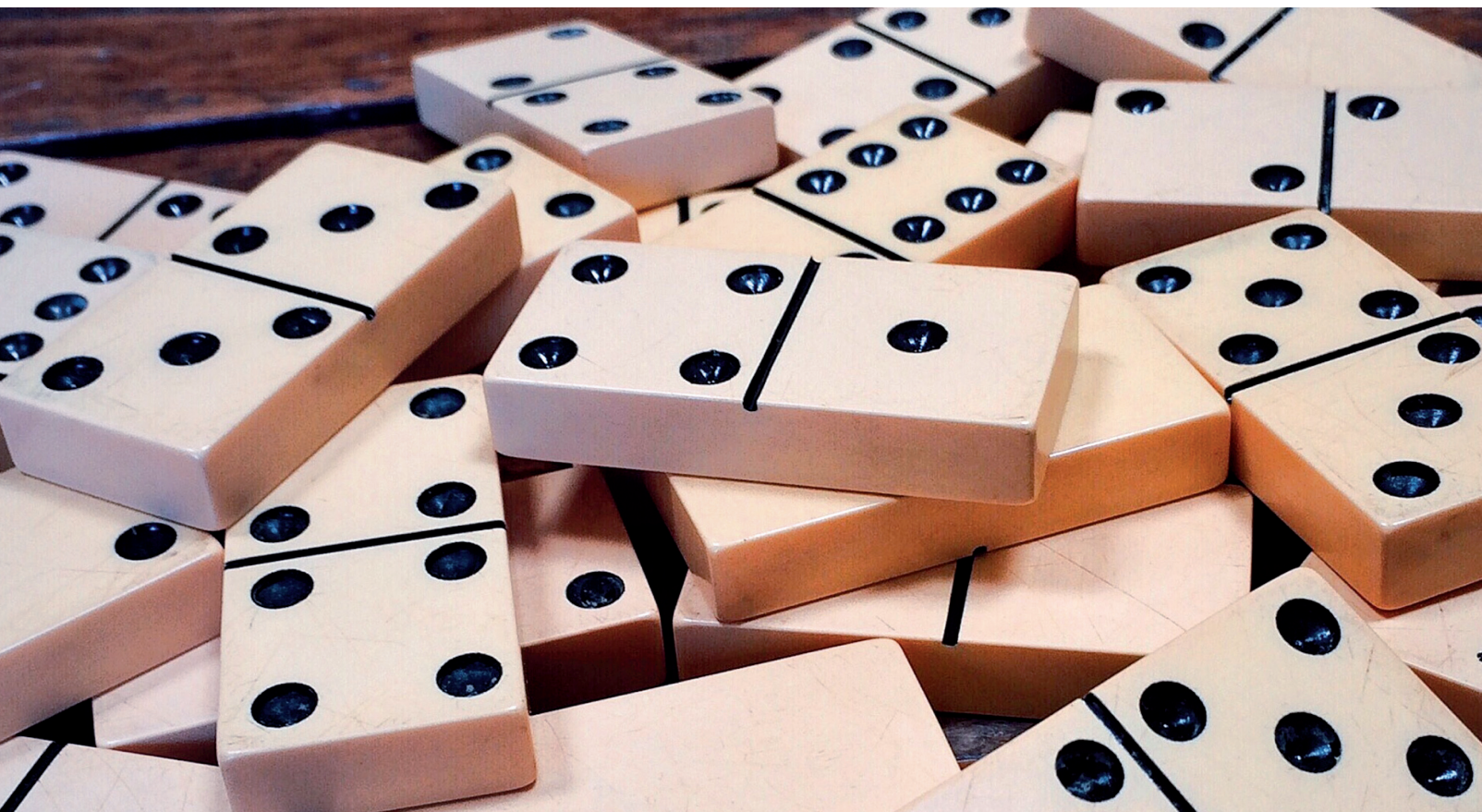


IDENTIFIKÁCIA PODNIKOV V SLOVENSKEJ REPUBLIKE S POTENCIÁLOM SPÔSOBIŤ DOMINO EFEKT

**Metodická príručka určená pre špecialistov na prevenciu závažných
priemyselných havárií, prevádzkovateľov a štátnu správu**



© Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica, 2015
Zhotoviteľ: RISK CONSULT, s.r.o., Račianska 72, 831 02 Bratislava
Autor: Ing. Ján Kandráč, CSc., Ing. Marek Kandráč

Grafický dizajn: Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica
Tlač: Ultra Print, s.r.o.
Náklad: 300 ks
Vydanie: prvé

Materiál prešiel oponentúrou pred gestorom MŽP SR, sekciou environmentálneho hodnotenia a riadenia, odborom environmentálnych rizík a biologickej bezpečnosti.

Metodická príručka bola vytlačená v rámci projektu SAŽP „Podpora environmentálnej výchovy, osvedy a neformálneho vzdelávania odbornej verejnosti“ financovaného z Environmentálneho fondu 2016.

OBSAH

Zoznam tabuliek

Zoznam obrázkov

Zoznam diagramov

Zoznam príloh

Zoznam použitých skratiek

1.	Úvod do problematiky	6
2.	Ciele metodické príručky	9
2.1	Základné pojmy	9
2.2	Historické aspekty modelovania domino efektu	12
2.3	Príčiny domino efektu	14
2.4	Metodiky riešenia domino efektu	15
3.	Postup aplikácie navrhovanej metodiky	18
3.1	Obecný popis použitej metodiky	19
3.1.1	Identifikácia nebezpečných zariadení	20
3.1.2	Výber primárnych položiek zariadení a primárnych havárií	31
3.1.3	Identifikácia sekundárnych zariadení	37
3.1.4	Detailné analýzy domino efektov	38
4.	Definovanie spôsobu a formy oboznámenia susediacich podnikov	40
5.	Záver	42
	Použitá literatúra a podklady	43
	Príloha č. 1 Dotazník pre zaradené a susediace podnik	45
	Príloha č. 2 Dotazník pre podniky zaradené pod zákon o prevencii ZPH s potenciálom iniciovať domino efekty – formulár (vzor)	61
	Príloha č. 3 Zoznam niektorých NL s uvedením ich tried nebezpečnosti a niektorých vybraných fyzikálno-chemických charakteristík	64
	Príloha č. 4 Definovanie rozsahu poškodenia vybraných zariadení v dôsledku pôsobenia tlakových účinkov	67
	Príloha č. 5 Definovanie rozsahu poškodenia vybraných zariadení a zdravia v dôsledku pôsobenia tepelného toku, tepelného sálania z požiaroviska, resp. teplôt	68
	Príloha č. 6 Definovanie havarijných scenárov s najväčším podielom na havarijných udalostiach s lietajúcimi úlomkami	69
	Príloha č. 7 Ukážka aplikácie metodiky prezentovanej v metodické príručke na zoskupení fiktívnych podnikov pracujúcich s NL	71

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka č. 1 Základné pojmy súvisiace s domino efektom

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok č. 1 Terminál v anglickom Buncefielde pri Londýne pred haváriou v roku 2005

Obrázok č. 2 Terminál v anglickom Buncefielde pri Londýne štyri roky po havárii

Obrázok č. 3 Riešenie domino efektu metodikou jednoduchého reťazenia, viacúrovňového reťazenia a viacúrovňového a viacsmerového reťazenia

Obrázok č. 4 Alternatívne možnosti eskalácie dosahov primárnych, sekundárnych a terciálnych havárií

Obrázok č. 5 Postupová schéma pre úvodné práce na riešení problematiky domino efektu

Obrázok č. 6 Postupový diagram metodiky pre identifikovanie domino efektov

ZOZNAM DIAGRAMOV

Diagram 1.1 Sumarizácia postupu prvého kroku

Diagram 1.2 Zoznam položiek zariadení, ktoré sú súčasťou sekcií

Diagram 1.3 Výberové kritéria pre položky zariadení patriacich do sekcie skladovanie alebo sekcie stáčanie/plnenie

Diagram 1.4 Výberové kritéria pre položky zariadení patriacich do výrobných sekcií

Diagram 1.5 Výberové kritéria vychádzajúce z charakteristík NL a ich množstiev

Diagram 1.6 Určenie kategórie pre skladovacie zariadenia

Diagram 1.7 Preskupenie skladovacieho zariadenia, stáčacieho/plniaceho zariadenia a potrubnej siete do zón zariadení

Diagram 2.1 Výberové kritéria pre havarijný scenár „Pool fire“

Diagram 2.2 Výberové kritéria pre havarijný scenár „VCE“

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č. 1 Dotazník pre zaradené a susediace podniky

Príloha č. 2 Dotazník pre podniky zaradené pod zákon o prevencii ZPH s potenciálom iniciovať domino efekty – formulár (vzor)

Príloha č. 3 Zoznam niektorých NL s uvedením ich tried nebezpečnosti a niektorých vybraných fyzikálno-chemických charakteristík nebezpečnosti horľavých látok

Príloha č. 4 Definovanie rozsahu poškodenia vybraných zariadení v dôsledku pôsobenia tlakových účinkov

Príloha č. 5 Definovanie rozsahu poškodenia vybraných zariadení a zdravia v dôsledku pôsobenia tepelného toku, tepelného sálania (radiácie) z požiaroviska, resp. teplôt

Príloha č. 6 Definovanie rozsahu poškodenia vybraných zariadení v dôsledku pôsobenia letiacich úlomkov (trosiek)

Príloha č. 7 Ukážka aplikácie metodiky prezentovanej v metodickej príručke na zoskupení fiktívnych podnikov

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

ALARA	Najnižšie ako je rozumne dosiahnuteľné (As low as reasonably achievable)
BLEVE	Náhly únik veľkého množstva materiálu pod tlakom do atmosféry (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)
CAS	Identifikačné číslo chemickej látky, resp. zmesi (Chemical Abstract Service)
ČR	Česká republika
EPA	Americká Agentúra pre ochranu životného prostredia (Environmental Protection Agency)
ERA	Analýza environmentálnych rizík (Environmental Risk Analyse)
ES	Európska smernica
ETA	Strom udalostí (Event Tree Analysis)
EU	Európska únia
FTA	Analýza stromom porúch (Failure Tree Analysis)
HP	Havarijný plán
H-veta	Veta označujúca nebezpečnosť látky
IAEA	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (International Atomic Energy Agency)
IPKZ	Integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania
ISO	Medzinárodná organizácia pre štandardizáciu (International Organization for Standardization)
IS PZPH	Informačný systém prevencie závažných priemyselných havárií
KBU	Karta bezpečnostných údajov
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
NL	Nebezpečná látka
NR SR	Národná rada Slovenskej republiky
PBO	Faktor náchylnosti k vykypeniu (Propensity to Boilover)
PSA	Pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti (Probabilistic Safety Assessment)
QRA	Kvantitatívne zhodnotenie (posúdenie) rizika (Quantitative Risk Assessment)
SAŽP	Slovenská agentúra životného prostredia
SR	Slovenská republika
SW	Softvér (resp. softvérový)
UVCE	Neohraničený výbuch oblaku pár (Unconfined Vapor Cloud Explosion)
VCE	Výbuch oblaku pár (Vapor Cloud Explosion)
ZPH	Závažná priemyselná havária
Z. z.	Zbierka zákonov

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Nový zákon Národnej rady Slovenskej republiky č. 128/2015 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov (ďalej len „zákon o prevencii ZPH“) bol vypracovaný na základe Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2012/18/EÚ o kontrole nebezpečenstiev závažných havárií s prítomnosťou nebezpečných látok (ďalej len Smernica Seveso III“). Táto smernica zrušila pôvodnú Smernicu Rady 96/82/ES (ďalej len „Smernica Seveso II“).

Je potrebné konštatovať, že Smernica Seveso III, tak ako aj predchádzajúca Smernica Seveso II dôsledne naplňujú poslanstvo a ciele v oblasti prevencie závažných havárií, na ktorých sa Európske spoločenstvo dokázalo dohodnúť už v prvej takejto smernici (Smernici 82/501/EHS) vydanéj 6 rokov po tragédii v talianskom mestečku Seveso neďaleko Milána [1].

V priemyselnej Európskej únii (ďalej len „EÚ“) sa nová Smernica Seveso III vzťahuje na viac ako 10 000 podnikov, ktoré pracujú s nebezpečnými látkami (ďalej len „NL“). Vysoká miera industrializácie EÚ tak na jednej strane pomáha jej technickému rozvoju a prosperite, na druhej strane však prináša so sebou aj riziko vzniku závažných havárií, ktoré môžu mať dopad nielen na podnikové, či národné ekonomiky a narušiť ich udržateľný rast, ale ohrozujú aj životy a zdravie obyvateľstva, životné prostredie, súkromný, verejný a štátny majetok.

Po vyše 40 rokoch od tragédie v mestečku Seveso sa však práve vďaka tejto smernici podarilo zjednotiť EÚ v jej snahách o prevenciu závažných havárií. Dá sa konštatovať, že dnes je oprávnené považovať za vzor pre právne predpisy v tejto oblasti v mnohých krajinách celého sveta. Iste by sa to nebolo podarilo bez toho, ak by sa nepotvrdilo, že jej implementácie do národných predpisov viedli aj k významnému zníženiu frekvencií výskytu závažných havárií. Významne sa zvýšila spoločenská angažovanosť, informovanosť a tiež účasť odbornej i laickej verejnosti v územno-plánovacích, rozhodovacích a povoľovacích procesoch súvisiacich s podnikmi pracujúcimi s NL. Práve iniciatívne zapojenie občanov a obyvateľstva do verejno-právnych a rozhodovacích procesov v tejto oblasti je najlepším potvrdením naplňovania „sevesovského“ poslanstva.

Implementácia Smernice Seveso III do právneho poriadku Slovenskej republiky novým zákonom o prevencii ZPH je len potvrdením a pokračovaním našich aktivít v tejto oblasti, ktoré začali implementáciou Smernice Seveso II v roku 2002. Prijatie nového zákona o prevencii ZPH podmienili hlavne zmeny, ku ktorým došlo v ostatných rokoch nielen na Slovensku, ale aj v ostatných krajinách EÚ. Medzi najdôležitejšie zmeny s dopadmi na prevenciu ZPH patria predovšetkým zmeny v klasifikácii, označovaní a balení chemických látok, zmeny v mechanizme ochrany kritickej infraštruktúry a civilnej ochrany, ale aj zmeny v oblasti zodpovednosti za životné prostredie a jeho ochranu.

Ukázalo sa tiež, že je potrebné ešte viac zdôrazniť a zvýšiť informovanosť verejnosti týkajúcu sa podnikov zaradených pod zákon o prevencii ZPH. V neposlednom rade prijatie nového zákona o prevencii ZPH bolo podmienené aj viacerými nadštandardnými národnými požiadavkami v pôvodnom zákone, ktoré nemali oporu v Smernici Seveso II a ani v Smernici Seveso III a stretávali sa s kritikou hlavne zo strany menších zaradených podnikov.

Približne 100 podnikov na Slovensku, ktoré sú zaradené pod tento zákon síce predstavuje len 1 % z celkového počtu zaradených podnikov v rámci EÚ, avšak viac ako desať z nich je zároveň chrbtovou kosťou celej našej národnej ekonomiky. Na každý ich prevádzkový výpadok sme mimoriadne citliví a možno aj preto kladieme na úrovni verejnej a štátnej správy veľký dôraz na riešenie ich havarijnej pripravenosti a teda aj prevencie vzniku ZPH.

Slovensko je malá krajina v rámci EÚ, navyše je priemyselne najviac zaťažená v oblasti Západného Slovenska a to prináša so sebou viacero špecifických rizík. Z hľadiska zákona o prevencii ZPH jedným z takýchto špecifických rizík je aj riziko spojené s „domino efektom“, teda s rizikom rozšírenia sa závažných priemyselných havárií do blízkeho i vzdialenejšieho okolia týchto podnikov s následným ohrozením susediacich podnikov, životného prostredia alebo majetku.

Pôvodne veľké chemické, petrochemické, plynárenské, energetické a strojárenské komplexy na Slovensku boli totiž v dôsledku privatizačných, vlastníckych, de-monopolizačných a štrukturálnych zmien rozdelené do viacerých nových podnikov. V mnohých prípadoch po týchto rozdeleniach ani nebolo možné dôsledné rozdelenie ich areálov, hlavne čo sa týkalo inžinierskych sietí, energetických a potrubných rozvodov, či logistických a skladových objektov. Navyše aj nové priemyselné parky sa vytvárali dosť chaoticky a v snahe o ich čo najvyššie využitie vznikli problémy súvisiace práve s potenciálnymi ohrozeniami susediacich podnikov od rizikových podnikov pracujúcich s NL.

Tento problém nie je charakteristický len pre Slovenskú republiku a stretávajú sa s ním aj ďalšie stredoeurópske a východoeurópske krajiny, ale aj viaceré krajiny západnej Európy s rozsiahlymi pôvodnými priemyselnými komplexmi a logistickými centrami. Pozornosť problematike domino efektu bola venovaná aj v Smernici Seveso II (článok 8 Smernice), v ktorej sa síce o ňom priamo hovorí, avšak nebol v nej tento pojem jasne zadefinovaný.

Preto dochádzalo v minulosti jednak k nesprávnemu výkladu tohto pojmu, ale aj k jeho nevhodným rozšíreným aplikáciám, ktoré zahŕňali mimoriadne udalosti spojené s povodňami, zemetrasením, externými požiarimi, údermi blesku, ale aj s rozsiahlymi výpadkami elektrického prúdu, či iných zdrojov energií [5,6,9,11,19,20]. Veľmi často a nesprávne sa spájalo jeho zadefinovanie hlavne s pojmi mimoriadnych prírodných udalostí ale aj s pojmi „závislá porucha“ (z anglického „dependent failure“), či „porucha so spoločnou príčinou“ (z anglického „common cause failure“).

Ministerstvo životného prostredia (ďalej len „MŽP“) Českej republiky (ďalej len „ČR“) už v roku 2002 vydalo „Metodický pokyn Odboru environmentálnych rizík MŽP ČR pre hodnotenie možnosti vzniku kumulatívnych a synergických účinkov závažnej havárie“ [2], v ktorom však namiesto domino efektu použilo prakticky identický pojem „kumulatívne a synergické účinky“. Príslušný metodický pokyn sa opiera o prevzatú metodológiu pre identifikovanie a hodnotenie účinkov domino efektu, ktorú spracovala v roku 1998 Polytechnická fakulta de Mons v Belgicku pre belgické Ministerstvo práce a zamestnanosti, kompetentný orgán štátnej správy pre túto oblasť [3]. Časť z týchto postupov sa prevzala aj to tejto metodologickej príručky.

V období platnosti Smernice Seveso II vyšli vo svete desiatky odborných článkov a štúdií, ktoré pojednávajú o problematike posudzovania domino efektu [10,12,13,21,22,23] a viaceré z nich priniesli aj nové pohľady na túto problematiku. V Slovenskej republike Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky (ďalej len „MŽP SR“) vydalo viacero metodických príručiek a postupov ako pomoc podnikom pri aplikácii pôvodného zákona o prevencii ZPH, žiadna z nich sa však detailnejšie nevenovala problematike posudzovania domino efektu. Je však faktom, že aj napriek reálnym možnostiam použitia českého metodického pokynu [2] pre tieto posúdenia, len v jedinom prípade petrochemického podniku boli použité príslušné postupy pre zhodnotenie vplyvu domino efektov na vlastné s posudzovanou rizikovou technológiou susediace prevádzky.

Smernica Seveso III sa opäť venuje domino efektu v článku 9 [27], ktorý sme prevzali do nášho nového zákona o prevencii ZPH v §13 Domino efekt [28] a v § 2 je aj vymedzenie tohto pojmu. MŽP SR na základe podkladov od podnikov zaradených pod zákon o prevencii ZPH (informácií uvádzaných v oznámení, bezpečnostnej správe, alebo vyžiadaných informácií), alebo z informácií získaných pri výkone štátneho dozoru má určiť podniky, susediace podniky alebo ich skupiny, pri ktorých by sa riziko ZPH alebo následky ZPH mohli zhoršiť z dôvodu ich zemepisnej polohy alebo ich vzájomnej blízkosti a ich zásob NL.

Z uvedeného je teda zrejmé, že v striktnom ponímaní tohto výkladu prevzatého zo Smernice Seveso III (článok 9) a nášho nového zákona o prevencii ZPH (§13 ods. 1) iniciačnou udalosťou vedúcou k domino efektu môže byť len taká ZPH v zakategorizovanom podniku, ktorá presiahne hranice podniku a povedie k jej ďalšej eskalácii v susediacich podnikoch.

Susediaci podnik, podniky, alebo skupiny podnikov pritom nemusia, ale môžu spadať pod zákon o prevencii ZPH. Práve skutočnosť, že susediace podniky nemusia byť zaradené pod tento zákon si vyžiadala, aby MŽP SR zriadilo a viedlo register podnikov a susediacich podnikov alebo ich skupín určených podľa §13 ods. 1 nového zákona o prevencii ZPH.

Touto úlohou bola poverená Slovenská agentúra životného prostredia (ďalej len „SAŽP“) ako odborná organizácia MŽP SR s celoslovenskou pôsobnosťou zameranou na starostlivosť o životné prostredie a tvorbu krajiny v súlade so zásadami trvalo udržateľného rozvoja. Register bude súčasťou informačného systému prevencie závažných priemyselných havárií, ktorý na základe poverenia MŽP SR prevádzkuje, aktualizuje a jeho obsah sprístupňuje SAŽP.

Prevádzkovatelia podnikov uvedených v registri podľa §13 ods. 3 sú tak povinní:

- a) spolupracovať s inými prevádzkovateľmi, vymieňať si informácie na zohľadnenie charakteru a rozsahu nebezpečenstva ZPH pri posúdení rizika, v rámci ich programu prevencie, bezpečnostného riadiaceho systému a vnútorného havarijného plánu,
- b) spolupracovať na informovaní verejnosti a susediacich podnikov a na požiadanie poskytovať informácie orgánu, ktorý vypracúva plán ochrany obyvateľstva.

Aby bolo možné aplikovať metodické postupy tejto príručky v zhodnoteniach domino efektov v susediacich podnikoch k podnikom zaradeným pod zákon o prevencii ZPH bude v prvom rade potrebné identifikovať susediace podniky, ktoré môžu zvýšiť pravdepodobnosť vzniku ZPH v zaradenom podniku alebo zhoršiť jej následky, takže sa musia zmapovať nebezpečné zariadenia v susediacich podnikoch. To sa nedá dosiahnuť bez úzkej vzájomnej spolupráce oboch dotknutých subjektov, teda nielen podnikov zaradených pod zákon o prevencii ZPH, ale aj podnikov nezaradených pod tento zákon. Keďže zákon o prevencii ZPH nezaradeným podnikom neukladá žiadne povinnosti v tejto oblasti je zrejmé, že o túto spoluprácu sa musia nielen pokúsiť ale aj ju zabezpečiť zaradené podniky a ich odborne spôsobilé osoby v tejto oblasti (špecialisti na prevenciu ZPH).

V bode 8. vzoru formuláru oznámenia o zaradení podniku v prílohe č. 1 vykonávacej vyhlášky č. 198/2015 Z. z. k zákonu o prevencii ZPH majú totiž už zaradené a tiež nové podniky uviesť informácie o bezprostrednom okolí podniku a faktoroch, ktoré môžu spôsobiť ZPH alebo zhoršiť jej následky, vrátane informácií o susediacich podnikoch a o oblastiach a vývoji, ktoré by mohli byť príčinou ZPH či zhoršiť jej následky alebo zapríčiniť domino efekt.

Pokiaľ sa teda v susedstve zaradených podnikov vyskytujú susediace podniky, ktoré by mohli byť ohrozené ZPH, alebo by dokonca mohli iniciovať ZPH v týchto podnikoch, tak potom odborne spôsobilá osoba (špecialista na prevenciu ZPH) musí komunikovať s kompetentnými pracovníkmi v týchto podnikoch a získať potrebné informácie pre detailné posúdenia rizika ďalšej eskalácie potenciálnych ZPH. V prípade, že susediaci podnik je tiež zaradeným podnikom v zmysle zákona o prevencii ZPH takéto informácie už mali byť súčasťou doterajších analýz a zhodnotení rizika ZPH.

Zaradené podniky ohrozujúce svoje okolie v zmysle pôvodného zákona o prevencii ZPH mali totiž povinnosť informovať svojich susedov o týchto ohrozeniach a navyše mali poskytnúť príslušné informácie aj v rámci podkladov pre spracovanie plánov ochrany obyvateľstva kompetentnej štátnej správy.

Susediacim podnikom, ktoré neboli zaradené pod pôvodný zákon o prevencii ZPH však takáto povinnosť nevyplývala a pokiaľ sami neupozornili na vlastné potenciálne rizikové zdroje ďalšej eskalácie takýchto ZPH vo svojich areáloch, tak ani nebolo možné ich posúdenie a zhodnotenie v už realizovaných hodnoteniach rizika.

Aj preto sa táto metodická príručka v postupoch pre identifikovanie podnikov s potenciálom spôsobiť domino efekt opiera o aktívnu spoluprácu odborne spôsobilých osôb v existujúcich zaradených podnikoch a tiež v nových podnikoch so svojimi susedmi, čo je aj základný predpoklad úspešného zvládnutia riešenia tejto problematiky.

2. CIELE METODICKEJ PRÍRUČKY

Prvým cieľom metodickej príručky je poskytnúť podnikom zaradeným pod zákon o prevencii ZPH jednoduchý, jednotný, systematický a efektívny nástroj, ktorý umožní zozbierať potrebné informácie a posúdiť a zhodnotiť potenciál podniku spôsobiť prípadnou ZPH domino efekt jednak v ich areáli ale tiež v okolí podniku, teda v susediacich podnikoch.

Druhý cieľ metodickej príručky je zameraný na prezentáciu a aplikáciu systematického a komplexného prístupu ku riešeniu problematiky domino efektov. Naplnenie tohto cieľa umožní využitie metodickej príručky pre potreby širšej odbornej verejnosti, kompetentnej štátnej a verejnej správy a tiež MŽP SR pri rozhodovacích a schvaľovacích procesoch v rámci prípravy územnoplánovacej dokumentácie, pri stavebnom konaní a pri posudzovaní zámerov a aktivít v okolí podnikov zaradených pod zákon o prevencii ZPH.

Tretí cieľ metodickej príručky je zameraný na odbornú pomoc tým susediacim podnikom v okolí podnikov zaradených pod zákon o prevencii ZPH, ktorých zemepisná poloha alebo vzájomná blízkosť a prítomnosť NL vytvára potenciál pre eskaláciu a zhoršenie následkov ZPH.

Aj z definovania cieľov metodickej príručky je zrejmé, že bezprostrednou príčinou a iniciátorom domino efektu v podniku a v susediacich podnikoch musí byť ZPH. Zároveň sa v susediacich podnikoch musia nachádzať NL v takých množstvách, podmienkach skladovania alebo v takých zariadeniach a v technológií, ktoré môžu predstavovať nebezpečenstvo ďalšieho rozvoja – eskalácie ZPH, bez ohľadu na to, či tieto susediace podniky sú zaradené pod zákon o prevencii ZPH alebo nie.

2.1 ZÁKLADNÉ POJMY

Pre potreby metodickej príručky sú zadefinované niektoré základné pojmy zavedené a používané v samotnom zákone o prevencii ZPH, jeho vykonávacej vyhláške a tiež v referenčných dokumentoch, aby sa dosiahla jednotnosť a zrozumiteľnosť pri ich následnom používaní.

Domino efekt

je možnosť zvýšenia pravdepodobnosti vzniku ZPH alebo zhoršenia jej následkov v dôsledku vzájomnej blízkosti zariadení, podnikov alebo skupiny podnikov a umiestnenia NL¹.

Závažná priemyselná havária

je udalosť, akou je závažný únik NL, požiar alebo výbuch v dôsledku nekontrolovateľného vývoja počas prevádzky podniku vedúci k vážnemu bezprostrednému alebo následnému ohrozeniu zdravia ľudí, ŽP alebo majetku s prítomnosťou jednej alebo viacerých NL¹.

Nebezpečná látka

je látka alebo zmes² uvedená v prvej časti prílohy č. 1 alebo v druhej časti prílohy č. 1 k zákonu o prevencii ZPH, a to vo forme suroviny, výrobku, vedľajšieho produktu, rezídua alebo medziproduktu¹.

Podnik

je priestor alebo súbor priestorov riadený prevádzkovateľom, kde sú NL prítomné v jednom alebo viacerých zariadeniach, vrátane spoločných alebo súvisiacich infraštruktúr alebo činností a je zaradený do kategórie A alebo kategórie B³.

¹ §2 zákona č. 128/2015 o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

² Čl. 2 ods. 7 a 8 nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 z 16. decembra 2008 o klasifikácii, označovaní a balení látok a zmesí, o zmene, doplnení a zrušení smerníc 67/548/EHS a 1999/45/ES a o zmene a doplnení nariadenia (ES) č. 1907/2006 (Ú. v. EÚ L 353, 31. 12. 2008) v platnom znení.

³ §3 zákona č. 128/2015 o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Susediaci podnik

je podnik s prítomnosťou jednej alebo viacerých NL alebo bez ich prítomnosti, ktorý sa nachádza v takej blízkosti podniku, že dochádza k zvýšeniu rizika ZPH alebo k zhoršeniu jej následkov.

Prítomnosť nebezpečnej látky

je projektované, skutočné alebo predpokladané množstvo NL v podniku alebo NL, o ktorej sa možno oprávnené domnievať, že by mohla vzniknúť, ak ide o stratu kontroly nad procesmi vrátane skladovacích činností v ktoromkoľvek zariadení v rámci podniku, v množstvách, ktoré sú rovné alebo väčšie ako prahové množstvá uvedené v prvej časti prílohy č. 1 alebo druhej časti prílohy č. 1 k zákonu o prevencii ZPH¹.

Zariadenie

je nadzemná technická jednotka alebo podzemná technická jednotka alebo technologická jednotka v rámci podniku, v ktorej sa vyrábajú, spracúvajú, používajú alebo uskladňujú NL; zahŕňa vybavenie, štruktúry, potrubia, stroje, nástroje, podnikové koľajové systémy, železničné vlečky, doky, vykladacie rampy a nakladacie rampy a plošiny slúžiace zariadeniu, hadice, sklady alebo podobné pohyblivé objekty aj nepohyblivé objekty potrebné na prevádzku zariadenia¹.

