

SPLOŠNI PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

Naročnik: Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport (MŠZŠ), Trg OF
13, 1000 Ljubljana

in

Ministrstvo za okolje, prostor in energijo (MOP),
Dunajska 48, 1000 Ljubljana

Izvajalec: Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana

Pogodba št.: 3311-02-828701 in 2511-02-200033

Naslov: Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo
ocene tveganja za okolje ob izrednih dogodkih

**Oznaka
poročila:** IJS DP-8729

**Avtorja
poročila:** dr. Marko Gerbec, doc.dr. Branko Kontić

Datum: Maj 2003

Raziskovalni projekt je izdelan v okviru Ciljnega raziskovalnega projekta "KONKURENČNOST SLOVENIJE 2001 - 2006".



IJS DP-8729

**Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene
tveganja za okolje ob izrednih dogodkih**

**Prvi del
Opis uporabljenih metod**

Ljubljana, maj 2003

Naročnik: Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport (MŠZŠ), Trg OF 13, 1000 Ljubljana in
Ministrstvo za okolje, prostor in energijo (MOP), Dunajska 48, 1000 Ljubljana

Izvajalec: Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana

Pogodba št.: 3311-02-828701 in 2511-02-200033

Naslov poročila: Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje ob izrednih dogodkih - Prvi del: Opis uporabljenih metod

Oznaka poročila: IJS DP-8729

Kopije: MOP, 1 x
KIK, Melamin, Butan Plin po 1 x
knjižnica IJS, 1 x
odsek K-1, 1 x
odsek O-2, 1 x

Avtorja poročila: dr. Marko Gerbec, doc.dr. Branko Kontić

Datum: 9.5.2003

Nosilec naloge:

dr. Marko Gerbec

vodja odseka K-1:

prof. dr. Boris Žemva

Direktor:

prof. dr. Vito Turk

VSEBINA

1.	UVOD.....	4
1.1.	Definicija naloge.....	4
1.2.	Izhodišča	4
1.3.	Cilj primerjalne študije	5
1.4.	Namen primerjalne študije.....	5
1.5.	Opis izbora virov tveganja	6
2.	OPIS UPORABLJENIH METOD ZA OCENO TVEGANJA.....	7
2.1.	Kvantitativna varnostna analiza.....	7
2.1.1.	Splošno.....	7
2.1.2.	Ugotavljanje nevarnosti	8
2.1.3.	Razvrščanje nevarnosti - prioritete	10
2.1.4.	Izbor scenarijev za večje nesreče na nadaljnjo obravnavo	12
2.1.5.	Ocenjevanje posledic	13
	Ocenjevanje pogostnosti (analiza frekvenc)	14
2.1.6.	Nezanesljivosti pri ocenjevanju posledic in pogostnosti	17
2.2.	Metoda SPIRS.....	19
2.2.1.	Uvod.....	19
2.2.2.	Razvrščanje virov tveganja po metodi SPIRS	20
2.3.	Metoda IAEA (RRA).....	24
2.3.1.	Splošno (povzetek).....	24
2.3.2.	Uporaba.....	24
2.3.3.	Glavne predpostavke v okviru metode	24
2.3.4.	Uporabnost rezultatov	25
2.3.5.	Opis postopka ocenjevanja	25
2.3.6.	Postopek ocenjevanja posledic	26
2.3.7.	Postopek ocenjevanja pogostnosti	26
2.3.8.	Postopek ocenjevanja družbenega (kolektivnega) tveganja	27
3.	Priloge.....	29
4.	Literatura.....	47

1. UVOD

1.1. Definicija naloge

Ministrstvo za okolje, prostor in energijo je razpisalo projektno nalogo za izdelavo študije "Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje zaradi nesreč z nevarnimi kemikalijami za različne vire tveganja v Sloveniji". Razpis je izšel v okviru ciljnega raziskovalnega programa razvoj (CRP) "Konkurenčnost Slovenije 2001 - 2006" leta 2002. V okviru študije naj bi ob predpostavki večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami pri izbranih industrijskih virih tveganja v Sloveniji ocenili, kako kompletno in zanesljivo je mogoče oceniti možnosti za pojavljanje teh nesreč ter njihove posledice (tveganja) z izbranimi metodami. Rok za izdelavo študije je bil šest mesecev, uporabljene metode pa so bile naslednje:

1. kvantitativna varnostna analiza (referenčna metoda),
2. metoda SPIRS (Seveso Plant Information Retrieval System), ki so jo izdelali v biroju za nevarnosti večjih nesreč skupnega raziskovalnega centra evropske komisije (JRC Ispra),
3. metoda IAEA (tako imenovana metoda RRA - Rapid Risk Assessment), ki je nastala v sodelovanju IAEA, UNEP, UNIDO in WHO.

Organizacije, za katere so bile izdelane ocene tveganja, so:

1. KIK Group d.d., Fužine 9, 1240 Kamnik.
2. Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje - PE Kemična industrija, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje.
3. Butan Plin d.d., Verovškova 70, 1000 Ljubljana.

1.2. Izhodišča

Gospodarske družbe, ki uporabljajo ali kako drugače ravnaajo z nevarnimi kemikalijami v večjih količinah, so vir tveganja za ljudi in okolje. Predvsem gre za nevarnost, da pride do izrednih dogodkov oziroma večjih nesreč in njihovih posledic (npr. požari, eksplozije, večji izpusti nevarnih kemikalij v okolje).

Tveganje, da ljudje in okolje utrpijo posledice ob izrednih dogodkih, se lahko tolerira le, če so izvedeni vsi racionalni in ekonomsko upravičeni ukrepi, s katerimi se prepreči pojavljanje

teh dogodkov in/ali zmanjša njihove posledice. Prvi korak pri obvladovanju tveganja je, da se ga na ustrezen način opredeli in oceni. Za vir tveganja je torej treba ugotoviti možne posledice večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami in oceniti verjetnost, da bo do njih prišlo.

Z uvajanjem predpisov o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami se tudi v Sloveniji uvaja obveznost za vire tveganja, da ocenijo svojo dejavnost z vidika tveganja in skladno z ugotovitvami v oceni storijo vse, da tveganje znižajo na najnižjo praktično, še racionalno raven (princip ALARP – As Low As Reasonably Practicable). Gre za prenos evropske smernice SEVESO II (96/82/EC) v obliki dveh uredb na osnovi Zakona o varstvu okolja, Ur.l. RS št. 32/93 in Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami, Ur.l.RS št. 64/94, in sicer:

- Uredbo o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami, Ur.l. RS št. 46/2002, in
- Uredbo o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja, Ur.l.RS št. 3/02 in 17/2002.

Ker je metod za ocenjevanje tveganj več, bodo rezultati pričujoče študije pomagali pri izboru tistih, ki bodo za posamezne industrije najprimernejše, to je metod, ki so dovolj praktične, celostne in dajejo rezultate, ki izpolnjujejo zahteve pristojnih nadzornih institucij.

1.3. Cilj primerjalne študije

Cilj primerjalne študije je, da se razširi in poglobi znanje o metodah za izdelavo ocen tveganja zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami in na ta način pripomore k večji varnosti v industriji.

1.4. Namen primerjalne študije

Namen primerjalne študije je raziskati uporabnost različnih metod za izdelavo ocen tveganja za različne (v tehničnem smislu) vire tveganja v Sloveniji. Rezultate ocene tveganja je treba medsebojno primerjati in jih oceniti z vidika zanesljivosti in uporabnosti. Opisati je treba primernost posamezne metode glede na cilje specifične ocene tveganja in vrsto vira tveganja.

1.5. Opis izbora virov tveganja

Viri tveganja - industrijski obrati oziroma organizacije, za katere je bila izvedena primerjalna študija, so bile izbrane ob upoštevanju naslednjih kriterijev:

- da gre za večje vire tveganja (po Uredbi o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami, Ur.l. RS št. 46/2002),
- da so pripravljeni za sodelovanje pri študiji
- da gre za različne industrijske dejavnosti.

Izbrane organizacije KIK Group d.d. Kamnik, Melamin d.d., Kočevje in Butan Plin d.d., Ljubljana izpolnjujejo vse navedene lastnosti oziroma pogoje. Pripravljalna dela so bila opravljena v letu 2002, posamezne ocene tveganja pa v obdobju od decembra 2002 do marca 2003.

Pri študiji so sodelovali naslednji strokovnjaki iz navedenih organizacij:

Organizacija	Strokovnjaki
KIK Group d.d., Fužine 9, 1240 Kamnik	Matjaž Novak, univ.dipl.inž.kem., direktor KIK Explo d.o.o. Mag.Marko Matoh, univ.dipl.inž., direktor KIK Smodniki d.o.o.
Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje - PE Kemična industrija, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje.	mag. Mateja Aljaž-Rožič, vodja razvoja, Rudi Adamič, univ.dipl.inž.kem.tehnol., vodja obrata Smole II, Mojca Dejak, univ. dipl. inž. kem. tehnol., tehnolog, Jože Kozina, dipl.varnostni inž., varnostni inženir, Marjan Kozinc, univ.dipl.inž. kem. tehnol., svetovalec direktorja
Butan Plin d.d., Verovškova 70, 1000 Ljubljana	Norman Osrečki, univ.dipl.inž., varnostni inženir Janez Oblak, univ.dipl.inž.stroj., tehnični direktor

2. OPIS UPORABLJENIH METOD ZA OCENO TVEGANJA

2.1. Kvantitativna varnostna analiza

2.1.1. *Splošno*

Kvantitativna varnostna analiza je uveljavljena metoda za izračun pogostnosti (ali frekvence) za pojav določenega dogodka (nesreče) in potencialnih posledic tega dogodka. Uveljavljen drug izraz je tudi ocena tveganja, v okviru katere definiramo tveganje kot možnost pojava specifičnih posledic določenega nezaželenega dogodka v določenem časovnem obdobju ali v določenih okoliščinah. Tveganje se vedno obravnava kot kombinacijo pogostnosti pojava nezaželenega dogodka in njegovih posledic.

Nevarnosti s potencialom za večje nesreče je treba ustrezno obvladovati. To se običajno dokaže v okviru postopka, ki sestoji iz naslednjih korakov:

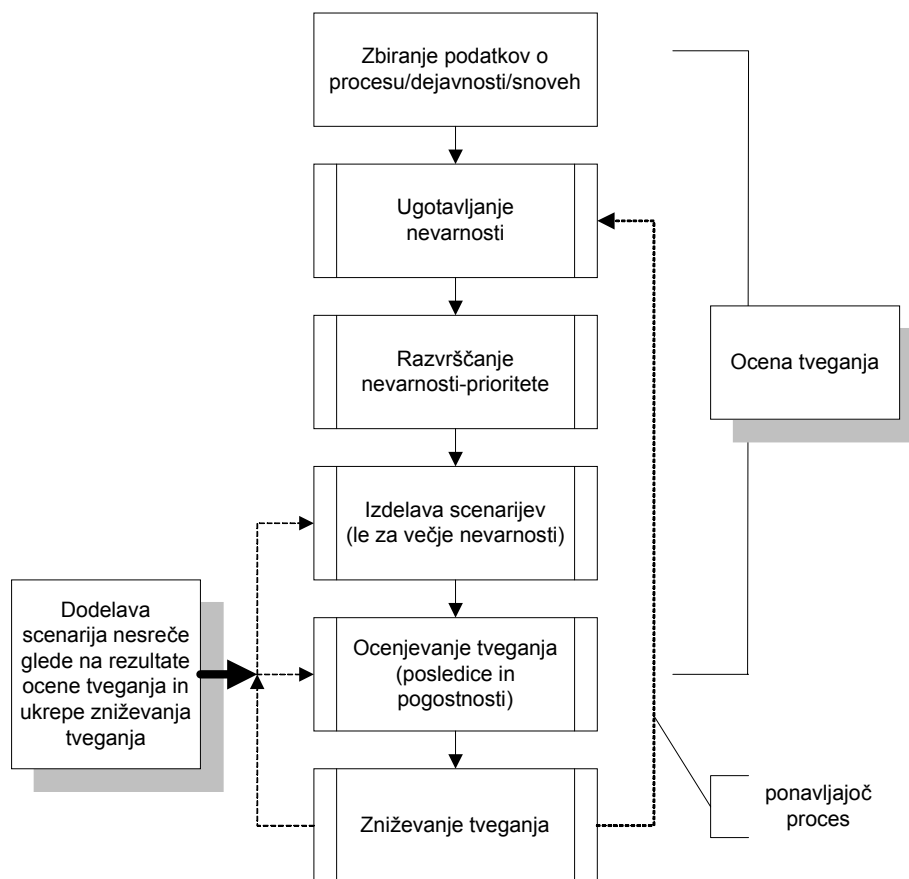
- izdelava ocene tveganja (vključuje analizo nevarnosti)
- sprejem ukrepov ob večjih nesrečah
- ugotavljanje možnosti za zniževanje tveganja
- izvedba analize stroškov in koristi za alternativne možnosti zniževanja tveganja
- izvedbe ustreznih ukrepov za zniževanje tveganja tako nizko, kot je to še izvedljivo in smiselno (princip ALARP).

Ugotovimo lahko, da je ocena tveganja izhodišče za spoznavanje in naknadno obvladovanje tveganja.

