

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
Fakulta strojního inženýrství  
Ústav procesního a ekologického inženýrství

**Ing. Dagmar Rychlíková (roz. Doskočilová)**

**IDENTIFIKACE A HODNOCENÍ RIZIKA TRANSPORTU  
A SKLADOVÁNÍ OLEJE PRO VÝROBU SAZÍ**

**THE RISK ASSESSMENT FOR CARBON BLACK OIL PROCESSING**

ZKRÁCENÁ VERZE PH.D. THESIS

*Obor:* Konstrukční a procesní inženýrství  
*Školitel:* prof. Ing. František BABINEC, CSc.  
*Oponenti:* prof. Ing. Bořivoj Groda, CSc.  
doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Dr. Ing. Aleš Bernatík

*Datum obhajoby:* 30. 6. 2003

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

olej pro výrobu sazí, riziko, hodnocení rizika, F&EI, CEI, HAZOP, environmentální riziko

## **KEY WORDS**

carbon black oil, risk, risk assessment, F&EI, CEI, HAZOP, environmental risk assessment

## **MÍSTO ULOŽENÍ PRÁCE**

Ústav procesního a ekologického inženýrství FSI VUT v Brně

© Dagmar Rychlíková (roz. Doskočilová), 2003  
ISBN 80-214-2464-8  
ISSN 1213-4198

## OBSAH

<b><u>1</u></b>	<b><u>FORMULACE CÍLŮ ŘEŠENÍ</u></b> .....	<b>4</b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>METODY ŘEŠENÍ</u></b> .....	<b>5</b>
<b><u>2.1</u></b>	<b><u>Metody pro identifikaci rizika</u></b> .....	<b>5</b>
<b><u>2.2</u></b>	<b><u>Metody hodnocení rizika</u></b> .....	<b>6</b>
<b><u>2.3</u></b>	<b><u>Metody hodnocení environmentálního rizika</u></b> .....	<b>7</b>
<b><u>3</u></b>	<b><u>ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ</u></b> .....	<b>9</b>
<b><u>3.1</u></b>	<b><u>Charakteristika procesu a suroviny</u></b> .....	<b>9</b>
<b><u>3.2</u></b>	<b><u>Způsob aplikace metod</u></b> .....	<b>10</b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>VÝSLEDKY APLIKACE METOD</u></b> .....	<b>11</b>
<b><u>4.1</u></b>	<b><u>Selektivní metoda</u></b> .....	<b>11</b>
<b><u>4.2</u></b>	<b><u>Screeningová metoda IAEA-TECDOC-727</u></b> .....	<b>11</b>
<b><u>4.3</u></b>	<b><u>Index požáru a exploze</u></b> .....	<b>11</b>
<b><u>4.4</u></b>	<b><u>Index chemického ohrožení</u></b> .....	<b>12</b>
<b><u>4.5</u></b>	<b><u>HAZOP – Analýza nebezpečnosti a provozovatelnosti</u></b> .....	<b>13</b>
<b><u>4.6</u></b>	<b><u>Hodnocení environmentálního rizika</u></b> .....	<b>13</b>
<b><u>5</u></b>	<b><u>ZÁVĚR</u></b> .....	<b>15</b>
<b><u>6</u></b>	<b><u>SUMMARY</u></b> .....	<b>17</b>
<b><u>6.1</u></b>	<b><u>Analysis of the problem</u></b> .....	<b>17</b>
<b><u>6.2</u></b>	<b><u>Methods</u></b> .....	<b>17</b>
<b><u>6.3</u></b>	<b><u>Discussion of results and conclusion</u></b> .....	<b>18</b>
<b><u>7</u></b>	<b><u>CURRICULUM VITAE AUTORKY</u></b> .....	<b>19</b>
<b><u>8</u></b>	<b><u>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</u></b> .....	<b>20</b>

# 1 FORMULACE CÍLŮ ŘEŠENÍ

Průmyslový podnik nebo průmyslový proces zpravidla znamená určitou koncentraci nebezpečných chemických látek, a s tím související riziko pro zaměstnance, okolní obyvatelstvo, životní prostředí a v neposlední míře i riziko poškození nebo zničení staveb, zařízení a materiálu (ekonomické riziko). S takovými procesy je spojen požadavek vyjádřit míru rizika jako relaci mezi očekávanou ztrátou (poškození zdraví, ztráta života, majetku, atd.) a neurčitostí uvažované ztráty (vyjádřené pravděpodobností nebo frekvencí výskytu neočekávané události).

Toto riziko je třeba identifikovat, vyhodnotit a nalézt jeho ekonomicky a společensky přijatelnou míru tak, aby bylo přesně definované a tím pádem i kontrolovatelné. Adekvátní hodnocení rizika je jedním z předpokladů pro jeho systematické řízení.