Okrem pojmu zariadenie bolo však potrebné pre potreby tejto metodické príručky zadať ďalšie pojmy, ako sú pojmy „objekt“, „sekcia“ a „zóna zariadenia“, ale aj pojmy súvisiace s požiaro-technickými a fyzikálno–chemickými charakteristikami havarijných procesov.

Objekt

je celý priestor, prípadne súbor priestorov, v ktorom je umiestnená NL v jednom alebo vo viacerých zariadeniach, vrátane spoločných alebo súvisiacich infraštruktúr a činností, vo vlastníctve alebo v užívaní prevádzkovateľa.

Sekcia

je časť zariadenia, ktorú tvorí funkčne a logicky ucelený súbor, polohou alebo fyzicky oddelený od ostatných častí zariadenia (napr. vzdialenosťou alebo deliacimi stenami). Pre potreby posudzovania sa uvažujú nasledovné sekcie: sklady a skladovacia sekcia, plnenie a stáčanie NL, výrobná sekcia a sekcia samostatné stavby. Sekcie sú rozdelené do nasledovných položiek zariadení - kategórií:

1. kategória - Sklady pevných NL
2. kategória - Skladovacie nádrže NL pod tlakom
3. kategória - Skladovacie nádrže NL atmosférické alebo kryogénne
4. kategória - Malotonážne skladovanie NL
5. kategória - Plniace a stáčacie miesta NL
6. kategória - Výrobné sekcie s NL
7. kategória - Potrubné rozvody NL

Zóna zariadenia

je definovaná ako súbor častí zariadenia, resp. jeho sekcie, ktoré sú zaradené do rovnakej kategórie (1. až 7.) a ktoré sa v prípade havárie chovajú z hľadiska jej priebehu v princípe rovnako.

Množstvo nebezpečnej látky

je skutočná alebo projektová hmotnosť NL. Toto množstvo môže byť statické (pre NL uložené v sklade, v skladovacích nádržiach ap.) alebo dynamické (pre NL v technológiách a v potrubných systémoch), pričom pri dynamických množstvách sa uvažuje s maximálnymi zadržiavanými alebo prietochovými množstvami za stanovenú časovú jednotku.

BLEVE efekt

je náhly únik veľkého množstva prehriateho média (NL) pod tlakom do atmosféry. Je tiež definovaný ako výbuch pár vriacej kvapaliny a vzniká ako následok pôsobenia externého zdroja tepla na skladovací alebo prevádzkový zásobník. Unikajúce pary vriacej horľavej kvapaliny po iniciácii vytvoria ohnivú guľu „FIREBALL“, ktorá počas vyhorevania stúpa nahor.

FIREBALL

je ohnivá guľa, ktorá sa vytvorí po iniciácii unikajúcich pár vriacej horľavej kvapaliny pri „BLEVE efekte“. Počas vyhorevania ohnivá guľa stúpa nahor.

Flash fire

je krátke horenie mraku horľavých pár, ktoré vzniká pri iniciácii horľavých pár v medziach zápalnosti. Mrak sa môže iniciovať aj vo väčšej vzdialenosti od miesta úniku a následne prešľahnúť späť. FLASH FIRE často iniciuje „JET FIRE“ alebo „POOL FIRE“ s oveľa väčšími následkami, aké by mohol mať on sám.

Jet fire

je horenie mraku horľavých pár po ich zapálení pri úniku z nádob alebo potrubia pod tlakom cez malý otvor. Horľavé pary pri úniku zvyčajne strhávajú so sebou aj časť kvapaliny a vyhorevanie tohto úniku je preto pomerne prudké a s významnými smerovými dosahmi.

Pool fire

je vyhorevanie vzniknutých horľavých pár nad povrchom horizontálnej mláky. Mláka môže byť ohraničená (jej plocha sa nezväčšuje) alebo roztekajúca sa. Tepelná radiácia z plameňa podporuje odpar z povrchu mláky a tým udržuje proces horenia.

Mechanický výbuch

je proces deštrukcie komponentov a zariadení napr. pri prekročení tlaku plynu alebo kvapaliny v uzatvorenom priestore. Môže pri ňom dôjsť aj k porušeniu pevnosti stien tlakových nádob (napr. pri výbuchu parného kotla v dôsledku prehriatia stien kotla ap.). Pokiaľ dôjde k porušeniu hermetičnosti zariadení pod nízkym tlakom alebo s vákuom tento jav sa nazýva implózia (vyrovnanie tlakov smerom dovnútra zariadenia).

UVCE efekt

je výbuch neohraničeného mraku horľavých pár (plynov) s prechodom do detonácie.

VCE efekt

je výbuch mraku horľavých pár (plynov), ku ktorému dochádza vtedy, ak koncentrácia výbušnej látky v mraku dosiahne dolnú medzu výbušnosti (DMV) a v okolí je prítomný iniciačný zdroj výbuchu s dostatočne veľkou iniciačnou energiou.

Rozptyl

je šírenie mraku plynov a pár v smere vetra a následné zriedňovanie koncentrácie pri horľavých plynach až pod DMV. V prípade, že sa mrak nezapáli, voľne sa rozptýli bez nebezpečných následkov.

Toxický rozptyl

je šírenie mraku toxických plynov a pár v smere vetra a následné zriedňovanie ich koncentrácie.

Dolná medza výbušnosti

je dolná hranica koncentrácie horľavej látky vo vzduchu, pri ktorej už môže nastať výbuch. Zmes je horľavá iba vtedy, keď je objemové percento horľavej látky vo vzduchu medzi dolnou medzou výbušnosti (DMV) a hornou medzou výbušnosti (HMV).

Horná medza výbušnosti

je horná hranica koncentrácie horľavej látky vo vzduchu, pri ktorej ešte môže nastať výbuch.

2.2 HISTORICKÉ ASPEKTY MODELOVANIA DOMINO EFEKTU

Problematike modelovania domino efektu v chemickom priemysle a procesnom inžinierstve sa začala venovať pozornosť už v 60-tych rokoch minulého storočia [13]. Z dôvodov zvyšovania efektívnosti výroby a znižovania výrobných a prepravných nákladov začali sa totiž budovať rozsiahle priemyselné parky, v ktorých sa na malom priestore začali koncentrovať aj NL.

Takáto koncentrácia NL so sebou však prinášala nebezpečenstvo, že aj malá prevádzková porucha, či havária mohla prerásť do závažnej, či katastrofickej udalosti. Už v tej dobe sa objavil aj v procesnom inžinierstve pojem domino efekt [13], avšak jeho ponímanie bolo oveľa širšie a obecnnejšie a zahŕňal aj rôzne mimoriadne udalosti spôsobené prírodnými živlami a javmi, ale aj udalosti spôsobené činnosťou a zlyhaním človeka.

Veľmi často sú citované ako následky domino efektu katastrofické havárie s tragickými následkami, ktoré sa vyskytli napríklad v Mexiku a v USA. Tragické následky mala hlavne séria výbuchov s výskytom havarijných scenárov BLEVE v podniku na skladovanie LPG (Liquefied Petroleum Gas – skvapalnená zmes propánu a butánu) v mexickom hlavnom meste v časti San Juan Ixhuatepec 19. novembra 1984.

Sklad so štyrmi guľovými zásobníkmi na LPG s objemom 1 600 m³ a dvomi zásobníkmi s objemom 2 400 m³ a s ďalšími 48 rôzne veľkými valcovými zásobníkmi v priebehu jednej minúty po BLEVE na jednom z guľových zásobníkov bol celý zničený. Ostatky zo zásobníkov sa našli vo vzdialenosti viac než 100 m a až 1 200m od ich pôvodných miest. Bolo zničených niekoľko prevádzkových budov a v okolí do 300 m od skladu aj obývané obydlia, zomrelo 500 ľudí a takmer 7 000 utrpelo rôzne zranenia.

V ostatných rokoch došlo k zintenzívneniu prác na modelovaní domino efektov hlavne po katastrofe na skladovacom termináli v anglickom Buncefielde neďaleko Londýna v decembri 2005 [17]. Nedošlo pri nej k stratám na životoch aj preto, že havária začala cez víkend a bolo len 43 zranených osôb. Terminál bol prakticky úplne zničený (zničených 21 z 26 skladovacích zásobníkov). V blízkej priemyselnej zóne boli zničené dva veľké a desať menších stavebných objektov (výrobných, skladovacích a administratívnych) a čiastočne bolo poškodených takmer tisíc stavebných objektov, vrátane rodinných domov v okruhu do 2 km od terminálu.

Z mesta Hemel Hempstead bolo evakuovaných vyše 3 000 ľudí. Takmer 16 500 ľudí prišlo čiastočne alebo úplne o prácu [17]. Havária vznikla po pretečení jednej zo skladovacích nádrží pri jej plnení a následne sa z areálu spoločnosti HOSL West (Total & Texaco Co.) rozšírila prakticky do celej priemyselnej oblasti. Na nasledujúcich Obrázkoch č. 1 – 2 je pohľad na terminál pred a po havárii v roku 2005.

V dôsledku tlakových účinkov výbuchu horľavých pár uhľovodíkov uniknutých z jedného skladovacieho zásobníka a následných tepelných a tlakových účinkov spojených s výskytom domino efektov na ďalších skladovacích zásobníkoch došlo nielen k eskalácii havárie, ale aj k strate funkčnosti viacerých pasívnych (stavebných), ale aj aktívnych protipožiarnych bariér a systémov, čo v konečnom dôsledku viedlo k rozsiahlemu poškodeniu infraštruktúry celej priemyselnej oblasti a tiež k priamemu ohrozeniu životného prostredia [13,17].

Je faktom, že ku zintenzívneniu modelovania domino efektov došlo až po tejto havárii a hlavným dôvodom týchto aktivít boli snahy o komplexné a systematické rizikové analýzy a hodnotenia veľkých priemyselných aglomerácií a industriálnych parkov s použitím postupov pravdepodobnostného inžinierstva [13].



Obrázok č. 1 Terminál v anglickom Buncefielde pri Londýne pred haváriou v roku 2005



Obrázok č. 2 Terminál v anglickom Buncefielde pri Londýne štyri roky po havárii (záber je z roku 2009 a v súčasnosti je už sanovaná veľká časť zničeného areálu)

2.3 PRÍČINY DOMINO EFEKTU

Základom pre modelovanie domino efektov pre potreby zákona o prevencii ZPH je správne zadefinovanie ich príčin. Tieto príčiny musia súvisieť s iniciačnými udalosťami, ktoré vedú k domino efektom, teda so ZPH a s podnikmi zaradenými pod zákon o prevencii ZPH. Z definície ZPH vyplýva, že domino efekt môže iniciovať:

- závažný únik NL,
- požiar alebo výbuch.

Preto nemôžu byť príčiny domino efektov pre potreby zákona o prevencii ZPH spájané s mimoriadnymi prírodnými udalosťami (zemetrasenia, záplavy, extrémne meteorologické podmienky ap.) a ani s mimoriadnymi udalosťami iniciovanými ľudskou činnosťou (pád lietadla, roztrhnutie priehrady, zlyhanie obsluhy ap.). Tieto mimoriadne udalosti sa totiž pri posudzovaní rizika analyzujú samostatne.

V roku 2010 vyšla publikácia [20], ktorá mapovala 225 havárií, ktoré prešli do domino efektov v rokoch 1961-2007. Sledovali sa miesta výskytu týchto havárií a ich charakter (typ), NL a príčiny a následky týchto havárií. Zo štatistických zhodnutí vyplýva, že najčastejšími príčinami týchto havárií boli externé udalosti (31 % podiel) a mechanické poruchy (29 % podiel). Najčastejšie sa tieto havárie vyskytli v skladovacích sekciách (35 % podiel) a na procesných sekciách (28 % podiel).

Až 89 % podiel na týchto haváriách, ktoré prešli do domino efektov mali horľavé látky a materiály v plynárenstve a v petrochémii. V dokumente [20] bola realizovaná aj analýza primárnych a sekundárnych príčin vzniku týchto domino efektov s použitím jednoduchých stromov udalostí pre stanovenie relatívnej pravdepodobnosti jednotlivých udalostí s nasledovným výsledkom:

- najväčšiu 27,6 % pravdepodobnosť rozvoja domino efektov mali udalosti „výbuch a následný požiar“,
- 27,5 % pravdepodobnosť mali udalosti „požiar a následný výbuch“,
- 17,8 % podiel mali udalosti „požiar a následný požiar“.

Len 20 % podiel na týchto haváriách mali havárie pri Transporte a 80 % predstavovali havárie na stabilných zariadeniach. Prekvapením bolo, že len 20,9 % podiel na týchto haváriách s prechodom do domino efektu mal človek (ľudský faktor) a servisné chyby sa podieľali len na 1,3 % týchto havárií [13,20].

Pri týchto haváriách veľká časť horľavých NL (až 25 %) bola charakterizovaná aj ako toxické, resp. ekotoxické NL, avšak pri následnom rozvoji požiarnej udalosti, resp. pri ich výbuchu už výskyt havarijných scenárov s toxickým, či ekotoxickým ohrozením v dôsledku domino efektu bol s veľmi nízkou, zanedbateľnou frekvenciou výskytu a v dokumente [20] im už nebola venovaná pozornosť. Napriek tomu v tam publikovanom strome udalostí sú toxické následky pri rozvoji týchto havárií v dôsledku domino efektu kvantifikované na úrovni 0,4 – 3,1 % [20].

Pokiaľ však ZPH je charakterizovaná len toxickým rozptylom nie je reálne, že by viedla aj k domino efektu, ktorý by zvyšoval jej dosahy a prípadné následky, čo však nie je možné vždy vylúčiť. Z tohto dôvodu sa pozornosť zameriava len na tie možnosti eskalácie ZPH a následného ohrozenia susediacich podnikov, ktoré sú spojené s:

- tlakovými účinkami výbuchov,
- účinkami tepelného sálania (radiácie) - šírením tepla,
- letiacimi úlomkami výbuchom poškodeného zariadenia,
- inými príčinami, ako napr. aj s účinkami následného toxického rozptylu NL.

Aj napriek tomu, že v súčasnosti sú už dostatočne vierohodné štatistické informácie o domino efektach [3,13,20] a ich následkoch, metodiky pre ich identifikáciu sú zvyčajne obecné a jednoduché.

Ukazuje sa totiž, že je mimoriadne obtiažne dobre zhodnotiť a namodelovať už následky primárnych havárií - teda ZPH, ktoré by navyše už mali zohľadňovať možné vplyvy pasívnych a aktívnych bezpečnostných a zabezpečovacích bariér, či blokačných a bezpečnostných systémov ap.

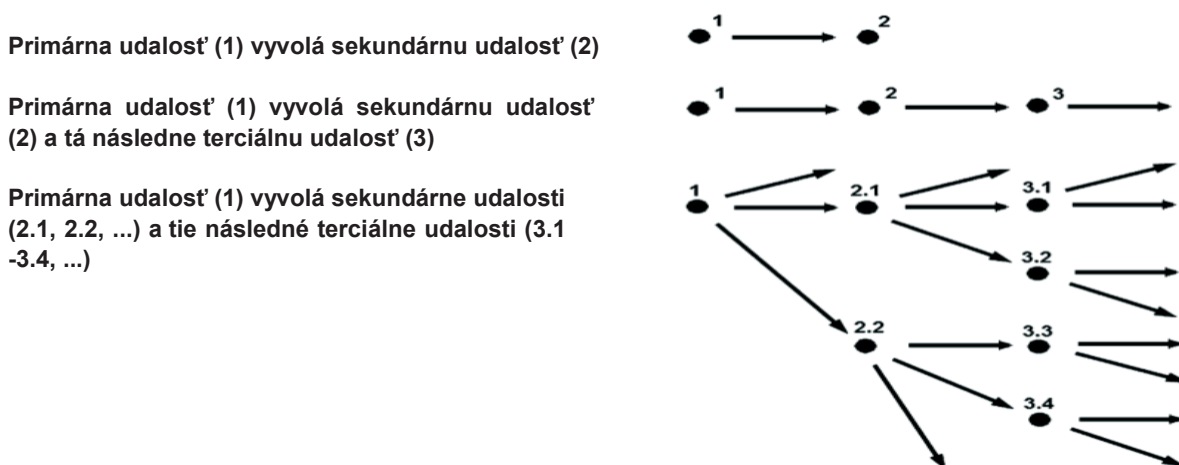
Pri aplikácii postupov pravdepodobnostného hodnotenia rizika (PSA, QRA) pre potreby posúdenia individuálneho a spoločenského rizika ZPH to totiž v mnohých prípadoch vedie ku extrémne nízkym pravdepodobnostiam a aj frekvenciám výskytu - vzniku takýchto havarijných udalostí a k ich následnému vyselektovaniu z detailnejších analýz.

Práve ostatne uvádzaný dôvod poukazuje na potrebu zjednotenia hodnotiacich postupov v tejto oblasti, pretože aj ZPH s veľmi nízkou frekvenciou (početnosťou) výskytu môžu v susediacich podnikoch viesť k domino efektom, ktoré spôsobia rozšírenie nielen dosahov, ale aj následkov týchto iniciačných ZPH.

Na túto skutočnosť jasne poukázala aj havária na skladovacom termináli v anglickom Buncefielde pri Londýne [13]. Pretečenie jedného skladovacieho zásobníka pri plnení, napriek existencii pasívnych a aktívnych zabezpečovacích a bezpečnostných prvkov (spoločná záchytná a havarijná nádrž, meranie hladiny v zásobníku, kamerové systémy, stabilné hasiace zariadenia) viedlo totiž k projektovo nepredpokladaným katastrofickým následkom, ktorých eskalácia bola spojená s domino efektmi.

2.4 METODIKY RIEŠENIA DOMINO EFEKTU

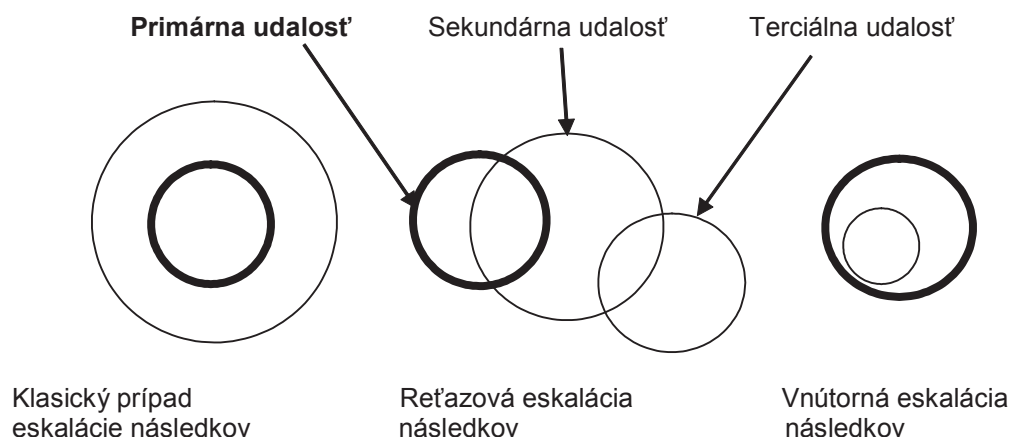
V súčasnosti existuje už niekoľko metód na riešenie domino efektu od metodiky jednoduchého rozšírenia sa havárie (primárna havarijná udalosť vyvolá sekundárnu havarijnú udalosť), cez viacúrovňové jednoduché reťazenie (primárna – sekundárna - terciálna havarijná udalosť) až po viacúrovňové a viacsmerové reťazenie [13] – vid' Obrázok č. 3.



Obrázok č. 3 Riešenie domino efektu metodikou jednoduchého reťazenia, viacúrovňového reťazenia a viacúrovňového a viacsmerového reťazenia [13]

Pri hodnotení eskalácie - rozšírenia následkov ZPH, ako primárnej udalosti je dôležité, či prípadný domino efekt spôsobí sekundárnu udalosť, alebo sekundárne udalosti s dosahmi a následkami len v podniku, teda v priestore alebo v súbore priestorov riadenom prevádzkovateľom, alebo aj mimo podnik. V prípade, že sa bude jednať len o vnútropodnikové dosahy a následky sekundárnych, či terciálnych udalostí v súbore priestorov riadených prevádzkovateľom, potom prevádzkovateľ pri posudzovaní rizika ZPH s potenciálom domino efektu (efektov) zohľadní v zmysle postupov pre posudzovanie rizika tento potenciál tak, že frekvenciu (početnosť) výskytu havárie na príslušných zariadeniach „zaťaží“ ešte o hodnotu frekvencie výskytu domino efektu.

Z hľadiska zákona o prevencii ZPH, keďže nedochádza k rozvoju sekundárnych havárií mimo podnik, nemôžu narastať ani ich následky na okolie podniku. Na nasledujúcom Obrázku č. 4 sú prezentované možnosti riešenia domino efektu.



Obrázok č. 4 Alternatívne možnosti eskalácie dosahov primárnych, sekundárnych a terciálnych havárií

Je potrebné si uvedomiť, že použitie viacúrovňových metodík rozvoja primárnej havárie je už spojené s aplikáciou zložitých matematických a fyzikálno-chemických modelov a v podmienkach Slovenskej republiky nemá prakticky význam. Z necelých 100 podnikov spadajúcich pod zákon o prevencii ZPH je cca 20-25% takých, v ktorých blízkosti je situovaných aj niekoľko ďalších susediacich podnikov pracujúcich s väčšími množstvami NL.

Problémom je však to, že len malá časť z podnikov zaradených pod zákon o prevencii ZPH aplikuje pri analýzach a posúdeniach individuálneho a spoločenského rizika iné softvérové produkty umožňujúce vyhodnotiť následky havárií ako je voľne dostupný softvér (ďalej len „SW“) americkej Agentúry pre ochranu životného prostredia (EPA) – SW ALOHA (<http://www2.epa.gov/cameo/aloha-software>).

Práve vyššie uvádzané skutočnosti viedli spracovateľov tejto metodické príručky k prevzatíu najjednoduchšej metodiky riešenia domino efektu vypracovanej pracovným tímom Faculté Polytechnique de Mons v Belgicku, pod vedením Dr. Christiana Delvosalleho už v roku 1996 [3], ktorá zohľadňuje len jednoduché reťazenie havárií – viď. Obrázok č. 3.

Je pravdou, že pri jednoduchom šírení havárie navrhovaná metodika identifikuje často len možné domino efekty medzi dvomi sekciami alebo zariadeniami, či prevádzkami toho istého prevádzkovateľa. Prakticky sa tak jedná o riešenie vnútorných domino efektov na úrovni podniku zaradeného pod zákon o prevencii ZPH. Treba si ale uvedomiť, že doposiaľ ju v Slovenskej republike aplikovali k posúdeniam rizika ZPH prakticky len jeden - dva podniky, takže táto metodická príručka je vlastne určená aj tým prevádzkovateľom a ich odborne spôsobilým osobám, ktoré doposiaľ domino efekt v rámci legislatívne požadovaného hodnotenia rizika nezohľadnili aj napriek tomu, že dosahmi svojich ZPH ohrozujú blízke okolie podniku.

Problémom Slovenska, ale aj viacerých stredoeurópskych a východoeurópskych krajín je, že pôvodné veľké priemyselné chemické, petrochemické, plynárenské a strojárenské podniky sa v mnohých prípadoch rozpadli a v ich areáloch je v súčasnosti aj niekoľko menších podnikov pracujúcich s NL alebo vykonávajúcich činnosti, ktoré by mohli iniciovať ZPH s následkami mimo areál podniku zaradeného pod zákon o prevencii ZPH. Hranice areálov týchto nových podnikov často predstavujú len spoločné inžinierske siete a prepravné komunikácie a práve preto je potrebné identifikovať a zhodnotiť aj potenciálne dopady domino efektov.

Uplatneniu jednoduchej metodiky posudzovania domino efektu na Slovensku napomáha aj skutočnosť, že v podnikoch zaradených pod zákon o prevencii ZPH posúdenia rizika musia realizovať

odborne spôsobilé osoby a je teda predpoklad, že ju dôsledne uplatnia a takto sa podarí aj dobre vyselektovať v ich okolí tie susediace podniky, ktoré skutočne môžu predstavovať potenciálne nebezpečenstvo pre ďalšie šírenie sa primárnej havárie, teda ZPH.

Ak by však boli v minulosti pri návrhu a následnej realizácii rizikových prevádzok dodržané projektové odstupové, alebo bezpečnostné vzdialenosti, alebo sa aplikovali riešenia pasívneho (stavebného) z odolňovania rizikových technológií, tak by dnes nebolo potrebné domino efekty ani riešiť.

Je zrejmé, že aplikácia aj týchto jednoduchých postupov pre posudzovanie domino efektu v existujúcich podnikoch zaradených pod zákon o prevencii ZPH môže vyvolať dodatočné práce a zhodnotenia. Bude sa to týkať najmä tých podnikov, v ktorých už pri pôvodných hodnoteniach rizika sa použili selekčné kritéria hneď pri príprave vstupov do analýz rizika. To v niektorých prípadoch viedlo k tomu, že potenciálne rizikové zariadenia a ich sekcie, či komponenty (prvky) sa vylúčili z ďalších rizikových analýz len preto, že ich objemy boli malé, alebo menej významné a tak sa pri nich ani neidentifikovali potenciálne dosahy prípadných havarijných scenárov mimo areál podniku.

Aj malé ZPH, ako primárne havárie v podniku zaradenom pod zákon o prevencii ZPH môžu však ohroziť domino efektom nielen rizikové technológie susediaceho podniku, ale aj jeho blízke okolie a výsledné individuálne a tiež spoločenské riziko takejto interakcie môže byť mimoriadne vysoké. Preto bude potrebné vrátiť sa v týchto podnikoch k pôvodným vstupom do analýz a hodnotení rizika a verifikovať správnosť aplikácie príslušných selekčných kritérií.

Z hľadiska ďalšieho postupu je potrebné pochopiť a správne používať nasledovné pojmy špecifikované v Tabuľke č. 1.

Primárny havarijný scenár (tiež prvotná, alebo primárna havária)

je havarijný scenár, ktorý iniciuje domino efekt a následný rozvoj a eskaláciu jedného alebo viacerých sekundárnych havarijných scenárov v iných výrobných (procesných) alebo skladových jednotkách (zariadeniach) alebo aj v iných podnikoch. Do úvahy sa berú iba jeho tepelné a/alebo mechanické pôsobenia (tlak a letiace úlomky).

Sekundárny havarijný scenár (tiež sekundárna havária)

Je havarijný scenár spôsobený účinkom **vektora eskalácie** generovaným primárnym havarijným scenárom.

Propagácia/Rozvoj

V prípade priestorového šírenia sa domino efektu, znamená pojem propagácia, či rozvoj účasť ďalšej výrobnej alebo skladovej jednotky alebo zariadenia na havárii, teda tieto jednotky, či zariadenia sú prítomné na inom mieste ako primárna havária, čo môže byť aj v inom podniku. V prípade časového domino efektu, ide o propagáciu, či rozvoj v rámci tej istej výrobnej, či skladovej jednotky alebo zariadenia.

Eskalácia

Stupňovanie celkových/výsledných následkov nežiadúcej udalosti, v tomto prípade ZPH.

Eskalačný vektor

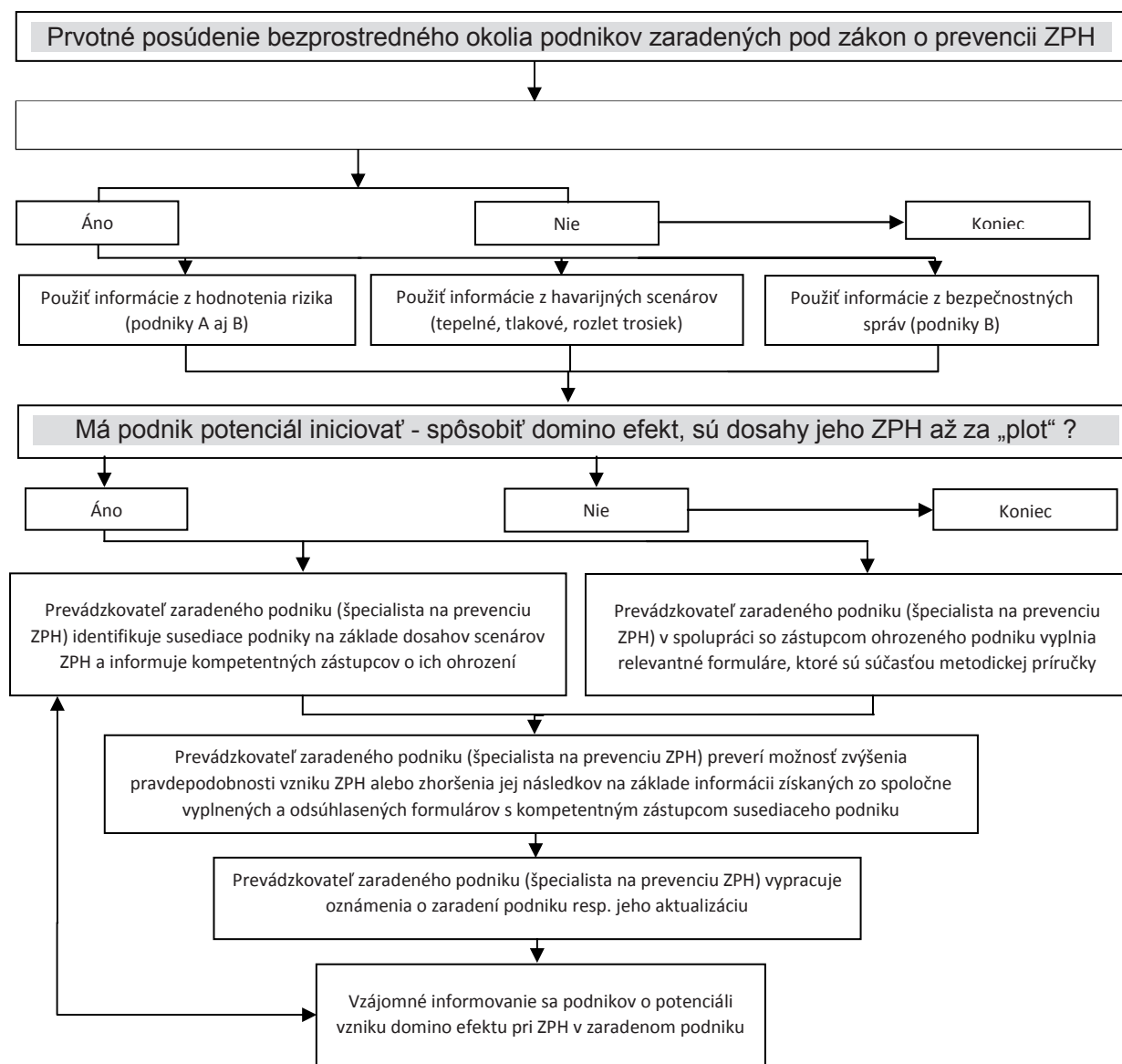
Vektor fyzických účinkov (sálanie tepla, pretlak alebo letiace úlomky) generovaný primárnym havarijným scenárom.