Postopek izdelave kvantitativne ocene tveganja običajno obsega naslednje faze [1, 2, 3, 4]:

- ugotavljanje nevarnosti (predvsem nevarnosti za večje nesreče)
- razumevanje vrste nevarnosti
- oceno možnih posledic izrednih dogodkov (trenutnih, zakasnelih in možnosti verižnega širjenja dogodkov - tako imenovane domino nesreče)
- ocena pogostnosti, da pride do izrednih dogodkov
- kombinacija pogostnosti in posledic izrednih dogodkov - ocena tveganja

Faze izdelave ocene tveganja so grafično prikazane na sliki 1.



Slika 1: Faze izdelave ocene tveganja.

2.1.2. Ugotavljanje nevarnosti

Nevarnost izvira iz lastnosti snovi ali fizičnega stanja - okoliščin povezanih z določeno dejavnostjo, s potencialom, da škoduje zdravju ljudi in/ali okolju. V virih nevarnosti (industrijski obrati), kjer uporabljajo nevarne snovi, velikokrat nevarnosti niso razvidne same po sebi, zato so bile v preteklosti razvite različne metode za sistematično in celovito ugotavljanje nevarnosti. Za uporabo omenjenih metod moramo vedno pridobiti naslednje splošne podatke (izhodišča):

- podatke o snoveh na lokaciji: lastnosti snovi določajo možne nevarnosti (na primer, strupenost za ljudi ali druge okoljske biotske sestavine, vnetljivost ali potencial za eksplozijo), zato običajno potrebujemo podatke o surovinah, polizdelkih, izdelkih, stranskih produktih in odpadkih. V ta namen običajno uporabimo varnostne liste za vse prisotne snovi in druge dodatne vire podatkov.

V okviru zbiranja podatkov o snoveh je potrebno zbrati tudi podatke o maksimalnih količinah snovi po posameznih objektih, obratih ali fazah tehnoloških procesov.

- podatke o tehnoloških procesih: potrebujemo opise tehnoloških procesov, analize eksotermnih procesov, opis možnosti za izgubo nadzora nad kemijskimi reakcijami, opise o začetku proizvodnega postopka, obratovanju, redni zaustavitvi, zasilni zaustavitvi in vzdrževanju procesa idr.
- opis lokacije in bližnje okolice, da se lahko oceni potencial in posledice večje nesreče za okolje.
- obstoječa poročila o ugotovljenih nevarnostih in ocenah tveganja, presojah vplivov na okolje, študije požarne in eksplozijske ogroženosti, podatke o morebitnih preteklih nesrečah na območju vira tveganja, ipd.

Na podlagi tako zbranih splošnih podatkov o viru tveganja se postopek nadaljuje z ugotavljanjem virov nevarnosti, pri čemer sodeluje osebja obrata, to so vzdrževalci, tehnologi, kemiki, drugi strokovnjaki in vodilno osebje. Za izvedbo ugotavljanja nevarnosti obstajajo mnoge metode, tehnike in orodja, med katerimi na kratko navajamo naslednje:

- kontrolni sezname (serija vprašanj, ki sprašujejo o snoveh, nevarnostih, postrojenju, organizaciji dela itd.)
- HAZOP študije (Hazard and Operability Study - študija delovanja sistema in virov nevarnosti) so skupinsko delo, pri katerem se analizirajo procesni in drugi načrti z uporabo vodilnih besed, da se ugotovijo možna odstopanja. Pri delu je običajno udeležena večja skupina ljudi z izkušnjami, zato je rezultat študije lahko zelo poglobljen opis možnih virov nevarnosti v procesu (zato je ta metoda dokaj razširjena), na drugi strani pa je potrebno zelo veliko časa za izvedbo študij za obsežnejše tehnološke procese.
- Kaj če? uporablja serijo vprašanj tipa "kaj-če", na podlagi katerih se išče odgovore glede posledic, če se zgodi to ali ono.
- FMEA (Failure Mode and Effect Analysis - analiza načina odpovedi in posledic): uporablja pregled možnih načinov odpovedi ali okvar ter posledic.
- Indeksi nevarnosti se uporabljajo za kvantitativno ugotavljanje možnih nevarnosti. Izračunane indekse lahko uporabimo za razvrščanje posameznih sestavin procesa glede na nevarnosti za požar, eksplozijo ali izpust strupenih snovi. Indeksi lahko služijo kot osnova za določanje prioritete.

2.1.3. Razvrščanje nevarnosti - prioritete

V fazi ugotavljanja nevarnosti običajno izdelamo izčrpne sezname možnih odpovedi in procesnih nevarnosti, ki lahko privedejo do izrednih dogodkov - nesreč. Ker obravnavamo le nevarnosti za večje nesreče, moramo ugotovljene nevarnosti pregledati in razvrstiti po potencialu za pojav težjih posledic in glede na to določiti prioritete za nadaljnjo obravnavo in ukrepanje. V takšnem pregledu običajno obravnavamo naslednje nevarnosti:

- izpust vnetljive snovi in njen vžig,
- eksplozija,
- večji izpust in onesnaženje okolja,
- kemijske reakcije, ki uidejo nadzoru,
- izpust strupene snovi.

Za razvrščanje nevarnosti običajno izvedemo preliminarno kvalitativno ocenjevanje pričakovanih posledic in pogostnosti njihovega pojavljanja vezano za posamezne nevarnosti.

V ta namen običajno definiramo kategorije posledic in pogostnosti (frekvenc) za izredne dogodke, na podlagi matrike kombinacij posameznih kategorij posledic in pogostnosti, pa izvedemo razvrščanje (matrika tveganja).

V nadaljevanju podajamo pregled možnih kategorij frekvenc in posledic ter matriko tveganj. Izbrane kategorije so splošne in ni nujno, da so uporabne za konkreten primer. So pa lahko izhodišče za delo.

Kategorije frekvenc v okviru razvrščanja nevarnosti.

Kategorija	Opis
Visoka (V)	Dogodek se je že pojavil ali se lahko večkrat pojavi na obravnavani lokaciji (obdobje 20 - 30 let)
Srednja (S)	Dogodek se lahko pojavi na lokaciji oziroma v organizaciji
Nizka (N)	Dogodek se ne pričakuje v konkretni organizaciji, pač pa se lahko zgodi na enem izmed podobnih postrojenj kjerkoli na svetu
Zelo nizka (ZN)	Dogodek se ne pričakuje kjerkoli v svetu v podobnih obratih v obdobju 100 let obratovanja pri sedanji tehnologiji

Kategorije posledic v okviru razvrščanja nevarnosti.

Kategorija	Definicija
Katastrofalne (K)	Smrt, nepovratna škoda v okolju, uničenje proizvodnje
Srednje (S)	Težje poškodbe, težje poklicne bolezni, dalj časa trajajoče škode v okolju, večja gospodarska škoda
Manjše (M)	Manjše poškodbe, manj pomembna poklicna obolenja, kratkotrajne škode v okolju ali manjša gospodarska škoda
Zanemarljive (Z)	Brez poškodb, brez poklicnih bolezni, manjše škode v okolju ali manjša/nepomembna gospodarska škoda

Možne kategorije nevarnosti na osnovi matrike pogostnosti in posledic.

		Posledice			
Pogostnost		Katastrofalne (K)	Srednje (S)	Manjše (M)	Zanemarljive (Z)
	Visoka (V)	1	1	2	3
	Srednja (S)	1	1	2	3
	Nizka (N)	1	2	3	3
	Zelo nizka (ZN)	2	3	3	3

Kjer so kategorije razvrščene:

- 1 - predstavlja prvo kategorijo nevarnosti (ker so pričakovana tveganja največja).
- 2 - predstavlja drugo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega srednje velikega tveganja).
- 3 - predstavlja tretjo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega nizkega tveganja).

Ugotovimo lahko, da je pri prikazanih stopnjah nevarnosti večji poudarek na posledicah izrednih dogodkov, kot pa na pogostnostih njihovega pojavljanja. Ker torej pomembnosti posledic in pogostnosti v prikazani preglednici nista ekvivalentni, imamo pri katastrofalnih posledicah nizke pogostnosti še vedno prvo stopnjo nevarnosti, pri manjših posledicah visoke pogostnosti, pa je stopnja nevarnosti 2. Podobno je pri katastrofalnih posledicah zelo nizke pogostnosti stopnja nevarnosti 2, medtem ko je pri visoki pogostnosti zanemarljivih posledic stopnja nevarnosti 3. Gre za uporabo določene mere pesimizma, oziroma previdnosti v pristopu, ki pa še vedno ohranja racionalnost, saj praksa in tudi regulativa (Direktiva Seveso II) to ustrezno vgrajujejo v uporabo operativnega odločanje rezultatov ocen za dogodke/nevarnosti druge in tretje stopnje, torej tudi dogodke, ki imajo lahko katastrofalne posledice, vendar je njihovo pojavljanje zelo redko. (V okviru operativnega odločanja se misli na določanje območij omejene rabe, upoštevanje nevarnostnih con pri prostorskem planiranju, dovoljevanje posegov v prostor, rabo tal - določanje območij in con s posebnim namenom itd.). Se pa dogodki z možnimi katastrofalnimi posledicami in zelo nizko pogostnostjo običajno upoštevajo pri izdelavi načrtov zaščite in reševanja, to je pri načrtovanju in izvedbi zaščitnih ukrepov.

2.1.4. Izbor scenarijev za večje nesreče na nadaljnjo obravnavo

Na podlagi razvrstitve nevarnosti običajno izberemo za nadaljnjo obravnavo le tiste nevarnosti, ki imajo potencial za večjo nesrečo.

Med njimi ločimo:

1. **Najtežje pričakovane dogodke.** Sem spadajo nevarnosti prve stopnje. Izmed teh izberemo tiste, ki lahko imajo težje posledice in katerih pogostnost je takšna, da izredni dogodek lahko pričakujemo v življenjski dobi obrata.
2. **Najtežje verjetne dogodke.** Sem spadajo nevarnosti druge in tretje stopnje, ki se lahko razvijejo v nesreče s primerjalno celo težjimi posledicami kot pri najtežjih pričakovanih dogodkih, vendar manj pogosto.
3. **Najtežje možne dogodke.** Sem spadajo nevarnosti druge ali celo tretje kategorije, ki lahko povzročijo nesreče s katastrofalnimi posledicami - primerjalno težjimi od najtežjih pričakovanih in verjetnih dogodkov, so pa izredno redki (najmanjša pogostnost).

Za tako razvrščene izredne dogodke - nesreče, moramo določiti ali ugotoviti vsaj naslednje okoliščine:

- Lastnosti izpusta (tip dogodka, trajanje izpusta, fizikalno-kemijske lastnosti snovi, pogoji hrambe snovi, dimenzije prostorov, gibanje zraka ipd.). Situacija in razvoj dogodka sta odvisna od konkretne snovi in pogojev ravnanja z njo.
- V primeru, da je snov v tekočem stanju, lahko nastane luža, prav tako pa lahko pride do izhlapevanja snovi v zrak. V tem primeru, ali če je snov plin, lahko nastane plinski oblak.
- V primeru, da je snov vnetljiva ter pride do vžiga, ima lahko požar ali eksplozija za posledico poškodbe ljudi, človeške žrtve in poškodovane stavbe. Zakasneli vžig oblaka ima lahko za posledico eksplozijo.
- V primeru, da ne pride do takojšnjega vžiga snovi, ali če snov ni vnetljiva (npr. je le strupena), snov pa je hlapljiva, ali je plin, potem bo prišlo do redčenja v atmosferi.
- V primeru, da gre za strupen plin in ga vdihavajo ljudje, lahko pride do zdravstvenih posledic (poškodb) in smrtnih žrtev.
- V primeru izpusta snovi v okolje (zrak, zemlja, vode), lahko pride do škode v okolju.

2.1.5. Ocenjevanje posledic

Pri ocenjevanju posledic nesreč obstajata dva osnovna "prejemnika" posledic:

- ljudi
- okolje.

Občutljivost oziroma ranljivost prejemnikov posledic ter obseg posledic je povezana:

- z občutljivostjo ljudi (na območju vira tveganja in izven njega) na nevarne snovi,
- s številom izpostavljenih ljudi in časom izpostavljenosti,
- z občutljivostjo izpostavljenega okolja (flora, favna, neživa narava) na nevarne snovi,
- z učinkovitostjo zaščite in reševanja.

Ocenjevanje posledic običajno obsega modeliranje ob uporabi enega ali več modelov za:

- širjenje izpustov strupenih in/ali vnetljivih snovi v prenosnem mediju (na primer zraku, vodi)
- pojavljanje posledic na izpostavljeni populaciji/bioti
- posledice požarov
- posledice eksplozij.

Pri modeliranju izbranega scenarija nesreče moramo imeti na razpolago tudi referenčne vrednosti (primerjalne ravni) za posledice, s katerimi bomo primerjali izračunane obremenitve prejemnikov. Te se nanašajo na energijo požarov (npr. nivoji toplotnega sevanja), eksplozij (npr. nivoji nadtlakov zaradi eksplozij), koncentracije strupenih snovi, ki povzročajo zdravstvene učinke ali smrt itd.

Za ponazoritev pomena primerjalnih ravni podajamo pregled posledic pri izpostavljenosti ljudi in procesne opreme različnim ravnam toplotnega sevanja na določeni razdalji [2]:

Toplotna obremenitev (kW/m ²)	Posledice - učinki
37,5	Zadošča za poškodbe procesne opreme
25	Minimalna potrebna energija za vžig lesa pri dolgi izpostavljenosti (brez inicialnega plamena)
12,5	Minimalna energija potrebna za vžig lesa z inicialnim plamenom, taljenje plastike, ipd.
4,5	Zadošča za povzročanje bolečine ljudem, če se v 20 sekundah ne uspejo zaščititi, mehurji na koži (opekline tretje stopnje) niso pogostni
1,6	Povzroča neugodje pri dolgotrajni izpostavljenosti

Ocenjevanje posledic za prejemnike tveganja je zahtevno delo, saj je poleg ravni izpostavljenosti potrebno upoštevati vsaj še verjetni čas izpostavljenosti in možnost zaščite prejemnikov. Podrobnejša priporočila za ocenjevanje posledic za različne prejemnike tveganja so na razpolago v literaturi [1, 2].