Disertační práce je zaměřena na rizika vznikající při skladování a transportu suroviny/oleje pro výrobu sazí (černouhelný dehtový olej a pyrolýzní olej topný). Na základě konkrétní aplikace vybraných metod pro identifikaci a hodnocení rizika jsou zformulovány obecné závěry pro jednotlivé metody a jejich použití.

Cílem této práce je:

- aplikace vybraných metod identifikace a hodnocení rizika pro proces skladování a transportu oleje pro výrobu sazí,
- návrh postupu pro identifikaci a hodnocení rizika transportu a skladování podobných látek, jako je předmětná surovina,
- hodnocení environmentálního rizika úniku suroviny pro výrobu sazí, především aplikace metodiky EU, Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC)No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substance (TGD).

## 2 METODY ŘEŠENÍ

Otázka bezpečnosti je diskutována v mezinárodním měřítku již několik desítek let. Intenzita aktivit v této oblasti je stále častější, na bezpečnost průmyslových procesů je kladen velký důraz celosvětově, v Evropské unii obzvláště.

Praktickým důsledkem havárií v zemích Evropské Unie bylo přijetí následujících předpisů:

- Directive 82/501/EEC – On the Major accident Hazards of Certain Industrial Activities – SEVESO I z 24.6.1982
- Council Directive 96/82/EC – „On the Control of Major accident Hazards involving dangerous substances“ – SEVESO II z 9.12.1996

Směrnice SEVESO II byla přijata i českou legislativou, a to ve formě zákona č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky. Zákon obsahuje povinnost identifikovat a hodnotit riziko provozů, které by mohly způsobit závažnou havárii.

V následujícím textu je uveden výčet základních metod pro identifikaci a hodnocení rizika.

### 2.1 METODY PRO IDENTIFIKACI RIZIKA

Metod pro identifikaci rizika je celá řada a dělí se na metody systematické, kam kromě metody HAZOP patří ještě Analýza příčin a následků (Failure Modes and Effect Analysis – FMEA) a metody nesystematické (Safety Review, Checklist Analysis, Relative Ranking, Preliminary Hazard Analysis, What-If Analysis). Podrobný popis principů vyjmenovaných metod a srovnání systematických metod je uveden v literatuře [4, 10], a byl také předmětem písemného pojednání k disertační práci [3].

#### 2.1.1 HAZOP– Hazard and Operability Study (Analýza nebezpečnosti a provozovatelnosti)

Metoda HAZOP je nejvíce využívanou metodou pro identifikaci zdrojů rizika průmyslových procesů. Jedná se o metodu pro systematickou a pečlivou identifikaci zdrojů rizika ve složitých systémech (odhalování příčin, následků a doporučení při analýze odchylek od přípustných provozních stavů) [5].

Od aplikace metody HAZOP nelze očekávat kvantifikovaný výstup, výstupem jsou obecná doporučení, která se mohou dále upřesňovat, a to na základě ekonomické a organizační situace podniku.

## **2.2 METODY HODNOCENÍ RIZIKA**

### **2.2.1 Metoda výběru (selekce zdrojů rizika)**

Metoda je uvedena v publikaci "Purple Book CPR 18E", je používána v zemích EU pro potřeby zpracování bezpečnostní zprávy podle Direktivy SEVESO II [2].

Selekce zdrojů rizika, resp. metoda výběru [2] se používá, pokud je v určitém objektu/podniku velký počet jednotek/zařízení, která přispívají k celkovému riziku objektu/podniku. Metoda umožňuje selekci takových zdrojů rizika, které vyžadují kvantitativní analýzu rizika. (QRA – Quantitative Risk Analysis). Míra nebezpečí určité jednotky se stanovuje na základě hodnoty selektivního čísla v určitém místě na hranici objektu/podniku.

### **2.2.2 IAEA-TECDOC-727**

Metodika pro hodnocení společenského rizika, která byla vypracována předními odborníky pod záštitou mezinárodní agentury pro atomovou energii - IAEA jako „Manual for the Classification and Prioritization of Risks Due Major Accidents in Process and Related Industries“ [6]. Screeningová metoda IAEA-TECDOC-727 slouží k stanovení předběžného obecného kvantitativního přehledu o různých zdrojích rizika ve velké průmyslové oblasti.

Metoda poskytuje informativní (relativní) údaje o výši společenského rizika (riziko pro obyvatelstvo vně objektu s nebezpečným zařízením). Umožňuje stanovit oba základní údaje potřebné pro odhad rizika, tj. jak ztráty, tak i frekvenci výskytu události. V tomto směru tvoří metoda IAEA-TECDOC- 27 výjimku mezi ostatními metodami pro hodnocení rizika, které takovou přednost nemají.

Z hlediska typu nežádoucí události je metoda universální, protože umožňuje hodnocení rizika požáru, výbuchu a úniku toxické látky.