Tabuľka č. 1 Základné pojmy súvisiace s domino efektom [13]

3. POSTUP APLIKÁCIE NAVRHOVANEJ METODIKY

V tejto časti metodickéj príručky je prezentovaný systematický postup aplikácie navrhovanej metodiky. V súčasnosti existujúce podniky zaradené pod zákon o prevencii ZPH musia mať zrealizované hodnotenia rizika, z ktorých by malo byť zrejmé, či potenciálne dosahy a následky reprezentatívnych havarijných scenárov presahujú hranice ich areálov, alebo nie. Pokiaľ tieto podniky doposiaľ neuplatnili postupy aj pre zhodnotenie domino efektu, tak táto metodická príručka im taktiež poskytuje návod ako toto zhodnotenie realizovať a umožňuje im určiť dosahy (zóny) ohrozenia a tým aj ich potenciál ohrozenia susediacimi podnikmi domino efektom.

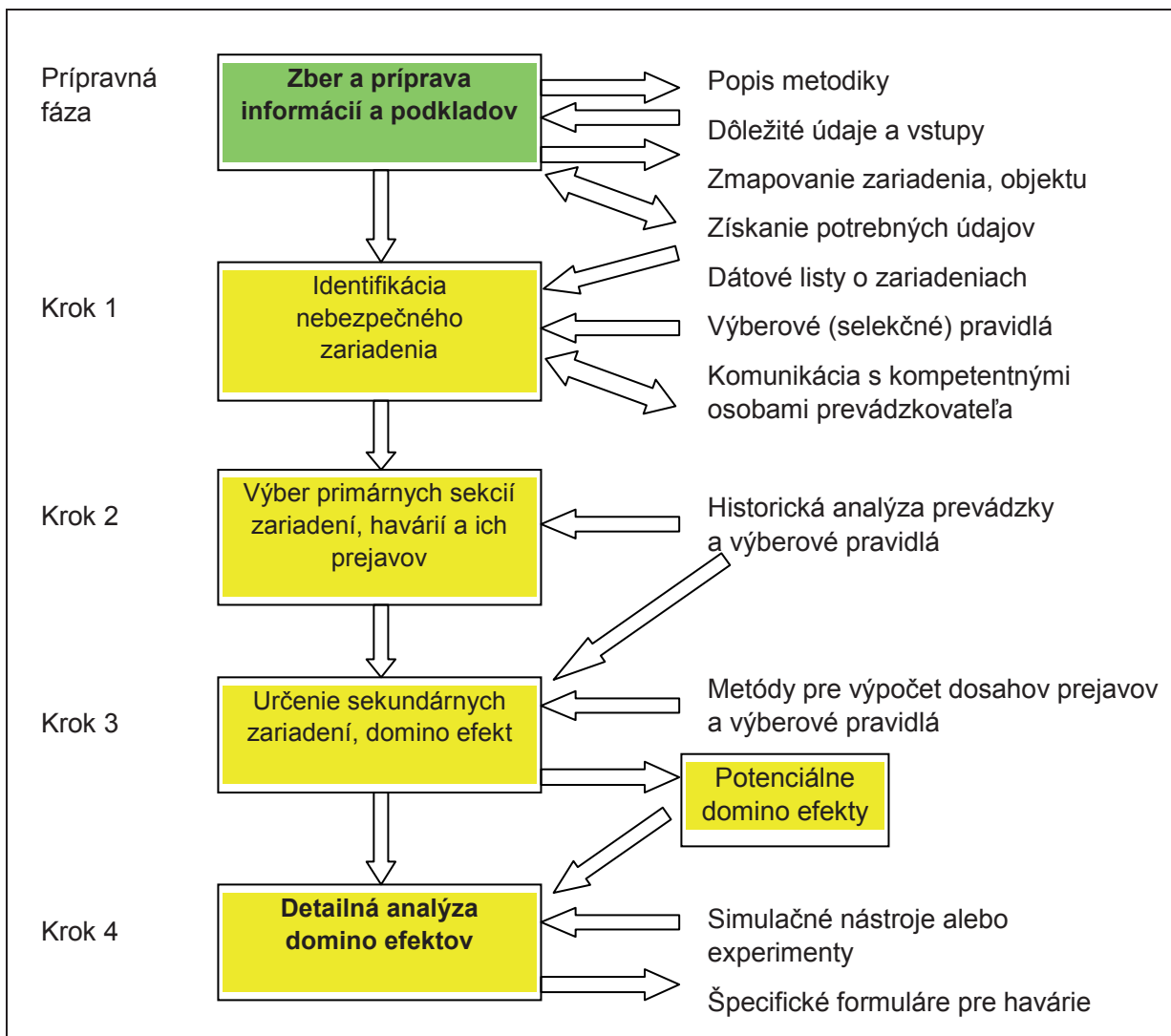
Na nasledujúcom obrázku je postupová schéma pre úvodné práce v tejto problematike.



Obrázok č. 5 Postupová schéma pre úvodné práce na riešení problematiky domino efektu

3.1 OBECNÝ POPIS POUŽITEJ METODIKY

Aj keď na prvý pohľad sa navrhovaná metodika javí ako jednoduchá a obecná, pokiaľ sa systematicky a komplexne neaplikuje neprinesie očakávané výsledky. Preto je nevyhnutné dodržať už v jej prípravnej fáze nasledovné štyri kroky zachytené na Obrázku č. 6.



Obrázok č. 6 Postupový diagram metodiky pre identifikovanie domino efektov

Z Obrázku č. 6 je zrejmá postupnosť jednotlivých krokov a rozsah potrebných informácií, ktoré musí mať k dispozícii nielen odborne spôsobilá osoba, ktorá bude aplikovať príslušnú metodiku, ale aj kompetentný pracovník prevádzky.

Následne v prvom kroku je potrebné identifikovať všetky nebezpečné zariadenia, resp. sekcie zariadení s NL, na ktorých prípadná havária môže viesť k domino efektu. Tieto zariadenia, resp. sekcie zariadení sa na záver tohto kroku zoskupia do príslušných sekcií a ich kategórií.

V druhom kroku sa identifikujú všetky primárne nebezpečné zariadenia, resp. sekcie týchto zariadení, ktoré by boli ohrozené primárnou haváriou (teda ZPH). Aby to bolo možné realizovať je nevyhnutné pre každú primárnu haváriu špecifikovať jej epicentrum – lokalizáciu a typ a dosah jej prejavov - následkov.

V treťom kroku sa na základe vyhodnotenia dopadov primárnej havárie (dosah a rozsah následkov, resp. prípadného poškodenia) stanovia zóny tých nebezpečných zariadení, ktoré budú pravdepodobne poškodené primárnou haváriou následkom domino efektu a ktoré spôsobia eskaláciu tejto primárnej havárie, teda sekundárnu haváriu.

Vo štvrtom kroku sa analyzuje závažnosť výsledkov získaných v druhom a v treťom kroku postupu metodiky s použitím detailných analýz domino efektov.

Už v prípravnej fáze je potrebné vytvoriť pre každé potenciálne nebezpečné zariadenie a jeho sekcie identifikačný list so základnými údajmi o tomto zaradení. V podnikoch už zaradených pod zákon o prevencii ZPH zvyčajne už takéto informácie sú zozbierané, avšak pre potreby identifikácie domino efektu môže byť komplikované, hlavne pre susediace podniky, ktoré nie sú zaradené pod zákon o prevencii ZPH.

Preto v prílohe č. 1 tejto metodické príručky sú vzorové formuláre umožňujúce identifikovanie a správne zaradenie jednotlivých zariadení do zón a sekcií a kategórií v príslušných sekciách. Tieto formuláre majú napomôcť hlavne susediacim podnikom pri príprave a poskytovaní požadovaných informácií o potenciálne nebezpečných zariadeniach, ale sú vhodné aj pre použitie v podnikoch zaradených pod zákon o prevencii ZPH. Tie si totiž pomocou nich tiež môžu jednotným postupom a systematicky identifikovať ich vlastné nebezpečné zariadenia z hľadiska zhodnotenia primárnych porúch a havárií a tiež vnútorných (podnikových) domino efektov.

Zároveň sú v prílohe č. 2 tejto metodické príručky zachytené vzorové formuláre, v ktorých sú identifikované sekcie, zariadenia a objekty jednak v areáli podniku zaradeného pod zákon o prevencii ZPH, ale tieto formuláre sú tiež použiteľné aj pre susediaci podnik s potenciálom rozšírenia ZPH v dôsledku domino efektov na jeho nebezpečných zariadeniach. V prílohe č. 7 je praktická ukážka použitia takýchto formulárov pri identifikovaní domino efektov v troch fiktívnych podnikoch.

Prípravná fáza pre identifikovanie domino efektov je ukončená vtedy, ak sú:

- spracované obecné popisy objektov zo základnými informáciami o látkach, ich lokalizácii v objektoch a v technológii,
- spracované detailnejšie plány objektov s technológiou, vrátane potrubí v známych mierkach,
- spracované blokové diagramy zachycujúce toky médií a NL (P&I diagramy ap.),
- vypracované zoznamy NL s ich množstvami a s kartami bezpečnostných údajov (KBÚ),
- vyplnené formuláre priložené v prílohe č. 1 tejto metodiky.

Špecialistom na prevenciu ZPH spracovaná dokumentácia pre potreby zhodnotenia domino efektu musí byť ešte pred začiatkom prác verifikovaná kompetentnými pracovníkmi hodnotených ohrozených prevádzok a zariadení. Až následne sa údaje o jednotlivých prevádzkach s NL, ich zariadeniach, sekciách a ich kategóriách a komponentoch (prvkoch) skompletujú do jedného spoločného dokumentu obsahujúceho „údaje o zariadeniach s NL“. Je zrejmé, že v susediacich podnikoch, ktoré nie sú zaradené pod zákon o prevencii ZPH bude potrebné spolupracovať s kompetentnými pracovníkmi už pri príprave tejto dokumentácie, čo sa očakáva od špecialistu na prevenciu ZPH zaradeného podniku.

Takýto postup je už známy a zaužívaný vo viacerých podnikoch zaradených pod zákon o prevencii ZPH, v ktorých boli aplikované k analýzam a hodnoteniam rizika ZPH metódy pravdepodobnostného zhodnotenia bezpečnosti, či rizika (PSA, QRA) [12,13].

3.1.1 Identifikácia nebezpečných zariadení

Je prvým postupovým krokom zachyteným na Obrázku č. 6 a je ho možné schematicky rozdeliť do nasledovných postupových diagramov:

- Diagram 1.1: Sumarizácia postupu prvého kroku;
- Diagram 1.2: Zoznam položiek zariadení, ktoré sú súčasťou sekcií;
- Diagram 1.3: Výberové kritéria pre položky zariadení patriacich do sekcie skladovanie alebo sekcie stáčanie/plnenie;
- Diagram 1.4: Výberové kritéria pre položky zariadení patriacich do výrobných sekcií;
- Diagram 1.5: Výberové kritéria vychádzajúce z charakteristík NL a ich množstiev;
- Diagram 1.6: Určenie kategórie pre skladovacie zariadenia;
- Diagram 1.7: Preskupenie skladovacieho zariadenia, stáčacieho/plniaceho zariadenia a potrubnej siete do zón zariadení.

V ďalšom texte je popis postupu umožňujúceho identifikovať nebezpečné zariadenia. Na nasledujúcom Diagrame 1.1 je zachytených deväť postupových krokov pre túto identifikáciu.

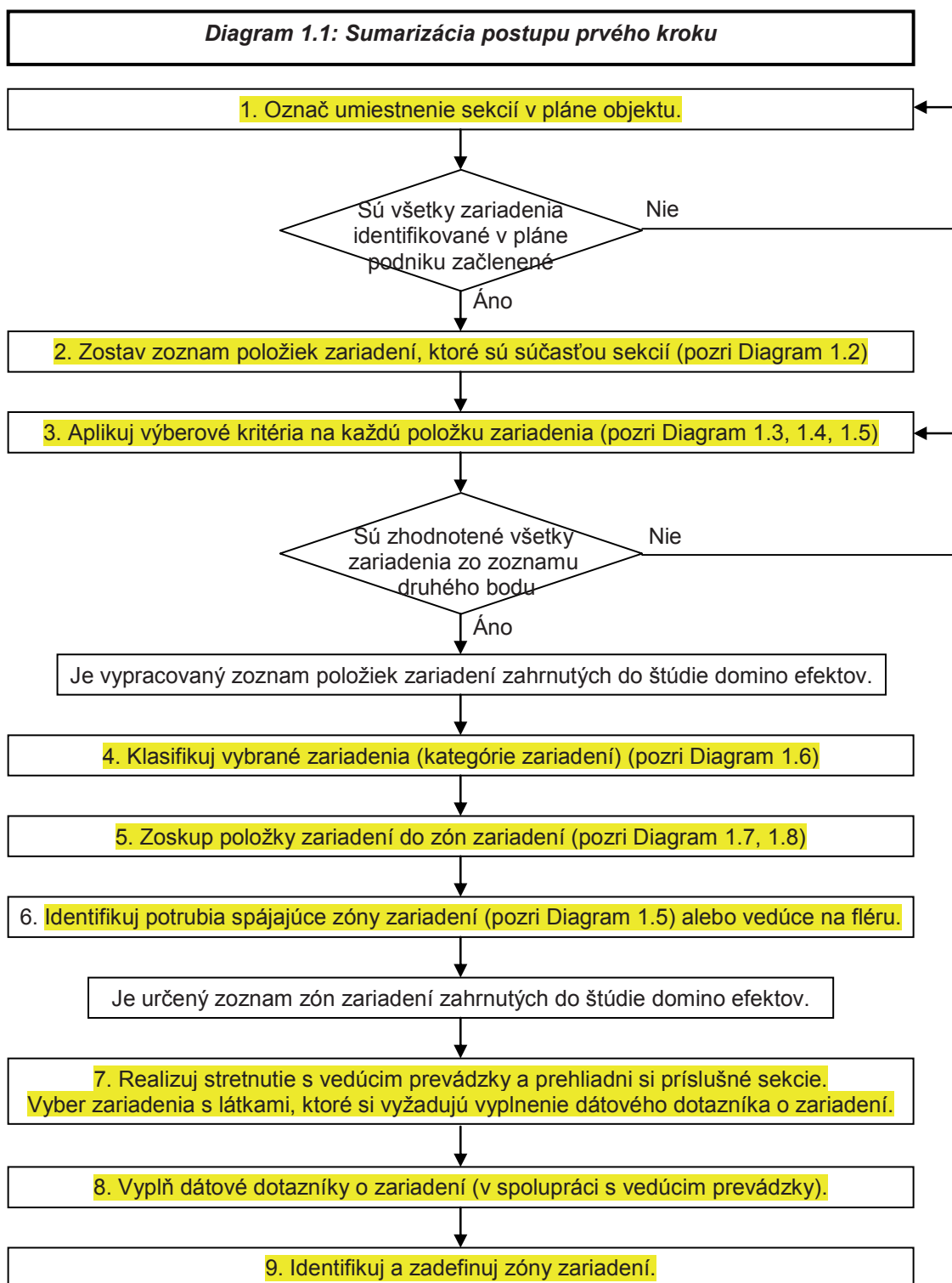
Poznámky ku diagramom:

- Ak sa vyberie položka zariadenia podľa niektorého kritéria, potom už ostatné výberové kritéria nemusia byť aplikované. Spojenie medzi položkou zariadenia a iným potenciálnym havarijným scenárom bude realizované v druhom kroku postupu podľa Obrázku č. 6.
- Pokiaľ je na Diagramoch 1.3 a 1.4 množstvo skladovanej NL, alebo používanej NL väčšie ako 5 ton, potom sa s príslušnou položkou zariadenia pri štúdiu domino efektu uvažuje automaticky! Vo väčšine prípadov havárií je toto množstvo už považované za dostatočné – teda má potenciál významných prejavov s ohľadom na domino efekty.
- Z Diagramu 1.4 je zrejmé, že boli vybrané pre potreby štúdie domino efektu len pece (kotly) na plynne palivá a príslušné havarijné scenáre sú spojené len s únikmi týchto palív. Pece na topný olej alebo iné kvapalné palivo síce nie sú v tomto výbere, ale ich príslušné palivové nádrže sú zhodnotené, pokiaľ množstvo horľavej kvapaliny je väčšie ako 5 ton.
- Podľa Diagramu 1.4 sú reaktory a prevádzkové skladovacie nádrže (zásobníky) systematicky zohľadňované, pokiaľ hrozí nebezpečenstvo nekontrolovateľnej reakcie alebo fyzikálna explózia.
- Podľa Diagramu 1.5 závisí výber položky zariadenia obsahujúceho horľavú NL alebo zariadenia, v ktorom sa manipuluje s horľavou NL aj na dobe trvania možného požiaru. Možný postup výpočtu doby trvania požiaru je prezentovaný pri havarijných scenároch spojených s výskytom požiarov typu – „Pool fire“ (požiar ohraničenej mláky horľavej NL), ale tieto časy sú dostupné aj z projektovej dokumentácie ochrany pred požiarom pre príslušnú technológiu a výrobné objekty.
- Na Diagrame 1.5 sa s ohľadom na výber položiek zariadení obsahujúcich kvapalnú explozívnu NL berie do úvahy iba prípad vysoko reaktívnych NL za predpokladu, že tieto NL majú tlak nasýtených pár medzi 0,05 a 0,1 MPa a sú schopné vytvoriť mláku, ktorej povrch je väčší ako 200 m² (ak je plocha mláky ohraničená napr. záchytnou alebo havarijnou nádržou tak sa berie táto plocha, ak nie je to možné plocha mláky sa môže vypočítať).
- V postupoch Diagramu 1.5 sa množstvo NL väčšie ako 5 ton uvažuje aj pre havarijné scenáre s potenciálom explózie pri zariadeniach obsahujúcich NL s nižšou reaktivitou alebo s iným tlakom nasýtených pár. Tieto zariadenia sú na základe rozhodnutia buď vybrané pre ďalšie hodnotenia, alebo sa z nich v tomto kroku už vylúčia.
- Podľa rovnakého diagramu nie sú ešte dostupné kritéria pre výber zariadení obsahujúcich toxické, či ekotoxické NL. V každom prípade však pri uplatnení tohto postupu sa musia zohľadniť položky zariadení obsahujúcich NL triedy 4 (viď prílohu č. 3).
- Malotónážne skladovanie je skladovanie NL v obaloch do objemu 1 m³ vrátane.

Takto spracovateľ vstupnej dokumentácie zostaví zoznam zo všetkými identifikovanými sekciami v posudzovanom objekte. Keď je v príslušnom hodnotenom podniku viacej prevádzok a rôznych zariadení je potrebné tento postup opakovať pre každú prevádzku a jej zariadenia.

Je vhodné držať sa zavedených kódových označení týchto zariadení, pretože to uľahčuje a zjednodušuje aj ich popisovanie vo formulároch (viď prílohu č. 7 tejto príručky).

Je zrejmé, že ak sa určité sekcie zariadení a položiek (kategórií) zariadení opakujú, t. j. sú identické a sú v nich NL identické, alebo s podobnými fyzikálno-chemickými alebo požiaro-technickými vlastnosťami postačuje len ich správne lokalizovať v areáli.



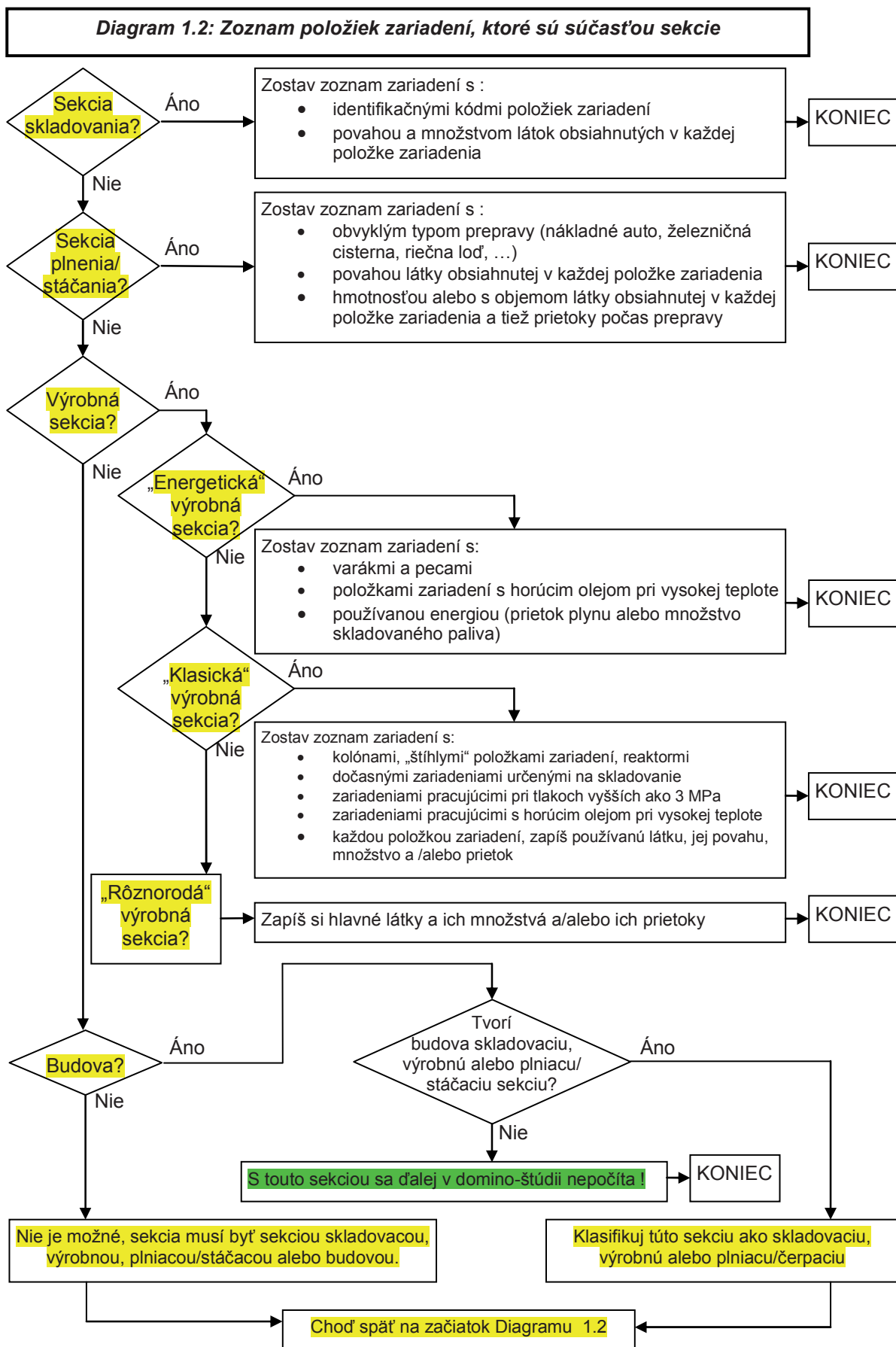


Diagram 1.3: Výberové kritéria pre položky zariadení patriace do sekcie skladovania alebo sekcie plnenia/stáčania

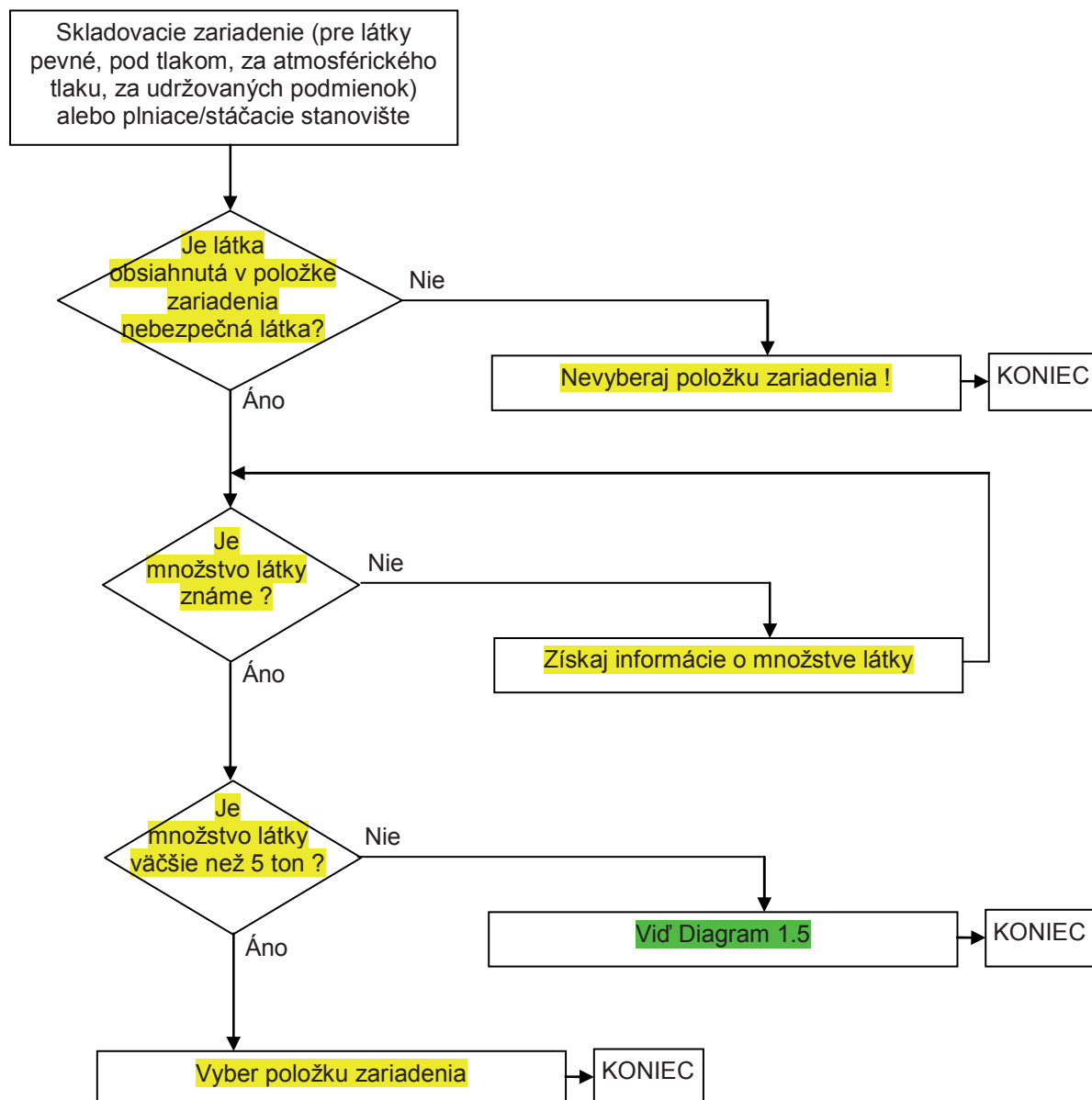
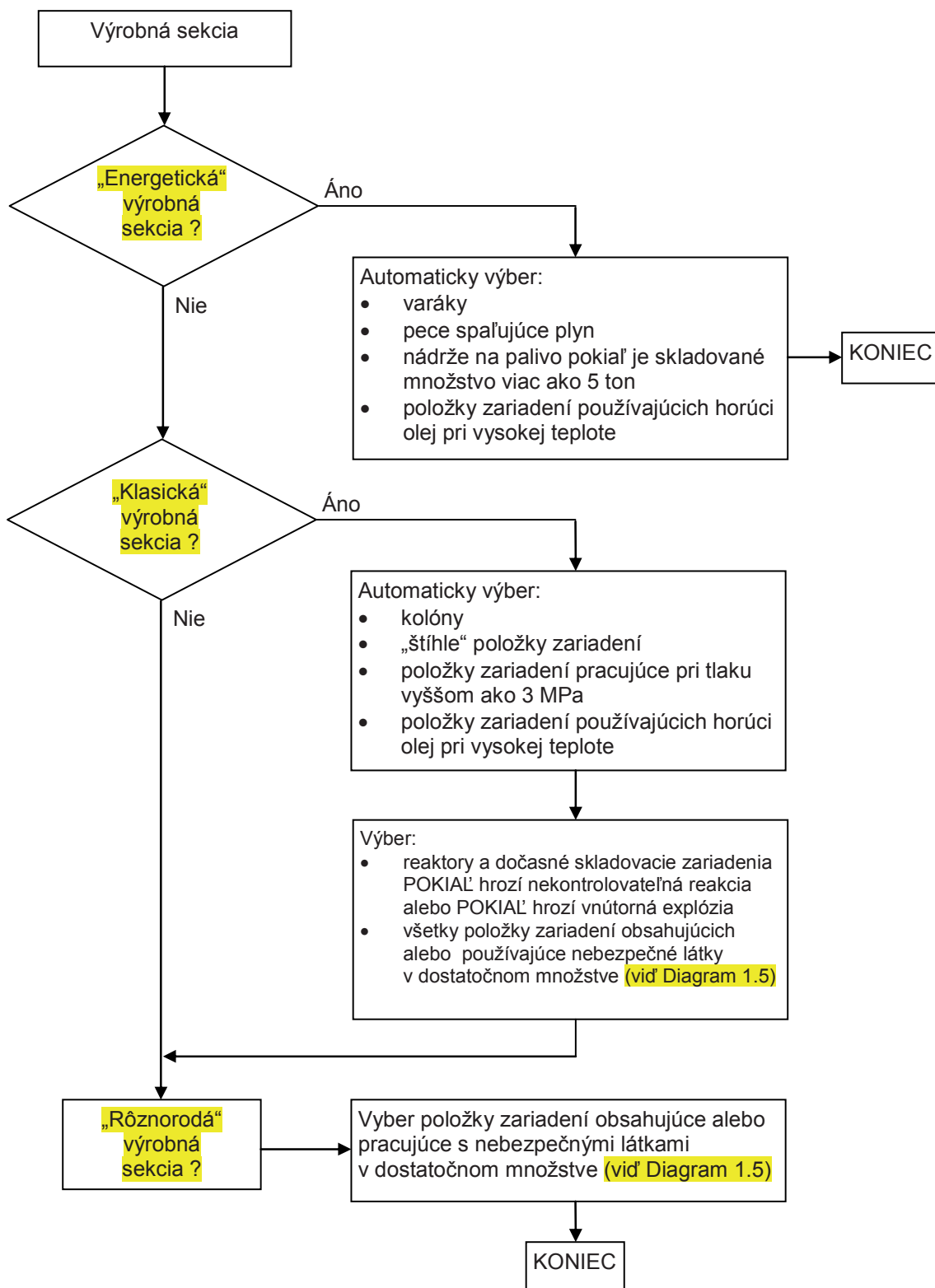