Ocenjevanje pogostnosti (analiza frekvenc)

Analizo frekvenc uporabljamo za določevanje pogostnosti pojavljanja izrednega dogodka. Osnovni metodi za analize sta:

- drevo odpovedi/napak
- drevo dogodkov.

Obe metodi uporabljata kombinacijo okoliščin (ali odpovedi), ki bi lahko pripeljale do določenega dogodka in izračunata frekvenco ali verjetnost, s katero se dogodek pripeti. Obe metodi uporabljata diagrame za predstavitev logičnega poteka dogodkov/odpovedi.

Drevo odpovedi/napak

Drevesa odpovedi/napak opisujejo vse pričakovane (realno možne) načine, da se določeni dogodek pripeti. Gre za logično rekonstrukcijo izrednega dogodka, kjer se osredotočimo na njegove možne vzroke.

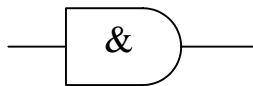
Obravnavani dogodek sestavlja glavni nezgodni dogodek (na vrhu drevesa) in se nadaljuje do ugotovitve osnovnih vzrokov za njegovo pojavljanje. Osnovni dogodki so lahko odpoved kosa opreme, človeška napaka ali odpoved komponent v sistemu.

Drevo odpovedi/napak vključuje osnovne dogodke kot začetne dogodke, vmesne dogodke kot njihovo nadaljevanje, in posledične odpovedi. Na ta način lahko v celoti predstavimo konkretne odpovedi sestavin sistema in celo ukrepe operaterjev.

Obstajajo podatki o zanesljivosti (odpovedih) za komponente. Ti so komercialno dostopni. Viri podatkov so zelo koristni predvsem za primerjave, a prednostno je treba upoštevati podatke, specifične za organizacijo ali podatke proizvajalca opreme.

Diagram drevesa odpovedi se sestoji iz dveh osnovnih elementov: "vrat" in "dogodkov". Vrata predstavljajo povezavo med podrednimi in nadrednimi dogodki. Logično razmerje med temi omogoča, da se napaka prenaša navzgor po drevesu odpovedi. Osnovna tipa vrat sta IN ter ALI.

IN vrata



IN vrata se uporabljajo za predstavitev dogodkov, kjer se vsi podredni morajo zgoditi, da lahko pride do višjega (nadrednega) dogodka.

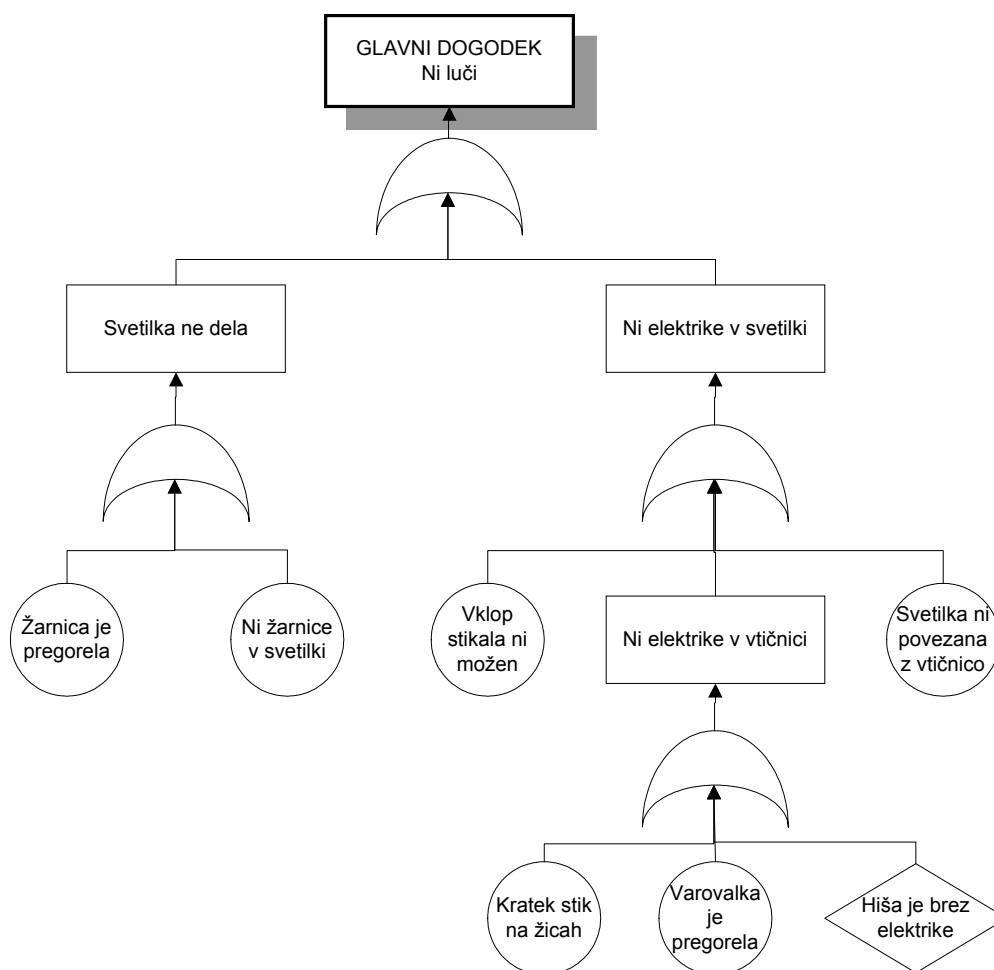
ALI vrata



ALI vrata se uporabljajo za predstavitev dogodkov, od katerih zadošča le eden, da se zgodi nadredni dogodek.

Ko je podrobno predstavljena logika odpovedi, lahko izračunamo frekvenco glavnega dogodka na podlagi podatkov o frekvencah/pogostnostih za dogodke v nižjih (osnovnih) nivojih drevesa.

Za ilustracijo podajamo primer drevesa odpovedi za okvaro samostoječe električne svetilke (slika 2).



Slika 2: Primer drevesa odpovedi za okvaro samostoječe električne svetilke.

Drevo dogodkov

Drevesa dogodkov lahko uporabimo za analizo pogostnosti različnih izidov izrednih dogodkov. Za vsak začetni dogodek, ki lahko sproži specifično posledico, analiziramo delovanje sistema in še posebej odpovedi varnostnih sistemov. Razvoj/potek dogodka prikažemo v razvejani drevesni strukturi. Ko definiramo frekvence ali verjetnosti za posamezne razvejitve, lahko določimo pogostnosti za vsak možen razvoj iz začetnega dogodka, podobno kot za drevesa odpovedi/napak.

2.1.6. Nezanesljivosti pri ocenjevanju posledic in pogostnosti

Metode ocenjevanja posledic in pogostnosti slonijo na predpostavkah in so zato negotove (nezanesljive). Zanesljivost ocen tveganja je treba obravnavati in razumeti v okviru "velikostnega razreda".

Najpomembnejši sklopi nezanesljivosti pri oceni posledic in pogostnosti so:

- Neupoštevane (spregledane) nevarnosti v fazi ugotavljanja nevarnosti.
- Nepredvidljivi dogodki in pogoji, kot so na primer vremenski pogoji v času izrednega dogodka.
- Pomanjkanje podatkov. Razpoložljivo znanje ni popolno ter je v splošnem izpeljano iz opazovanj in empiričnih (izkustvenih) podatkov, predvsem za modeliranje posledic. Nepoznavanje občutljivosti/ranljivosti prejemnikov.
- Nepreverjeni splošni podatki o pogostnostih odpovedi/pojavljanju napak za uporabo v lokalnih specifičnih situacijah.
- Neupoštevanje lokalnih specifičnosti pri ocenjevanju razvoja začetnih dogodkov in posledic. Računalniški programi (sicer velika pomoč pri modeliranju posledic), velikokrat niso prilagodljivi za upoštevanje posebnosti pri posameznem viru tveganja in v njegovi okolici. Tipičen primer je modeliranje posledic eksplozij, ko računalniškemu programu "ni možno povedati", da se udarni val ne bo širil koncentrično in enakomerno navzven zaradi številnih ovir, ki so v okolici potencialnega mesta eksplozije. Zato je treba izračune s pomočjo neprilagodljivih računalniških programov dodatno obdelati, da se dobi realnejše rezultate. Še posebej je to pomembno v situacijah, ko je treba upoštevati varnostne ukrepe, na primer zaščitne zemeljske nasipe ali stene, kot ukrepe za usmerjanje udarnega vala eksplozije in absorpcijo/zmanjševanje energije na ovirah, da bi se omejilo vplivno območje in preprečile škode na občutljivih objektih. Podobno je pri modeliranju razširjanja požarov.

Nezanesljivosti premoščamo s predpostavkami. Posledica je, da so rezultati modeliranja negotovi, česar se morata zavedati izdelovalec analize in oseba, ki odloča na podlagi modelnih rezultatov. Poudariti je treba, da pri oceni tveganja običajno namenoma uporabljamo pesimistične predpostavke, kar pomeni, da so rezultati pretirani glede obsega in intenzivnosti posledic. To sicer pogosto pomeni, da "slabše kot kaže ocena ne more biti"

(ocena je v tem smislu "varna"), po drugi strani pa takšno pretiravanje lahko privede do pretiravanja tudi glede nujnih varnostnih ukrepov in posledično neracionalnih stroškov ali sporov z drugimi uporabniki prostora (sosedji). Zato je treba pri ocenah tveganja posvetiti veliko pozornosti virom negotovosti, jih opisati in razložiti, oceniti njihov vpliv na rezultate, ter jih po možnosti kvantificirati.

2.2. Metoda SPIRS

2.2.1. *Uvod*

Metodo SPIRS (Seveso Plant Information Retrieval System), ki so jo razvili v biroju za nevarnosti večjih nesreč skupnega raziskovalnega centra evropske komisije (Major Hazards Accidents Bureau, European Commission - Joint Research Centre) v Ispri, Italija, uporabljajo predvsem kot orodje za inventarizacijo (baza podatkov) industrijskih objektov, oziroma podjetij, ki so zavezanci v smislu določil evropske direktive Seveso II (96/82/EC) – virov tveganja.

Splošni nameni uporabe baze podatkov SPIRS so naslednji:

- Podatki o vseh podjetjih z nevarnimi snovmi na območju evropske unije so na razpolago evropski komisiji in ustreznim lokalnim oblastem v državah članicah, kot podpora v procesu odločanja, upravljanju z lastnimi podatki in za primerjalno razvrščanje posameznih virov nevarnosti (tveganja).
- Omogočiti grafični prikaz pomembnejših podatkov o posameznih virih tveganja na zemljevidih.
- Iskanje podatkov o posameznih virih tveganja (industrijska dejavnost, lokacija, količine in vrste nevarnih snovi, ipd.).

V bazo podatkov SPIRS je mogoče vnašati naslednje podatke o posameznem viru tveganja (obrazec za vnos podatkov podajamo v prilogi 1):

- Splošni podatki
 - Ime industrijskega objekta ali obrata (vira tveganja)
 - Naslov
 - Kratek opis/razvrstitev industrijske dejavnosti v objektu
 - Status v smislu členov 6/7 ali 9 direktive Seveso II (za kakšen vir tveganja gre, glede na maksimalne količine nevarnih snovi)
 - Podatki o pristojnih lokalnih oblasteh ali organu
 - Geografski podatki o lokaciji objekta
- Podatki o objektu in njegovi okolici (ocenjene razdalje do prejemnikov tveganja)
- Podatki o maksimalnih količinah nevarnih snovi na celotnem območju objekta
- Morebitni dodatni podatki in komentarji.

2.2.2. Razvrščanje virov tveganja po metodi SPIRS

V bazo podatkov SPIRS je vgrajena metoda za oceno indeksov nevarnosti in indeksa tveganja za posamezne vire tveganja. Potrebni podatki so navedeni v prilogi 1. Metodo za izračun indeksov nevarnosti in tveganja so razvili na osnovi analize podatkov o nesrečah zbranih v bazi MARS (Major Accidents Reporting System) in splošnih podatkov v virih tveganja. Podrobnejši opis kvalitativnega modela za vrednotenje možnega tveganja je podan v [5], v nadaljevanju pa povzemamo najpomembnejše sestavine postopka izračuna indeksov nevarnosti in indeksa tveganja. V prilogi so navedeni potrebni splošni podatki za uporabo metode SPIRS.

Metoda SPIRS izračuna potencial za tveganje (RI) brez upoštevanja specifičnih varnostnih/sanacijskih ukrepov na ali zunaj območja vira tveganja.

Potencial za tveganja metoda izračuna za posamezne nevarnosti (ki jih določajo posamezne nevarne snovi na lokaciji vira tveganja) in za posamezne tipe prejemnikov tveganja:

$$RI_{\alpha,\beta} = HI_{\alpha} \times \frac{1}{r_{\beta}^2} \quad (1)$$

kjer α predstavlja tip nevarnosti (glede na vrste nevarnih snovi), β predstavlja prejemnika tveganja (zaposleni na območju vira tveganja, okoliško prebivalstvo, občutljiva območja – deli okolja, vodna telesa, itd.), r je razdalja med virom nevarnosti in prejemniki tveganja.