### **2.2.3 Dow's Fire & Explosion Index**

Indexová metoda F&E Index slouží pro hodnocení nebezpečí požáru a výbuchu. Vypovídací schopnost metody je poměrně vysoká. Výsledný index požáru a výbuchu je pomocí seznamu pečlivě formulovaných kvalifikovaných dotazů konstruován tak, aby bylo na základě jeho hodnoty možné [7]:

- stanovit **stupeň nebezpečnosti** posuzované jednotky (klasifikace do pěti tříd nebezpečnosti),
- odhadnout **poloměr** zasažené plochy, velikost zasažené plochy a zasažený prostor,
- s využitím dalších faktorů (poškození, doby výpadku atd.) odhadnout **ekonomické** dopady případné neočekávané události.

## 2.2.4 Index chemického ohrožení

Index chemického ohrožení (dále CE Index nebo CEI) nebo Index toxicity představuje jednoduchou metodu pro kvantitativní posouzení potenciálního rizika pro lidské zdraví v blízkosti chemických provozů s možností úniku chemické látky, která je nebezpečná z hlediska své toxicity[1].

Základním krokem v algoritmu výpočtu indexu toxicity je stanovení koeficientu havarijního úniku. Dalším krokem je stanovení množství látky rozptýlené po úniku do prostředí. Z těchto dvou hodnot vychází výsledný **index toxicity a nebezpečná vzdálenost**, tedy vzdálenost, ve které může dojít, při případném úniku, k ohrožení života nebo zdraví obyvatel.

## 2.3 METODY HODNOCENÍ ENVIRONMENTÁLNÍHO RIZIKA

Existuje řada metodik pro hodnocení environmentálního rizika, které mají v podstatě podobný princip. Jedná se ovšem o metody, které hodnotí riziko dlouhodobého působení nebezpečné chemické látky na životní prostředí.

„Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC)No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substance (TGD)

Jedná se o metodiku Evropské unie k hodnocení dlouhodobých úniků nebezpečných chemických látek z různých průmyslových procesů [11] (dále pouze „metoda TGD“).

Metoda je zaměřena především na hodnocení úniků nebezpečných látek v průběhu celého jejich životního cyklu, a to v rámci celé EU nebo v rámci jednotlivých regionů. Metodu je možné použít i pro hodnocení environmentálního rizika v lokálním měřítku. Hodnocení je zaměřeno na vodní ekosystém, terestriální ekosystém, predátory, mikroorganismy v ČOV a atmosféru. Metodika má následující základní kroky:

### 1) Identifikace nebezpečí

Identifikace nebezpečí vyžaduje stanovení vlastností látek a jejich případný nepříznivý vliv.

### 2) Hodnocení vztahu dávka - účinek

V tomto kroku se zjišťují charakteristické parametry nepříznivých účinků ve vztahu k aplikovanému množství. Mírou těchto nepříznivých účinků je předpokládaná koncentrace látky bez negativního efektu (PNEC) na jednotlivé složky životního prostředí.

### 3) Hodnocení expozice

V tomto kroku se jedná o odhad předpokládané koncentrace látky v jednotlivých složkách životního prostředí - PEC (Predicted Effect Concentration).

### 4) Charakteristika rizika

Charakteristika rizika je založena na stanovení rizikového koeficientu RQ, který je dán poměrem předpokládané environmentální koncentrace (PEC) a předpokládané environmentální koncentrace bez negativního efektu (PNEC).