Diagram 1.4: Výberové kritéria pre položky zariadení patriace do výrobnéj sekcie

**Diagram 1.5: Výberové kritériá založené na vlastnostiach látok
a na ich množstvách**

1. STRANA Z 3.STRÁN

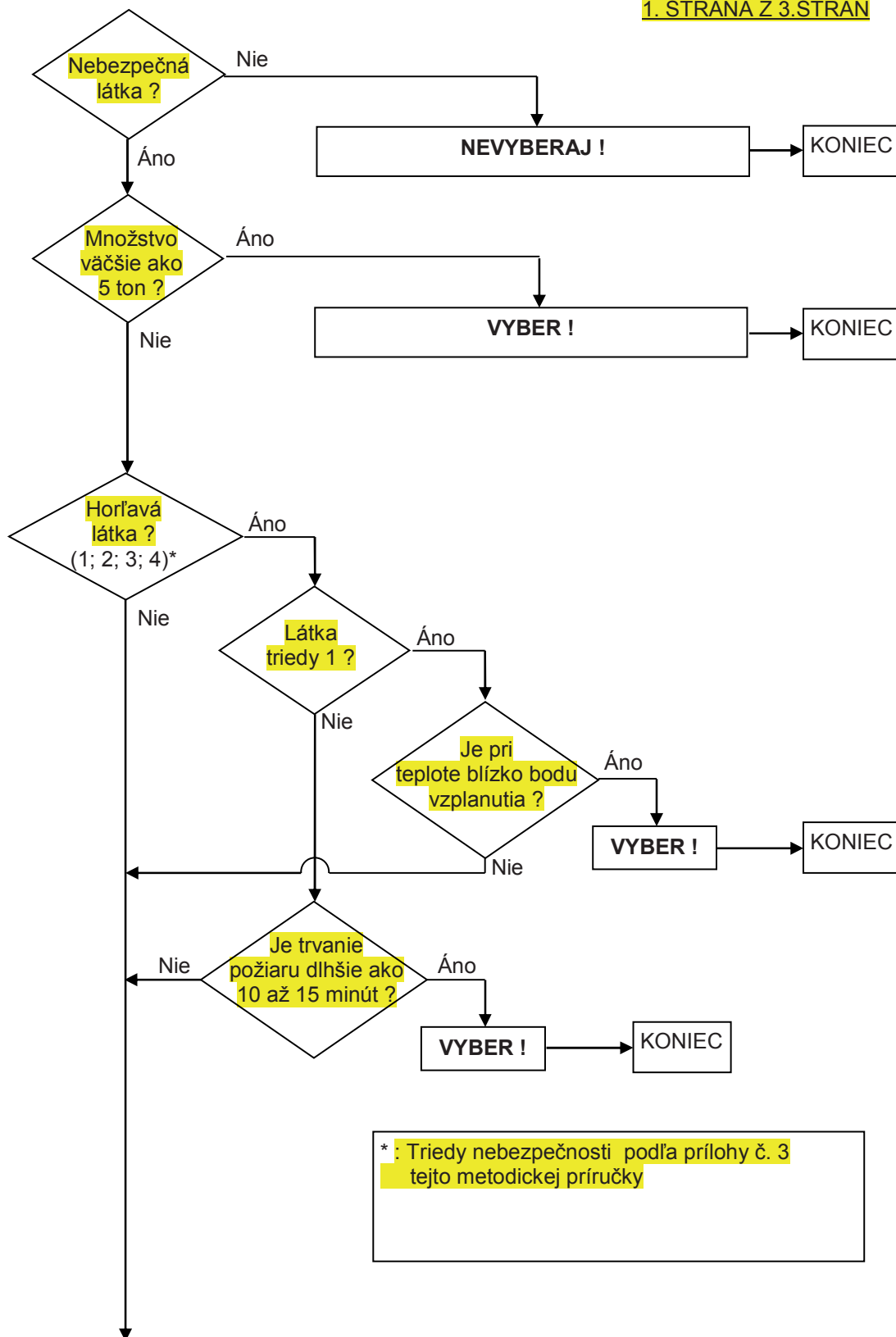


Diagram 1.5

2. STRANA Z 3. STRÁN

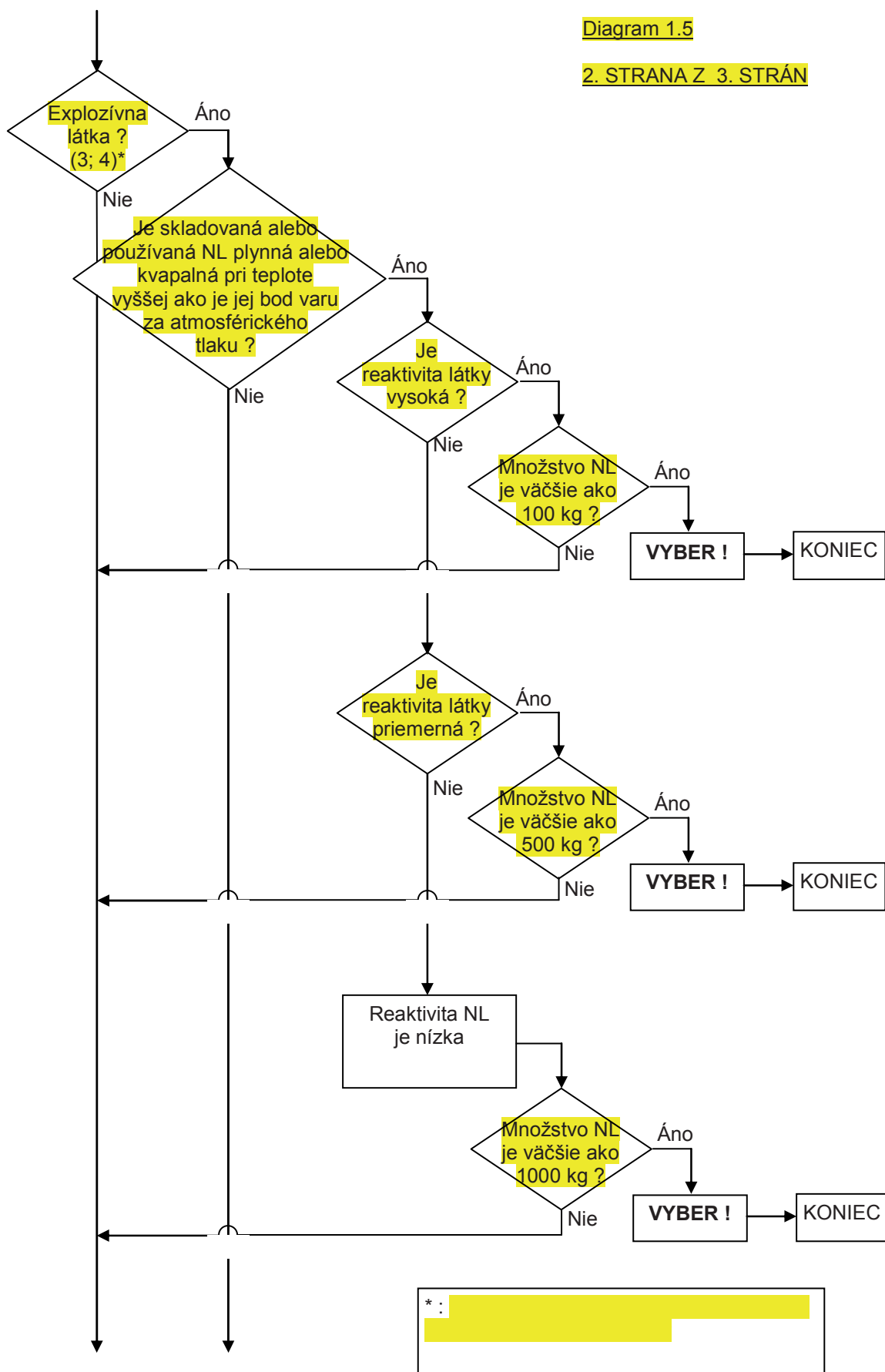


Diagram 1.5
3. STRANA Z 3. STRÁN

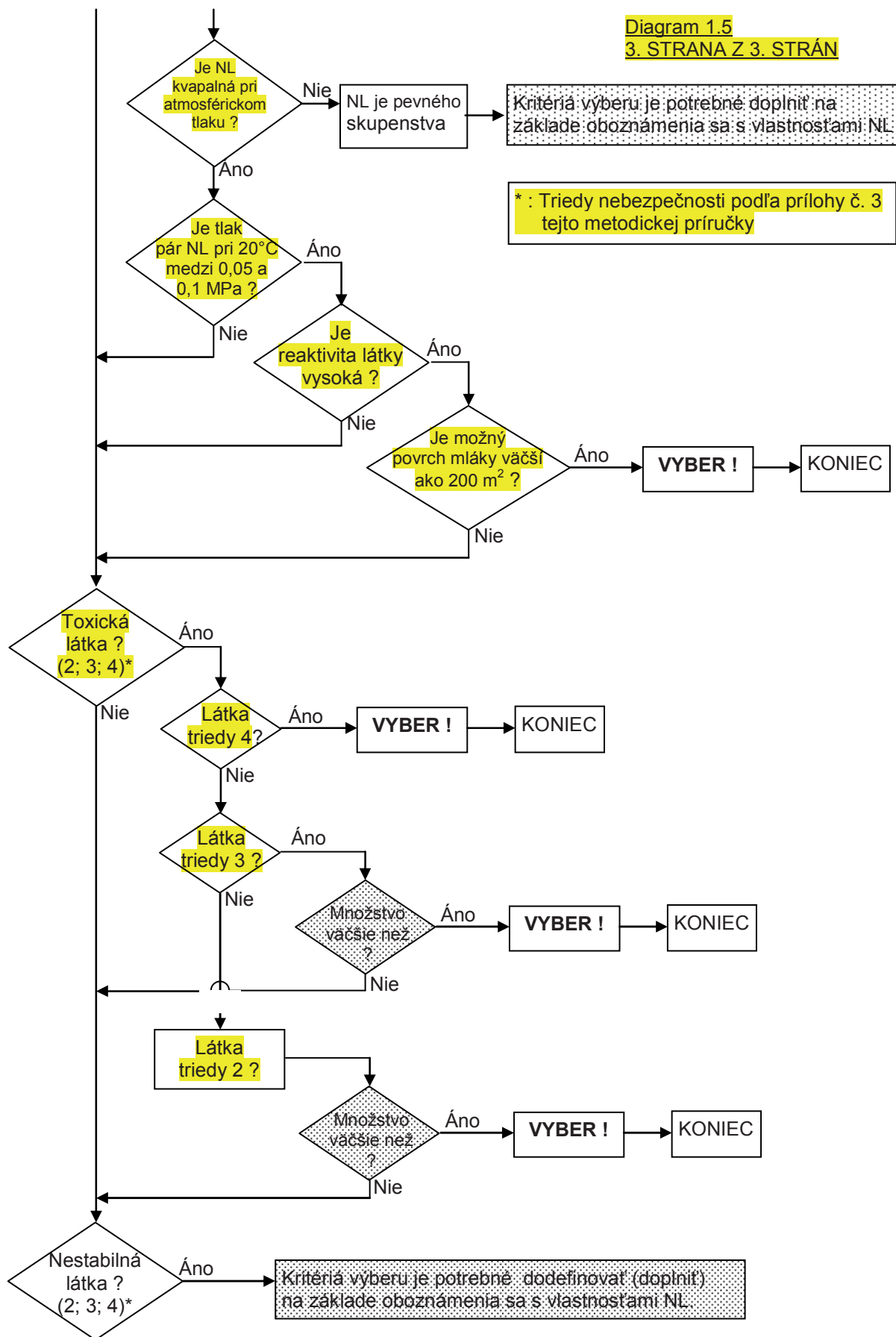


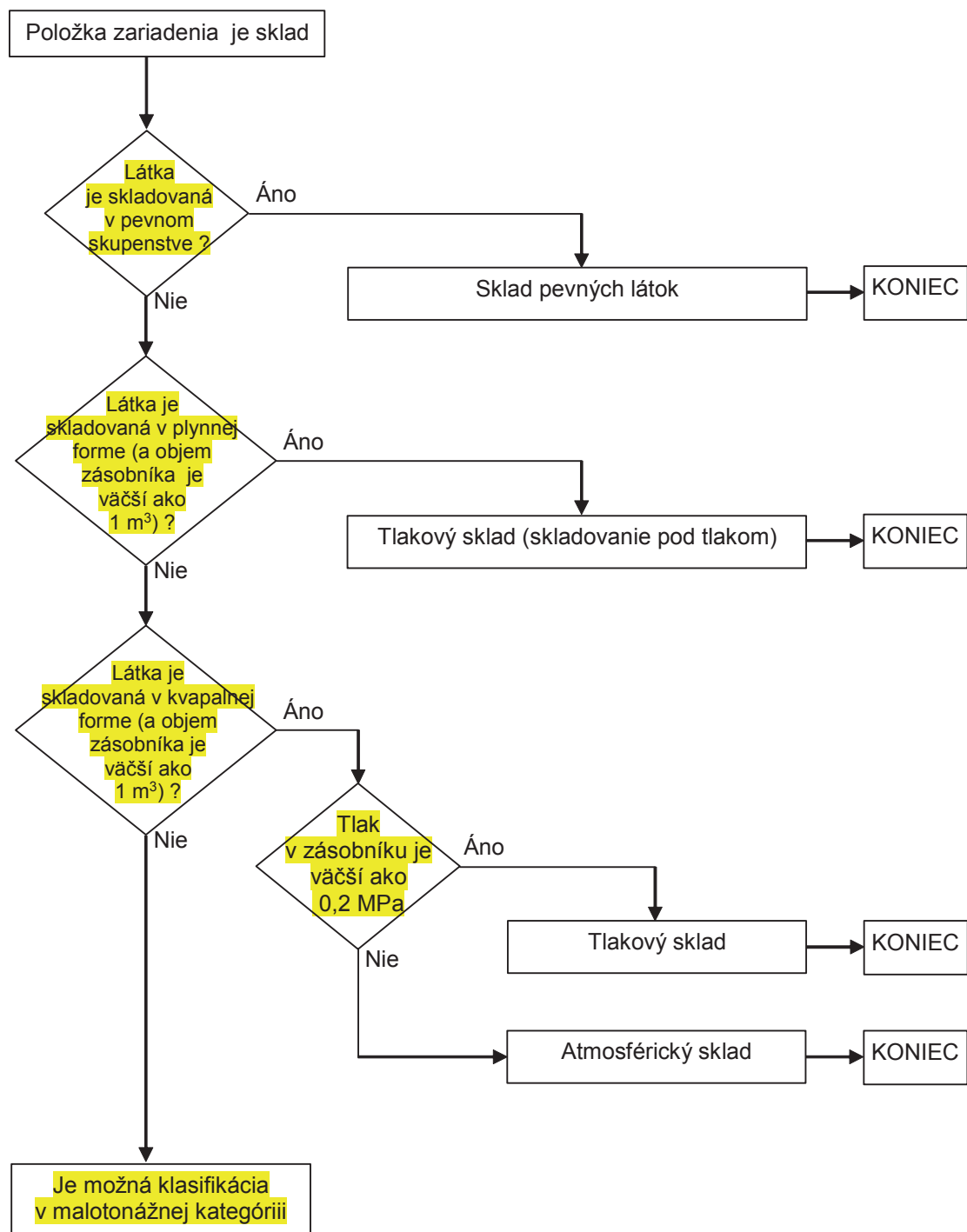
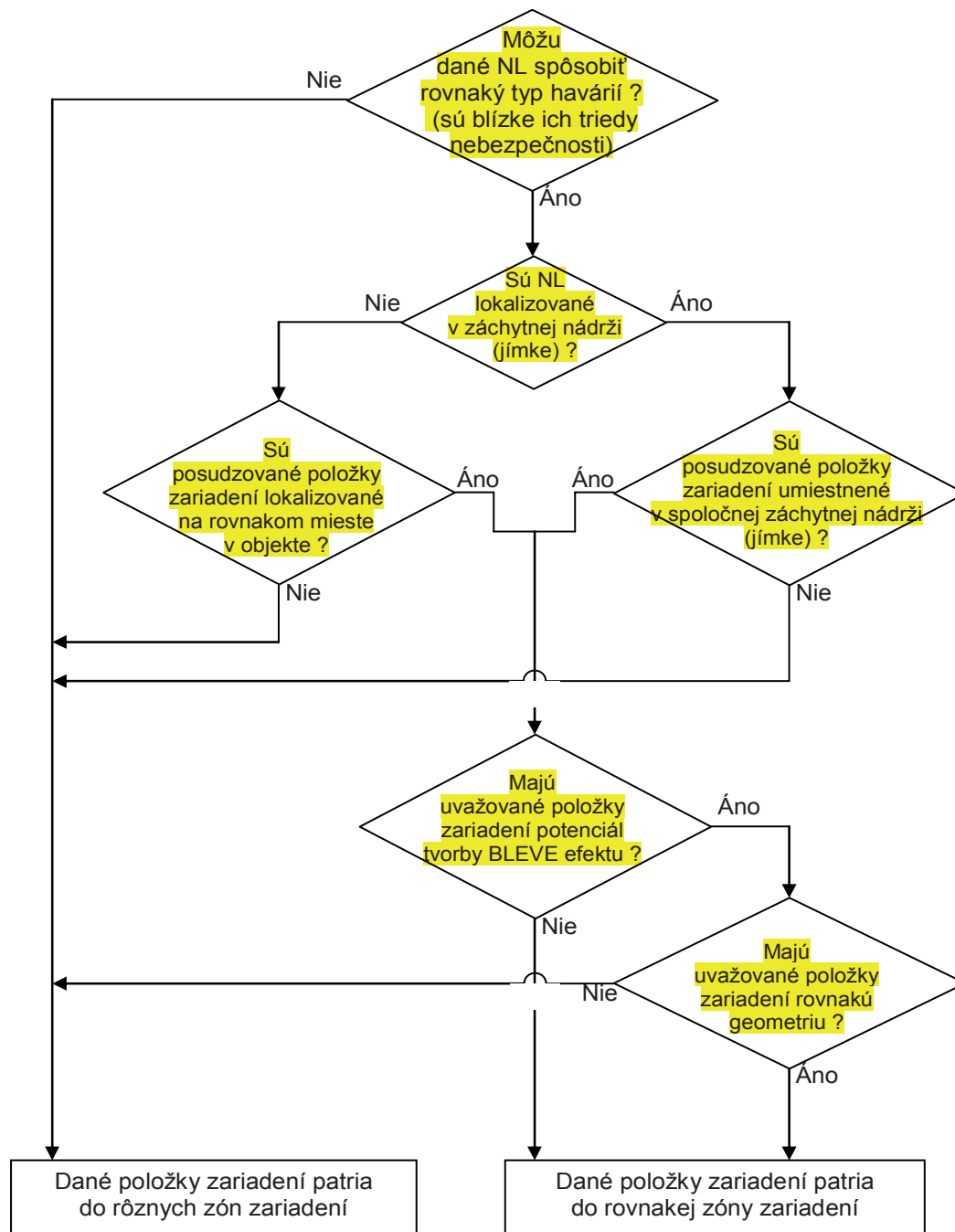
Diagram 1.6: Určenie kategórie pre skladovacie zariadenia

Diagram 1.7: Preskupenie skladovacieho zariadenia, plniaceho/stáčacieho zariadenia (stanovišťa) a potrubnej siete do zón zariadení



Z postupových diagramov tohto prvého kroku identifikácie nebezpečných zariadení je zrejmé, že pre správne vyplnenie formulárov v prílohe č. 1 tejto metodologickej príručky bude nevyhnutné stretnutie a verifikácia zistených skutočností vedúcim (vedúcimi) prevádzky (prevádzok), alebo s kompetentnými osobami v nezaradenom podniku. Toto stretnutie umožní predovšetkým:

- verifikovať správnosť posúdenia všetkých vybraných zón zariadení a prediskutovať ich významnosť;
- získať doplňujúce informácie od vedúceho prevádzky súvisiace s jej bezpečnosťou;
- získať prípadné podrobnosti o haváriách, ktoré sa v minulosti na prevádzke vyskytli, alebo sa vyskytli na obdobných prevádzkach.

Stretnutie má zároveň poslúžiť tiež na získanie, resp. doplnenie potrebných údajov o jednotlivých položkách zariadení na prevádzke, ktoré je potrebné vyplniť už v tomto kroku a budú súčasťou formulárov zachytených v prílohe č. 1 a tiež na doplnenie formulárov prílohy č. 2 tejto metodologickej príručky ako aj štúdie, resp. posúdenia domino efektu.

3.1.2 Výber primárnych položiek zariadení a primárnych havárií

Účelom druhého kroku je vybrať z tých zariadení, ktoré boli identifikované a popísané v prvom kroku len tie zariadenia, ktoré sú potenciálne schopné spôsobiť primárnu havarijnú udalosť (scenár). V tomto kroku musia byť tiež stanovené možné prejavy týchto primárnych havarijných udalostí a musí byť lokalizované ich epicentrum (miesto vzniku).

Ako primárne havarijné udalosti sú vybrané len havárie s tepelnými a/alebo tlakovými účinkami na príslušných zariadeniach alebo zónach zariadení. Primárne havarijné udalosti, ktoré sú charakterizované len toxickými rozptylmi nie sú ďalej uvažované, aj keď nie je možné úplne vylúčiť aj také prípady, kedy by tieto primárne havárie mohli v susediacich podnikoch ešte eskalovať ZPH.

Taktiež je možné vylúčiť z ďalších hodnotení také primárne havarijné udalosti na zariadeniach, ktoré nemôžu vyvolať domino efekt, ako napr.:

- Malotonážne zariadenia len zriedkavo môžu spôsobiť ZPH. K súčasnému poškodeniu väčšieho počtu skladovacích kontajnerov môže dôjsť len z dôvodu výskytu iných havarijných udalostí, napr. požiaru v sklade. Ale jeden poškodený kontajner s horľavou kvapalinou v sklade môže iniciovať následný požiar aj s výskytom lokálnych BLEVE efektov alebo letiacich úlomkov.
- BLEVE efekt sa môže vyskytnúť len v prípade, kedy je nádrž (zásobník) ohrozený tepelným sálaním z požiaroviska. Potom ale BLEVE efekt už predstavuje sekundárnu haváriu. Primárna havarijná udalosť je v týchto prípadoch zvyčajne „Pool fire“ alebo „Jet fire“.
- Vyvretie kvapaliny je tiež už sekundárnou havarijnou udalosťou. Primárna havarijná udalosť je v týchto prípadoch tiež „Pool fire“ alebo požiar v samotnej skladovacej nádrži.

Preto je potrebné už v prvom kroku pri identifikácii príslušných zariadení v spolupráci s vedúcim prevádzky, alebo kompetentnými osobami dôsledne verifikovať aj možnosti, pri ktorých sa sekundárne havarijné udalosti môžu stať primárnymi v sérii domino efektov (sekundárna havária sa tak stáva v prvom domino efekte primárnou haváriou pre druhý domino efekt).

Práve preto sú aj malotonážne zariadenia zaradené medzi zariadenia iniciujúce primárne havarijné scenáre a taktiež je sem zaradovaný aj BLEVE efekt a vyvretie kvapaliny zo zásobníka (nádrže). Nie sú síce primárnou havarijnou udalosťou pri domino efekte, ale môžu sa stať primárnymi havarijnými udalosťami v sérii domino efektov.

Je zrejmé, že pre dodržanie systematického a jednotného postupu je potrebné, aby pre každú sekciu a kategóriu zariadení boli správne identifikované možné „reprezentatívne“ havarijné scenáre. Preto sú

v ďalšom postupe v tomto kroku navrhutej metodiky identifikovania domino efektov priradené k príslušným zariadeniam, ich sekciám a kategóriám odpovedajúce – vybrané havarijné scenáre.

Výber je realizovaný rovnakým postupom ako pri prvom kroku, ktorým sa identifikovali príslušné zariadenia, sekcie a kategórie zariadení.

Priradenie hlavných (primárnych) prejavov pre primárne havarijné udalosti (scenáre):

a) Zariadenia skladov pevných látok

Primárna havarijná udalosť	Hlavný (primárny) prejav	Lokalizácia epicentra
Požiar	Radiácia z požiaroviska	V uvažovanej zóne zariadení
Explózia a explózia prachov	Pretlak, Rozlet trosiek	V uvažovanej zóne zariadení

b) Zariadenia skladovacích nádrží (zásobníkov) pod tlakom

Primárna havarijná udalosť	Hlavný (primárny) prejav	Lokalizácia epicentra
Požiar mláky – „Pool fire“	Radiácia z požiaroviska	V uvažovanej zóne zariadení
Požiar tryskajúcej kvapaliny alebo plynu – „Jet fire“	Radiácia v smere prúdenia unikajúcej kvapaliny, plynu	V uvažovanej zóne zariadení
BLEVE efekt	Pretlak, Rozlet trosiek	V uvažovanej zóne zariadení
VCE	Pretlak	V zóne umiestnenej v danom rozsahu okolo uvažovanej zóny zariadení

c) Zariadenia pre atmosférické skladovanie alebo s podchladením (kryogénne zásobníky)

Primárna havarijná udalosť	Hlavný (primárny) prejav	Lokalizácia epicentra
Požiar mláky – „Pool fire“	Radiácia z požiaroviska	V uvažovanej zóne zariadení
Požiar nádrže (zásobníka)	Radiácia z požiaroviska	V uvažovanej zóne zariadení
Explózia nádrže	Pretlak, Rozlet trosiek	V uvažovanej zóne zariadení
VCE po vyparení horľavej kvapaliny, látky	Pretlak	V zóne umiestnenej v danom rozsahu okolo uvažovanej zóny zariadení
Vykypenie (nie pre skladovanie s podchladením)	Radiácia z požiaroviska	V uvažovanej zóne zariadení

d) Zariadenia pre malotonážne skladovanie

Primárna havarijná udalosť	Hlavný (primárny) prejav	Lokalizácia epicentra
Požiar	Radiácia z požiaroviska	V uvažovanej zóne zariadení
Explózia	Rozlet trosiek	V uvažovanej zóne zariadení

e) Zariadenia na plnenie/stáčanie (plniace a stáčacie stanovišťa)

Hlavné prejavy a epicentrá pri týchto zariadeniach budú rovnaké ako pre uvažované sklady pevných produktov, skladovanie pri atmosférickom tlaku a pre skladovanie pod tlakom v závislosti na tom, či je látka pevná alebo kvapalná, za normálneho tlaku alebo pod tlakom (tiež látky plyné).

f) Výrobné zariadenia

Primárna havarijná udalosť	Hlavný (primárny) prejav	Lokalizácia epicentra
Požiar	Radiácia z požiaroviska	V uvažovanej zóne zariadení
Požiar tryskajúcej kvapaliny alebo plynu – „Jet fire“	Radiácia v smere prúdenia unikajúcej kvapaliny, plynu	V uvažovanej zóne zariadení
Explózia a explózia prachov	Pretlak, Rozlet trosiek	V uvažovanej zóne zariadení
VCE	Pretlak	V zóne umiestnenej v danom rozsahu okolo uvažovanej zóny zariadení

g) Potrubné systémy

Primárna havarijná udalosť	Hlavný (primárny) prejav	Lokalizácia epicentra
Požiar mláky – „Pool fire“	Radiácia z požiaroviska	V uvažovanej zóne zariadení
Požiar tryskajúcej kvapaliny alebo plynu – „Jet fire“	Radiácia v smere prúdenia unikajúcej kvapaliny, plynu	V uvažovanej zóne zariadení
VCE	Pretlak	V zóne umiestnenej v danom rozsahu okolo uvažovanej zóny zariadení

Havarijný scenár „Pool fire“ sa môže vyskytnúť pri skladovacích zariadeniach, ale aj pri plniacich/stáčacích stanovištiach a pri potrubných systémoch. Ako pomôcka pre výber tohto havarijného scenára k príslušnému zariadeniu môže poslúžiť nasledujúci Diagram 2.1, pričom voľba tohto scenára závisí aj na dobe trvania požiaru.

Havarijný scenár „Jet fire“ sa môže vyskytnúť pri všetkých zariadeniach pod tlakom podobne ako BLEVE efekt, ale tento havarijný scenár nie je zvyčajne spájaný s veľkým počtom NL. Pre výskyt havarijného scenára VCE je často nevyhnutnou podmienkou preplnenie zóny, t.j. výskyt väčšieho množstva bariér – prekážok, ktoré zadržiavajú uniknutú NL, pričom táto zóna sa môže vyskytovať aj v inom objekte, než je objekt výskytu úniku príslušnej NL.