Možne povezave med vrstami nevarnosti α in prejemniki tveganja β so:

Vrsta nevarnosti α	Prejemniki tveganja β
Onesnaženje vode	okoliško prebivalstvo občutljivi deli okolja vodna telesa
Izpusti strupenih snovi	zaposleni na območju vira tveganja okoliško prebivalstvo
Požari in eksplozije:	zaposleni na območju vira tveganja okoliško prebivalstvo

Skupni indeks nevarnosti HI_{α} za določeno vrsto nevarnosti je podan kot:

$$HI_{\alpha} = \sum_{vse\ snovi} HI_{\alpha, snov} \quad (2)$$

Indeks nevarnosti $HI_{\alpha, snov}$ je v splošnem podan kot:

$$HI = Am \times HP \quad (3)$$

Kjer je Am količina nevarne snovi v tonah, HP pa nevarnostni potencial. Indeks nevarnosti $HI_{\alpha, snov}$ izračunamo kot vsoto posameznih nevarnostnih indeksov za onesnaženje vode, izpuste strupenih plinov in požare/eksplozije.

Nevarnostni indeks za onesnaženje vode HI_w je podan kot:

$$HI_w = Am \times Tox \times \left(\frac{Sol}{Vol} + Con + BD + BA \right) \quad (4)$$

Nevarnostni indeks za izpuste strupenih plinov HI_T je podan kot:

$$HI_T = Am \times Tox \times (Vol + VD + BD + BA) \quad (5)$$

Nevarnostni indeks za požare in eksplozije HI_F je podan kot:

$$HI_F = Am \times Tox \times FEP \times (Sol + Con + VD + Vol + SG + FP) \quad (6)$$

kjer Tox predstavlja indeks strupenosti (za določeno nevarno snov), Sol predstavlja indeks topnosti v vodi, Con predstavlja indeks fizične oblike snovi ali viskoznosti (za tekočine), Sur predstavlja indeks lastnosti (ranljivosti) okolice vira tveganja, Vol je indeks hlapljivosti snovi (v povezavi ustreza parnemu tlaku snovi), BD je indeks biološke (ne)razgradljivosti snovi, BA je indeks biološke akumulacije strupenih snovi v okolju (na primer, v prehrambeni verigi), VD je indeks gostote hlapov snovi (težji ali lažji od zraka), FEP je indeks za gorljivost ali eksplozivnost snovi, SG je indeks za specifično gostoto snovi, FP pa je indeks za lastnosti plamena (glede na hitrost gorenja, smer širjenja, temperaturo samovžiga/razpada in točko plamenišča snovi).

V nadaljevanju podajamo vrednosti za posamezne indekse.

Točkovanje indeksa topnosti v vodi je podano v naslednji tabeli:

Topnost v vodi (v delih na milijon)	Točke (<i>Sol</i>)
> 10000	3
od 100 do 10000	2
pod 100	1

Točke za indeks strupenosti *Tox*:

LC50 (mg×kg ⁻¹)	Točke (<i>Tox</i>)
< 100	1
> 100	0

Točke za indeks hlapnosti *Vol*:

Hlapnost (parni tlak v mm Hg)	Točke (<i>Vol</i>)
> 78	3
od 25 do 78	2
pod 25	1

Točke za indeks obstojnosti v okolju *BD*:

Obstojnost v okolju	Točke (<i>BD</i>)
Zelo obstojno	4
Obstojno	3
Zmerno obstojno	2
Delno obstojno	1
Obstojno	0
Nezadostni podatki	*

Točke za indeks *BC*:

Faktor bio-koncentriranja (BCF)	Log P _{ow}	Točke (<i>BC</i>)
> 4000	> 6	4
1000 - 3999	5 - 5,9	3
700 - 999	4,5 - 4,99	2
300 - 699	4 - 4,49	1
< 300	< 4,00	0

Točke za indeks gorljivosti *FEP* (glede na definicije v drugem delu priloge 1 direktive Seveso II):

Gorljivost-vnetljivost	Točke (<i>FEP</i>)
izredno lahko vnetljivo	4
lahko vnetljivo	3
vnetljivo	2
ni vnetljivo	1

Točke za indeks eksplozivnosti *FEP* (glede na definicije v drugem delu priloge 1 direktive Seveso II):

Eksplozivne lastnosti	Točke (<i>FEP</i>)
izredno eksplozivno	4
zelo eksplozivno	3
eksplozivno	2
ni eksplozivno	1

Na osnovi prikazanih vrednosti za točkovanje posameznih indeksov lahko izdelamo primerjalni tabeli za imenovane nevarne snovi navedene v prvem delu in za splošne kategorije nevarnih snovi v drugem delu priloge 1 k direktivi Seveso II.

Obe tabeli podajamo v prilogi 2.

2.3. Metoda IAEA (RRA)

2.3.1. *Splošno (povzetek)*

Metoda je bila razvita v devetdesetih letih v sodelovanju IAEA, UNEP, UNIDO in WHO. Podrobno navodilo za njeno uporabo je v IAEA-TECDOC-727 (Rev.1) [6]. Gre za robustno metodo, ki je namenjena predvsem primerjalni oceni tveganj iz različnih virov. Končni cilj primerjave je določitev prioritet glede zagotovitve sredstev za zmanjšanje tveganj z največjim učinkom in določitev tistih dejavnosti (virov tveganja), za katere je potrebna natančnejša ocena tveganja. Rezultati ocene tveganj po tej metodi so število smrtnih žrtev in pogostnost izrednega dogodka, ki jih je možno izraziti kot individualno ali družbeno (kolektivno) tveganje.

3.3.2. *Uporaba*

Zlasti je uporabna pri ocenjevanju velikih industrijskih območij (con) z veliko različnimi viri tveganja, kot so proizvodni obrati, skladišča, terminali, transportna dejavnost itd. V teh primerih je z metodo RRA možno relativno hitro in z zadostno natančnostjo razvrstiti vire tveganja glede na velikost tveganja (kvantitativno) in se na osnovi tega v nadaljnjih fazah posvetiti predvsem tistim obratom/dejavnostim, ki predstavljajo največjo nevarnost. Možna je uporaba tudi za posamezne obrate-dejavnosti, vendar so v tem primeru za natančnejšo obdelavo uporabne (boljše) druge metode.

3.3.3. *Glavne predpostavke v okviru metode*

- pri oceni pogostnosti in posledic izrednih dogodkov se upoštevajo le glavne spremenljivke (na primer, gostota poseljenosti, gostota in varnost transporta, pogostnost posameznih operacij itd.),
- pri oceni posledic in pogostnosti se upoštevajo kategorije, ki se medsebojno razlikujejo za red velikosti,
- upošteva se 100%-na smrtnost v območjih, kjer je izračunana smrtnost sicer 50-100% glede na pričakovano koncentracijo in učinke strupenih snovi ali toplotno obremenitev; zunaj tega področja se smrtnost ne upošteva,
- blažilni ukrepi so odvisni od vrste snovi, ki je udeležena pri izrednem dogodku,
- glede razporeditve učinkov izrednega dogodka se upoštevajo tri kategorije: krožnica pri eksploziji (razširjanje na vse strani enako), pol-krožnica pri izpustu plina/par težjih

od zraka (razširjanje po tleh in izhlapevanje v obliki polkrogle), podolgovat, usmerjen oblak v smeri vetra pri izpustu strupenih par/plinov (razširjanje v smeri vetra, razredčevanje).

- domet učinkov (posledic) se ocenjuje do 10 km,
- snovi, za katere se ocenjujejo posledice, so razvrščene v več kategorij: vnetljive, eksplozivne in pet podkategorij strupenih snovi,
- ocene se izvajajo za proizvodno dejavnost, skladiščenje in transport,
- podatki o povprečnih frekvencah odpovedi posameznih komponent so zgodovinski,
- za upoštevanje razlik med dejavnostmi se uporabljajo korekcijski faktorji,
- ocena pogostnosti temelji na uporabi tako imenovanega "verjetnostnega števila".

Glede na navedeno se lahko tveganja med posameznimi dejavnostmi razlikujejo tudi za več redov velikosti.

3.3.4. Uporabnost rezultatov

- a) rezultati dajejo kvantitativen vpogled v zdravstveno (smrtno) tveganje posameznika ali populacije zaradi posameznih dejavnosti v okviru industrijskega območja
- b) omogočajo določitev prioritet glede nadaljnjih podrobnih ocen in najučinkovitejše porabe sredstev za zmanjšanje največjih tveganj
- c) rezultati v principu niso uporabni za neposredno odločanje o sprejemljivosti določenega tveganja in za izdelavo načrtov zaščite in reševanja.

3.3.5. Opis postopka ocenjevanja

Ocenjevanje posledic in pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov se izvaja z uporabo modelov. Ti so pripravljeni v obliki tabel, kjer so vrednosti kategorizirane po vrstah snovi, izrednih dogodkih in lastnostih lokacije. Odvisno od obravnavanega primera izbiramo ustrezne vrednosti faktorjev iz tabel in jih vnašamo v ustrezne enačbe, da z izračunavanjem dobimo končen rezultat: potencialno število smrtnih žrtev s kvantitativno oceno pogostnosti dogodka. Ko rezultate za več virov tveganja primerjamo medsebojno ali z izbranimi merili, lahko določimo prioritete nadaljnjega ravnanja.

3.3.6. Postopek ocenjevanja posledic

Ocena posledic poteka po enačbi:

$$C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_A \cdot f_d \cdot f_m \quad (7)$$

kjer je:

- $C_{a,s}$ število smrtnih žrtev pri dogodku, kjer je udeležena določena snov (s)
- A območje vpliva - glej tabeli 4 in 5 v prilogi 3, ha
- δ gostota poseljenosti v območju vpliva, št.ljudi/ha (priloga 3, tabela 6)
- f_A korekcijski faktor za poseljena območja – razporeditev (tabela 7)
- f_d korekcijski faktor za poseljena območja – oddaljenost (tabela 7)
- f_m korekcijski faktor za blažilne ukrepe (tabela 8)

Vse navedene tabele (od številke 2 do 14), potrebne za uporabo metode, so zbrane v prilogi 3 tega poročila.

Podrobna navodila so podana v [6], v nadaljevanju dajemo povzetek.

Najprej se za obravnavani obrat (postrojenje) zberejo osnovni podatki o dejavnosti, velikosti, proizvodnih/skladiščnih zmogljivostih, snoveh, ki se uporabljajo v proizvodnji/skladiščenju, lokaciji itd. Na osnovi teh se z upoštevanjem podatkov v tabelah 2 in 3 izbere referenčna številka za obrat in sprejme odločitev o izvedbi ocene tveganja, nato pa na osnovi tabele 4 za izbrano referenčno številko (to je konkreten obrat in udeležene snovi) določi kategorija vpliva. Tabela 5 daje specifično razlago posameznih kategorij vpliva v smislu velikosti vplivnega območja v hektarih in dometa vplivov (razdalja v metrih). Glede na situacijo na lokaciji se iz tabel 6, 7 in 8 izbere ustrezne vrednosti faktorjev δ , f_A , f_d in f_m , vnese v enačbo za izračun $C_{a,s}$, ter tako oceni število žrtev.

3.3.7. Postopek ocenjevanja pogostnosti

Za izračun frekvence $P_{i,s}$ (število izrednih dogodkov/leto) v določenem obratu (i), ki vključujejo določeno snov (s), in za pričakovane/ocenjene posledice, je treba najprej izračunati verjetnostno število $N_{i,s}$, ki ga izračunamo po naslednji enačbi:

$$N_{i,s} = N_{i,s}^o + n_l + n_f + n_o + n_p \quad (8)$$

kjer je:

$N_{i,s}$ verjetnostno število; v obravnavani metodi ima vsako verjetnostno število ekvivalentno frekvenco P. Zveza med N in P je naslednja: $N = |\log_{10} P|$ (glej tudi tabelo 14)

$N_{i,s}^o$ povprečno verjetnostno število za obrat in snov (tabela 9)

n_l korekcijski faktor, ki upošteva pogostnost razkladanja/nakladanja (tabela 10)

n_f korekcijski faktor, ki upošteva varnostne ukrepe proti vnetljivim snovem (tabela 11)

n_o korekcijski faktor, ki upošteva organizacijske varnostne ukrepe (tabela 12)

n_p korekcijski faktor, ki upošteva poseljenost lokacije in smer vetra (tabela 13)

Postopek začnemo z odčitavanjem ustrezne vrednosti za povprečno verjetnostno število iz tabele 9 za obrat in snov, ki smo jim predhodno določili referenčno številko, oziroma za katere smo predhodno izračunali posledice. Nato iz tabel 10, 11, 12 in 13, upoštevajoč stanje v obratu in lokaciji, izberemo vrednosti korekcijskih faktorjev n_l , n_f , n_o in n_p . Iz enačbe 8 dobimo $N_{i,s}$, s pomočjo tabele 14 pa to število pretvorimo v frekvenco. Postopek ponovimo za vse obravnavane dogodke.

3.3.8. Postopek ocenjevanja družbenega (kolektivnega) tveganja

Ocenjevanje družbenega tveganja temelji na interesu, da mora biti pogostnost izrednega dogodka manjša, če so posledice težje – čim večje je število smrtnih žrtev, tem manjša naj bo verjetnost dogodka. V nekaterih družbah so to razmerje želeli izraziti tudi matematično, in sicer tako, da so za tolerabilno pogostnost izrednega dogodka določili kvocient med ocenjeno (obstoječo) pogostnostjo in številom žrtev, ki bi ga prinesel izreden dogodek, ali pogostnostjo in logaritmom števila žrtev, ali celo pogostnostjo in kvadratom števila žrtev ($\frac{F}{N}, \frac{F}{\log N}, \frac{F}{N^2}$).