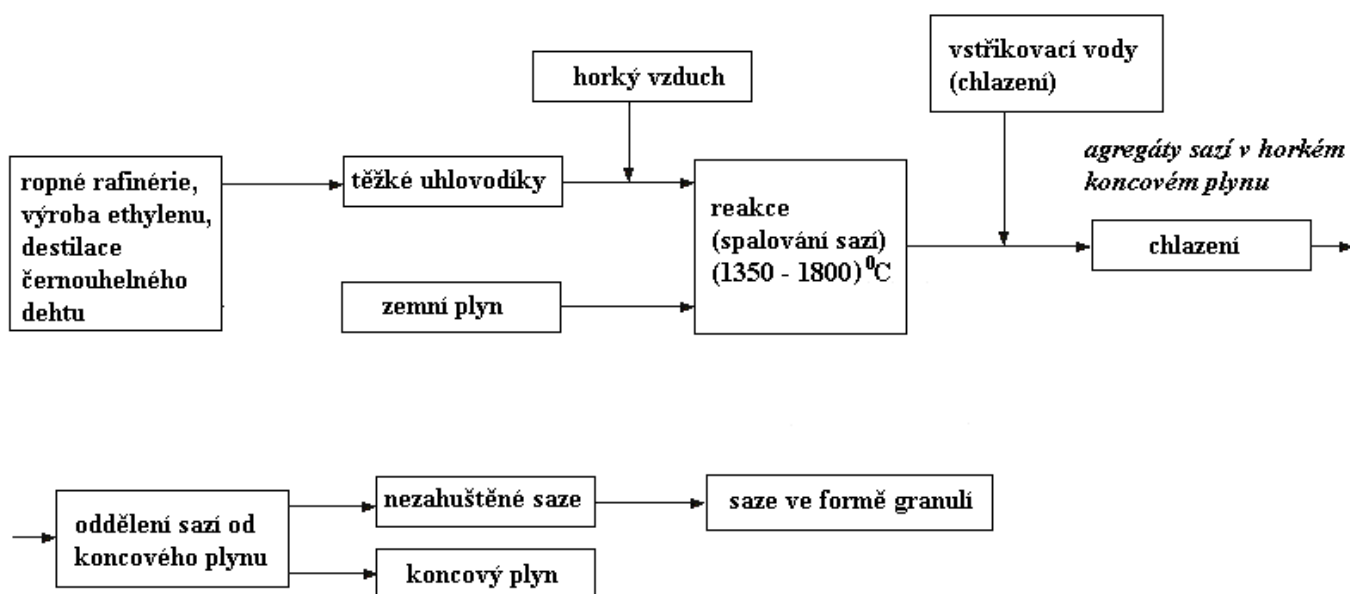


# 3 ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

## 3.1 CHARAKTERISTIKA PROCESU A SUROVINY

K aplikaci metod pro hodnocení rizika je možné přistupovat na základě znalosti procesu a nebezpečných látek do procesu vstupujících. Výše uvedené metody byly aplikovány na proces výroby sazí retortovým způsobem. Saze jsou vyráběny spalováním oleje v reaktoru a následnou granulací produktu. Olej pro výrobu sazí je dodáván ze dvou zdrojů – z DEZA, a.s. a ze společnosti Chemopetrol, a.s.

Technologický proces výroby sazí je schematicky znázorněn následovně:



Obr. 3.1.: Schéma procesu výroby sazí

Disertační práce je zaměřena na rizika vznikající především při skladování a transportu suroviny/oleje pro výrobu sazí (černouhelný dehtový olej a pyrolyzní olej topný), i když výše uvedené metody byly aplikovány i na proces spalování sazí v reaktoru.

Seznam dosud klasifikovaných nebezpečných chemických látek, který byl vydán Nařízením vlády č. 25/1999 Sb. a změněn Nařízením vlády č. 258/2001 Sb. (prováděcí předpis k zákonu č. Zákon 157/1998 o chemických látkách a chemických přípravcích) [9] klasifikuje olej pro výrobu sazí (dodávaný společností Chemopetrol) jako látku nebezpečnou se symbolem nebezpečnosti T (toxický). Při hodnocení rizika spojeného s únikem této suroviny se kromě toxicity brala v úvahu

také hořlavost oleje, i když olej pro výrobu sazí není klasifikován jako hořlavina ve smyslu zákona č. 157/1998, který byl změněn zákonem č. 52/1999 Sb..

Olej dodávaný z DEZA, a.s. není zařazen pod CAS ani ES číslem, není evidován vyhláškou č. 5/1999 Sb. mezi nebezpečnými látkami. Výrobce však uvádí tento výrobek jako nebezpečný ve svém bezpečnostním listu. Bezpečnostní list výrobce Chemopetrol, a.s. uvádí kromě R45, ještě další rizikové věty, a to R38 Dráždí kůži, R52 Škodlivý pro vodní organismy, R53 Může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.

## 3.2 ZPŮSOB APLIKACE METOD

Základem pro identifikaci a hodnocení rizika určitého procesu je rozdělení souboru procesních zařízení na relativně samostatné jednotky, které se dále budou posuzovat jednotlivě. Na základě popisu technologie a procesu, je možné stanovit následující procesní jednotky:

- stáčiště suroviny, J1
- potrubní větev, J2
- sklad suroviny, J3
- reaktor, J4
- vratné potrubí, J5

Pro hodnocení rizik havárie v objektu byla jako první použita metoda výběru pro selekci takových zdrojů rizika, které svými následky přesahují hranice objektu, mohou být zdrojem rizika závažné havárie a vyžadují kvantitativní analýzu rizika. Výsledky metody výběru byly ověřovány použitím screeningových a indexových metod pro identifikaci zdrojů rizika. K detailnější identifikaci zdrojů rizika byla použita metoda HAZOP. Na metody k identifikaci a hodnocení procesního rizika navázala metoda hodnocení environmentálního rizika, a to metoda „Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC)No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substance (TGD).

Při hodnocení environmentálního rizika byl použit program EUSES, který hodnotí environmentální riziko na základě metodiky TGD. Program byl vyvinut holandským Národním institutem pro zdraví a životní prostředí v Nizozemí (RIVM) ve spolupráci s členskými státy EU a s průmyslovým sektorem. Program byl vytvořen pro European Chemicals Bureau.