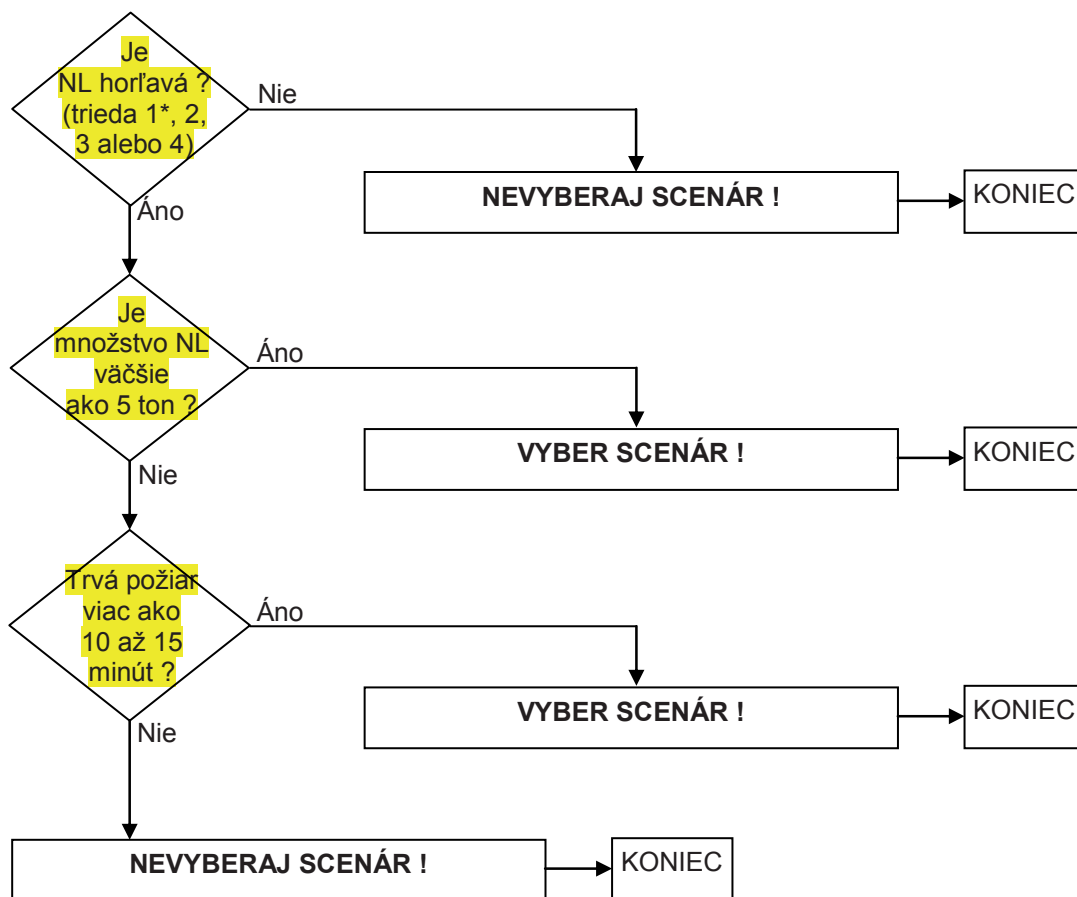
Podobne ako v prípade horľavých NL a zariadení priradzovaných ku havarijnému scenáru „Pool fire“ aj pre priradzovanie zariadení k havarijnému scenáru VCE je možné aplikovať nasledujúci Diagram 2.2.

Pre primárne havarijné scenáre a ich prejavy a tiež aj pre sekundárne havarijné scenáre sa pre zhodnotenie ich tlakových a tepelných dopadov priradzujú referenčné prahové hodnoty na úrovni napr. 16 kPa pretlaku, resp. 8 kW.m⁻² radiačných účinkov tepelného sálania, ale v prílohách č. 4 - 6 tejto metodické príručky sú uvádzané aj ďalšie reprezentatívne hodnoty týchto tlakov a radiačných tepelných tokov pre rôzne zariadenia a položky (komponenty) [3].

Je zrejmé, že použitie týchto reprezentatívnych hodnôt pre zhodnotenie dosahov nežiadúcich účinkov tlakových a teplotných prejavov primárnych, ale aj sekundárnych, či terciálnych havarijných scenárov je závislé jednak od stavebného, ale aj konštrukčného riešenia nebezpečných zariadení a objektov, ale aj od zastavanosti príslušných priestorov, meteorologických a prevádzkových podmienok, ale aj riešenia ich protipožiarneho, či protivýbuchového zabezpečenia.

Preto je mimoriadne dôležitá aktívna účasť odborne spôsobilej osoby – špecialistu na prevenciu ZPH zaradeného podniku pri príprave a verifikácii požadovaných údajov.

Diagram 2.1: Výberové kritériá pre havarijný scenár „Pool fire“



*: NL patriaca do triedy 1. horľavosti sa uvažuje len v prípade, že sa používa pri teplote vyššej ako je jej teplota vzplanutia (viď prílohu č. 3)

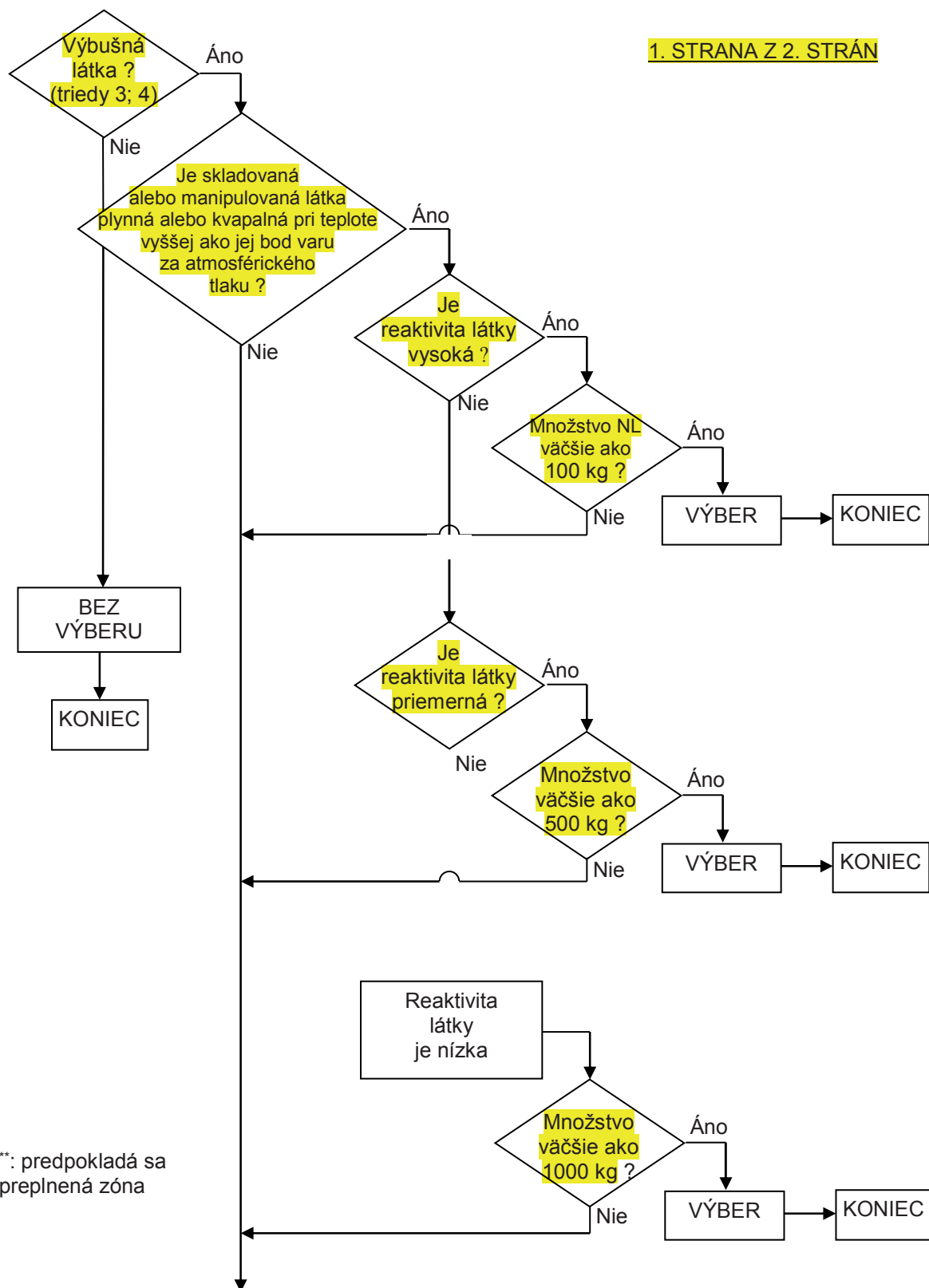
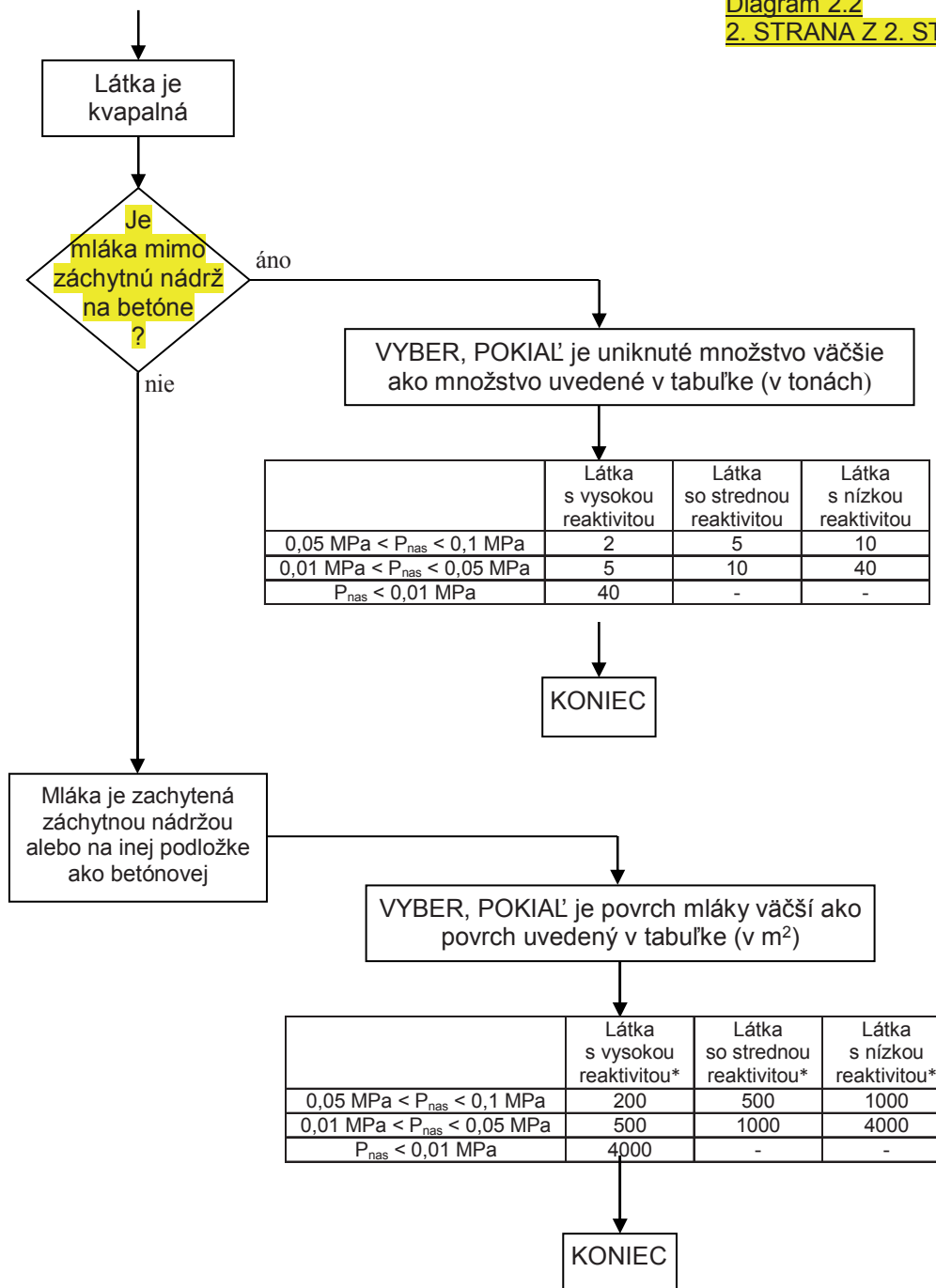
Diagram 2.2: Výberové kritériá pre havarijný scenár „VCE“ **

Diagram 2.2
2. STRANA Z 2. STRÁN



* : Údaje o reaktivite podľa prílohy č. 3 tejto metodické príručky

** : Preplnená zóna predstavuje zoskupenie viacerých nebezpečných zariadení na jednom mieste, tiež sa označuje ako vysoká zahradenosť

3.1.3 Identifikácia sekundárnych zariadení

Účelom tohto tretieho kroku metodiky je rýchly výber párov zón zariadení, ktoré patria do rôznych objektov a ktoré pravdepodobne môžu byť zasiahnuté domino efektmi. Pre každý havarijný scenár spojený – vzťahujúci sa k primárnym zariadeniam alebo k zóne zariadení sa odhadnú pomocou jednoduchých kritérií dosahy tohto havarijného scenára (viď prílohy č. 4 - 6 tejto príručky).

Obece dosah prejavu havarijného scenára znamená vlastne vzdialenosť, v ktorej je ešte dosiahnutý prahový účinok jeho následku. Pri položkách zariadení alebo zón zariadení vystavených tomuto prahovému účinku existuje tak nebezpečenstvo, že budú natoľko poškodené, že budú mať potenciál spôsobiť sekundárnu haváriu (domino efekt).

Postup identifikácie týchto zariadení alebo zón zariadení je vlastne identický ako pri druhom kroku metodiky a spočíva jednak v spracovaní formulárov prílohy č. 1 a následne aj prílohy č. 2 tejto metodické príručky. V prílohe č. 7 je praktická ukážka aplikácie postupov na fiktívnych objektoch a ich zariadeniach, pričom sú zohľadnené vstupné údaje z prílohy č. 3.

Pri zariadeniach sa identifikuje – vyznačí ich stred, pri potrubíach ich oba konce. Takto sa určia nielen zariadenia a zóny zariadení, ktoré budú pravdepodobne zasiahnuté účinkami rôznych primárnych havarijných scenárov, ale aj samotné sekundárne havarijné scenáre, ktoré sa môžu vyskytnúť na týchto zariadeniach. Všetky výsledky sa následne zhrnú do tabuľky DOMINO2015-L3, ktorá je v prílohe č. 2 tejto metodické príručky a vo forme aplikácie na fiktívne objekty prezentovanej v prílohe č. 7.

Špecifické postupy v tomto kroku metodiky sú uplatnené len na primárne havarijné scenáre spojené s výbuchmi a s tlakovou vlnou s letiacimi troskami, resp. s rozletom trosiek ako dôsledkom samotného výbuchu alebo zvýšenia tlaku:

- pri BLEVE efekte z rozpadu nádoby alebo zásobníka môžu vznikať letiace trosky,
- vo výrobnom zariadení môže výbuch - explózia spôsobiť vznik letiacich trosiek, napr. v dôsledku nekontrolovateľnej reakcie alebo zvrhnutia sa chemického procesu v reaktore,
- aj skladovacie zásobníky atmosférické alebo kryogénne pri výbuchu dokážu vyprodukovať letiace trosky hlavne v prípadoch skladovacích zásobníkov uhľovodíkových produktov a pod.

Modelovanie domino efektov spôsobených letiacimi troskami je však mimoriadne zložité, pretože je potrebné zohľadňovať celý rad parametrov ako napr. :

- mechanizmus roztrhnutia nádrže a veľkosti kinetickej energie dodávanej letiacim troskám,
- dráha letiacich trosiek,
- dopad letiacich trosiek na konštrukcie nebezpečných zariadení a komponentov.

Je množstvo modelov popisujúcich účinky letiacich trosiek avšak vypočítané vzdialenosti pri aplikáciách týchto modelov sú aj omnoho väčšie ako vzdialenosti zamerané na miestach známych havárií a preto sa zvyčajne aplikujú tieto namerané hodnoty zachytené aj v prílohe č. 6 tejto metodické príručky.

V tomto kroku navrhovanej metodiky hodnotenia domino efektu je už nevyhnutná systematická spolupráca odborne spôsobilej osoby - špecialistu na prevenciu ZPH zaradeného podniku s kompetentnými osobami v susediacich podnikoch, ktoré dobre poznajú príslušné nebezpečné zariadenia a prevádzky.

V prípade, že aj susediace podniky sú zaradené pod zákon o prevencii ZPH je spolupráca jednoduchšia, pretože špecialisti na prevenciu ZPH museli už zhodnotiť potenciálne nebezpečné prevádzky v rámci svojej bezpečnostnej dokumentácie súvisiacej s prevenciou ZPH a majú teda k dispozícii potrebné informácie o jednotlivých zariadeniach.

Pokiaľ však susediaci podnik nebol zaradený pod zákon o prevencii ZPH je nevyhnutné, aby špecialista na prevenciu ZPH zo zaradeného podniku príslušné podklady si pripravil v spolupráci s kompetentnými osobami a prípadne aj v spolupráci s inými odborníkmi, či špecialistami.

3.1.4 Detailné analýzy domino efektov

Štvrtý krok postupu metodiky hodnotenia domino efektu je detailná analýza. Táto detailná analýza sa musí vykonať len pre tie skupiny (páry) zariadení, ktoré sa nevylúčili v rámci postupov tretieho kroku a vlastne sa pri ňom verifikuje správnosť tohto výberu.

Dosahy prejavov ZPH, ktoré sa stanovujú pri treťom kroku môžu byť totiž určené pomocou jednoduchých „hrubých“ odhadov. Tie však môžu byť veľmi konzervatívne, alebo naopak môžu v sebe zahŕňať niektoré aproximácie a zjednodušenia v použitých metódach hodnotenia a tak viesť k nereálnym výsledkom.

Pokiaľ predpokladáme, že sú reálne rôzne havarijné sekvencie, potom pri detailnej analýze domino efektu je potrebné sa aj nimi detailne zaoberať. Dosahy a tým aj následky havarijných scenárov môže totiž ovplyvňovať veľa faktorov, napr. faktory súvisiace s usporiadaním objektu a jeho zariadení:

- v dôsledku terénnych prevýšení v podniku sa môže vyposúvať – presunúť mláka horľavej kvapaliny a pri jej zahorení aj radiačné epicentrum i o desiatky metrov,
- podzemné káblové a potrubné kanály môžu rozširovať ZPH v dôsledku zaplavenia horľavými, výbušnými alebo toxickými látkami aj do širokého okolia,
- pri stáčaní NL z cisternových vozidiel nie je vylúčené, že sa prepojovacia hadica poškodí na mieste, ktoré je mimo záchytnú nádrž.

Tieto faktory však môžu viesť k zvýšeniu dosahov havarijných prejavov a môžu zasiahnuť aj iné sekundárne zariadenia alebo zóny zariadení, ktoré neboli vylúčené v treťom kroku. Taktiež je potrebné si uvedomiť, že v prvých troch krokoch sa nevenuje pozornosť zabezpečovacím a bezpečnostným systémom, ktoré môžu eliminovať alebo aspoň potlačiť určité havarijné prejavy a ich dosahy a následky.

Podobne pri detailných analýzach domino efektu môžeme zistiť, že skutkový stav lokalizácie určitých nebezpečných zariadení je taký, že v dôsledku „zahradenosti“ (zastavanosti) v mieste ich polohy nie je napr. možné predpokladať určité havarijné scenáre. Takáto situácia vedie napríklad k vzniku predpokladov pre zníženie dosahov havarijných scenárov spojených s úletom a doletom trosiek.

Významným zdrojom informácií v tejto oblasti sú tiež skúsenosti a poznatky získané zo štúdií a analýz havarijných udalostí, ktoré sa vyskytli v minulosti. To napríklad umožňuje aj vylúčiť z detailných analýz domino efektu také typy havárií v niektorých dobre známych priemyselných prevádzkach, ktoré sa v doterajšej histórii ich prevádzky vôbec nevyskytli, aj keď existovali predpoklady pre ich výskyt. Neuvažuje sa napríklad s VCE amoniaku, pretože s touto NL sa takýto typ havárie nikdy nevyskytol. Amoniak je síce teoreticky horľavou NL, avšak k jeho iniciácii horenia sú potrebné veľmi vysoké iniciačné energie, ktoré sa na jeho prevádzkach nevyskytujú.

Detailné analýzy domino efektu sú však často spojené s definovaním neštandardných havarijných stavov charakterizovaných ako reprezentatívne havarijné scenáre, ktoré vlastne určujú dominantné vlastností unikajúcej NL z posudzovaného zariadenia a dajú sa systematicky a komplexne skúmať pomocou analýz stromov porúch (FTA) a analýz stromov udalostí (ETA).

Je potrebné konštatovať, že tieto systematické a komplexné postupy sú už na Slovensku zavedené aj vďaka uplatneniu legislatívnych požiadaviek pôvodného zákona o prevencii ZPH. Pravdepodobnostné inžinierstvo v ostatných rokoch veľmi významne zasiahlo aj do tejto oblasti a vo viacerých prípadoch nahradilo dlhodobo aplikované deterministické postupy v chemickom inžinierstve.

V každom prípade detailné analýzy domino efektu i pri použití moderných hodnotiacich metód a postupov sú mimoriadne časovo náročné a pracné a vyžadujú si na predmetných prevádzkach vytvorenie špecializovaných pracovných tímov alebo privolanie externých špecialistov na riešenie predmetnej problematiky. Vďaka takejto spolupráci je však potom možné študovať a analyzovať napríklad nasledujúce problémy:

- presné charakteristiky požiarov „Pool fire“ s časovými priebehmi ich procesov vyhárania samotnej mláky a šírenia sa radiačných tokov a ich dosahmi,
- detailné modelovania požiarov typu „Jet fire“ umožňujúce presnejšie charakterizovanie a tiež zhodnotenie základných parametrov týchto požiarov nielen čo sa týka dĺžky plameňa a tepelných tokov, ale aj ich príspevku ku vzniku domino efektu,
- potvrdiť fakt, že BLEVE efekt môže skutočne mať najväčší vplyv na havarijné scenáre spojené s rozletom letiacich úlomkov a následnými domino efektmi vyvolanými sekundárnymi havarijnými udalosťami a to umožňuje pri poznaní požiarotechnických a fyzikálno-chemických charakterítik skladovaných NL spoľahlivo vylúčiť niektoré doposiaľ uvažované havarijné scenáre,
- presnejšie charakterizovať podmienky pre vznik VCE, pretože modelovaním týchto havarijných scenárov sa potvrdilo, že je potrebné veľmi presne spočítať hmotnosť uniknutej NL a overiť si, či skutočne toto množstvo postačuje na vyplnenie preplnenej zóny uvažovanej ako epicentrum výbuchu. Vypočítané hodnoty dosahov DMV v mnohých prípadoch nemajú oporu vo výsledkoch z experimentálnych prác.

Problémom Slovenska v tejto oblasti je jednoznačne veľmi nízka úroveň inžinierskych prác a analýz s použitím referenčných softvérových produktov umožňujúcich skutočne detailné analýzy špecifických havarijných scenárov a teda aj domino efektov.

Len niekoľko podnikov zaradených pod zákon o prevencii ZPH pracuje pri vyhodnocovaní dosahov a následkov havarijných scenárov a teda aj následkov ZPH s inými softvérovými produktmi ako je voľne dostupný SW americkej EPA – SW ALOHA. Pri porovnávaní jeho výsledkov s inými komerčnými softvérovými produktmi nie sú pri niektorých referenčných NL až tak významné rozdiely vo výsledkoch, čo však súvisí aj s výberom príslušných referenčných NL použitých pre tieto porovnávania.

SW ALOHA je však jednoduchý 2D (dvojdimenzionálny) simulačný SW určený len k približnému modelovaniu tvaru a rozsahu únikov NL do atmosféry. Výpočty sú v ňom realizované s použitím štatistického gaussovského rozdelenia, alebo je možné použiť aj model ťažký plyn („heavy gas“) pre simuláciu pohybu a chovania sa mraku plynu ťažšieho ako vzduch.

Pomocou tohto SW je možné simulovať aj veľkosť oblasti ohrozenej výbuchom či horením horľavej NL. Problémom však je, že je v angličtine, aj keď je užívateľsky jednoduchý. Obsahuje databázu niekoľko stoviek najbežnejších chemických látok používaných v priemysle a navyše v prípade potreby umožňuje aj doplnkové stiahnutie databázy CAMEO, ktorá obsahuje oveľa väčší počet týchto chemických látok a zmesí.

Podstatné z hľadiska aplikácie tohto voľne dostupného SW je to, že umožňuje priamo vytvárať grafické výstupy v mierke tvorené až tromi rôznymi zónami ohrozenia a užívateľ si môže vybrať a zadať aj vlastné hodnoty nebezpečnej koncentrácie, tlakových alebo teplotných účinkov a tiež priebehy a hodnoty príslušných koncentrácií a dosahov v čase a v určitej vzdialenosti od epicentra – miesta úniku, požiaru, či výbuchu.

Obece sa v Slovenskej republike považujú výsledky získané pri modelovaní s použitím tohto SW ALOHA za dostatočne konzervatívne a aj preto sú plne akceptované zo strany kompetentnej štátnej a verejnej správy. Je to však aj preto, že štátna a verejná správa nemá možnosť pracovať s inými voľne dostupnými softvérovými produktmi a jednoznačne tak chýbajú možnosti pre vzájomné porovnávanie výsledkov takýchto výpočtov.

4. DEFINOVANIE SPÔSOBU A FORMY OBOZNÁMENIA SUSEDIACICH PODNIKOV

V tejto časti metodickéj príručky sú len stručne prezentované spôsoby a formy oboznámenia susediacich podnikov s postupmi a výsledkami identifikácie a zhodnotenia ich potenciálu spôsobiť domino efekt pri výskyte ZPH v blízkom podniku zaradenom pod zákon o prevencii ZPH.

Ako už bolo konštatované hneď v úvode metodickéj príručky a zachytáva to aj postupová schéma na Obrázku č. 5, hneď pri príprave vstupov pre identifikáciu podnikov s potenciálom spôsobenia domino efektu sa ukázalo, že v súčasných podmienkach úrovne zavedenia zákona o prevencii ZPH v Slovenskej republike je potrebné zohľadniť možno jednoduchší postup tejto identifikácie, ale zachovať doterajšiu systémovosť a väzbu na odborne spôsobilé osoby – špecialistov na prevenciu ZPH v zaradených podnikoch.

Aj preto je definovanie formy a spôsobu informovania a oboznámenia susediacich podnikov s výsledkami identifikácie ich potenciálu spôsobiť domino efekt na prvý pohľad veľmi jednoduché a opiera sa o postup prezentovaný na Obrázku č. 5 tejto metodickéj príručky.

Pokiaľ existujúce susediace podniky sú podnikmi kategórie A alebo B, tak mali už doteraz podľa pôvodného zákona o prevencii ZPH odborne spôsobilú osobu, ktorá sa v podniku venovala predmetnej problematike. Nový zákon potvrdil potrebu zachovania tejto odborne spôsobilej osoby – špecialistu na prevenciu ZPH aj naďalej, čo len potvrdzuje pôvodnú správnosť a systémovosť tohto kroku.

Existujúce podniky zaradené pod zákon o prevencii ZPH preto už musia mať zrealizované hodnotenia rizika, z ktorých by malo byť zrejmé, či potenciálne dosahy a následky ZPH (reprezentatívnych havarijných scenárov) presahujú hranice ich areálov, alebo nie. Ak dosahy ZPH presahujú za hranice areálov týchto podnikov a ohrozujú obyvateľstvo, životné prostredie alebo majetok iných podnikateľských subjektov, alebo obyvateľov, potom podniky uvedené skutočnosti uviedli v bezpečnostných správach, hodnoteniach rizika, ale aj v ďalšej bezpečnostnej dokumentácii, ako napr. v podkladoch pre plány ochrany obyvateľstva a v havarijných plánoch.

Zároveň podniky kategórie B museli o týchto skutočnostiach jednak informovať dotknutú verejnosť a tiež ohrozené podniky v ich susedstve. Precvičovania havarijných plánov týchto podnikov však poukázali na chýbajúcu informovanosť, spoluprácu a tiež súčinnosť so susediacimi podnikmi. V mnohých prípadoch sa jednalo len o formálne preverenie telefonických spojení na kompetentné osoby v týchto podnikoch, takže aj preto susediace podniky, ktoré nespádali pod zákon o prevencii ZPH nemali potrebné informácie, ktoré by im umožňovali analyzovať a zhodnotiť potenciálne riziká, ktoré pre nich predstavovali susediace podniky zaradené pod zákon o prevencii ZPH.

Navyše je treba podotknúť, že pokiaľ podniky zaradené pod zákon o prevencii ZPH doposiaľ v hodnoteniach rizika neuplatnili postupy pre zhodnotenie vnútorných a vonkajších domino efektov, tak ani nemali potrebné informácie o ich potenciálnych dopadoch.

Táto metodická príručka im síce poskytuje návod ako toto zhodnotenie pripraviť a následne aj zrealizovať vo vlastnom podniku, avšak pri ohrození ich susediacich podnikov budú to musieť pripraviť a zrealizovať aj v susediacich podnikoch nezaradených pod zákon o prevencii ZPH.

Ukazuje sa totiž, že reálnym problémom pre príslušnú identifikáciu podnikov s potenciálom spôsobiť domino efekt môžu byť práve nezaradené podniky pracujúce s NL, pretože im legislatívne povinnosti doposiaľ v tejto oblasti nevyplývali a ani teraz im to z nového zákona o prevencii ZPH nevyplýva.