Ne glede na merila pomeni družbeno tveganje soočenje posledic s pogostnostjo dogodka. Shematično se to izvede s pomočjo matrike F-N, to je matrike med frekvenco in številom žrtev. V ta namen se izbere razrede za obe kategoriji in v diagram vnašajo izračunane vrednosti. Tipičen rezultat je stopničasta krivulja.

Razredi za število žrtev/nesrečo v okviru obravnavane metode so:

0 - 25

26 - 50

51 - 100

101 - 250

251 - 500

>500

Razredi za frekvenco dogodka so urejeni po redih velikosti.

3. Priloge

PRILOGA 1 – obrazec za vnos podatkov v bazo podatkov SPIRS

Potrebni podatki o viru tveganja za vnos v bazo podatkov SPIRS

Splošni podatki

Splošni podatki o viru tveganja, ter o tem kdo je vnesel podatke.

Podatek v poročilu:	Oblika vhodnih podatkov
Šifra vira tveganja	Samodejni vnos v bazo podatkov za nove vire tveganja, na osnovi države članice in ustrezne številke objekta/vira tveganja
Datum poročila	datum vnosa podatkov, oblika: dan/mesec/leto
Pristojni lokalni organ:	Polno ime in naslov pristojnega lokalnega organa, vključno z imenom kontaktne osebe
Opis vira tveganja:	
Ime vira tveganja	prost vnos besedila
Naslov vira tveganja	prost vnos besedila
Dejavnosti vira tveganja	izbor na osnovi izdelane liste
Razvrstitev vira tveganja	izbor na osnovi izdelane liste
Geografski položaj vira tveganja	
Dolžina in širina	prost vnos koordinat (možna uporaba grafičnega iskalnika lokacije)
Država	prost vnos besedila (možen samodejen vnos na osnovi iskalnika lokacije ali vnosa dolžine in širine)
Regija	prost vnos besedila (možen samodejen vnos na osnovi iskalnika lokacije ali vnosa dolžine in širine)
Pokrajina	prost vnos besedila (možen samodejen vnos na osnovi iskalnika lokacije ali vnosa dolžine in širine)
Občina	prost vnos besedila (možen samodejen vnos na osnovi iskalnika lokacije ali vnosa dolžine in širine)

Podatki o viru tveganja

Za analizo tveganja (razvrščanje virov tveganja) so potrebni naslednji podatki

Povprečno število ljudi na območju vira tveganja	število
Razdalja do najbližjega biotopa	razdalja v km
Razdalja do najbližjega vodnega telesa	razdalja v km
Število prebivalcev znotraj območja z radijem 5 km	število
Število prebivalcev znotraj območja z radijem 10 km	število

Inventar nevarnih snovi

Celoten inventar maksimalnih količin vseh nevarnih snovi na območju vira tveganja. Kadar to ni izvedljivo, navesti vsaj snovi zaradi katerih je območje razvrščeno kot vir tveganja.	izbor na osnovi izdelane liste
--	--------------------------------

Dodatne opombe

Kakršni koli dodatni komentarji	prost vnos besedila
---------------------------------	---------------------

PRILOGA 2 – tabeli za točkovanje indeksov nevarnosti po metodi SPIRS

Pregled točk za posamezne indekse nevarnosti za imenovane nevarne snovi iz prvega dela priloge 1 k direktivi Seveso II.

Snov	Točke							
	Sol	Tox	Vol	Con	Vnetlj.	Ekspl.	BD	BA
amonijev nitrat	3	1	1	0	0	1	0	0
arzenov pentoksid/ As (V) kislina	3	1	1	0	0	0	1	0
arzenov trioksid/ As (III) kislina	2	1	3	0	0	0	1	0
Brom	3	1	3	5	0	0	2	2
Klor	3	1	3	5	0	1	0	0
Nikljev monoksid	1	1	1	0	0	0	0	7
Etilenimin	3	1	3	4	1	1	1	0
Fluor	2	/	3	5	2	1	0	0
Formaldehid	3	1	3	0	1	0	0	0
Vodik	1	0	3	5	3	1	0	0
Vodikov klorid - utekočinjen plin	3	1	3	5	0	0	0	0
Metan - izredno lahko vnetljiv plin	3	0	3	5	3	1	2	0
Acetilen	2	0	3	0	1	1	2	0
Etilen oksid	3	1	3	5	3	1	0	0
Propilen oksid	2	1	3	5	3	1	0	0
Metanol	3	0	3	4	2	1	0	7
4,4-Metilen-bis-2-kloro anilin	2	0	1	0	1	0	*	*
Metilizocianat	3	/	3	4	1	1	*	*
Kisik	2	0	3	4	0	0	0	0
Toluen diizocianat	3	1	1	4	1	0	4	3
Fozgen (karbonil diklorid)	1	/	3	4	0	0	0	0
Arzenov trihidrid	2	/	3	4	1	1	2	0
Fosforjev trihidrid	2	/	2	4	1	2	0	0
Žveplov diklorid	2	0	1	4	0	0	0	0
4-amino bifenil	1	/	2	0	1	0	*	*
Benzidin	3	1	2	0	1	0	1	0
Bis-kloro metil-eter	1	/	2	4	1	0	4	3
Klorometil metil eter	/	/	/	4	1	0	4	3
Heksametilfosforjev triamid	3	1	1	4	1	1	*	*
2-Naftilamin	1	1	1	4	1	1	*	*
1,3-propansulton	/	/	/	4			*	*
4-nitrodifenil	1	/	1	0	1	0	*	*

Pregled točk za posamezne indekse nevarnosti za kategorije nevarnih snovi iz drugega dela priloge 1 k direktivi Seveso II.

Kategorije nevarnih snovi (opombe)	Točke					
	Sol	Tox	Vol	Con	Vnetlj.	Ekspl.
Zelo strupene	0	8-10	0	0	0	0
Strupene	0	4-6	0	0	0	0
Oksidativne	0	0	0	0	0	0
Eksplozivne (i)	0	0	0	0	0	2
Eksplozivne (ii)	0	0	0	0	0	1
Vnetljive (iii)	0	0	0	0	1	0
Lahko vnetljive (iv)	0	0	0	0	2	0
Zelo lahko vnetljive (v)	0	0	0	0	3	0
Zelo strupeno za vodne organizme (vi)	0	8-10	0	0	0	0

Opombe (razlage opomb so podane kot to razumejo avtorji tega poročila):

i: za snovi z opozorilom R3

ii: za snovi z opozorilom R2

iii: za snovi z opozorilom R10

iv: za snovi z opozorilom R11/II.

v: za snovi za opozorilom R12/I in II.

vi: za snovi z opozorili R50, 51 in 53.

PRILOGA 3 – potrebne tabele za uporabo metode IAEA

Tabela 2: Preglednica referenčnih števil.

Aktivnost/dejavnost		Najpomembnejše snovi	Referenčna številka (tabela 4)
Skladiščenje goriva	Prečrpališče (črpalna postaja)	bencin	6
	Postajališče avto cistern	bencin in UNP	7
	Vmesno skladišče	bencin	6
		UNP	7, 9
	Glavno skladišče	nafta	1, 3
		bencin	4, 6
		UNP	7, 9, 10, 11
		naravni plin	10, 11
	Skladišče plinskih jeklenk	različni plini	13
Proizvodnja, predelava in skladiščenje goriva	rafinerija	UNP, propan	7, 9
	alkilacija	Vodikov florid	31
	kreiranje	butilen	7, 9
		etilen	12
		Etilen oksid	30
		propilen	7, 9
		Vinil klorid	7, 9
Transport goriva	Po cevovodu	UNP, propan	8
		Naravni plin	12
		bencin	5
		nafta	2
	Vodni (rečni)	UNP (s pritiskom)	9
		UNP (z ohlajanjem)	11
		bencin	6
		nafta	3
	Kopenski (železnica, cesta)	UNP	7
		bencin	6
		nafta	4
Večja hladilna postrojenja	Mlečna industrija, pivovarne, proizvodnja margarine, sladoleda, čokolade, skladiščenje mesa, rib, sadja, cvetja itd.	amonijak	31
Hrana in živila	Industrija sladkorja	Žveplov dioksid	31
	Industrija moke	Metil bromid	32
	Ekstrakcija olja/maščob	heksan	1, 3
	proizvodnja kvasa, alkoholnih pijač (destilacija)	Gorljive tekočine	4, 6
	Industrija kakava	heksan	1, 3
Specifična bazna proizvodnja	Industrija usnja	Akroleinske kislinee	18, 21
	Lesna industrija	formaldehid	32
	Papirna industrija	Etilen oksid	30
		epiklorhidrin	16, 17
	Gumarska industrija	stiren	4, 6
		akrilonitril	18, 21
	Tekstilna industrija (vključujoč spremljajoče	Etilen oksid	30
		formaldehid	32

Aktivnost/dejavnost		Najpomembnejše snovi	Referenčna številka (tabela 4)
	dejavnosti)	Alkil fenoli	
Metalurgija, elektronska industrija	Pretaljevalne peči	Ogljikov monoksid	31
		amonijak	31
	Obdelava površin	arzin	34
Specifične kamikalije (snovi)	Umetna gnojila	amonijak	31, 36
		Produkti gorenja	43
	Žveplova kislina	Žveplov oksidi	45
	Umetne smole	Etilen oksid	30
		klor	32
		akrilonitril	18, 21
		fosgen	33
		formaldehid	32
	Plastika/sintetične snovi	Vinil klorid	7, 9
		akrilonitril	18, 21
		klor	32
		Produkti gorenja	46
	Barvila/pigmenti	fosgen	33
		topila	4, 6
		Produkti gorenja	46
	Klorirani-florirani ogljikovodiki (CFC)	klorovodik	40, 42
		klor	32
		florovodik	31
	klor	klor	32, 37
	Vinil klorid	klor	32
		Vinil klorid	7, 9
		klorovodik	40, 42
	amonijak	amonijak	31, 36
	klorovodik	klorovodik	40, 42
		klor	32
	vlakna	Ogljikov disulfid	18
		žveplovodik	32
	Zdravila/farmacevtski proizvodi	klor	32
		topila	4, 6
	polimerizacija	butilen	7, 9
		etilen	12
		propan	7, 9
		vinil acetat	1, 3
	Sintetična vlakna	metanol	1, 3
	Klor alkalna elektroliza	klor	32
		vodik	12
Pesticidi	Proizvodnja surovin	fosgen	33
		izocianati	26, 29
		klor	32
		produkti gorenja	43
	Priprava (mešanje surovin) in skladiščenje	produkti gorenja	43
	Prodaja in skladiščenje	produkti gorenja	43
		metil bromid	32
Eksplozivi	Proizvodnja in skladiščenje	različna	14
	Skladiščenje streliva	različna	14, 15

Aktivnost/dejavnost		Najpomembnejše snovi	Referenčna številka (tabela 4)
Javni objekti in naprave	Priprava pitne vode	klor	32
	Skladiščenje pesticidov	Produkti gorenja	43
Pristanišča	kontejnerji	različni	^a
	Rezervoarji (vsebniki)	različni	^a
Transport	cevovodi	klor	41
		amonijak	40
		Etilen oksid	40
		klorovodik	41, 42
	Cesta in železnica (skupaj z ranžirnimi postajami)	Vnetljivi plini ^b : 23, 236, 239	7
		Vnetljive tekočine ^b : 33, 336, 338, 339, 333, x338, x323, x423, 446, 539	6
		Zelo strupeni plini ^b : 26, 265, 266	32
		Srednje strupeni plini ^b : 236, 268, 286	31
		Strupene tekočine ^b : 336, 66, 663	19
	Vodni transport	Eksplozivi ^b : 1.1, 1.5	14
		Gorljivi plini ^b : 23, 236, 239	9 ^c , 11 ^d
		Gorljive tekočine ^b : 33, 336, 338, 339, 333, x338, x323, x423, 446, 539	6
		Zelo strupeni plini ^b : 26, 256, 266	32 ^c , 37 ^d
		Srednje strupeni plini ^b : 236, 268, 286	31 ^c , 36 ^d
		Strupene tekočine ^{b,c} : 336, 66, 663	20
^a glej prilogo 1 za specifične referenčne številke ^b mednarodna transportna oznaka (glej tudi tabelo 4) ^c pod pritiskom ^d ohlajeno ^e netopno; gostota $\leq 1 \text{ kg/dm}^3$.			