## **4 VÝSLEDKY APLIKACE METOD**

### **4.1 SELEKTIVNÍ METODA**

S využitím selektivní metody (metody výběru) podle „Purple book CPR 18E“ [2] bylo v objektu posouzeno celkem 5 jednotek. Tyto jednotky byly posouzeny z hlediska toxických i hořlavých vlastností přítomných látek. Byla stanovena indikační a selektivní čísla.

Selektivní číslo v určitém bodě na hranicích areálu CS CABOT, spol. s r.o. nevyšlo v žádném případě vyšší než jedna, pokud byla uvažována surovina pro výrobu sazí, a to z hlediska svých hořlavých a toxických vlastností. Selektivní číslo nepřekročilo hodnotu jedna, ani při jeho stanovení v obytném pásmu (vzdálenost cca 500 m). Z hlediska selektivní metody je závažnou jednotkou reaktor (J5), a to z důvodu vstupu zemního plynu do procesu.

### **4.2 SCREENINGOVÁ METODA IAEA-TECDOC-727**

Metoda je aplikovatelná pouze pro jednotky J3 (sklad suroviny) a J4 (reaktor). Pro další jednotky není tato metoda použitelná.

#### **1) Reaktor (J4)**

Ztráty v okruhu maximálního dosahu (500 m), který sice překročí hranice podniku, ale nezasáhne do obytné zóny jsou následující: 10 lidí v denní směně a 2 lidé v noční směně. Pro reaktor je možné určit pravděpodobnostní číslo 7, frekvence výskytu nežádoucích událostí je tedy  $10^{-7}$ .

#### **2) Zásobníky suroviny (J3)**

Ztráty v okruhu maximálního dosahu (100 m), který nepřekročí hranice podniku jsou 4 lidé v denní směně a 1 člověk v noční směně (posouzení oleje z hlediska jeho hořlavých vlastností). Pro případ skladování oleje pro saze je možné určit pravděpodobnostní číslo 6, frekvence výskytu nežádoucích událostí je tedy  $10^{-6}$ .

Toxické vlastnosti oleje pro výrobu sazí nevyvolají ztráty na lidských životech. Pravděpodobnostní číslo v tomto případě (pro toxické kapaliny) je 4, frekvence výskytu nežádoucích událostí je tedy  $10^{-4}$ .

### **4.3 INDEX POŽÁRU A EXPLOZE**

Metoda stanovení F&E Indexu byla použita pro všechny procesní jednotky – J1, J2, J3, J4, J5. Materiálový faktor je možné stanovit shodný pro všechny procesní jednotky, kromě reaktoru, a to vzhledem k tomu, že procesu transportu suroviny

se účastní pouze jedna látka - olej pro saze. V případě jednotky J4 (reaktor) je předmětem hodnocení ještě zemní plyn jako další vstupní látka.

Souhrnné výsledky metody jsou obsahem tabulky č. 4.1. (jednotky jsou zde řazeny podle snižující se hodnoty F&E Indexu). Pro srovnání jsou v tabulce uvedeny hodnoty dalších dvou procesních jednotek, a procesu sušení a filtrace – J 6 a skladu produktu – J 7.

procesní jednotka	F&E Index	stupeň nebezpečnosti
J 4 reaktor	106	střední
J 6 sušení a filtrace	55	nepatrný, malý
J 7 sklad produktu	35	nepatrný, malý
J 1 stáčecí zařízení	18,2	nepatrný, malý
J 2 transport suroviny potrubím	27,3	nepatrný, malý
J 3 zásobníky surovin	22,4	nepatrný, malý
J 5 vratná větev	43,26	nepatrný, malý

*Tab. 4.1.: Výsledky použití indexu požáru a výbuchu (Dow's FIRE & EXPLOSION INDEX)*

Jedině v případě reaktoru byl vyhodnocen střední stupeň nebezpečnosti, a to opět z důvodu přítomnosti zemního plynu a tím pádem vyššího materiálového faktoru.

## 4.4 INDEX CHEMICKÉHO OHROŽENÍ

Metoda byla aplikována na následující scénáře:

- S1: únik z železniční cisterny (týká se jednotky J1),
- S2: roztržení potrubí o průměru 15 cm (týká se jednotky J2),
- S3: únik ze zásobníku (týká se jednotky J3),
- S4: únik oleje pro výrobu sazí z vratného potrubí při teplotě 150°C (týká se jednotky J4),
- S5: únik oleje pro výrobu sazí z vratného potrubí při teplotě 300°C (týká se jednotky J4),
- S6: únik oleje pro výrobu sazí z reaktoru (týká se jednotky J5),
- S7: únik zemního plynu z reaktoru (týká se jednotky J5),

Výsledky výpočtu CE Indexu pro výše uvedené scénáře jsou shrnuty do tabulky č. 4.2..

