokální nebezpečí pro zasahující složky při havárii.

---

**Kritéria a limitní hodnoty pro následky na složky životního prostředí**

Pro odhad následků identifikovaných scénářů závažných havárií na životní prostředí v současné době neexistují doporučená kritéria a limitní hodnoty pro následky na půdu, spodní vody a povrchové vody.

**Kritéria a limitní hodnoty pro odhad následků na majetek**

Pro odhad následků identifikovaných scénářů závažných havárií na majetek se uvedou relevantní použitá kritéria a limitní hodnoty, které se odvozují z hodnot zjištěných a uváděných následků tepelného toku/tepelné expozice a hodnot přetlaku na zařízení, budovy, různé materiály, event.. i při uvážení jejich ochrany. Tyto hodnoty jsou uvedeny v literatuře a jsou založeny na empirických údajích z různých havárií, experimentů a vojenských údajů.

**Kritéria a limitní hodnoty pro odhad následků různého působení na zvířata**

Pro odhad následků identifikovaných scénářů závažných havárií na zvířata nejsou stanovena kritéria a limitní hodnoty pro působení toxických účinků, tepelných účinků a účinků tlakové vlny. Toto je nutno řešit případ od případu za pomoci vyhledání relevantních údajů, pokud existují. Aplikovat podobná kritéria a limitní hodnoty pro člověka není podloženo.

## Příloha č. 5: Meteorologická data – větrná růžice

Vypracování bezpečnostních dokumentů musí vycházet z aktuálních informací o objektu a jeho okolí, o přítomných nebezpečných látkách, o způsobu nakládání s nebezpečnými látkami a dalšími potřebnými údaji (aktuální větrná růžice pro danou lokalitu, stavby, počty obyvatelstva a pravděpodobnost přítomnosti obyvatel, hustota dopravy, životní prostředí, apod.) a doložit zdroj těchto informací.

**Aktuální větrná růžice** je jednou z informací týkající se meteorologických charakteristik pro danou lokalitu a používá se pro určení rychlosti rozptylu nebezpečných látek v atmosféře v rámci odhadu následků úniků nebezpečných látek a pravděpodobnosti směru šíření jejich oblaku pro různé scénáře postihující některé fyzikální jevy. Větrná růžice zahrnuje údaje o poli proudění větru ve výšce 10 m nad zemí, charakterizované relativní četností pro 3 průměrné rychlosti větru v 8 směrech světových stran ve stanovených třídách stability atmosféry. Tabulka je doplněna grafickým zobrazením této četnosti větrů. Stabilita atmosféry může být vyjádřena různými způsoby.

Pasquill [1] definoval 6 tříd stability – A, B, C, D, E, F, G – nyní nazývané **atmosférické třídy stability podle Pasquill-Gifford-Turnera (PGT)**. Toto je nejvíce rozšířená klasifikace. Názvy tříd jsou [v závorkách jsou české ekvivalenty podle Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ)]: A - extremely unstable conditions (silně instabilní), B - moderately unstable conditions (středně instabilní), C - slightly unstable conditions (mírně instabilní), D - neutral conditions (neutrální), E - slightly stable conditions (mírně stabilní), F - moderately stable conditions (středně stabilní).

V České republice se pro výpočty znečištění ovzduší [2] používá klasifikace podle Bubníka, která se liší od klasifikace PGT počtem tříd i charakteristikou stability atmosféry. Tato klasifikace se uvádí dnes jako **atmosférické třídy stability podle Bubníka-Koldovského (BK)** a má 5 tříd stability: I - velmi stabilní, II - stabilní, III - izotermní, IV - normální, V - konvektivní.

Podle [3] dělení na třídy stability podle BK a PGT se nedělí podle stejných parametrů. Třídy stability podle BK se dělí podle teplotního gradientu; třídy stability podle PGT se dělí v závislosti na zenitovém úhlu, oblačnosti (slunečním svitu) a výšce základny oblačnosti (viz [4]).

Pro modelování následků se používají různé softwarové produkty a záleží, jakou klasifikaci stability atmosféry používají. Pokud analytik použije model, resp. algoritmus řešení disperze založený na PGT klasifikaci, musí také použít větrnou růžici, která obsahuje 6 tříd stability podle PGT. ČHMÚ dodává na základě objednávky větrnou růžici vytvořenou programem CALMETIntegrator se 6 třídami stability A až F pro průměrné rychlosti větru (v závorce je rozpětí rychlosti větru v dané skupině) 1,7 (rozmezí 0–2,5 včetně); 5 (2,5–7,5 včetně) a 11 (nad 7,5) m/s pro 8 směrových světových stran.

**Provozovatel pro účely aktualizace bezpečnostní dokumentace podle nového zákona o prevenci závažných havárií s účinností od 1. 10. 2015 by měl mít k dispozici od ČHMÚ aktualizovanou větrnou růžici s klasifikací PGT, která je nutná v rámci použití softwarových nástrojů vyžadujících tuto klasifikaci. Pokud tomu tak není, pak by měl tuto situaci řešit v přiměřeně lhůtě po dohodě s krajským úřadem.**



---

## Literatura

1. PASQUILL, F. The Estimation of the Dispersion of Windborne Material. *Meteorology Magazine*. 1961, č. 90, s. 33–49.
2. BUBNÍK, Jiří; KEDER, Josef; MACOUN, Jan; MAŇÁK, Jan. SYMOS'97. Systém modelování stacionárních zdrojů. Metodická příručka. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 1998. 65 s. ISBN 80-85813-55-6. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: [http://knc.czu.cz/~vachm/ovzdusi/ovzd\\_zak/symos\\_A4.pdf](http://knc.czu.cz/~vachm/ovzdusi/ovzd_zak/symos_A4.pdf)
3. Sdělení ČHMÚ, 12. 2. 2016
4. Pasquill Stability Classes [online]. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration): ARL (Air Resource Laboratory) [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: <https://www.ready.noaa.gov/READYpgclass.php>