Tabela 3: Kriteriji za obravnavo in vključitev industrijskih dejavnosti v študijo.

a) kriterij oddaljenosti od naseljenih območij ^a (najbližjega naselja)

Dejavnost		Oddaljenost (m)
Stacionarna postrojenja (fiksna)	Gorljive snovi in/ali eksplozivi	<1000
	Specifično:	
	- bencinska postaja	<50
	- postaja UNP	<100
	- cevovod za gorljive tekočine	<50
	- skladiščenje jeklenk (25-100 kg)	<100
	Strupene snovi	<10000
	Specifično:	
	- hladilnice	<100
	- skladiščenje pesticidov za maloprodajo	<50
Transport	UNP	
	- cesta/železnica	<200
	- vodni transport	<500
	bencin	
	- cesta/železnica	<50
	- vodni transport	<200
	nafta	
	- cesta/železnica	<25
	- vodni transport	<100
	strupene snovi	
	- cesta/železnica	<3000
	- vodni transport	<3000

^a vrednosti upoštevajo maksimalne prisotne količine in najvišjo strupenost snovi, ki normalno pojavljajo v naveddenih dejavnostih

b) kriterij gostote prometa

Dejavnost		Število enot/leto
Transport	plin	
	- cesta	>50
	- železnica	>500
	o ranžirne postaje	>50
	- voda	>500
	tekočine	
	- cesta	>50
	- železnica	>5000
	o ranžirne postaje	>50
	- voda	>50
	eksplozivi	
	- cesta	>20
	- železnica	>200
	o ranžirne postaje	>20
	- voda	>20

Tabela 4: Klasifikacija snovi po kategorijah učinkov

Ref. št.	Vrsta snovi	Glavne lastnosti	Dejavnost
1	Vnetljive tekočine	Parni tlak <0,3 bar pri 20°C	Skladiščenje z lovilnim bazenom
2 ^a			cevovod
3			drugo
4		Parni tlak ≥0,3 bar pri 20°C	Skladiščenje z lovilnim bazenom
5 ^a			cevovod
6			drugo
7	Vnetljivi plini	Utekočinjeni s pritiskom	Železnica, cesta, nadzemna skladišča
8 ^a			cevovod
9			drugo
10		Utekočinjeni z ohlajanjem	Skladiščenje z lovilnim bazenom
11			drugo
12 ^a		Pod pritiskom	cevovod
13			Skladiščenje jeklenk (25-100 kg)
14	Eksplozivi	V razsutem stanju (povzroči eno eksplozijo)	
15		Pakirano (na primer granate)	
16	Strupene tekočine	Nizka strupenost	Skladiščenje z lovilnim bazenom
17			drugo
18		Srednja strupenost	Skladiščenje z lovilnim bazenom
19			Cesta/železnica
20			voda
21			drugo
22		Močna strupenost	Skladiščenje z lovilnim bazenom
23			Cesta/železnica
24			voda
25			drugo
26		Zelo visoka strupenost	Skladiščenje z lovilnim bazenom
27			Cesta/železnica
28			voda
29			drugo
30	Strupeni plini	Utekočinjeni s pritiskom: nizka strupenost srednja strupenost močna strupenost zelo visoka strupenost ekstremna strupenost	V primeru, da poteka dejavnost na vodi, izberi referenčne številke 30-34 namesto 35-39
31			
32			
33			
34			
35		Utekočinjeni z ohlajanjem: nizka strupenost srednja strupenost močna strupenost zelo visoka strupenost ekstremna strupenost	
36			
37			
38			
39			
40 ^a		V cevovodih: srednja strupenost močna strupenost	
41 ^a			
42 ^a		Pod pritiskom >25 bar: močna strupenost	
43		Strupeni produkti gorenja	pesticidov
44			gnojil (vsebujejo N)
45			žveplove kisline
46			plastike (vsebuje Cl)

^a kategorije za cevovode so v tabeli 4b.

^a kategorije za cevovode so v tabeli 4b.

Tabela 4a: Kategorije učinkov glede na količine prisotnih snovi.

Ref. št.	Količina (t)								
	0,2-1	1-5	5-10	10-50	50-200	200-1000	1000-5000	5000-10000	>10000
1	-	-	-	-	-	AI	BI	BI	CI
2 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	AI	BI	CI	DII	X	X
4	-	-	-	-	-	BI	CII	CII	DII
5 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	BII	CII	DII	EII	X	X
7	-	AI	BI	CI	DI	EI	X	X	X
8 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	BII	CIII	CIII	DIII	EIII	X	X	X
10	-	-	-	-	-	BI	CII	CII	DII
11	-	-	-	BII	CII	DII	EII	X	X
12 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	CIII	CII	CI	CI	X	X	X
14	AI	BI	BI	CI	CI	DI	X	X	X
15	BIII	BIII	CIII	CI	CI	DI	X	X	X
16	-	-	-	-	-	AII	AII	BII	CIII
17	-	-	-	AIII	AII	BII	CII	CH	CH
18	-	-	-	AIII	BIII	DIII	EIII	FIII	FIII
19	-	AII	CIII	DIII	X	X	X	X	X
20	-	BII	DIII	EIII	FIII	GIII	X	X	X
21	-	BII	CIII	DIII	EIII	FIII	FIII	X	X
22	-	-	AII	BIII	CIII	EIII	FIII	GIII	GIII
23	BII	CII	DIII	EIII	X	X	X	X	X
24	CII	DII	EIII	FIII	GIII	GIII	X	X	X
25	BII	CII	DIII	EIII	FIII	FIII	GIII	X	X
26	AII	BII	CIII	EIII	FIII	GIII	GIII	HIII	HIII
27	CII	DIII	EIII	FIII	X	X	X	X	X
28	DIII	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X	X
29	CIII	DIII	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X
30	AII	BII	BII	CIII	CII	DIII	DIII	DIII	EIII
31	BII	CII	CH	DIII	EIII	FIII	FIII	GIII	HIII
32	CH	DIII	EIII	EIII	FIII	GIII	GIII	X	X
33	DIII	EIII	FIII	GIII	GIII	HIII	X	X	X
34	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X	X	X
35	-	-	-	AII	AII	BII	BII	CII	DIII
36	-	AII	BII	CII	DIII	DIII	EIII	FIII	GIII
37	BII	CII	DIII	EIII	EIII	FIII	FIII	GIII	HIII
38	DIII	EIII	FIII	FIII	GIII	GIII	X	X	X
39	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X	X	X
40 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	-	-	-	BII	DIII	EIII	EIII	X	X
44	-	AII	AII	CIII	EIII	FIII	FIII	X	X
45	-	-	AII	BII	CIII	DIII	DIII	X	X
46	-	-	-	AII	CIII	DIII	DIII	X	X
Simboli: X pomeni kombinacijo snovi in da navedena količina se ne pojavlja v praksi; - pomeni zanemarljive učinke									
^a kategorije za cevovode so v tabeli 4b.									

Tabela 4b: Kategorije učinkov za snovi v podzemnih cevovodih zunaj organizacij

Ref.št.	Vrsta snovi	Glavne lastnosti	Premjer cevovoda ^a (m)	Kategorija
2	Vnetljiva tekočina	Parni tlak pri 20°C <0.3 bar	>0,2	AI
5		Parni tlak pri 20°C ≥0.3 bar	0,2-0,4 >0,4	AI BII
8	Vnetljiv plin	Utekočinjen s pritiskom	<0,1 0,1-0,2 >0,2	CI DI EI
12		Pod pritiskom	0,2-1 >1	AI BI
40	Strupen plin	Srednja strupenost	<01 0,1-0,2	EIII FIII
41		Močna strupenost	<0,1 0,1-0,2	FIII GIII
42		Pritisk >25 bar, močna strupenost	<0,02 0.02-0,04 0,04-0,1	DIII EIII FIII
^a premer največje cevi				

Tabela 6: Gostota prebivalstva.

Opis območja	Gostota (ljudi/ha)
Podeželje, posamezne hiše	5
Posamezna manjša naselja	10
Vas, mirno okolje	20
Stanovanjsko območje	40
Živahno poseljeno območje	80
Urbano okolje, trgovinski centri, mestno okolje	160

Tabela 7: Korekcijski faktor f_A za razporeditev glavnih poseljenih območij znotraj kroga, katerega polmer je največja razdalja v smislu kategorizacije učinkov

Kategorija območja vplivov	Delež naseljenosti (%) v območju (krog)				
	100	50	20	10	5
I	1	0,5	0,2	0,1	0,05
II	1	1	0,4	0,2	0,1
III	1	1	1	1	1

Tabela 8: Korekcijski faktor (f_m), ki upošteva blažilne ukrepe

Snov (referenčna številka)	f_m
Vnetljive (1-12)	1
Vnetljive (13)	0,1
Eksplzivni (14, 15)	1
Strupene tekočine (16-29, 43-46)	0,05
Strupeni plini (30-34, 37-39, 40-42)	0,1
Strupeni plini (35-36)	0,05
Opomba: pri izboru faktorjev je treba upoštevati naslednje:	
- Vrsto in trajanje učinka (na primer časovni razmik med pojavom izrednega dogodka in pričakovanim učinkom) - Možnosti za uporabo zaščitnih sredstev v območju izpostavljenosti	

Tabela 9: Povprečno verjetnostno število ($N_{i,s}^0$) za stacionarna (fiksna) postrojenja

Snov (referenčna številka)	Aktivnost/dejavnost	
	Skladiščenje	Proizvodnja
Vnetljiva tekočina (1-3)	8	7
Vnetljiva tekočina (4-6)	7	6
Vnetljiv plin (7)	6	5
Vnetljiv plin (9)	7	6
Vnetljiv plin (10, 11)	6	-
Vnetljiv plin (13)	4	-
Eksploziv (14, 15)	7	6
Strupena tekočina (16-29)	5	4
Strupen plin (30-34)	6	5
Strupen plin (35-39)	6	-
Strupen plin (42)	5	4
Produkti gorenja (43-46)	3	-

Tabela 10a: Korekcijski faktor (n_1), ki upošteva frekvenco razkladanja/nakladanja

Frekvenca razkladanja/nakladanja (na leto) ^a	n_1
1-10	+0,5
10-50	0
50-200	-1
200-500	-1,5
500-2000	-2

^a velja za vse aktivnosti/dejavnosti razen za cevovode in skladiščenje jeklenk (referenčna številka 13). Pri izračunu posledic je treba upoštevati količino nevarne snovi, ki se razklada/naklada na ladjo, železniško ali avto cisterno. Pri ladjah je treba upoštevati tudi možnost trčenja v pristanišču (glej tabelo 10b).

Tabela 10b: Korekcijski faktor (n_l), ki upošteva frekvenco razkladanja/nakladanja za ladje

Pri razkladanju/nakladanju ladij je treba upoštevati možnost trčenja v pristanišču. Glede na to so vrednosti korekcijskega faktorja naslednje:	
Dejavniki	n_l
(I) Število ladij v pristanišču na leto	
- 300-3000	-3
- 3000-30000	-4
- 30000-300000	-5
(II) Število ladij za razkladanje/nakladaje na leto	
- 30-300	-2
- 300-3000	-3
- 3000-30000	-4
(III) Povprečno trajanje razkladanja/nakladanja	
- 1 ura	0
- 3 ure	-0,5
- 10 ur	-1
Verjetnostno število se izračuna po naslednji enačbi: $10 + (I) + (II) + (III)$ Ocena posledic se izdelava z upoštevanjem vsebine povprečne ladje.	

Tabela 11: Korekcijski faktor (n_f) za vnetljive snovi, ki upošteva varnostne ukrepe

Snov (referenčna številka)	Varnosti ukrepi – število jeklenk	n_f
Vnetljiv plin (7, 13)	Vodna prha	+0,5
Vnetljiv plin (10)	Dvojni plašč	+1
Vnetljiv plin (13)	požarna stena	+1
	Vodna prha	+0,5
	5-50 vskladiščenih jeklenk	+1
	50-500 vskladiščenih jeklenk	0
	>500 vskladiščenih jeklenk	-1

Tabela 12. Korekcijski faktor (n_o), ki upošteva organizacijske varnostne ukrepe ^a

Stanje	n_o
Nadpovprečno stanje v industriji	+0,5
Povprečno stanje	0
Podpovprečno	-0,5
Skromno	-1
Brez varnostnih ukrepov	-1,5

^a upošteva se več dejavnikov: vodenje, starost obrata, vzdrževanje, navodila in postopki, varnostna kultura, urjenje, načrti zaščite in reševanja, itd.

Tabela 13: Korekcijski faktor (n_p), ki upošteva poseljenost in smer vetra znotraj območja vpliva

Kategorija območja vpliva	Delež (%) poseljenosti v območju vpliva				
	100	50	20	10	5
I	0	0	0	0	0
II	0	0,5	0,5	0,5	0,5
III	0	0,5	0,5	1	1,5

Tabela 14. Pretvorba verjetnostnih števil (N) v frekvence (dogodek/leto) ^a

N	P	N	P	N	P
0	1×10^0	5	1×10^{-5}	10	1×10^{-10}
0,5	3×10^{-1}	5,5	3×10^{-6}	10,5	3×10^{-11}
1	1×10^{-1}	6	1×10^{-6}	11	1×10^{-11}
1,5	3×10^{-2}	6,5	3×10^{-7}	11,5	3×10^{-12}
2	1×10^{-2}	7	1×10^{-7}	12	1×10^{-12}
2,5	3×10^{-3}	7,5	3×10^{-8}	12,5	3×10^{-13}
3	1×10^{-3}	8	1×10^{-8}	13	1×10^{-13}
3,5	3×10^{-4}	8,5	3×10^{-9}	13,5	3×10^{-14}
4	1×10^{-4}	9	1×10^{-9}	14	1×10^{-14}
4,5	3×10^{-5}	9,5	3×10^{-10}	14,5	3×10^{-15}
^a N ima absolutno vrednost logaritma P ($N = \log_{10} P $).					