	S1	S2	S3 <sup>1</sup>	S4	S5	S6	S7
<b>index chemického ohrožení – CEI</b>	0,00	34,45	0,00	74,54	74,54	16,40	37,26
<b>nebezpečná vzdálenost (m) – HD</b>	0,00	344,47	0,00	745,40	745,39	164	370,88

Tab. 4.2.: Výsledky použití indexu toxicity (CE Index) pro scénáře S1 – S7

Z metodiky Indexu chemického ohrožení a hodnot CEI nevyplývá povinnost provozovatele provádět další podrobnější studie na daných jednotkách [1]..

## 4.5 HAZOP – ANALÝZA NEBEZPEČNOSTI A PROVOZOVATELNOSTI

Identifikace rizika metodou HAZOP proběhla za účasti expertního týmu složeného ze zaměstnanců CS CABOT, spol. s r.o.. HAZOP byl zaměřen na proces transportu oleje pro výrobu sazí od stáčiště k čerpací stanici a na skladování suroviny v zásobníku. Výsledkem studie HAZOP byla celá řada identifikovaných odchylek od běžného provozního stavu. Na základě těchto odchylek byla zformulována technická i organizační opatření pro zajištění bezpečnosti provozu.

## 4.6 HODNOCENÍ ENVIRONMENTÁLNÍHO RIZIKA

Během doby života chemické látky dochází i při běžném provozu k jejímu uvolňování do životního prostředí, a to např. ve formě par do ovzduší, úkapů, atd. Pro hodnocení těchto úniků byla použita metodika TGD [11], přičemž pro odhad PEC byla použita příloha I Emisní faktory pro různá odvětví výroby, odvětví IC = 9 Mineral Oil and Fuel Industry (zpracování).

Charakteristika oleje pro výrobu sazí a výsledky použití metodiky TGD pro odhad environmentálního rizika při běžném provozu je obsahem tabulky 4.3.. Odhad environmentálního rizika je proveden pouze pro vodní prostředí, protože pro ostatní složky životního prostředí nejsou pro olej stanoveny charakteristické veličiny pro výpočet PNEC, tedy ekotoxikologické hodnoty. Výpočet je proveden pro situaci, kdy jsou odpadní vody přímo zaústěny do řeky (scénář bez čistírných odpadních vod).

<sup>1</sup> Index toxicity byl vypočítán pro jeden maximálně zaplněný zásobník

<b>Symbol nebezpečnosti, R věty</b>	T (N), R 45, 46, 60, 61, (R 53)
<b>Kritické koncentrace</b>	LC <sub>50</sub> , 96 hod., ryby (mg dm <sup>-3</sup> ): > 1000
<b>Ohrožené složky ŽP</b>	živ. biota; půda; podzemní voda a následně povrchová
<b>Výpočet PNEC</b>	Pro olej pro výrobu sazí dostupná pouze jedna charakteristická veličina, a to akutní toxicita pro vodní organismy LC <sub>50</sub> , 96 hod., ryby (mg dm <sup>-3</sup> ): > 1000. PNEC > 1 mg . l <sup>-1</sup>
<b>Výpočet PEC</b>	Koncentrace škodliviny v odpadní vodě: 19,68 mg . l <sup>-1</sup> PEC: 1,07.10 <sup>-5</sup> mg . l <sup>-1</sup>
<b>Výpočet rizikového koeficientu RQ:</b>	RQ = PEC/PNEC RQ < 1,07.10 <sup>-5</sup> RQ < 1

Tab. 4.3.: Výsledky hodnocení environmentálního rizika

Rizikový koeficient je nižší než jedna, to znamená že za běžného provozu neznamenají úniky škodliviny do vodního toku ohrožení tohoto prostředí, a to ani v případě, kdy je odpadní voda přímo zaústěna do vodoteče.

Na hodnocení environmentálního rizika byl použit program EUSES. Výstupem programu jsou rizikové koeficienty pro požadované složky životního prostředí. Vzhledem k tomu, že program je schopen odvodit, na základě primárně zadaných rozdělovacích koeficientů, ekotoxikologické hodnoty pro zeminu a sediment, je hodnocení environmentálního rizika provedeno i pro toto prostředí.

Vypočtené rizikové koeficienty jako výstup programu EUSES jsou následující:

Rizikový koeficient pro vodní prostředí:  $RQ_v = 0,157$

Rizikový koeficient pro půdní ekosystém:  $RQ_p = 4,8 \cdot 10^{-7}$

Rizikový koeficient pro sediment:  $RQ_s = 1,78$

V případě sedimentu je výsledný rizikový koeficient vyšší než 1. Únik oleje při běžném provozu znamená pro toto prostředí tedy vysoké environmentální riziko.