Preto prevádzkovateľ zaradeného podniku a jeho špecialista na prevenciu ZPH podľa schémy na Obrázku č. 5 tejto metodickéj príručky nielenže musí identifikovať susediace podniky na základe dosahov potenciálnych scenárov ZPH a informovať ich kompetentných zástupcov o tomto ohrození, ale zároveň v spolupráci s kompetentným zástupcom ohrozeného podniku (špecialistom požiarnej ochrany, bezpečnostným technikom, vedúcim prevádzky alebo inou kompetentnou osobou) bude musieť identifikovať a následne aj vyhodnotiť potenciál susediaceho podniku spôsobiť domino efekt.

Nevyhnutnosť úzkej vzájomnej spolupráce zaradených podnikov s týmito nezaradenými podnikmi podmieňuje správne identifikovanie susediacich podnikov a tiež zhodnotenie príspevku ich domino efektu k eskalácii prípadných ZPH.

Preto je v tejto metodickej príručke kladený dôraz hlavne na jednoduchý spôsob a formu identifikácie nebezpečných zariadení v susediacich podnikoch nezaradených pod zákon o prevencii ZPH, ktoré ale pracujú s NL, alebo realizujú činnosti, ktoré môžu viesť k eskalácii ZPH.

Z postupových diagramov prvého kroku identifikácie nebezpečných zariadení v týchto podnikoch je zrejmé, že pre správne vyplnenie formulárov v prílohe č. 1 tejto metodickej príručky bude nevyhnutné nielen stretnutie a verifikácia zistených skutočností napr. s vedúcim (vedúcimi) prevádzky (prevádzok), alebo s kompetentnými osobami v nezaradenom podniku, ale aj dlhodobejšia spolupráca v tejto oblasti, ktorá musí vyvrcholiť v zavedení spoločných postupov vzájomnej informovanosti oboch podnikov v tejto oblasti, ako aj v oblasti vnútropodnikového havarijného plánovania.

Už úvodné stretnutia oboch dotknutých strán k riešeniu tejto problematiky by mali napomôcť a vytvoriť predpoklady pre takúto spoluprácu a umožniť predovšetkým:

- verifikovať skutkový stav a začať so spoločným vyplňaním formulárov zachytených v prílohe č. 1 tejto metodickej príručky;
- pristúpiť k systémovému riešeniu predmetnej problematiky a prediskutovať správnosť výberu všetkých nebezpečných zón zariadení a prediskutovať ich významnosť;
- získať doplňujúce informácie od vedúcich nebezpečných prevádzok súvisiace s ich bezpečnosťou;
- získať prípadné podrobnosti o haváriách, ktoré sa v minulosti v susediacom podniku a jeho prevádzkach vyskytli, alebo sa vyskytli na obdobných prevádzkach.

Tieto úvodné stretnutia takto vytvoria spoločný rámec pre ďalšiu spoluprácu v tejto oblasti, ktorá by mala mať dlhodobý charakter.

Aj preto táto metodická príručka kladie zvýšený dôraz na návrh a rozpracovanie prvého postupového kroku prezentovaného na Obrázku č. 6, ktorý umožňuje identifikovať nebezpečné zariadenia v susediacich podnikoch.

V ďalších postupových krokoch prezentovaných na Obrázku č. 6 sa už totiž zodpovednosť za správnosť a úplnosť ich aplikácie presúva z nezaradeného podniku na odborne spôsobilú osobu – špecialistu na prevenciu ZPH v zaradenom podniku, ktorý pre požadované výbery uplatní identické selekčné kritéria, aké aplikoval aj pri pôvodných hodnoteniach rizika ZPH vo vlastnom podniku.

Identicky budú postupovať aj odborne spôsobilé osoby v nových podnikoch zaradených pod zákon o prevencii ZPH, čo zaručuje systematický a jednotný prístup k príslušným zhodnoteniam domino efektu.

Preto aj definovanie spôsobu a formy oboznámenia susediacich podnikov s výsledkami zhodnotenia ich potenciálu vyvolania domino efektu by v zmysle tejto metodickej príručky malo mať jednotnú formu, avšak je na prevádzkovateľoch zaradených podnikov pod zákon o prevencii ZPH, akým spôsobom informujú svojich susedov o dosiahnutých výsledkoch.

Prioritu by však malo mať informovanie písomnou formou každého zo susediacich podnikov a až na jeho základe je možné aj spoločné stretnutie všetkých dotknutých susediacich podnikov s ich ohrozovateľom, teda podnikom zaradeným pod zákon o prevencii ZPH pre následné prejednanie a prijatie potrebných krokov v oblasti havarijného plánovania a informovania verejnosti.

Informovanie susediacich podnikov by malo byť evidované, aby bolo nápomocné podnikom zaradeným pod zákon o prevencii ZPH pre potreby koordinovanej kontroly, ktorá môže byť zameraná aj na problematiku oboznámenia susediacich podnikov a vzájomné vymieňanie informácií.

5. ZÁVER

Ako bolo uvádzané v úvode tejto metodickéj príručky je určená pre identifikáciu podnikov s potenciálom spôsobiť domino efekt. Preto jej prvým cieľom je poskytnúť podnikom zaradeným pod zákon o prevencii ZPH jednoduchý, jednotný, systematický a efektívny nástroj, ktorý im umožní zozbierať potrebné informácie o susediacich podnikoch a ich nebezpečných zariadeniach, ale aj o vykonávaných činnostiach, ktoré môžu viesť k domino efektu. Na základe týchto vstupov je potrebné posúdiť a zhodnotiť potenciál podniku spôsobiť prípadnou ZPH domino efekt v susediacich podnikoch. Pre splnenie tohto cieľa sa prevzali referenčné postupy metodológie pre identifikovanie a hodnotenie účinkov domino efektu, ktorú spracovala Polytechnická fakulta de Mons (Belgicko) [2, 3], pretože tieto postupy sú jednoduché, zrozumiteľné a už overené pri rôznych aplikáciách v priemysle [12,13,18,19].

Pôvodný zákon o prevencii ZPH prijatý v SR v roku 2002 k posúdeniam rizika preferoval použitie hodnotiacich postupov pravdepodobnostného inžinierstva (použitie metód FTA a ETA) a k výberu nebezpečných zariadení a komponentov boli aplikované rôzne selektívne postupy a indexové metódy. Preto sa pozornosť spracovateľov metodickéj príručky sústredila hlavne na prípravu vzorov formulárov pre identifikáciu nebezpečných zariadení, aby sa v susediacich podnikoch neopomenuli žiadne nebezpečné zariadenia, ktoré by mohli predstavovať potenciál pre vznik domino efektu. K identifikácii nebezpečných zariadení a ich sekcií sú určené schématické postupy – diagramy prezentované v kap. 3, ktoré umožňujú realizovať potrebnú selekciu a výber týchto zariadení a sekcií v príslušných kategóriách, čím sa zabezpečí jednotnosť a prehľadnosť spracovania vstupných údajov.

Druhý cieľ metodickéj príručky je zameraný na prezentáciu a aplikáciu navrhovaného systematického a komplexného prístupu ku riešeniu problematiky domino efektov. Naplnenie tohto cieľa prezentovali spracovatelia príručky na vzorovom príklade fiktívnych podnikov a ich technológií prezentovanom v prílohe č. 7. Vzorová aplikácia vychádza z uplatnenia formulárov navrhnutých v prílohe č. 2 tejto príručky a vstupných údajov zachytených v prílohe č. 3.

Z aplikácie výberových postupov metodickéj príručky v jej prílohe č. 7 vyplýva, že požadované naplnenie jej druhého cieľa bude závisieť predovšetkým od zvládnutia týchto postupov odborne spôsobilou osobou prevádzkovateľa zaradeného podniku, teda špecialistu na prevenciu ZPH. Nie je totiž možné vylúčiť, že táto odborne spôsobilá osoba bude musieť pri výbere nebezpečných zariadení a havarijných scenárov a určovaní sekundárnych nebezpečných zariadení s potenciálom domino efektu v susediacich podnikoch analyzovať a zhodnotiť oveľa širší okruh nebezpečných prevádzok, technológií a zariadení, než s akými sa doposiaľ stretávala. To si však môže vyžadovať krátkodobé, ale aj dlhodobejšie vytvorenie spoločného pracovného tímu, ktorého súčasťou by mali byť kompetentní zamestnanci susediaceho podniku, či podnikov, na ktorých sa zameriava tretí cieľ metodickéj príručky.

Už aj z vyššie uvádzaných konštatovaní je zrejmé, že navrhované postupy identifikácie susediacich podnikov s potenciálom spôsobiť domino efekt sa opierajú o aktívnu účasť špecialistov na prevenciu ZPH na celom procese tejto identifikácie pričom pri analýzach, výberoch nebezpečných zariadení a samotných zhodnoteniach je ich pozícia nezastupiteľná. Preto bude nevyhnutné aj im vytvoriť potrebné predpoklady (časové, kompetenčné ap.) pre úspešné zvládnutie tejto identifikácie.

Tretí cieľ metodickéj príručky je zameraný na odbornú pomoc tým susediacim podnikom v okolí podnikov zaradených pod zákon o prevencii ZPH, ktorých zemepisná poloha alebo vzájomná blízkosť a prítomnosť NL vytvára potenciál pre eskaláciu a zhoršenie následkov ZPH. Je potrebné konštatovať, že naplnenie tohto cieľa metodickéj príručky je podmienené hlavne prístupom a angažovanosťou už zaradených podnikov pod zákon o prevencii ZPH, resp. nových podnikov, ktoré majú (budú mať) odborne spôsobilé osoby.

Na záver je možné konštatovať, že spracovatelia metodickéj príručky naplnili jej plánované ciele a vytvorili tak požadované predpoklady pre aplikáciu jej metodických postupov. Tým poskytli odborne spôsobilým osobám v zaradených podnikoch a ich prevádzkovateľom, kompetentnej štátnej správe, ale aj susediacim podnikom s potenciálom spôsobiť domino efekt potrebný nástroj pre realizovanie tejto identifikácie.

POUŽITÁ LITERATÚRA A PODKLADY

- [1] Kandráč, J., Kandráčová L.: Seveso po tridsiatich rokoch, Asociácia rozvoja požiarnej ochrany Slovenska, ARPOS 3/2006, 54-63
- [2] Metodický pokyn Odboru environmentálnych rizik MŽP pro hodnocení možnosti vzniku kumulativních a synergických účinků závažné havárie, MŽP ČR, Praha, květen 2002
- [3] Delvosalle C.: A methodology for the identification and evaluation of domino effects, Rep. CRC/MT/003, Belgian Ministry of Employment and Labour, Bruxelles, 1998
- [4] Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances. Official Journal of the European Communities 14/01/1997 No. L 10/13 - 10/33
- [5] Delvosalle, CH.: Domino effects phenomena: Definition, Overview and Classification, 1996 European Seminar on Domino Effects. Leuven, Belgium, Federal Ministry of Employment, Safety Administration, Direction Chemical Risks, Brussels, Belgium, pages 5-15
- [6] Gledhill, J, Lines, I.: Development of methods to assess the significance of domino effects from major hazard sites, CR Report 183, Health and Safety Executive, 1998
- [7] Khan, F. I., Abbasi, S. A.: Models for domino effect analysis in chemical process industries. Process Safety Prog. 17 (1998) 107
- [8] Bagster, D.F., and Pitblado, R.M.: The Estimation of Domino Incident Frequencies - An Approach. Trans IChemE, 1991, 69:195-199
- [9] Lees, F. P. : Loss Prevention in the process industries (II ed.), Butterworth-Heineman, Oxford (UK), 1996
- [10] Kourniotis, S.P., Kiranoudis, C.T., Markatos, N.C.: Statistical analysis of domino chemical accidents, Journal of Hazardous Materials 71, 2000, 239–252
- [11] Cozzani, V, Salzano, E.: Threshold values for domino effects caused by blast wave interaction with process equipment, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 17(6), 2000, 437- 447
- [12] Cozzani, V., et al.: The assessment of risk caused by domino effect in quantitative area risk Analysis, Journal of Hazardous Materials, 2005, 127:14-30
- [13] Reniers G., Cozzani V.: Domino Effects in the Process Industries, Modeling, Prevention and Managing, Elsevier, ISBN: 978-0-444-54323-3, Great Britain, 2013
- [14] INERIS, 2002: Méthode pour l'identification des effets Dominos, Rapport final Direction des Risques Accidentels 2002b; INERIS-DRA-2002-25472
- [15] Kadri, F., Birregah, B., Châtelet, E.: Natural Disaster Impacts on Critical Infrastructures: A domino effect-based study. Journal of Homeland Security and Emergency Management, 2014, 11(2), pp. 217–241
- [16] Krško, M., Kandráč, J., Zmajkovič, I.: Metodická príručka pre analýzu a hodnotenie požiarneho rizika, Projekt MŽP SR, RISK CONSULT, s.r.o., Bratislava, november 2002
- [17] Kandráč, J., Skarba, D., Úradníček, Š. a kol.: Metodická príručka pre zaraďovanie rizikových podnikov s podprahovými množstvami vybraných nebezpečných látok a pre predbežný odhad rizika v podnikoch podliehajúcich režimu zákona o závažných haváriách, Projekt MŽP SR č. 113/2001/2.3, RISK CONSULT, s.r.o., Bratislava, november 2001
- [18] Skarba, D., Kandráč, J., a kol.: Metodický postup hodnotenia účinkov tepelného efektu a dávky nebezpečných látok v zóne zasiahnutia, Projekt MŽP SR č. 113/2001/2.3, Časti 2-10, RISK CONSULT, s.r.o., Bratislava, november 2001
- [19] Abdolhamidzadeh B., Abbasi T., Rashtchian D., and Abbasi S.A.: Domino effect in process industry - An inventory of past events and identification of some patterns. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2011, 24(5), 575–593
- [20] Darbra R.M., Palacios A., and Casal J.: Domino effect in chemical accidents: Main features and accident sequences. Journal of Hazardous Materials, 2010, 556-573
- [21] Abdolhamidzadeh, B., Rashtchian D., Morshedi M.: Statistical survey of domino past accidents, 8th world congress of chemical engineering, 2009, Montreal 317
- [22] Gómez-Mares M., Zárate L., Casal J.: Jet Fires and the domino effect. Fire Safety Journal 43, 2008, 583-588

- [23] Steinberg L.J., Sengul H., and Cruz, A.M.: Natech risk and management: an assessment of the state of the art., 2008, Natural Hazards, 46(2):143-152
- [24] Hoftijzer G.: Methods for the Calculation of the Physical Effects of the Escape of Dangerous Material (Liquids and Gases), Part II Chapter 6: Heat Radiation. Report of the committee for the Prevention of Disasters, First Edition 1979 (The Yellow book: TNO)
- [25] Center for Chemical Process Safety (CCPS): Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs - American Institute of Chemical Engineers, New York 1994
- [26] Van Den Berg A. C.: The multi-energy method: a framework for vapor cloud explosion blast prediction. Journal of Hazardous Materials, 12, pp. 1-10, 1985
- [27] Smernica Európskeho parlamentu a rady 2012/18/EÚ zo 4. júla 2012 o kontrole nebezpečenstiev závažných havárií s prítomnosťou nebezpečných látok, ktorou sa mení a dopĺňa a následne zrušuje smernica Rady 96/82/ES, Európsky parlament a Rada Európskej únie, Brusel, júl 2012
- [28] Zákon č. 128/2015 Z. z. zo 6. mája 2015 o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov

Príloha č. 1 Dotazník pre zaradené a susediace podniky

V zmysle § 13 zákona č. 128/2015 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov pre získanie potrebných informácií súvisiacich s domino efektom platia nasledovné ustanovenia :

§ 13 Domino efekt

(1) Ministerstvo životného prostredia určí podniky, susediace podniky alebo ich skupiny, pri ktorých by sa riziko závažnej priemyselnej havárie alebo následky závažnej priemyselnej havárie mohli zhoršiť z dôvodu ich zemepisnej polohy alebo ich vzájomnej blízkosti a z dôvodu ich zásob nebezpečných látok; ministerstvo životného prostredia pri tomto určení vychádza z informácií uvedených v oznámení, bezpečnostnej správe, získaných pri výkone štátneho dozoru a z informácií vyžiadaných od prevádzkovateľa.

(2) Ak má ministerstvo životného prostredia dodatočné informácie k informáciám podľa § 5 ods. 2 písm. g), poskytne ich prevádzkovateľovi.

(3) Ministerstvo životného prostredia vedie register podnikov, susediacich podnikov alebo ich skupín určených podľa odseku 1.

(4) Prevádzkovateľ podniku uvedeného v registri podľa odseku 3 je povinný

- a) spolupracovať s inými prevádzkovateľmi, vymieňať si informácie na zohľadnenie charakteru a rozsahu nebezpečenstva závažnej priemyselnej havárie pri posúdení rizika, v rámci ich programu prevencie, bezpečnostného riadiaceho systému a vnútorného havarijného plánu,
- b) spolupracovať na informovaní verejnosti a susediacich podnikov a na požiadanie poskytovať informácie orgánu, ktorý vypracúva plán ochrany obyvateľstva.

Z tohto dôvodu pre pomoc už zaradeným a novým podnikom, ale aj ich susediacim podnikom a pre prípravu vstupov na posúdenie domino efektu sú spracované nasledovné vzory formulárov umožňujúce identifikáciu potenciálnych nebezpečných zariadení citlivých na domino efekt.

Základom dôsledného a správneho vyplnenia formulárov je vhodné oboznámenie sa najprv so samotnou metodickou príručkou, čím sa minimalizujú prípadné chyby a zároveň sa uľahčí vzájomná komunikácia a spolupráca medzi zaradeným podnikom a susediacimi podnikmi. Pri viacerých druhoch nebezpečných látok skladovaných alebo používaných (vyrábaných) v príslušnej sekcii zariadenia a jej kategórii je potrebné vyplniť formulár pre každú nebezpečnú látku zvlášť (samostatne).

Aby sa dosiahla potrebná vierohodnosť uvádzaných informácií je nevyhnutná spolupráca odborne spôsobilej osoby zo zaradeného podniku s kompetentnými osobami v susediacich podnikoch, čím sa vylúčia aj prípadné nesprávne zaradenia nebezpečných prevádzok alebo komponentov v tých susediacich podnikoch, v ktorých sú len zanedbateľné množstvá nebezpečných látok bez potenciálu spôsobiť alebo iniciovať ďalšie rozšírenie – eskaláciu ZPH.

Príloha č. 1-1 Sklady a skladovanie pevných nebezpečných látok - formulár

Podnik:

SKLADOVANIE PEVNÝCH NEBEZPEČNÝCH LÁTOK	
Sekcia: 1. kategória	 (názov skladovanej pevnej látky)
Všeobecné informácie <i>Charakter nebezpečnej látky</i> <i>Skladované množstvo</i> <i>Zrinitosť (granuly, prach, ...)</i> <i>Nebezpečenstvo výbuchu prachov¹</i>	 ☐ ÁNO ☐ NIE
Typ balenia¹	☐ Voľné na ploche – kopa, vrecia ☐ Vrecia, big-bagy – paletové ukladanie ☐ Obaly, debny – regálové ukladanie ☐ Silo (nádrž) ☐ Iný
Zabezpečovacie (ochranné) systémy <i>Požiarnotechnické zariadenia</i> <i>alebo iné zabezpečenie (popis)</i>	

¹ Zaškrtni príslušné políčko

Príloha č. 1-2 Sklady a skladovacie nádrže nebezpečných látok pod tlakom – formulár

Podnik:

SKLADOVACIE NÁDRŽE NEBEZPEČNÝCH LÁTOK POD TLAKOM																	
Sekcia: 2. kategória	 <i>Celkový počet nádob, alebo objektov ktoré predstavujú rovnaké zóny zariadenia popísané v tomto formulári</i>																
Charakteristiky nebezpečnej látky Druh (kvapalina, plyn, skvapalnený plyn) Maximálny skladovaný objem alebo maximálne skladované množstvo (m ³) (kg) Teplota (°C) Tlak (pretlak) (MPa)																	
Charakteristiky zariadenia Typ ¹ Geometria: Objem (m ³) Priemer (m) Výška (m) Maximálne dovoľené plnenie (%) Inertizácia ¹ Tlak inertného plynu (MPa) Tlak pre prasknutie (MPa) Typ pôdy (zemina, štrk, betón, ...)	☐ Guľový zásobník ☐ Horizontálny valcový zásobník ☐ Vertikálny valcový zásobník (m ³) (m) (m) (%) ☐ ÁNO ☐ NIE (MPa) (MPa)																
Charakteristiky väčších potrubí Vstupné potrubie Priemer (mm) Prietok (m ³ /h) Umiestnenie ² Výstupné potrubie Priemer (mm) Umiestnenie ² Armatúra regulácie prietoku ² Prietok	<table border="0"> <thead> <tr> <th><i>kvapalná fáza</i></th> <th><i>plynná fáza</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>..... (mm)</td> <td>..... (mm)</td> </tr> <tr> <td>..... (m³/h)</td> <td>..... (m³/h)</td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>..... (mm)</td> <td>..... (mm)</td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> </tbody> </table>	<i>kvapalná fáza</i>	<i>plynná fáza</i>	 (mm)	 (mm)	 (m ³ /h)	 (m ³ /h)			 (mm)	 (mm)						
<i>kvapalná fáza</i>	<i>plynná fáza</i>																
..... (mm)	 (mm)																
..... (m ³ /h)	 (m ³ /h)																
.....																	
..... (mm)	 (mm)																
.....																	
.....																	
.....																	
Zabezpečovacie systémy Záchytná nádrž ¹ Rozmery Výška stien (m) Bezpečnostný tlakový (poistný) ventil ¹ Nastavený nominálny prietok (m ³ /h) Nastavený nominálny tlak (MPa) Povrch (plocha otvoru ventilu) (cm ²) Sklad, nádrže s ochranným valom (stenou) ¹ Iné	☐ ÁNO ☐ NIE ☐ ÁNO ☐ NIE (m ³ /h) (MPa) (cm ²) ☐ ÁNO ☐ NIE																

¹ Zaškrtni príslušné políčko² Urči výšku potrubia (armatúry) nad dnom nádrže

Príloha č. 1-3 Sklady a skladovacie nádrže nebezpečných látok pod tlakom - formulár

Podnik:

SKLADOVACIE NÁDRŽE NEBEZPEČNÝCH LÁTOK ATMOSFERICKÉ ALEBO S PODCHLADENÍM (KRYOGÉNNE)	
Sekcia: 3. kategória	 <i>Celkový počet nádob, alebo objektov ktoré predstavujú rovnaké zóny zariadenia popísané v tomto formulári</i>
Charakteristiky nebezpečnej látky Druh (kvapalina, plyn, skvapalnený plyn) Maximálny skladovaný objem alebo (m ³) maximálne skladované množstvo (kg) <i>Pre zmes uhľovodíkov:</i> Kinematická viskozita ¹ pri 120°C (cSt) Minimálna teplota varu (°C) Maximálna teplota varu (°C)	
Charakteristiky skladovacieho zariadenia (nádrže) Geometria: Objem (m ³) Priemer (m) Výška (m) Maximálne povolené plnenie (%) Inertizácia ² ☐ ÁNO ☐ NIE Tlak inertného plynu (MPa) Typ uzatvorenia (zakrytia) ² ☐ Pevná strecha ☐ Plávajúca strecha ☐ Bez strechy L'ahká strecha ² ☐ ÁNO ☐ NIE Temperovanie (ohrev) ☐ ÁNO ☐ NIE Druh podlahy (zemina, štrk, betón, ...)	
Charakteristiky väčších potrubí <i>Vstupné potrubie</i> Priemer (mm) Prietok (m ³ /h)	

¹ Kinematická viskozita pri 120°C pre atmosférické skladovanie umožní vypočítať sklon kvapaliny ku vzkypeniu² Zaškrtni príslušné políčko

Umiestnenie ³	.....
<i>Výstupné potrubie</i>	
Priemer	 (mm)
Umiestnenie ³	.....
Armatúra regulácie prietoku ²	☐ ÁNO ☐ NIE
Prietok	.....
Zabezpečovacie a bezpečnostné systémy	
Záchytná nádrž ²	☐ ÁNO ☐ NIE
Rozmery	.....
Výška stien	 (m)
Iné	.....

¹ Kinematická viskozita pri 120°C pre atmosférické skladovanie umožní vypočítať sklon kvapaliny ku vzkypeniu

² Zaškrtni príslušné políčko

³ Urči výšku potrubia (armatúry) nad dnom nádrže

Príloha č. 1-4 Malotonážne skladovanie nebezpečných látok - formulár

Podnik:

MALOTONÁŽNE SKLADOVANIE NEBEZPEČNÝCH LÁTOK	
Sekcia: 4. kategória	 (názov skladovanej nebezpečnej látky)
Všeobecné informácie Charakter látky Sudy: objem jedného sudu (barelu) počet sudov Fľaše: objem jednej fľaše počet fliaš Iné	 (m³) (m³)
Zabezpečovacie systémy	
Popis	..... ..... ..... ..... .....

Príloha č. 1-5 Plniace a stáčacie miesta nebezpečných látok - formulár

Podnik:

PLNIACE A STÁČACIE MIESTA NEBEZPEČNÝCH LÁTOK	
Sekcia: 5. kategória	 <i>Celkový počet plniacich/stáčacích miest, ktoré predstavujú rovnaké zóny zariadenia ako sú popísané v tomto formulári</i>
Preprava Typ prepravného zariadenia¹ Objem prepravného zariadenia minimum (m³) maximum (m³) Priemer stáčacej alebo čerpacej hadice (m) <i>Ak ide o kvapalinu, menovitý prietok čerpadla</i> (m³/h)	☐ Železničná cisterna ☐ Nákladný automobil ☐ Loď
Charakteristiky nebezpečnej látky Charakter látky Balenie¹ Teplota (°C) Tlak (MPa)	☐ Sypký tovar ☐ Sudy, barely ☐ Vrecia ☐ Nádrž ☐ Iné
Zabezpečovacie (ochranné) a bezpečnostné systémy <i>napr. vodné clony, stabilné hasiace zariadenia, závodná hasičská jednotka ap.</i> Popis	

¹ Zaškrtni príslušné políčko

Príloha č. 1-6 Výrobné sekcie s nebezpečnými látkami - formulár

Podnik:

VÝROBNÉ SEKcie S NEBEZPEČNÝMI LÁTKAMI		
Požadované podklady a údaje		
Obecný popis výroby Blokový diagram výroby s : - rozdielnymi sekciami zariadení; - vstupy a výstupy z rôznych aparátov (zloženie, prietoky, tlak a teplotu každého toku). Situačný plán výroby s : - umiestnením sekcií a komponentov zariadení; - umiestnením horúcich miest; - umiestnením hlavných potrubí a dopravných pásov; - umiestnením dočasných a prevádzkových skladovacích nádrží; - umiestnením možných miest expanzie plynov; - umiestnením miest s kompresormi; - umiestnením miest, kde sa môžu používať horúce oleje; - umiestnením tlakových zariadení. Karty (zoznamy) zariadení		
Ďalšie podklady		
Aké a kde sú situované sú horúce miesta vo výrobnej sekcii? (pece, horáky, reaktory, motory, ...) ¹ Urob odkaz na situačný plán podniku alebo na plán výrobnéj sekcie	Zoznam horúcich miest 	Odkaz¹
Sú komponenty výrobného zariadenia odolné proti výbuchu?²	☐ ÁNO	☐ NIE
Nachádzajú sa vo výrobnej jednotke prechodné (dočasné), alebo prevádzkové skladovacie nádrže?² Ak áno: charakter (druh) skladovanej nebezpečnej látky skladovaný objem charakteristiky najväčších potrubí záchytná nádrž ? (jej rozmer) Nachádza sa vo výrobe priestor s kompresormi?² Ak áno: manipulovaná látka	☐ ÁNO ☐ ÁNO 	☐ NIE ☐ NIE

tlaky	Vysoký: ..... .....Nízky:.....
Je vo výrobe používaný horúci olej? ²	☐ ÁNO ☐ NIE
Sú vo výrobe okrem zariadení uvádzaných v kartách (zoznamoch) zariadení prítomné tlakové zariadenia? ²	☐ ÁNO ☐ NIE Tlak:
Aké havárie sa na tejto výrobnej jednotke už stali?	
.....	
.....	
.....	