4. Literatura

- 1 Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja, Poročilo 36006-23-RP-101, Naloga 1a, PHARE Regional Environmental Accession Project, Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, 27. november 2002.
- 2 Guidelines for chemical process quantitative risk analysis, Second Edition, Center for chemical process safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2000, ISBN: 0-8169-0720-X.
- 3 Integrated Regional Risk Assessment, Vol. II, Consequence Assessment of Accidental Releases, Adrian V. Gheorghe, Michel Nicolet-Monnier, Kluwer Academic Publishers, 1995, ISBN 0-7923-3719-0.
- 4 Hazop and Hazan - Identifying and Assessing Process Industry Hazards, Trevor Kletz, Third Edition, 1993, Institution of Chemical Engineers, Hemisphere Publishing Corporation, ISBN 0 85295 285 6.
- 5 A qualitative model to evaluate the risk potential of major hazardous industrial plants, A. Suarez, C. Kirchsteiger, EC Joint Research Centre, Institute for systems, informatics and safety, Major accidents Hazards Bureau (MAHB), 21020 Ispra (VA), Italy, 1998, EUR 18128EN.
- 6 Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries, IAEA-TECDOC-727 (Rev.1), November 1996.

**Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene
tveganja za okolje ob izrednih dogodkih**

Drugi del

**Ocene tveganja za izbrane vire tveganja
(Skrajšana verzija poročila - pripravljena na MOP)**

(2A) - Ocena tveganja za KIK Group d.d., Fužine 9, 1240 Kamnik

Vsebina

1. UVOD	5
2. POVZETEK	7
3. OPIS LOKACIJE KIK GROUP D.D.....	10
3.1. Osnovni podatki o organizaciji	10
3.2. Zgodovina podjetja	10
3.3. Organiziranost podjetja KIK Group d.d.	11
3.4. Opis lokacije.....	11
3.5. Meteorološka situacija	12
3.6. Splošen opis dejavnosti na lokaciji	15
3.6.1. Delitev dejavnosti.....	15
3.6.2. Druge dejavnosti na lokaciji	15
3.7. Nevarne dejavnosti na lokaciji.....	16
3.7.1. Specifičnost proizvodnje eksplozivnih snovi.....	16
3.7.2. Splošno o lastnostih eksplozivnih snovi.....	18
3.7.3. Dejavnosti KIK Explo d.o.o.....	22
3.7.3.1. OPIS PROIZVODNJE PRAŠKASTIH RAZSTRELIV	23
3.7.3.2. PROIZVODNJA ANFO RAZSTRELIV	23
3.7.3.3. PROIZVODNJA VODOPLASTIČNIH RAZSTRELIV	23
3.7.3.4. PROIZVODNJA EMULZIJSKIH RAZSTRELIV	23
3.7.3.5. PREGLED ŠTEVILA OSEBJA PO OBJEKTIH V PROIZVODNJI RAZSTRELIV	23
3.7.4. Dejavnost KIK Pirotehnika d.o.o.	24
3.7.4.1. UVOD	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.4.2. SPLOŠNO O PIROTEHNIČNIH SNOVEH	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.4.3. OPIS PROIZVODNIH PROCESOV	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5. Dejavnost KIK Smodniki d.o.o.	25
3.7.5.1. UVOD	25
3.7.5.2. KRATKA ZGODOVINA ČRNEGA SMODNIKA.....	25
3.7.5.3. LASTNOSTNI ČRNEGA SMODNIKA	26
3.7.5.4. SPLOŠNI OPIS PROIZVODNJE ČRNEGA SMODNIKA	28
3.7.5.5. DROBLJENJE SUROVIN ZA ČRNI SMODNIK	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5.6. HOMOGENIZIRANJE TERNARNE ZMESI ČRNEGA SMODNIKA V KOLODROBU.....	ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.	
3.7.5.7. MEŠALNICA – DROBLJENJE SMODNIKOVH KOLAČEV	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

3.7.5.8.	STISKANJE SMODNIKA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5.9.	PREDDROBILEC ČRNEGA SMODNIKA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5.10.	ZRNJENJE (DROBLJENJE) SMODNIKOV	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5.11.	I. SORTIRANJE (SEJANJE)	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5.12.	POLIRANJE (GRAFITIRANJE) SMODNIKA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5.13.	II. SORTIRANJE	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5.14.	MEŠALNICA SMODNIKA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5.15.	SUŠENJE ČRNEGA SMODNIKA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5.16.	PAKOVALNICA ČRNEGA SMODNIKA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.7.5.17.	PREGLED KOLIČIN NEVARNIH SNOVI IN OSEBJA PO OBJEKTIH V PROIZVODNJI SMODNIKA	29
3.8.	Maksimalne količine nevarnih snovi na lokaciji KIK Group d.d.....	30
4.	PREGLED ZGODOVINE NESREČ NA OBMOČJU KIK GROUP D.D.	31
5.	UGOTAVLJANJE NEVARNOSTI.....	34
5.1.	Obstoječe študije povezane z izdelavo ocene tveganja.....	34
5.2.	Izvedba HAZOP študij	36
5.3.	Rezultati HAZOP študij	39
5.4.	Razvrščanje nevarnosti.....	39
5.5.	Ugotovljene nevarnosti za večje nesreče	42
5.6.	Scenariji pojavljanja večjih nesreč.....	44
6.	OCENJEVANJE POSLEDIC IN POGOSTNOSTI POJAVLJANJA VEČJIH NESREČ.....	46
6.1.	Ocenjevanje posledic.....	46
6.1.1.	Modeliranje posledic.....	46
6.1.2.	Rezultati modeliranja posledic.....	49
6.1.3.	Ocena nezanesljivosti pri izračunih razdalj za nadtlake.....	49
6.1.4.	Ocena možnosti za verižno nesrečo (domino vplivi)	54
6.1.5.	Ocena števila potencialno ogroženih hiš in prebivalcev	57
6.2.	Ocenjevanje pogostnosti pojavljanja večjih nesreč.....	58
6.2.1.	Uvod.....	58
6.2.2.	Rezultati ocenjevanja pogostnosti pojavljanja večjih nesreč	59
6.2.2.1.	OCENA POGOSTNOSTI ODPOVEDI/NAPAK ZA SCENARIJ "DETONACIJA ČRNEGA SMODNIKA V KOLODROBU".....	59
6.2.2.2.	OCENA POGOSTNOSTI ODPOVEDI/NAPAK ZA SCENARIJ "DETONACIJA RAZSTRELIVA V KOLODROBU".....	60
6.2.2.3.	OCENA POGOSTNOSTI ODPOVEDI/NAPAK ZA SCENARIJ "SUŠENJE PIROTEHNIČNIH SNOVI V OBJEKTU 105A"	61

6.2.2.4.	OCENA POGOSTNOSTI ODPOVEDI/NAPAK ZA SCENARIJ "DETONACIJA V SKLADIŠČIH"	61
6.3.	Revizija predhodne uvrstitve dogodkov med najtežje pričakovane, verjetne in možne na osnovi podrobne ocene tveganja	66
7.	RAZVRŠČANJE TVEGANJA Z METODO SPIRS	67
7.1.	Splošno.....	67
7.2.	Potrebni podatki o viru tveganja za vnos v bazo podatkov SPIRS	70
7.3.	Rezultati metode	71
8.	OCENA TVEGANJA Z METODO IAEA	72
8.1.	Opis postopka ocenjevanja	72
8.2.	Izračun in rezultati ocene tveganja za posamezne objekte	72
8.2.1.	Objekt 41	72
8.2.2.	Objekt 50.....	73
8.2.3.	Objekt 60.....	74
8.2.4.	Objekt 91.....	74
8.2.5.	Objekt 112.....	75
9.	ZAKLJUČKI	77
10.	PRILOGE	79
	PRILOGA 1 - Pregled maksimalnih količin nevarnih snoviError! Bookmark not defined.	
	PRILOGA 2 - HAZOP zapisniki za posamezne obravnavane organizacijske enote in tehnološke sklope..... Error! Bookmark not defined.	
	PRILOGA 3 - Pregled podatkov o preteklih nesrečah na območju KIK Group d.d. Error! Bookmark not defined.	
	PRILOGA 4 - Zapisnik postopka razvrščanje nevarnosti večjih nesreč (HAZID). Error! Bookmark not defined.	
	PRILOGA 5 - Regulacijska shema sušilnika v objektu 105aError! Bookmark not defined.	
	PRILOGA 6 - Fotografski posnetki situacije na lokaciji... Error! Bookmark not defined.	
11.	LITERATURA	80

1. Uvod

Ocena tveganja je bila izdelana v okviru Ciljnega raziskovanega projekta "Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje zaradi nesreč z nevarnimi kemikalijami za različne vire tveganja v Sloveniji", št. V1-0701-02, št. pogodbe: 3311-02-828701 in 2511-02-200033, ki sta ga financirala Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport, Trg OF 13, 1000 Ljubljana in Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Dunajska 48, 1000 Ljubljana.

Namen študije je primerjalno raziskati uporabnost treh različnih metod za izdelavo ocen tveganja na primerih treh različnih (v tehničnem smislu) virov večjega tveganja za okolje v Sloveniji s primerjavo rezultatov ocen tveganja.

V okviru študije smo izdelali ocene tveganja za naslednje vire tveganja:

1. Kemijska Industrija Kamnik d.d., Fužine 9, 1240 Kamnik.
2. Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje - PE Kemična industrija, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje.
3. Butan Plin d.d., Verovškova 70, 1000 Ljubljana.

V študiji smo uporabili in primerjali naslednje tri metode za oceno tveganj:

- Kvantitativno oceno tveganja (referenčna metoda [10, 11, 12]) smo izvedli v naslednjih bistvenih sestavinah:
 1. Zbiranje podatkov o lokaciji, okolici, procesu, dejavnosti in snoveh,
 2. Ugotavljanje nevarnosti,
 3. Razvrščanje nevarnosti - prioritete,
 4. Izdelava scenarijev za večje nesreče,
 5. Ocenjevanje tveganja (kvantitativno ocenjevanje posledic in pogostnosti).
- Metodo SPIRS (Seveso Plant Information Retrieval System), ki jo je razvil Major Accident Hazard Bureau, Joint Research Centre, Ispra, Italija, kot koordinacijsko telo Evropske skupnosti. Metoda omogoča vnos osnovnih podatkov o organizacijah - zavezanih v skladu z evropsko direktivo št. 96/82/EC (imenovana tudi Seveso II) v evropsko bazo podatkov, in kvalitativno primerjalno razvrščanje potencialnih tveganj med zavezanci [1].
- Metoda IAEA za hitro oceno tveganj (imenovana tudi RRA - Rapid Risk Assessment) je nastala v sodelovanju IAEA, UNEP, UNIDO in WHO [2]. Metoda omogoča zelo hitro

oceno tveganja, predvsem v prve, primerjalne namene razvrščanja posameznih virov tveganja glede na potencialno tveganje za svojo okolico.

To poročilo o izdelani oceni tveganja opisuje dejavnosti na območju podjetja KIK Group d.d., količine, opisuje postopek in rezultate izdelane ocene tveganja za ugotovljene nevarnosti na lokaciji (proizvodnja in skladiščenje eksplozivnih snovi). Poročilo obsega scenarije za nastanek večjih nesreč ter kvantitativno oceno možnih posledic in pogostnosti. Zbrane podatke o dejavnostih in nekatere rezultate kvantitativne ocene tveganja smo v nadaljevanju uporabili tudi za izdelavo ocen tveganja po metodah SPIRS in IAEA.

V zaključku podajamo primerjavo uporabljenih metod.

2. Povzetek

Oceno tveganja za KIK Group d.d. smo izdelali s tremi metodami: kvantitativno, IAEA in SPIRS. Postopek izdelave kvantitativne ocene tveganja je obsegal naslednje faze:

- ugotavljanje nevarnosti (predvsem nevarnosti za večje nesreče)
- oceno možnih posledic izrednih dogodkov (trenutnih, zakasnelih in možnosti verižnega širjenja dogodkov - tako imenovane domino nesreče)
- oceno pogostnosti, da pride do izrednih dogodkov in njihovih posledic
- izdelava priporočil za zmanjšanje tveganja.

V okviru ugotavljanja nevarnosti je bila opravljena študija HAZOP (Hazard and Operability Study - študija delovanja sistema in virov nevarnosti) z razvrščanjem ugotovljenih nevarnosti glede na možne posledice in kvalitativno oceno pogostnosti pojavljanja. Za tako razvrščene nevarnosti smo potem opravili kvantitativno oceno posledic in pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov, ter na osnovi rezultatov opravili končno razvrstitev dogodkov v najtežje pričakovane, najtežje verjetne in najtežje možne. Za slednje smo uporabili računalniški program PHAST in metodo analize drevesa odpovedi/napak.

Z metodo SPIRS smo izračunali potencial za tveganje za posamezne nevarnosti (ki jih določajo posamezne nevarne snovi na lokaciji vira tveganja) in tipe prejemnikov tveganja.

Metoda IAEA je sicer namenjena primerjalnemu ocenjevanju tveganj iz različnih virov, tukaj pa smo jo uporabili za oceno specifičnih tveganj iz posameznih tehnoloških virov. Rezultati, ki jih daje metoda, so število smrtnih žrtev in pogostnost izrednega dogodka.

Pri KIK Group d.d. je najpomembnejši izredni dogodek eksplozija (detonacija). Ugotavljali smo vplivno območje za referenčne nadtlake pri eksploziji snovi v izbranih objektih (tehnoloških fazah). Rezultati so zbrani v tabeli 1.