## 5 ZÁVĚR

Proces transportu a skladování oleje pro výrobu sazí byl rozdělen na několik procesních jednotek, na které byly aplikovány metody metody hodnocení rizika. Výsledky aplikace jsou uvedeny v tabulce 5.1.

metoda	J1 – stáčiště suroviny	J2 – potrubí	J3 – sklad suroviny	J4 - reaktor	J5 – zpětné potrubí
<b>selektivní metoda</b>	není významné pro QRA	není významné pro QRA	není významné pro QRA	je významné pro QRA	není významné pro QRA
<b>screeningová metoda 727</b>	nepoužitelná	nepoužitelná	přijatelný zdroj rizika	přijatelný zdroj rizika	nepoužitelná
<b>F&amp;E Index</b>	nepatrný, malý stupeň nebezpečnosti	nepatrný, malý stupeň nebezpečnosti	nepatrný, malý stupeň nebezpečnosti	střední stupeň nebezpečnosti	nepatrný, malý stupeň nebezpečnosti
<b>CHI</b>	metodika nepožaduje další posouzení nebezpečnosti	metodika nepožaduje další posouzení nebezpečnosti	metodika nepožaduje další posouzení nebezpečnosti	metodika nepožaduje další posouzení nebezpečnosti	metodika nepožaduje další posouzení nebezpečnosti
<b>Mosar<sup>2</sup></b>	Pro scénář S2 - znečištění podzemních vod (způsobených únikem suroviny při transportu a skladování) bylo stanoveno riziko vyhodnoceno jako neakceptovatelné.				

Tab. 5.1.: Výsledky aplikace metod hodnocení procesního rizika

Aplikace metod hodnocení rizika neprokázala nebezpečnost jednotek, které slouží transportu a skladování oleje pro výrobu sazí. Selektivní metoda však vyhodnotila reaktor jako významný zdroj rizika. Jako střední zdroj rizika hodnotí tuto jednotku také F&E Index.

Metoda Mosar, která není obsahem této práce, hodnotí jako jediná metoda riziko úniku suroviny v případě jejího skladování a transportu jako neakceptovatelné.

V rámci celého výrobního procesu sice nepředstavují hodnocené jednotky, kromě reaktoru, významný zdroj rizika, ovšem aplikací metody HAZOP byla identifikována celá řada odchylek, které by mohly vést především k úniku suroviny s následnou kontaminací půdy, horninového prostředí a podzemních vod, případně s únikem suroviny do kanalizačního systému. Vzhledem k vlastnostem suroviny,

<sup>2</sup> Metoda byla aplikována v rámci dřívějších studií provedených v CS CABOT

je ohrožení životního prostředí zřejmě závažnějším problémem než přímé ohrožení zdraví/ života lidí nebo požár.

V práci je naznačena problematika hodnocení environmentálního rizika. Podrobnější hodnocení rizika, modely rozptylu kontaminantů prostředím, poněkud vybočuje z celkového zaměření práce. Pro hodnocení environmentálního rizika dlouhodobých úniků byla použita metodika „European Commission: Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC)No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substance (TGD), 1998“, která však mohla být použita pouze pro případ vodní prostředí.

V rámci disertační práce byla uvažována možnost využití metodiky Evropské Komise „Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC)No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substance (TGD)“ také pro účely hodnocení havarijního úniku chemické látky nebezpečné pro životní prostředí. Při výpočtu rizikových koeficientů byl využit softwarový program EUSES, který z uvedené metodiky vychází.

Závěrem hodnocení environmentálního rizika konstatuje nízké riziko úniku oleje pro výrobu sazí pro vodní ekosystémy. Zde uvedené hodnocení je samozřejmě poznamenáno určitou nejistotou vyplývající z toho, že při stanovení PNEC byla k dispozici pouze jedna ekotoxikologická hodnota a hodnoty veličin charakteristických pro rozptyl kontaminantu byly odhadnuty na základě verbálního hodnocení.

Výše uvedená metodika hodnocení environmentálního rizika není použitelná pro hodnocení rizika havarijních úniků, a to vzhledem k tomu, že neposkytuje reálné výsledky.



## 6 SUMMARY

The doctoral dissertation is dedicated to problems connected with the transport and storage of carbon black oil. The dissertation includes several methods for risk assessment. The partial conclusions are generalized. The dissertation includes also the part dedicated to environmental risk assessment accordingly to EU methodology.

### 6.1 ANALYSIS OF THE PROBLEM

For the past quarter-century, government and the private sector have relied heavily on risk assessment of industrial processes.

European Union adopted two important directives concerning industrial risk and risk assessment:

- Directive 82/501/EEC – On the Major accident Hazards of Certain Industrial Activities – SEVESO I z 24.6.1982,
- Council Directive 96/82/EC – „On the Control of Major accident Hazards involving dangerous substances“ – SEVESO II z 9.12.1996.

Present Czech legislation on the field of risk assessment is compatible with the SEVESO II directive. According to the Czech legislation, operator<sup>3</sup> is obliged to take all measures necessary to prevent major accidents and to limit their consequences for man and the environment. He needs to practice risk assessment and management in the workplaces. The knowledge of risk assessment among operators is not satisfying. Environmental risk assessment is practiced only qualitatively.

### 6.2 METHODS

In this work, several methods were used for the risk assessment of the carbon black oil transport and its storage.