¹ Urob odkaz na situačný plán podniku alebo na plán výrobnej sekcie

² Zaškrtni príslušné políčko

Príloha č. 1-6 Pokračovanie : Výrobné sekcie s nebezpečnými látkami – reaktor, separačné systémy - formulár

Podnik:

VÝROBNÉ SEKcie S NEBEZPEČNÝMI LÁTKAMI - REAKTOR									
Sekcia: 6. kategória	 (názov - označenie reaktora a jeho lokalizácia)								
Typ reakcie¹	☐ Hydrogenácia, hydrolýza, sulfonizácia, neutralizácia ☐ Alkylácia, esterifikácia, oxidácia, polymerizácia, kondenzácia ☐ Halogenizácia ☐ Nitrácia ☐ Kalcinácia, elektrolýza, pyrolýza, krakovanie ☐ Endotermická reakcia, v ktorej je zdrojom energie spaľovanie pevného, kvapalného alebo plyného paliva ☐ Iné:								
Všeobecné informácie Spracovávané alebo vyrábané nebezpečné látky Maximálna teplota Maximálny tlak Celkový objem látky alebo celková hmotnosť látky Inertizácia ¹ Tlak inertného plynu Typ prevádzky ¹	<table border="0"> <thead> <tr> <th>Charakter</th> <th>Prietok</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> </tbody> </table> (°C) (MPa) (m ³) (kg) ☐ ÁNO ☐ NIE (MPa) ☐ Kontinuálna ☐ Kampaňová (vsádzková)	Charakter	Prietok						
Charakter	Prietok								
.....									
.....									
.....									
Charakteristiky väčších potrubí Priemer Prietok Funkcia Umiestnenie ²	 (mm) (m ³ /h) (m)								

¹ Zaškrtni príslušné políčko

² Urči výšku potrubia nad dnom nádrže

Armatúra regulácie prietoku ¹	☐ ÁNO ☐ NIE
Zabezpečovacie a bezpečnostné systémy Bezpečnostný tlakový (poistný) ventil ¹ Nastavený prietok (m ³ /h) Nastavený tlak (MPa) Povrch (plocha otvoru) (cm ²) Iné	☐ ÁNO ☐ NIE

VÝROBNÉ SEKCIE S NEBEZPEČNÝMI LÁTKAMI - SEPARAČNÝ SYSTÉM																																					
Sekcia: 6. kategória	 (názov – označenie zariadenia a jeho lokalizácia)																																				
Typ separačného systému¹	☐ Destilačná kolóna ☐ Separácia kvapalina-kvapalina ☐ Filtrácia ☐ Sušenie ☐ Absorpcia ☐ Iné:																																				
Všeobecné informácie	<table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th>Charakter</th> <th>Prietok</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Manipulované alebo vyrábané látky</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td></td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td></td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td></td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> <tr> <td>Maximálna teplota</td> <td>.....</td> <td>(°C)</td> </tr> <tr> <td>Maximálny tlak</td> <td>.....</td> <td>(MPa)</td> </tr> <tr> <td>Celkový objem látky</td> <td>.....</td> <td>(m³)</td> </tr> <tr> <td>alebo celková hmotnosť látky</td> <td>.....</td> <td>(kg)</td> </tr> <tr> <td>Inertizácia</td> <td>☐ ÁNO</td> <td>☐ NIE</td> </tr> <tr> <td>Tlak inertného plynu</td> <td>.....</td> <td>(MPa)</td> </tr> <tr> <td>Typ prevádzky¹</td> <td colspan="2"> ☐ Kontinuálny ☐ Kampaňovitý (vsádzkový) </td> </tr> </tbody> </table>		Charakter	Prietok	Manipulované alebo vyrábané látky												Maximálna teplota		(°C)	Maximálny tlak		(MPa)	Celkový objem látky		(m ³)	alebo celková hmotnosť látky		(kg)	Inertizácia	☐ ÁNO	☐ NIE	Tlak inertného plynu		(MPa)	Typ prevádzky ¹	☐ Kontinuálny ☐ Kampaňovitý (vsádzkový)	
	Charakter	Prietok																																			
Manipulované alebo vyrábané látky																																					
																																					
																																					
																																					
Maximálna teplota		(°C)																																			
Maximálny tlak		(MPa)																																			
Celkový objem látky		(m ³)																																			
alebo celková hmotnosť látky		(kg)																																			
Inertizácia	☐ ÁNO	☐ NIE																																			
Tlak inertného plynu		(MPa)																																			
Typ prevádzky ¹	☐ Kontinuálny ☐ Kampaňovitý (vsádzkový)																																				
Charakteristiky väčších potrubí	Priemer (mm) Prietok (m³/h) Funkcia Umiestnenie² (m) Armatúra regulácie prietoku¹ ☐ ÁNO ☐ NIE																																				

¹ Zaškrtni príslušné políčko² Urči výšku potrubia nad dnom nádrže

Zabezpečovacie a bezpečnostné systémy Popis	
--	---

Príloha č. 1-6 Pokračovanie : Výrobné sekcie s nebezpečnými látkami – rôznorodé výrobné zariadenia - formulár

Podnik:

VÝROBNÉ ZARIADENIE S NEBEZPEČNÝMI LÁTKAMI	
RÔZNORODÉ VÝROBNÉ ZARIADENIE	
Sekcia: 6. kategória	 (názov – označenie zariadenia a jeho lokalizácia)
Typ zariadenia¹	☐ Horák ☐ Čerpadlo ☐ Kompresor ☐ Turbína ☐ Výmenník ☐ Vysoké vertikálne zariadenia Rozmery ☐ Prechodný (dočasný) sklad ☐ Iné:
Všeobecné informácie	
Charakter nebezpečnej látky Prietok Teplota Tlak	 (m³/h) (°C) (MPa)

¹ Zaškrtni príslušné políčko

Príloha č. 1-7 Potrubné rozvody nebezpečných látok - formulár

Podnik:

POTRUBNÉ ROZVODY NEBEZPEČNÝCH LÁTKO	
Sekcia: 7. kategória	 <i>Celkový počet potrubí, ktoré predstavujú rovnaké zóny zariadenia ako sú popísané v tomto formulári</i>
Charakteristiky nebezpečnej látky Charakter (druh) Prietok (m ³ /h) alebo (kg/h) Tlak (MPa) Teplota (°C)	
Charakteristiky potrubí Funkcia Umiestnenie ¹ Priemer potrubí (mm) Priemer potrubí (mm)	Preprava z do ☐ Nadzemné výška nad úrovňou zeme..... (m) (mm) ☐ Podzemné Hĺbka uloženia (m) (mm)
Zabezpečovacie a bezpečnostné systémy Maximálna vzdialenosť medzi samouzatváracími armatúrami alebo maximálne množstvo látky, ktoré by pravdepodobne uniklo (m) Iné zabezpečenie (kg)	

¹ Zaškrtni príslušné políčko

Príloha č. 1-8 Susediace podniky bez nebezpečných látok - formulár

Podnik:

SUSEDIACI PODNIK BEZ NEBEZPEČNÝCH LÁTOK	
Charakteristika podniku	..... .....
Prevládajúce činnosti	..... ..... ..... .....
Lokalizácia ¹	..... .....
Prehlásenie, že v podniku sa nenachádzajú nebezpečné látky : (uviesť meno a funkciu spracovateľa prehlásenia)	..... ..... .....
Dátum a podpis	.....

¹ Popísať, alebo uviesť súradnice GPS

Príloha č. 2 Dotazník pre podniky zaradené pod zákon o prevencii ZPH s potenciálom iniciovať domino efekty – formulár (vzor)

Podnik :

Lokalita :	Objekt:	Dátum:
Odborne spôsobilá osoba vykonávajúca posúdenie rizika :		
DOMINO2015-L1: ZOZNAM RIZIKOVÝCH SEKCIÍ		

Typy sekcií:

Skladovanie NL (kategória 1. - 4.)

Stáčanie / čerpanie (kategória 5.)

Výroba: „chemická“, „petrochemická“, „strojárenská“, „rôznorodá“ (kategória 6.)

Vonkajšie potrubné rozvody – potrubné mosty (kategória 7.)

Identifikácia	Typ sekcie	Popis

4. Maltonážne skladovanie nebezpečných látok

62

[illegible]

Príloha č. 3 Zoznam niektorých NL s uvedením ich tried nebezpečnosti a niektorých vybraných fyzikálno-chemických charakteristík [3]

Názov nebezpečnej látky	Toxicita	Horľavosť	Nestabilita	Výbušnosť	Reaktivita	Teplota – bod varu (°C)	Tlak pâr (atm)	Teplota vzplanutia(°C)	DMV (%)	HMV (%)	MAK* (ppm)
1,2-Dichloreťan	2	3	1	3	Priemerná	84	0,087	13	6,2	16,0	10
1,2-Propylenoxid	2	4	2	4	Vysoká	34	0,59	-37	1,9	37,0	20
1,3-Butadien	2	4	2	3	Priemerná	-4	2,4		1,1	12,5	1000
1-Butén	1	4	0	3	Priemerná	-6	2,6		1,6	10,0	
1-Hexén	1	3	1	4	Priemerná	63	0,17	-20	1,2	6,9	
1-Pentén	1	4	1	3	Priemerná	30	0,66	-40	1,4	8,7	
Acetaldehyd	2	4	2	4	Priemerná	21	1	-38	4,0	57,0	50
Acetón	1	3	0	4	Priemerná	56	0,24	-19	2,2	12,8	750
Acetónitril	3	3	1	4	Priemerná	82	0,09	2	3,0	16,0	40
Acetylén	1	4	3	4	Vysoká	-84	43,6		1,5	82,0	1000
Akrylonitril	4	3	2	4	Priemerná	77	0,11	-5	3,0	17,0	2
Allylalkohol	3	3	1	3	Vysoká	97	0,02	21	2,5	18,0	2
Allylchlorid	3	3	1	4	Nízka	45	0,4	-30	3,2	11,2	1
Amoniak	3	2	0	2		-33	8,5		15,0	28,0	25
Benzén	2	3	0	4	Vysoká	80	0,1	-11	1,2	8,0	8
Benzín	1	3	0	4	Priemerná	35	0,2	-25	0,6	8	300
Bróm	4	0	0	2		59	0,23				0,1
Bromovodík	3	0	0	0		-66	21,8				3
Bromovodík (roztok)	3	0	0	0		126					3
Bután	1	4	0	3	Priemerná	-1	2,2		1,5	8,5	800
Cyklohexán	1	3	0	4	Priemerná	81	0,1	-18	1,2	8,3	300
Cyklopentán	1	3	0	4	Priemerná	48	0,34	-20			600
Dekan	0	2	0	1		174	0,001	47	0,8	5,4	
Dietyletér	2	4	0	4	Priemerná	34	0,58	-45	1,7	36,0	400
Dietylketón	1	3	0	3	Priemerná	102	0,02	12	1,6	?	200
Dichlormetán	2	0	1	1		40	0,5				100
Dimetylamín	3	4	0	3	Priemerná	7	1,7		2,8	14,4	10
Dimetylamín (roztok)	3	3	0	4	Priemerná	54	0,26	-18	2,6	12,3	10
Dimetyletér	2	4	0	4	Priemerná	-25	5,1		2,0	50,0	
Dusičnan amónny (pevný)	1	1	3	0							
Etán	1	4	0	3	Priemerná	-89	37,5		3,0	12,5	10000
Etán kvapalný (podchladený)	1	4	0	3	Priemerná	-89	37,5		3,0	12,5	10000
Etylalkohol	0	3	0	3	Priemerná	78	0,06	12	3,3	19,0	1000
Etylamín	3	4	0	3	Priemerná	17	1,2		3,5	14,0	10
Etylbenzén	2	3	0	3	Priemerná	136	0,009	15	1,0	7,8	100
Etylén	1	4	2	4	Priemerná	-104			2,7	34,0	10000
Etylén kvapalný (podchladený)	1	4	2	4	Priemerná	-104			2,7	34,0	10000
Etylénoxid	2	4	3	4	Vysoká	11	1,4		2,6	100,0	1
Etylchlorid	2	4	1	3	Nízka	12	1,3		3,6	14,8	1000
Etylmetylketón	1	3	0	4	Priemerná	80	0,093	-6	1,8	11,5	200

Názov nebezpečnej látky	Toxická	Horľavosť	Nestabilita	Výbušnosť	Reaktivita	Teplota – bod varu (°C)	Tlak pár (atm)	Teplota vzplanutia(°C)	DMV (%)	HMV (%)	MAK* (ppm)
Fluorovodík	4	0	0	0		19	1				2
Fluorovodík (roztok)	4	0	0	0		110					2
Formaldehyd (roztok)	2	2	0	2		101	0,002	56	7,0	73,0	1
Fosgén	4	0	0	0		8	1,6				0,1
Furan	2	4	1	3	Priemerná	32		-35	2,3	14,3	
Heptán	1	3	0	4	Priemerná	98	0,05	-4	1,1	6,7	400
Hexán	1	3	0	4	Priemerná	69	0,16	-21	1,1	7,5	50
Chlór	3	0	1	3	Priemerná	-34	6,7				0,5
Chlórbenzén	2	3	1	2		132	0,012	28	1,3	11,0	50
Chlorovodík	3	0	0	0		-85	43				5
Chlorovodík (roztok)	3	0	0	0		110	0,28				5
Izoamylalkohol	2	2	0	1		131	0,003	43	1,2	8,0	100
Izobután	1	4	0	3	Priemerná	-12	3,3		1,8	8,5	1000
Izobutén	1	4	0	3	Priemerná	-7	2,7		1,8	8,8	
Izobutylmetylketón	2	3	0	3	Priemerná	118	0,02	14	1,2	8,0	50
Izoprén	2	4	0	3	Priemerná	34	0,66	-50	1,0	9,7	
Izopropylalkohol	1	3	0	3	Priemerná	82	0,04	12	2,0	12,0	400
Izopropylamín	3	4	0	3	Priemerná	32	0,63	-26	2,3	10,4	5
Kyselina dusičná (viac ako 70 %)	3	0	1	2		83	0,06				2
Kyselina fosforečná	3	0	0	0		158	0,002				
Kyselina octová	2	2	0	2		118	0,014	40	4,0	17,0	10
Kyselina sírová	3	0	0	0		338	0				
LPG	1	4	0	3	Priemerná	-10	2,5	-	1,8	8,4	>10000
Metán	1	4	0	3	Nízka	-164			5,0	15,0	10000
Metán skvapalnený	1	4	0	3	Nízka	-164			5,0	15,0	10000
Metylacetát	1	3	0	4	Priemerná	56	0,22	-10	3,1	16,0	200
Metylalkohol	2	3	0	3	Priemerná	65	0,13	11	5,5	36,5	200
Metylamín	3	4	0	3	Priemerná	-6	2,9		5,0	20,7	10
Metylbromid	3	0	1	1		4	1,9		8,6	20,0	5
Metylchlorid	2	4	1	3	Nízka	-24	4,8		7,1	18,5	50
n-Amylalkohol	2	2	0	1		138	0,0026	46	1,3	10,5	
n-Butylalkohol	1	3	0	2		118	0,006	35	1,4	11,3	50
Nonan	0	2	0	2		151	0,004	31	0,7	5,6	200
n-Propyléter	2	3	0	4	Priemerná	89	0,08	-21	1,7	?	
Oktan	0	3	0	4	Priemerná	126	0,013	13	1,0	6,5	300
Oxid dusičitý	3	0	2	3	Priemerná	21	1				3
Oxid siričitý	3	0	0	0		-10	3,2				2
Oxid uhličitý	2	0	0	0		-78,5	58,8				5000
Pentán	1	4	0	3	Priemerná	36	0,56	-40	1,3	7,8	600
Peroxid vodíka	2	0	3	2							
Propán	1	4	0	3	Priemerná	-42	8,9		2,1	9,5	1000
Propylalkohol	1	3	0	3	Priemerná	97	0,025	15	2,1	13,5	200
Propylén	1	4	1	3	Priemerná	-48	10,4		2,0	11,7	10000

Názov nebezpečnej látky	Toxicita	Horľavosť	Nestabilita	Výbušnosť	Reaktivita	Teplota – bod varu (°C)	Tlak pár (atm)	Teplota vzplanutia (°C)	DMV (%)	HMV (%)	MAK* (ppm)
sek-Amylalkohol	2	2	0	2		119	0,0026	34	1,2	8,0	
sek-Butylalkohol	1	3	0	2		99	0,017	24	1,7	9,8	100
Sirouhlík	2	3	0	4	Vysoká	46	0,37	-30	1,0	60,0	10
Styrén	2	3	2	2		145	0,006	32	1,1	8,0	50
Sulfan	3	4	0	4	Vysoká	-60	18,6		4,3	45,5	10
terc-Amylalkohol	2	3	0	3	Priemerná	102	0,01	19	1,2	8,0	
terc-Butylalkohol	1	3	0	3	Priemerná	83	0,04	11	2,3	8,0	100
Toluén	2	3	0	3	Priemerná	111	0,03	6	1,2	7,0	100
Uhlíkovodíky kvapalné (teplota vzplanutia pod 21°C)	1	3	0	4	Priemerná						
Uhlíkovodíky kvapalné (teplota vzplanutia 21-55°C)	0	2	0	2							
Uhlíkovodíky kvapalné (teplota vzplanutia 55-100°C)	0	2	0	1							
Undekan	0	2	0	1		196		61			
Vinylbromid	2	4	2	3	Priemerná	16	1,2		5,6	13,5	5
Vinylchlorid	2	4	3	4	Priemerná	-14	3,4		3,8	29,3	2
Vodík	0	4	0	4	Priemerná	-253			4,1	75,6	
Vodík kvapalný (podchladený)	0	4	0	4	Priemerná	-253			4,1	75,6	
Xylén	2	3	0	2		140	0,009	25	1,0	7,6	100

* MAK – hodnota maximálnej prípustnej koncentrácie na pracovisku

Výber NL bol realizovaný pre potreby dokumentu [3] z podrobnej dokumentácie o veľkom množstve NL spracovanej dobrovoľnými hasičmi v Ženeve v príručke pod názvom „Le Guide Orange des Sapeurs - Pompiers Genevois“ v prvej edícii už v roku 1979. Príslušné NL sú v tejto príručke klasifikované podľa závažnosti ich nebezpečnosti, ktorá sa týka nasledovných nebezpečenstiev:

- ohrozenie zdravia - toxicita;
- horľavosť;
- chemická, teplotná nestabilita;
- reakcia s vodou;
- tvorba explozívnych zmesí so vzduchom.

Rozsah tried príslušného nebezpečenstva je od 0 do 4 a označuje závažnosť jednotlivých nebezpečenstiev, pričom:

- 0: látka nie je nebezpečná alebo je len veľmi málo nebezpečná;
- 1: látka je mierne nebezpečná;
- 2: látka je nebezpečná;
- 3: látka je veľmi nebezpečná;
- 4: látka je extrémne nebezpečná.

Príloha č. 4 Definovanie rozsahu poškodenia vybraných zariadení v dôsledku pôsobenia tlakových účinkov [13]

Tlak (kPa)	Rozsah poškodenia zariadenia (prvku)	Tlak (kPa)	Rozsah poškodenia zariadenia (prvku)
1,72	Malé poškodenie, chladiaca veža	39,12	Malé poškodenie horizontálnej tlakovej nádoby
5,17	Malé poškodenie, zásobník s kužeľovou strechou (naplnený na 100%)	42,00	Poškodenie potrubia
5,17	Malé poškodenie, zásobník s kužeľovou strechou (naplnený na 50%)	42,00	Deformácia tlakovej nádoby
6,10	1% poškodenie zariadenia	42,51	Malé poškodenie, zásobníka s plávajúcou strechou (naplnený na 100%)
7,00	Poškodenie spoja	42,51	Katastrofické poškodenie, zásobníka s kužeľovou strechou (naplnený na 100%)
10,00	Poškodenie atmosférického zariadenia	42,52	Malé poškodenie, extrakčná kolóna
10,00	5% poškodenie výrobného závodu	45,92	Katastrofické poškodenie, frakčná kolóna
10,00	50% poškodenie atmosférického zariadenia	47,00	Poškodenie netlakového zariadenia
14,00	Malé poškodenie chladiacej veže	49,32	Malé poškodenie, výmenník tepla
22,11	Katastrofické poškodenie, chladiaca veža	76,53	Katastrofické poškodenie, reaktor : krakovanie
24,00	20% poškodenie ocelevej nádrže s plávajúcou strechou na ropu	81,63	Malé poškodenie, vertikálna tlaková nádoba
25,00	Deštrukcia atmosférického zásobníka	81,63	Malé poškodenie, čerpadlo
25,30	Malé poškodenie, chemický reaktor	83,00	20% poškodenie vertikálnej valcovej ocelevej tlakovej nádoby
27,00	Poškodenie ocelevej nádoby	88,44	Katastrofické poškodenie, vertikálna tlaková nádoba
29,00	Poškodenie destilačnej veže a valcovej ocelevej vertikálnej konštrukcie	95,30	99% poškodenie vertikálnej ocelevej tlakovej nádoby
30,00	Zlyhanie/Poškodenie tlakovej nádoby	97,00	99% poškodenie vertikálnej valcovej ocelevej tlakovej nádoby
34,00	99% poškodenie zariadenia	108,8	Katastrofické poškodenie, guľový zásobník
35,00	80% poškodenie výrobného závodu	108,8	Katastrofické poškodenie, čerpadlo
35,00	40% poškodenie, ťažkých strojov	108,9	99% poškodenie guľového tlakového oceleového zásobníka
35,50	Poškodenie konštrukcie zariadenia	110,0	99% poškodenie (úplná deštrukcia) guľového oceleového zásobníka na ropu
35,71	Malé poškodenie, frakčná kolóna	136,0	Poškodenie konštrukcie, nízkotlakovej nádoby
37,42	Katastrofické poškodenie, potrubné podpory	136,1	Katastrofické poškodenie, zásobník s plávajúcou strechou (naplnený na 100%)
38,00	Deformácia netlakového zariadenia	136,1	99% poškodenie zásobníka s plávajúcou strechou

Príloha č. 5 Definovanie rozsahu poškodenia vybraných zariadení a zdravia
v dôsledku pôsobenia tepelného toku, tepelného sálania (radiácie)
z požiaroviska, resp. teplôt *

Tepelný tok (kW.m ⁻²)	Rozsah poškodenia zariadenia (komponentu)	Tepelný tok (kW.m ⁻²)	Rozsah poškodenia zdravia
1,72 – 2,00	Malé poškodenie, pokrivenie nezateplených konštrukcií	2,50	Hrozba popálenín II. stupňa pri 30 s expozícii
4,00	Zrútenie sklenenej konštrukcie	4,00	Hrozba popálenín II. stupňa pri 20 s expozícii
15,00	Zrútenie drevenej konštrukcie a deformácia konštrukcií zo syntetických látok	5,00	Hrozba popálenín II. stupňa pri 10 s expozícii
15,00 – 20,00	Poškodenie, strata celistvosti čerpadiel s elektropohonom	12,50	Hrozba popálenín III. stupňa pri 10s expozícii
18,50	Nebezpečenstvo prenosu požiaru sálaním tepla	13,00	1 % úmrtnosť pri expozícii 30 s
37,50**	Deštrukcia oceľových konštrukcií a zariadení	17,50	Horná hranica tepelných tokov umožňujúca priblíženie sa hasičov v ľahkých zásahových odevoch
80,00	50% poškodenie výrobného závodu	18,00	10 % úmrtnosť pri expozícii 30 s
100,00**	Zrútenie oceľových konštrukcií	35,00	Horná hranica tepelných tokov umožňujúca priblíženie sa hasičov v ťažkých zásahových odevoch
120,00	60% poškodenie výrobného závodu	53,00	99 % úmrtnosť pri expozícii 30 s

* prevzaté z dokumentu Frank P. Lees : Loss prevention in the proces industries, 1980, 1994

** Predpokladá sa minimálne expozícia po dobu 60 min

Kritické teploty poškodenia pre špecifické prvky a komponenty

Názov komponentu, prvku	Kritická teplota poškodenia (° C)
Reléové komponenty	70 (uvádzané VdS)* > 70 (Siemens AG)
Prvky systémov merania a regulácie	> 70
Pohony a armatúry s elektrickým pohonom	60-160
PVC-izolácie káblov	150-200
Mechanické elementy	cca 400
Oceľové prvky a elementy	> 500 (strata stability)

*VdS - Vertrauen durch Sicherheit (nezavislá skúšobná a normotvorná inštitúcia v Spolkovej republike Nemecko)

Príloha č. 6 Definovanie havarijných scenárov s najväčším podielom na havarijných udalostiach s lietajúcimi úlomkami [13]

Primárny havarijný scenár	Popis	Percentuálny podiel udalostí
BLEVE (iniciované požiarom)	Katastrofické zlyhanie zásobníka obsahujúceho kvapalinu pri teplote nad jej teplotou varu pri atmosférickom tlaku v dôsledku vonkajšieho požiaru.	62%
BLEVE (neohrievané)	Náhla strata obsahu zásobníka obsahujúceho kvapalinu pri teplote nad jej teplotou varu pri atmosférickom tlaku nie v dôsledku vonkajšieho požiaru, ale napr. kvôli korózii, erózii, zásahu zvonku, únave materiálu ap.	12 %
Výbuch (fyzikálny)	Katastrofické zlyhanie zásobníka obsahujúceho stlačený plyn a/alebo nevriacu kvapalinu v dôsledku nárastu vnútorného tlaku nespôsobeného požiarom alebo chemickými reakciami. Možná príčina: preplnenie, korózia, atď.	10%
Výbuch (obmedzený)	Katastrofické zlyhanie zásobníka v dôsledku nárastu vnútorného tlaku spôsobeného neriadeným spaľovaním plynov, pár alebo prachov vo vnútri zásobníka.	10%
Zvrhnutie reakcie	Katastrofické zlyhanie zásobníka v dôsledku nárastu vnútorného tlaku spôsobeného stratou kontroly nad chemickou reakciou.	6%

Definovanie množstva letiacich úlomkov v závislosti od podmienok rozvoja primárneho havarijného scenára [13]

Primárny scenár	Parametre zaťaženia	Mechanika a dynamika úlomkov	Počet – množstvo letiacich úlomkov
BLEVE (ohrievané)	Nízka dP/dr^* a nízke $d\sigma/dr^{**}$ Vysoká teplota steny	Húževnatý lom Nízka rýchlosť trhliny: je možné odtlakovať po vzniku trhliny Bez vetvenia	Malý počet úlomkov Možné zastavenie šírenia sa trhliny (v dôsledku odtlakovania a zmeny teplotnej zóny (prechodu z horúcej do studenej zóny))
BLEVE (neohrievané) a výbuch (fyzikálny)	Nízke dP/dr a nízke $d\sigma/dr$ Nízka teplota steny	Húževnatý lom (plastická deformácia pri čele trhliny) Nízka rýchlosť trhliny, ale vyššia ako pri BLEVE (ohrievané) Odtlakovanie nespoľahlivé Vetvenie je možné iba pri veľmi nízkych teplotách steny zásobníka (fyzikálny výbuch)	Malý počet úlomkov (vysoký počet úlomkov je pravdepodobný iba fyzikálny výbuch s veľmi nízkou teplotou steny zásobníka) Možné zastavenie trhliny pri vysoko-pevných materiáloch (krehký – tvárny prechod)
Výbuch (obmedzený)	Vysoké dP/dr a vysoké $d\sigma/dr$ Nízka teplota steny	Krehký lom Vysoká rýchlosť úlomkov: bez odtlakovania zásobníka Vetvenie	Veľký počet úlomkov
Zvrhnutie reakcie	Nízke $d\sigma/dr$ Nízka teplota steny Vysoké $d\sigma/dr$ Nízka teplota steny	Pri nízkom náraste tlaku (možné odtlakovanie, napätie rastie oveľa pomalšie ako je rýchlosť šírenia trhliny) očakávajte podobné správanie ako pri fyzikálnom výbuchu Pri vysokom náraste tlaku (nie je možné odtlakovanie, napätie rastie porovnateľne ako je rýchlosť šírenia trhliny) očakávajte podobné správanie ako pri obmedzenom výbuchu	
Dekompozícia energetického materiálu	Vysoké dP/dr a vysoké $d\sigma/dr$ Nízka teplota steny	Krehký lom Vysoká rýchlosť úlomkov: bez odtlakovania zásobníka Vetvenie	Veľký počet úlomkov

dP/dr^* a nízke $d\sigma/dr^{**}$ - súčinitele tlaku a napätia

Nasledujúca tabuľka zachytáva skutočné zistené vzdialenosti, do ktorých odletelo 80 % až 100 % letiacich trosiek (najväčšia vzdialenosť) pri známych haváriách vo svete [2].

Typ zariadenia	80% letiacich trosiek	100% letiacich trosiek
Tlakové nádoby		
Horizontálne valcové nádoby		
LPG	200 m	1200 m
Etylénoxid	430 m	1500 m
Vinylchlorid monomer	170 m	1000 m
Amoniak	100 m	200 m
Guľové zásobníky		
LPG	250 m	1000 m
Etylénoxid	500 m	
Vinylchlorid monomer	250 m	
Amoniak	125 m	
Atmosférické nádrže	100 m	300 m
Výrobné zariadenia		
reaktory	350 m	600 m
kolóny	850 m	1100 m
varáky	130 m	250 m

Príloha č. 7 Ukážka aplikácie metodiky prezentovanej v metodической príručke na zoskupení fiktívnych podnikov pracujúcich s NL [2]

Účelom tohto príkladu je ukázať postupnosť aplikácie metodiky pri vyhodnocovaní potenciálu vzniku domino efektu v priemyselnej zóne s viacerými fiktívnymi podnikmi. Situačný výkres je zachytený na nasledujúcom obrázku „Popis priemyselnej oblasti“ v tejto prílohe, pričom :

Objekt A je časťou petrochemickej rafinérie. Sú v nej lokalizované:

- výrobná sekcia (destilácie vykurovacieho oleja);
- dve atmosférické skladovacie sekcie (vykurovací olej a destiláty);
- skladovacia sekcia LPG;
- železničná stáčacia/plniaca sekcia LPG;
- administratívna budova;
- laboratória;
- prevádzkový velín (dozorná).

Objekt B zachytáva chemickú výrobu toxické nebezpečnej látky (NL). Objekt je situovaný západne od objektu A a sú v ňom nasledujúce sekcie:

- skladovacia sekcia na chlór;
- výrobná sekcia toxické nebezpečnej látky;
- sekcia pre skladovanie vyrobenej toxické nebezpečnej látky;
- administratívna budova.

V **objekte C** sa nachádza plnička horľavých plynov. Objekt je lokalizovaný severozápadne od objektu A a severovýchodne od objektu B a sú v ňom nasledujúce sekcie:

- sekcia skladovania stlačených skvapalnených uhľovodíkov (propán a bután);
- sekcia plnenia skvapalnených uhľovodíkov do tlakových fliaš;
- sekcia skladovania vo valcových zásobníkoch s horľavými plynmi.

Postup aplikácie metodiky

Jednotlivé kroky metodiky tu už nebudú preberané, pretože sú prezentované v metodической príručke. Sekcie a nebezpečné položky zariadení uvádzajú tabuľky DOMINO2015-L1 a DOMINO2015-L2. Tabuľka DOMINO2015-L3 obsahuje výsledky štúdie – posúdenia domino efektu. Formuláre týchto tabuliek **sú súčasťou prílohy č. 2 metodической príručky** a fyzikálno-chemické a požiaro-technické charakteristiky príslušných NL sú **špecifikované podľa prílohy č. 3 tejto metodической príručky**.

Niektoré ďalšie vysvetlenia:

Obecné vysvetlivky

1. V prípade, že zóna zariadenia obsahuje niekoľko položiek zariadení, berú sa pre výpočet dosahov primárnych havárií iba havárie vzťahujúce sa k najväčšej položke zariadení. Sú to napr. tieto prípady:

- v objekte A je to zóna zariadenia E1A (pre požiar typu „Pool fire“ tak pre BLEVE je tu počítané s množstvom látky obsiahnutým v jednej železničnej cisterne);
- v objekte C je to zóna zariadenia E1C (pri primárnej havárii sa počíta s množstvom 800 ton propánu obsiahnutého v jednom guľovom zásobníku).