The first method that was used was the selective method that is able to make priorities for various risk sources.

---

<sup>3</sup> 'operator' means any individual or corporate body who operates or holds an establishment or installation that is the source of serious risk.

IAEA-TECDOC 727 method is the tool to identify and categorize various hazardous activities and hazardous substances.

Dow's Index Methods include Fire and Explosion Index and Chemical Exposure Index. The first method is able to assess risk connected with transport, storage or processing of flammable material, the second method is able to assess risk connected with toxicity of chemical materials.

HAZOP (Hazard and Operability Study) is the qualitative method, which identifies design faults, potential hazards and operating problems.

Environmental risk assessment is based on the Technical Guidance Document issued by European Commission ("European Commission: Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC)No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substance (TGD), 1998"). This methodology is made for long lasting leakages.

### 6.3 DISCUSSION OF RESULTS AND CONCLUSION

Above mentioned methods were applied for concrete process. The results of application these methods are in the table.

<b>Method</b>	<b>J1 – the source of oil</b>	<b>J2 – pipe</b>	<b>J3 – storage of oil</b>	<b>J4 - reactor</b>	<b>J5 – return pipe</b>
<b>Selective method</b>	Acceptable risk	Acceptable risk	Acceptable risk	Non-acceptable risk	Acceptable risk
<b>IAEA-TECDOC 727</b>	Non applicable	Non applicable	Acceptable risk	Acceptable risk	Non applicable
<b>F&amp;E Index</b>	Minor risk	Minor risk	Minor risk	Medium risk	Minor risk
<b>CHI</b>	Minor risk	Minor risk	Minor risk	Minor risk	Minor risk

The medium risk is connected only with the reactor for carbon black incineration. This is due to additional material, natural gas, which is present in the process of incineration.

Environmental risk for long lasting leakages (ordinary process) is not significant.

## 7 CURRICULUM VITAE AUTORKY

### Osobní údaje

Dagmar Rychlíková (roz. Doskočilová)

Narozena: 19.8.1969 v Boskovicích

Bydliště: Čejkovická 4, 628 00 Brno

Národnost: česká

### Vzdělání

1997 – 2000 doktorské studium na Fakultě strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně, obor: 23 – 13 – 9 Konstrukční a procesní inženýrství

1987 – 1992 studium na Vysoké škole chemicko-technologické, obor: „Technická Analytická a fyzikální chemie“, studium ukončeno státní zkouškou

1983 – 1987 Gymnázium Boskovice, zaměření „Technická chemie“

### Zaměstnání

V současné době zaměstnána jako vedoucí projektů divize životního prostředí DHV CR, spol. s r.o.

### Odborná praxe:

V rámci postgraduálního studia jsem se zaměřila na aplikace metod pro identifikaci a hodnocení rizika a metod pro hodnocení environmentálního rizika. Jako autor nebo spoluautor publikovala jeden článek v časopise (Automatizace, 1999) a několik příspěvků na mezinárodních konferencích (např. konference Slovenské společnosti chemického inženýrství).

V současné době využívá nabytých znalostí v praxi - v konzultační společnosti DHV CR, spol. s r.o.. Jedná se např. o účast na mezinárodním projektu, který se týká asistence při zavádění bezpečnostní legislativy na Slovensku.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AIChE technical manual Dow's Chemical Exposure Index, American Institute of Chemical Engineers, 1994.
- [2] Committee for the Prevention of Disasters: Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book CPR 18E), Hague, 1999. ISBN 90 12 8796 1.
- [3] DOSKOČILOVÁ D.: Identifikace zdrojů rizika a hodnocení environmentálního rizika, VUT Brno, 2000.
- [4] Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, American Institute of Chemical Engineers, 1985, New York, CCPS. ISBN 0-8169-0491-X.
- [5] CHARLESLEY, P.: HAZOP and risk assessment, Loss Prevention Bulletin, issue 124, 1995, pp.16-19.
- [6] Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries, International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC-727, Austria, 1993.
- [7] Manual - Fire & Explosion Index, Hazard Classification Guide, 7th Edition, January 1994.
- [8] Metodický pokyn odboru ekologických rizik a monitoringu ministerstva životního prostředí ČR k hodnocení rizik. Praha: MŽP ČR, 1994 (č.j.: 1138/OER/94).
- [9] Nařízení vlády č. 258/2001 Sb., kterým se stanoví postup hodnocení nebezpečnosti chemických látek a chemických přípravků, způsob jejich klasifikace a označování a vydává Seznam dosud klasifikovaných nebezpečných chemických látek. Sbírka zákonů ČR, částka 99.
- [10] SINAY, J.: Riziká technických zariadení. 1. vyd. OTA, a.s., Košice. 1997.
- [11] „Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and Commission Regulation (EC)No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substance (TGD).
- [12] US EPA: The Risk Assessment Guidelines, EPA/600/8-87/045.