2. Je prijatý predpoklad, že na potrubí s NL môžu nastať havárie kdekoľvek po celej jeho dĺžke.

Objekt A

1. Pre položky zariadení E3A a E4A neboli k dispozícii charakteristiky pre „Pool fire“ vykurovacieho oleja; konzervatívne sa použili charakteristiky pre „Pool fire“ benzínu.
2. Zóny zariadení E3A a E4A môžu spôsobiť vykypenie, pretože hodnota PBO vykurovacieho oleja je 6,76. Naopak PBO benzínu (zóna zariadenia E5A) je odhadnutá na – 0,25, preto sa vykypenie v prípade zóny zariadenia E5A neuvažuje.
3. Pre zónu zariadenia E5A sa počíta s požiarom len jednej nádrže. Dosah tohto havarijného scenára je potom počítaný zvláštnym spôsobom: musíme predpokladať, že epicentrum požiaru nádrže sa nachádza na okraji zóny zariadenia, aby sme nepodcenili následky. Vzdialenosť dosahov je potom súčtom:
 - vzdialenosti medzi stredom zóny zariadenia a okrajom tejto zóny;
 - a vzdialenosti účinku radiácie vzhľadom k okraju horiacej nádrže.

Objekt B

Pre zónu zariadenia E1B je trieda nebezpečenstva výbuchu skladovanej látky (chlór) rovná 3 (silne oxidujúca NL). Avšak táto NL nie je horľavá a nemôže z nej vzniknúť výbušný mrak (VCE). Preto sa havarijný scenár výbuch v posúdení domino efektu neuvažuje.

Objekt C

V zóne zariadenia E3C nemôže vzniknúť primárna havarijná udalosť vedúca k domino efektu, ale táto zóna sa môže stať primárnou zónou zariadenia počas série domino efektov. Preto ako primárnu havarijnú udalosť uvažujeme výbuch, ktorý spôsobí rozlet letiacich úlomkov. Požiar nebol uvažovaný, pretože zóna zariadení obsahuje veľa objemovo malých fliaš so stlačeným skvapalneným plynom. Z tohto dôvodu existuje iba malé nebezpečenstvo vzniku „Pool fire“.

Stanovenie preplnených zón

Preplnené zóny sú zóny, v ktorých sú koncentrované jednotlivé položky zariadení takým spôsobom, že predstavujú zoskupenia niekoľkonásobných bariér - prekážok. Na nasledujúcom obrázku „Identifikácia zariadení“ v tejto prílohe sú tieto preplnené zóny vyšrafované.

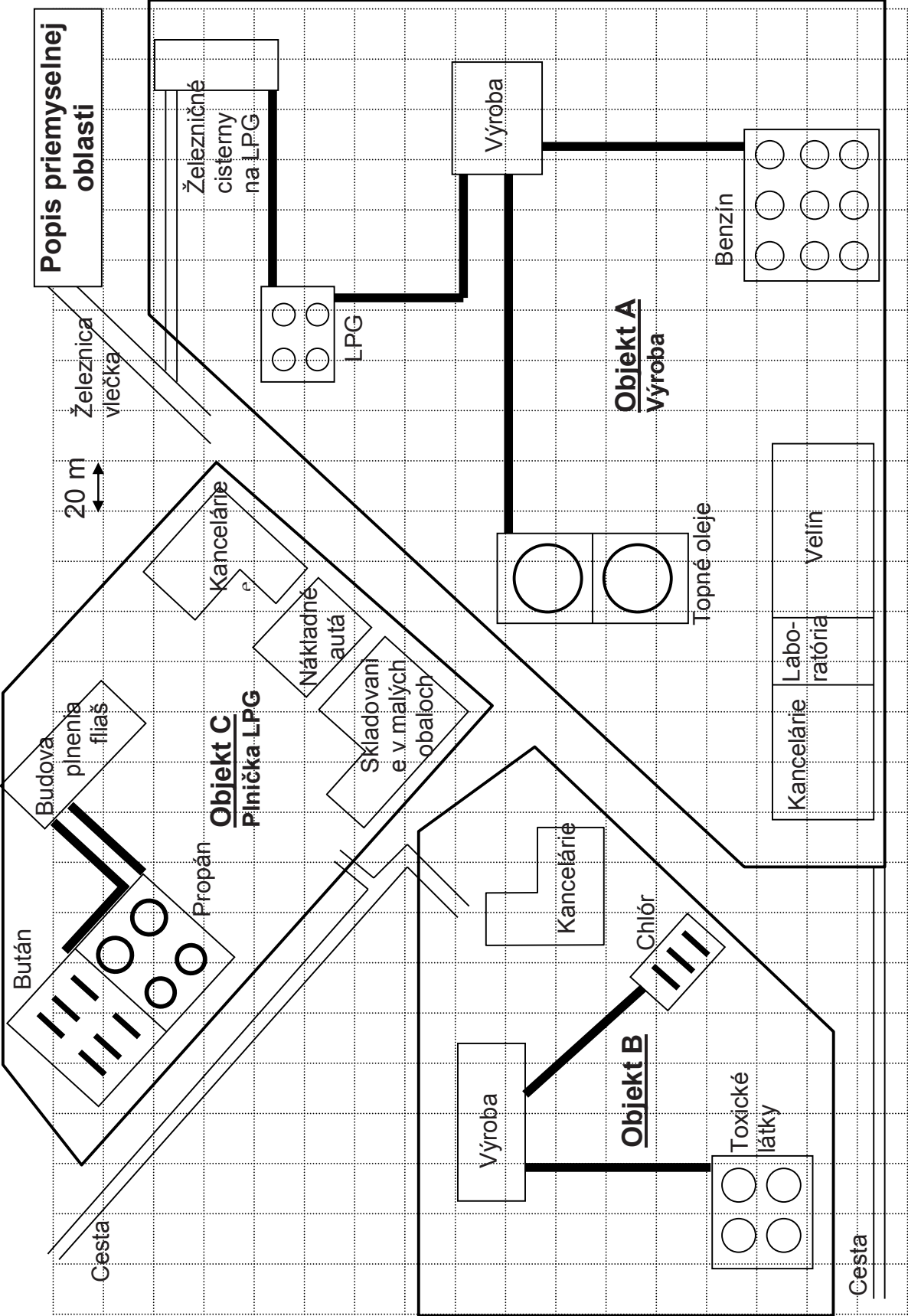
Zóny zariadení E3A-E4A nie sú považované za preplnené zóny, pretože obsahujú iba dve veľké nádrže. Uzatvorené budovy tiež nie sú považované za preplnené zóny.

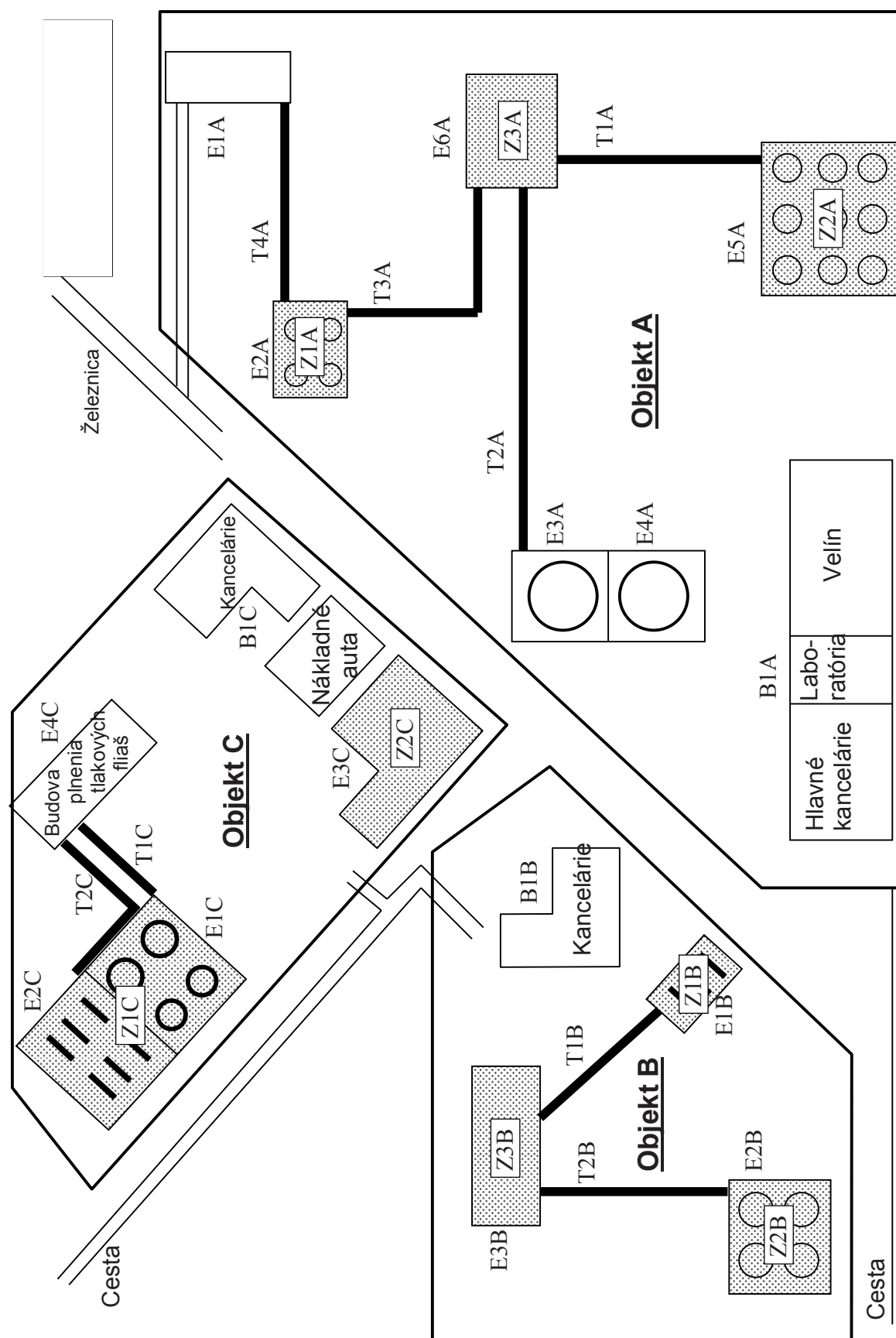
Analýza tabuliek výsledkov identifikácie

Tabuľka DOMINO2015-L3 zhrňuje výsledky tretieho kroku aplikácie metodiky. Táto analýza odhalila niekoľko zón zariadení, ktoré pravdepodobne môžu spôsobiť domino efekty: E2A, E3A, E4A, E6A, T3A, T4A, E1B, E1C, T1C a T2C. Medzi nimi môžeme poukázať najmä na:

- prítomnosť zón zariadení s vysokým potenciálom k vzniku domino efektu (napr. zóna zariadenia E1C);
- zóny zariadení spôsobujúce jednu alebo viac primárnych havárií, ktoré svojim dosahom prejavu môžu naraz ovplyvniť položky zariadení dvoch susedných objektov (E3A, E4A, E1C, ...);
- zóny zariadení spôsobujúce VCE s epicentrom v susednom objekte (zóna zariadenia E2A – epicentrum Z2C).

Tieto havárie vedúce k domino efektu môžu byť potom predmetom podrobnejšieho posúdenia, ktoré je prezentované vo štvrtom kroku metodiky.





Lokalita :	Objekt:	Dátum:
Odborne spôsobilá osoba vykonávajúca posúdenie rizika:		
DOMINO2015-L1: ZOZNAM RIZIKOVÝCH SEKCIÍ		

Typy sekcií:

Skladovanie NL (kategórie 1. - 4.)

Stáčanie / čerpanie (kategória 5.)

Výroba: „chemická“, „petrochemická“, „strojárenská“, „rôznorodá“ (kategória 6.)

Vonkajšie potrubné rozvody – potrubné mosty (kategória 7.)

Identifikácia	Typ sekcie	Popis
OBJEKT A		
E1A	Stáčanie / plnenie	čerpacie - plniace zariadenie do železničnej cisterny (LPG)
E2A	Skladovanie	4 guľové zásobníky na LPG v jednej záchytnej nádrži
E3A, E4A	Skladovanie	2 atmosférické skladovacie nádrže na vykurovací olej v 2 oddelených záchytných nádržiach
E5A	Skladovanie	9 atmosférických skladovacích nádrží na benzín v 1 záchytnej nádrži
E6A	„Klasická“ výroba	jednotka na destiláciu vykurovacieho oleja
B1A	Budova	administratívna budova, laboratóriá, velín
OBJEKT B		
E1B	Skladovanie	3 horizontálne valcové nádrže na chlór v 1 záchytnej nádrži
E2B	Skladovanie	vyrobené produkty (pesticídy)
E3B	„Klasická“ výroba	jednotka na výrobu chlóru
B1B	Budova	hlavné kancelárie
OBJEKT C		
E1C-E2C	Skladovanie	4 guľové zásobníky na propán a 6 valcových zásobníkov vo 2 oddelených záchytných nádržiach
E3C	Skladovanie	malé fľaše na propán a bután
T1C	Stáčanie / čerpanie	čerpacie zariadenia do automobilových cisterien
E4C	„Klasická“ výroba	plniaca jednotka (uzatvorená budova)
B1C	Budova	kancelárie

DOMINO2015-L2: ZOZNAM ZARIADENÍ

Kategória :

1. Sklady a skladovanie pevných nebezpečných látok
2. Sklady, skladovacie nádrže nebezpečných látok pod tlakom
3. Sklady, skladovacie nádrže nebezpečných látok pre skladovanie atmosférické alebo s podchladením (kryogénne)
4. Malotónážne skladovanie nebezpečných látok

5. Plniace a stáčacie miesta nebezpečných látok
6. Výrobné sekcie s nebezpečnými látkami (klasické chemické, „energetické“, „rôznorodé“)
7. Potrubné rozvody s nebezpečnými látkami

Sekcia	Identifikácia zariadenia	Popis	Nebezpečná látka	Toxicita*	Horľavosť*	Nestabilita*	Výbušnosť*	Teplota [°C]	Tlak [MPa]	*viď príloha č. 3	Množstvo [t]	Výber ÁNO / NIE	Typ	Č. zóny zariadení
OBJEKT A														
E1A	W01...06	6 železničných cisterien na LPG	Propán	1	4	0	3	okolia			6*20	ÁNO	SČ	E1A
E2A	SP01...04	4 guľové zásobníky na LPG (87% propánu)	Propán	1	4	0	3	okolia			4*500	ÁNO	TS	E2A
E3A	RVFL01	1 nádrž na vykurovací olej	Vykurovací olej	0	2	0	1	okolia			11000	ANO	AS	E3A
E4A	RVFL02	1 nádrž na vykurovací olej	Vykurovací olej	0	2	0	1	okolia			11000	ANO	AS	E4A
E5A	RVES01...09	9 nádrží na benzín	Benzín	1	3	0	4	okolia			9*950	ÁNO	AS	E5A
E6A	-	destilačná kolóna (vykurovací olej – propán)	Propán	1	4	0	3	okolia			-	ÁNO	V	E6A
B1A	-	-	Žiadna									NIE	-	-
OBJEKT B														
E1B	RCCH01...03	3 horizontálne valcové nádrže na chlór	Chlór	3	0	1	3	okolia			3*55	ÁNO	TS	E1B
E2B	RCPF01...04	4 skladovacie nádrže na vyrobené produkty (pesticidy)	Pesticíd	4	0	0	0	okolia			4*22	ÁNO	AS	E2B
E3B	-	jednotka na výrobu chlóru	Pesticíd	4	0	0	0	-			-	ÁNO	V	E3B
B1B	-	-	Žiadna									NIE		
OBJEKT C														
E1C	SP01, SP02	2 guľové zásobníky propánu	Propán	1	4	0	3	okolia			2*800	ÁNO	TS	E1C
E1C	SP03, SP04	2 guľové zásobníky propánu	Propán	1	4	0	3	okolia			2*500	ÁNO	TS	E1C
E2C	RC01...06	6 valcových zásobníkov butánu	Bután	1	4	0	3	okolia			6*100	ÁNO	TS	E2C
E4C	-	plniaca jednotka	Propán-bután	1	4	0	3	okolia			-	NIE	-	-
E3C	-	1000 fliaš propánu a butánu	Propán-bután	1	4	0	3	okolia			1000*18 kg	ÁNO	MTS	E3C
T1C	-	-	-									NIE	-	
B1C	-	-	Žiadna									NIE	-	

DOMINO2015-L3: DOMINOEFEKTY OBJEKT A											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Č.	Mapa	Popis zariadení	Typ	Prim./sek. havária	Primárna havária	Primárny prejav	Epicentrum	Dosah prejavu [m]	Ohrozenie rizikových zariadení OBJEKTU B	Ohrozenie rizikových zariadení OBJEKTU C	Ohrozenie rizikových zariadení vo vnútri OBJEKTU A
1	E1A	čerpanie LPG do 5 žel. cisterien	SČ	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z1A	56			E2A, T3A, T4A
2	E1A	čerpanie LPG do 5 žel. cisterien	SČ	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z3A	65			E6A, T1A, T2A, T3A
3	E1A	čerpanie LPG do 5 žel. cisterien	SČ	Primárna	BLEVE	Letiace trosky	v danom zariadení	200			E2A, E6A, T1A, T2A, T3A, T4A
4	E1A	čerpanie LPG do 5 žel. cisterien	SČ	Primárna	BLEVE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení	72			T4A
5	E1A	čerpanie LPG do 5 žel. cisterien	SČ	Primárna	Jet fire	Radiácia (8-15 kW/m ²)	v danom zariadení	100			T4A
6	E1A	čerpanie LPG do 5 žel. cisterien	SČ	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	95			T4A
7	E2A	4 guľové zásobníky na LPG (propán)	TS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z1A	56			E2A, T3A, T4A
8	E2A	4 guľové zásobníky na LPG (propán)	TS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z3A	65			E6A, T1A, T2A, T3A
9	E2A	4 guľové zásobníky na LPG (propán)	TS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z2C	69		E3C	E3A, T2A
10	E2A	4 guľové zásobníky na LPG (propán)	TS	Primárna	BLEVE	Letiace trosky	v danom zariadení	250		E3C, T1C, T2C	E1A, E3A, E4A, E5A, E6A, T1A, T2A, T3A, T4A
11	E2A	4 guľové zásobníky na LPG (propán)	TS	Primárna	BLEVE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení	209		E3C	E1A, E3A, E4A, E6A, T1A, T2A, T3A, T4A
12	E2A	4 guľové zásobníky na LPG (propán)	TS	Primárna	Jet fire	Radiácia (8-15 kW/m ²)	v danom zariadení	100			T3A, T4A
13	E2A	4 guľové zásobníky na LPG (propán)	TS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	73			T3A, T4A
14	E3A	1 vertikálny valcový zásobník na vykurovací olej	AS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	58		E3C	E4A, T2A
15	E3A	1 vertikálny valcový zásobník na vykurovací olej	AS	Primárna	Požiar nádrže	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	42			E4A, T2A
16	E3A	1 vertikálny valcový zásobník na vykurovací olej	AS	Primárna	Vykypenie-vyvetrenie	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	270	E1B, E2B, E3B, T1B, T2B	E1C, E2C, E3C, T1C, T2C	E1A, E2A, E4A, E5A, E6A, T1A, T2A, T3A, T4A

17	E3A	1 vertikálny valcový zásobník na vykurovací olej	AS	Primárna	Explozia	Letiace trosky	v danom zariadení	100		E3C	E4A, T2A
18	E4A	2 vertikálne valcové zásobníky na vykurovací olej	AS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	58			E3A, T2A
19	E4A	2 vertikálne valcové zásobníky na vykurovací olej	AS	Primárna	Požiar nádrže	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	42			E3A
20	E4A	2 vertikálne valcové zásobníky na vykurovací olej	AS	Primárna	Vykypenie	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	270	E1B, E2B, E3B, T1B, T2B	E1C, E3C, T1C, T2C	E1A, E2A, E3A, E5A, E6A, T1A, T2A, T3A, T4A
21	E4A	2 vertikálne valcové zásobníky na vykurovací olej	AS	Primárna	Explozia	Letiace trosky	v danom zariadení	100		E3C	E3A, T2A
22	E5A	9 vertikálnych valcových zásobníkov na benzín	AS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z2A	82			E5A, T1A
23	E5A	9 vertikálnych valcových zásobníkov na benzín	AS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z3A	65			E6A, T1A, T2A, T3A
24	E5A	9 vertikálnych valcových zásobníkov na benzín	AS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	98			T1A
25	E5A	9 vertikálnych valcových zásobníkov na benzín	AS	Primárna	Požiar nádrže	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	59			T1A
26	E5A	9 vertikálnych valcových zásobníkov na benzín	AS	Primárna	Explozia	Letiace trosky	v danom zariadení	100			T1A
27	E6A	1 kolóna na destiláciu vykurovacieho oleja na LPG (propán)	V	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z1A	56			E2A, T3A, T4A
28	E6A	1 kolóna na destiláciu vykurovacieho oleja na LPG (propán)	V	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z2A	82			E5A, T1A
29	E6A	1 kolóna na destiláciu vykurovacieho oleja na LPG (propán)	V	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z3A	65			E6A, T1A, T2A, T3A
30	E6A	1 kolóna na destiláciu vykurovacieho oleja na LPG (propán)	V	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	62			T1A, T2A, T3A
31	E6A	1 kolóna na destiláciu vykurovacieho oleja na LPG (propán)	V	Primárna	Explozia	Letiace trosky	v danom zariadení	850	E1B, E2B, E3B, T1B, T2B	E1C, E2C, E3C, T1C, T2C	E1A, E2A, E3A, E4A, E5A, T1A, T2A, T3A, T4A
32	T1Aa	Benzín 15 kg/s	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z1A	56			E2A, T3A, T4A
33	T1Aa	Benzín 15 kg/s	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z2A	82			E5A, T1A

34	T1Aa	Benzín 15 kg/s	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z3A	65			E6A, T1A, T2A, T3A
35	T1Aa	Benzín 15 kg/s	PS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	83			E5A, E6A, T2A, T3A
36	T2Aa	Benzín 30 kg/s	PS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	102		E3C	E3A, E4A, E6A, T1A, T3A
37	T3Aa	LPG 15 kg/s (výroba – skladovanie)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z1A	56			E2A, T3A, T4A
38	T3Aa	LPG 15 kg/s (výroba – skladovanie)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z2A	82			E5A, T1A
39	T3Aa	LPG 15 kg/s (výroba – skladovanie)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z3A	65			E6A, T1A, T2A, T3A
40	T3Aa	LPG 15 kg/s (výroba – skladovanie)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z2C	69		E3C	E3A, T2A
41	T3Aa	LPG 15 kg/s (výroba – skladovanie)	PS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	101			E2A, E6A, T1A, T2A, T3A, T4A
42	T3Ab	LPG 15 kg/s (výroba – skladovanie)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z1A	56			E2A, T3A, T4A
43	T3Ab	LPG 15 kg/s (výroba – skladovanie)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z2A	82			E5A, T1A
44	T3Ab	LPG 15 kg/s (výroba – skladovanie)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z3A	65			E6A, T1A, T2A, T3A
45	T3Ab	LPG 15 kg/s (výroba – skladovanie)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z2C	69		E3C	E3A, T2A
46	T3Ab	LPG 15 kg/s (výroba – skladovanie)	PS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	101			E2A, E6A, T1A, T2A, T3A, T4A
47	T4Aa	LPG 15 kg/s (skladovanie – železničná cisterna)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z1A	56			E2A, T3A, T4A
48	T4Aa	LPG 15 kg/s (skladovanie – železničná cisterna)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z3A	65			E6A, T1A, T2A, T3A
49	T4Aa	LPG 15 kg/s (skladovanie – železničná cisterna)	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z2C	69		E3C	E3A, T2A
50	T4Aa	LPG 15 kg/s (skladovanie – železničná cisterna)	PS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	101			E1A, E2A, E6A, T3A

DOMINO2015-L3: DOMINO EFEKTY OBJEKT B											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Č.	Mapa	Popis zariadení	Typ	Prim./ sek. havária	Primárna havária	Primárny prejav	Epicentrum	Dosah prejavu [m]	Ohrozenie rizikových zariadení OBJEKTU B	Ohrozenie rizikových zariadení OBJEKTU C	Ohrozenie rizikových zariadení vo vnútri OBJEKTU A
1	E1B	3 horizontálne valcové nádoby na chlór	TS								
2	E2B	4 skladovacia nádrže na výrobky (pesticídy)	AS								
3	E3B	Výrobná jednotka (pesticídy)	V								
4	T1Ba	Doprava medzi E3B-E1B	PS								
5	T2Ba	Doprava medzi E3B-E2B	PS								

DOMINO2015-L3: DOMINO EFEKTY OBJEKT C											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Č.	Mapa	Popis zariadení	Typ	Prim./ sek. havária	Primárna havária	Primárny prejav	Epicentrum	Dosah prejavu [m]	Ohrozenie rizikových zariadení OBJEKTU B	Ohrozenie rizikových zariadení OBJEKTU C	Ohrozenie rizikových zariadení vo vnútri OBJEKTU A
1	E1C	2+2 guľové zásobníky na propán	TS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v preplnenej zóne Z3B	65		E3B, T1B, T2B	
2	E1C	2+2 guľové zásobníky na propán	TS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z1C	88			E1C, E2C, T1C, T2C
3	E1C	2+2 guľové zásobníky na propán	TS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z2C	69	E3A, T2A		E3C
4	E1C	2+2 guľové zásobníky na propán	TS	Primárna	BLEVE	Letiace úlomky	v danom zariadení	250	E3A, E4A, T2A	E1B, E3B, T1B, T2B	E2C, E3C, T1C, T2C
5	E1C	2+2 guľové zásobníky na propán	TS	Primárna	BLEVE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení	244	E3A, T2A	E1B, E3B, T1B, T2B	E2C, E3C, T1C, T2C
6	E1C	2+2 guľové zásobníky na propán	TS	Primárna	Jet fire	Radiácia (8-15 kW/m ²)	v danom zariadení	100			E2C, T1C, T2C
7	E1C	2+2 guľové zásobníky na propán	TS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	82			E2C, T1C, T2C

8	E2C	6 horizontálnych valcových zásobníkov na bután	TS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z3B	65		E3B, T1B, T2B	
9	E2C	6 horizontálnych valcových zásobníkov na bután	TS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z1C	88			E1C, E2C, T1C, T2C
10	E2C	6 horizontálnych valcových zásobníkov na bután	TS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z2C	69	E3A, T2A		E3C
11	E2C	6 horizontálnych valcových zásobníkov na bután	TS	Primárna	BLEVE	Letiace úlomky	v danom zariadení	200		E3B, T1B, T2B	E1C, E3C, T1C, T2C
12	E2C	6 horizontálnych valcových zásobníkov na bután	TS	Primárna	BLEVE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení	110			E1C, T1C, T2C
13	E2C	6 horizontálnych valcových zásobníkov na bután	TS	Primárna	Jet fire	Radiácia (8-15 kW/m ²)	v danom zariadení	100			E1C, T1C, T2C
14	E2C	6 horizontálnych valcových zásobníkov na bután	TS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	81			E1C, T1C, T2C
15	E3C	1000 malých fliaš s propán-butánom	MTS	Primárna	Výbuch/Explozia	Letiace úlomky	v danom zariadení	100	E3A, E4A, T2A		
16	T1Ca	Plniaca budova – guľový zásobník s propánom	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z3B	65		E3B, T1B, T2B	
17	T1Ca	Plniaca budova – guľový zásobník s propánom	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z1C	88			E1C, E2C, T1C, T2C
18	T1Ca	Plniaca budova – guľový zásobník s propánom	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z2C	69	E3A, T2A		E3C
19	T1Ca	Plniaca budova – guľový zásobník s propánom	PS	Primárna	Jet fire kvapaliny alebo plynu	Radiácia (8-15 kW/m ²)	v danom zariadení	100			E1C, E2C, T2C
20	T1Ca	Plniaca budova – guľový zásobník s propánom	PS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	109			E1C, E2C, T2C
21	T2Ca	Plniaca budova – horizontálny valcový zásobník na bután	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z3B	65		E3B, T1B, T2B	
22	T2Ca	Plniaca budova – horizontálny valcový zásobník na bután	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z1C	88			E1C, E2C, T1C, T2C
23	T2Ca	Plniaca budova – horizontálny valcový zásobník na bután	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z2C	69	E3A, T2A		E3C

24	T2Ca	Pliniaca budova – horizontálny valcový zásobník na bután	PS	Primárna	Jet fire kvapaliny alebo plynu	Radiácia (8-15 kW/m ²)	v danom zariadení	100			E1C, E2C, T1C, T2C
25	T2Ca	Pliniaca budova – horizontálny valcový zásobník na bután	PS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	109			E1C, E2C, T1C, T2C
26	T2Cb	Pliniaca budova – horizontálny valcový zásobník na bután	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z3B	65		E3B, T1B, T2B	
27	T2Cb	Pliniaca budova – horizontálny valcový zásobník na bután	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z1C	88			E1C, E2C, T1C, T2C
28	T2Cb	Pliniaca budova – horizontálny valcový zásobník na bután	PS	Primárna	VCE	Pretlak 16 kPa	v danom zariadení Z2C	69	E3A, T2A		E3C
29	T2Cb	Pliniaca budova – horizontálny valcový zásobník na bután	PS	Primárna	Jet fire kvapaliny alebo plynu	Radiácia (8-15 kW/m ²)	v danom zariadení	100			E1C, E2C, T1C, T2C
30	T2Cb	Pliniaca budova – horizontálny valcový zásobník na bután	PS	Primárna	Pool fire	Radiácia (8 kW/m ²)	v danom zariadení	109			E1C, E2C, T1C, T2C



Slovenská agentúra životného prostredia
Rok spracovania: 2015
Rok vydania: 2016

E-mail: havarie@sazp.sk
www.sazp.sk



ISBN 978-80-89503-55-1