Ocene so negotove, na kar smo podrobno opozorili v oceni. Identificirali smo glavne vire nezanesljivosti in jih tudi kvantitativno ocenili. Izračunane oddaljenosti, oziroma velikosti vplivnih območij so precenjene, saj enačbe ne upoštevajo varnostnih faktorjev in značilnosti lokacije kot so varnostni nasipi, konfiguracija terena, poraščenost terena, ipd. V oceni smo

demonstrirali, kako se rezultati spremenijo, če upoštevamo nekatere od varnostnih faktorjev in ugotovili, da nasipi preusmerijo udarni val tako, da se v določenih smereh vplivni radij zmanjša za približno 15 %. Ocenili smo tudi, da bi v določenih primerih izrednih dogodkov bili radiji vplivnih območij manjši celo za faktor 2, ne bi pa se udarni val razširjal v obliki krožnice, ampak nepravilne geometrijske oblike.

Rezultati dobljeni s kvantitativno metodo so uporabni za odločanje o zmanjševanju tveganja, izdelavo načrtov zaščite in reševanja, potrebe prostorskega planiranja in dovoljevanja posegov v prostor, rezultati dobljeni po metodah SPIRS in IAEA pa ne. Slednji metodi sta uporabni le za primerjalno ocenjevanje tveganj iz različnih virov, saj njihove rezultate ni mogoče ustrezno tolmačiti v absolutnem smislu.

Tabela 1: Izračunane razdalje od središč eksplozij do ciljnih nadtlakov ali varnostne razdalje za izbrane objekte, eksplozivne snovi in ekvivalentne maksimalne količine TNT v objektih.

				Razdalje v metrih										
			ekv.	do nadtlakov (i)			varnostne razdalje (ii)						L50	LP50
Št. objekta	Nasip (v)	Snov	TNT (kg)	20,7 kPa	13,8 kPa	2,1 kPa	A	B	C	D	E	F	(iii)	(iv)

Opombe:

(i) glej [11], stran 160 in naprej.

(ii) glej [4], tabela 1 in 1b, ter poglavje, za razdalje od A do F glej to poročilo, tabela 15, stran 35.

(iii) L50 - 50% zidanih hiš poškodovanih (angleški tip gradnje), [17].

(iv) LP50 - 50% smrtnost za ljudi na osnovi probit funkcije ($Y=5$) za direktne učinke eksplozije, kar ustreza nadtlaku 145 kPa, [18].

(v) podatek je zgolj informativnega značaja, saj pri izračunih razdalj nasip ni upoštevan, razen pri objektu 58.1 - poudarjen tisk, kar smo opravili za demonstracijo.

3. Opis lokacije KIK Group d.d

3.1. Osnovni podatki o organizaciji

Ime organizacije in naslov: KIK Group d.d., Fužine 9, 1240 Kamnik, Slovenija
Telefon: +386 1 830 38 00
Fax: +386 1 839 27 35
Spletna stran: <http://www.kik.si>
Šifra dejavnosti: 24.610
Matična številka: 5043247
Glavni direktor:

3.2. Zgodovina podjetja

Kemijska industrija "Kamnik" d.d. sodi med najstarejša podjetja na Slovenskem. Ko je leta 1849 avstroogrška vojska zasedla lombardijsko mesto Mantova in zaplenila tamkajšnjo tovarno črnega smodnika, so stroje demontirali in odpeljali v Kamnik na lokacijo ob reki Kamniški Bistrici, kjer so v Andreolijevih fužinah izdelovali žeblje. Prvi kilogrami črnega smodnika so bili izdelani v Kamniku leta 1852. V tovarni so bili zaposleni samo vojaki na rednem služenju vojaškega roka - zlasti Čehi, ki so bili v civilu obrtniki. V letu 1870 so zaradi nizke storilnosti začeli zaposlovati lokalno civilno delovno silo. Že takrat so poleg vojaškega razstreliva (kockasti smodnik za topove, lovski rundkorn ter črni smodnik) izdelovali tudi rudarski smodnik. Leta 1891 je bila do Kamnika speljana železnica, zato se je tudi prevoz smodnika moderniziral. Namesto z vozovi in konji so začeli smodnik voziti v Ljubljano s posebnimi vagoni.

Med prvo svetovno vojno je avstroogrška vojska preselila smodnišnico v Troifach. Po porazu italijanske vojske na Soški fronti so pripeljali v Kamniško smodnišnico nove stroje. Po letu 1918 je smodnišnico prevzel slovenski narodni odbor v Kamniku, nato pa je delovala pod okriljem vojaške uprave.

Izdelovali so lovski, rudarski, topovski in minski smodnik, začeli pa so proizvajati gospodarsko razstrelivo in počasi gorečo vžigalno vrvico ter smodnik za vžigalno vrvico.

Ker je konkurenca novo nastalih podjetij postajala vse ostrejša, po eni strani, po drugi strani pa poraba črnega smodnika in vžigalne vrvice vedno manjša, se je razvoj podjetja "Kemična industrija Kamnik" usmeril tudi na druga področja: izdelavo gospodarskih razstreliv, predelavo aluminija, izdelavo pirotehničnih izdelkov in v predelavo plastike ter izdelavo embalažnega materiala.

Dne 7.10.1996 se je "Kemijska industrija Kamnik" preoblikovala v delniško družbo.

Med pomembnejše aktivnosti, ki potekajo v Kemijski industriji Kamnik v tem trenutku, je potrebno prišteti prilagajanje proizvodnih in poslovnih procesov zahtevam bližajočega se skupnega evropskega trga.

V prihajajočih letih ima Kemijska industrija Kamnik namen povečati obseg poslovanja. Namerava se še intenzivneje vključiti v procese mednarodne konkurence z namenom postati vodilno podjetje za proizvodnjo razstrelilnih snovi na trgih Slovenije, Hrvaške in Bosne in Hercegovine, medtem ko želi na drugih trgih še povečati svojo prisotnost.

3.3. Organiziranost podjetja KIK Group d.d.

Podjetje KIK Group d.d. (KIK) je organizirano kot holding družba, ki ima v svoji lasti deset hčerinskih podjetij.

3.4. Opis lokacije

Lokacija Kemijske industrije Kamnik, Fužine 9, 1240 Kamnik, leži v severnem delu mesta Kamnik, nekoč v nenaseljenem predmestju, danes pa v neposrednem stiku s samim mestnim središčem. Lega proizvodnih obratov je pogojena z geografskimi in tradicionalnimi pogoji, ki so omogočili in povzročili razvoj mesta Kamnik in obrti na tem območju. Lokacija KIK leži na desnem bregu Kamniške Bistrice in skoraj 800 m severno od starega mestnega jedra. Lokacija se razteza približno 1500 m v dolžino in 600 m v širino, ter z ločeno lokacijo dveh skladišč gotovih izdelkov v velikosti približno 200 m v dolžino in prav tako 200 m širino. Z zahodno stranjo se lokacija naslanja na gričevje medgorja Kamniških planin, na vzhodni strani pa leži prav do reke, tako da je vmes prostor samo še za regionalno cesto Kamnik - Gornji grad.

Lokacija proizvodnih obratov se dobro prilagaja terenu in ga tudi izkorišča pri postavitvi nekaterih nevarnih objektov. Lokacija je pretežno pogozdena s starejšim in lepim gozdom iglavcev, le v zahodnem in severozahodnem delu se pojavlja mlajši gozd. Takšno naravno okolje je ugodno s stališča klimatskih pogojev za tovrstno proizvodnjo. Skozi lokacijo je napeljan vodni kanal iz Kamniške Bistrice, ki je sicer oddaljena od meje lokacije približno 50 m.

Lokacijo obdajajo z vzhodne in severne strani manjša naselja. Nekatera starejša, ki pa so se v novem času precej razširila so Mekinje, Zduša, Podjelše, Sp. Stranje, Stolnik, itd. Od navedenih naselij so Mekinje, Zduša, Podjelše in Sp. Stranje blizu proizvodnih obratov. Večina naselij leži takoj na levem bregu Kamniške Bistrice. Stanovanjske hiše, individualne in bloki, so se v severnem delu mesta Kamnik razširili prav do lokacije, torej do njene južne meje, oziroma glavne vratarnice.

Urbanistična dokumentacija obravnava območje Kemijske industrije, v Zazidalnem načrtu K-19 KIK, ki ga je izdelal Razvojni zavod Domžale, št. 14-61/89 v marcu 1992.

Varnostno območje obsega površino približno 2500 m v dolžino in približno 2000 m v širino. Območje začenja na južni strani proizvodnega kompleksa, proti vzhodu se razteza za 50 do 400 m vzhodno od proizvodnega kompleksa, južno manj, severno več. V celoti je lociran kompleks proizvodnih obratov v jugovzhodnem vogalu varnostnega območja. Varnostno območje je poleg tega, da je vneseno v urbanistični načrt, tudi definirano z občinskimi odloki občine Kamnik. S temi odloki so definirane parcele ter režim prostorskega urejanja oziroma režim gradbenih in drugih del na posameznih parcelah.

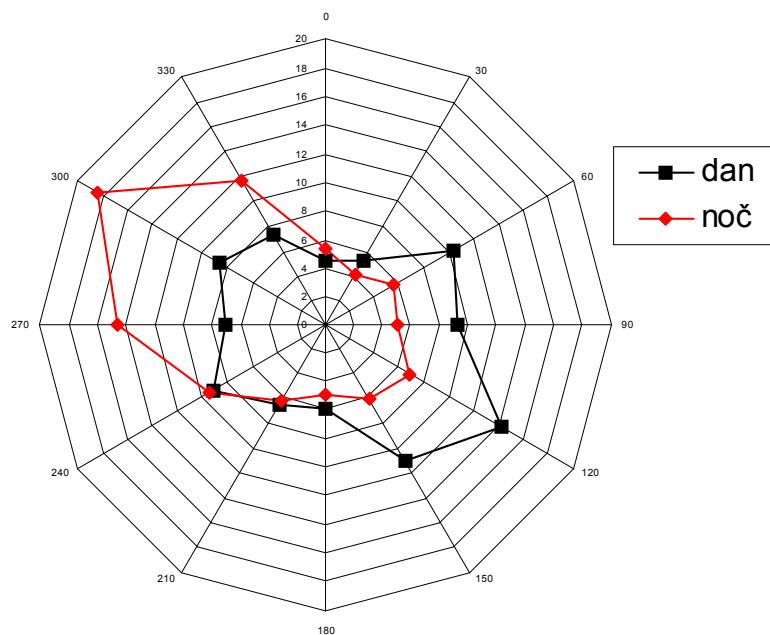
3.5. Meteorološka situacija

Podatke o meteorološki situaciji smo dobili na Agenciji Republike Slovenije za okolje [3]. V Kamniku ni meteorološke postaje. Kamniku najbližje opazovalno mesto je Volčji potok, kjer so imeli do leta 1989 klimatološko postajo, ki je merila temperaturo zraka, višino padavin in beležila meteorološke pojave. Za oceno vetra v Kamniku so uporabili meteorološki model WASP na osnovi urnih podatkov z merilnega mesta Letališče Brnik. Ti podatki se nanašajo na obdobje marec 1994 do marec 2002 in so bili preračunani na koordinate podjetja KIK Group d.d. Zaradi bližine merilne točke Letališče Brnik modelna ocena dobro ponazarja vetrovne razmere v Kamniku.

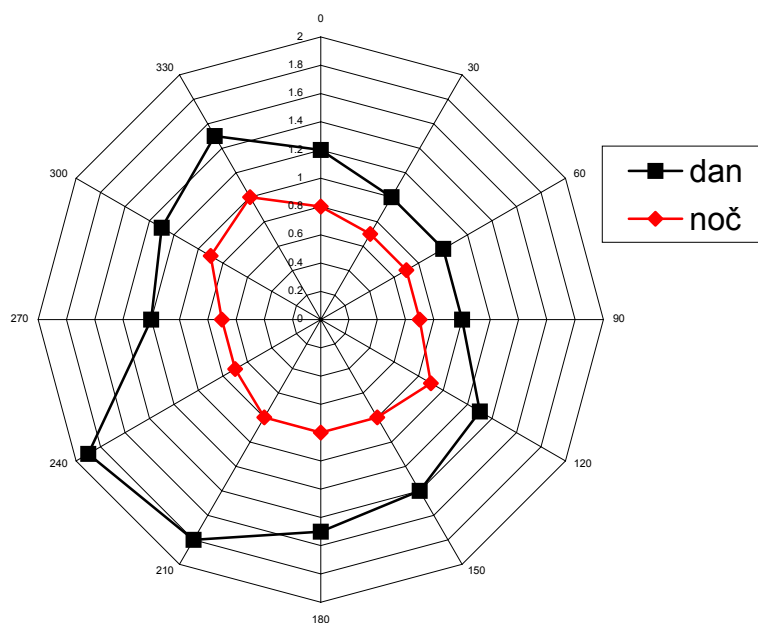
V tabeli 2 podajamo podatke o povprečnih vrednostih nekaterih klimatskih podatkov za merilno postajo Volčji potok, ki so bili izmerjeni od leta 1971 do 1989. Na slikah 1 in 2 podajamo izračunani roži vetrov za lokacijo Kamnik, Fužine 9, kjer podajamo smeri vetrov (deleži v % za smeri neba podane v °, kjer pomeni 0° sever) in hitrosti vetra ($v \text{ m} \times \text{s}^{-1}$) za dnevni in nočni režim.

Tabela 2: Klimatski podatki določeni na najbližji merilni postaji Volčji potok, za obdobje od leta 1971 do 1989.

Parameter	Mesec												LETO
	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	
povprečna dnevna temperatura zraka (°C)	-1.8	0	4	8.3	13.3	16.6	18.7	18.1	14.4	9	2.8	-0.6	8.5
povprečna abs. maks. dnevna temperatura zraka (°C)	8.6	10.7	18.5	22	26.6	29.2	31.1	30.9	26.9	21.5	14.4	9.5	32.2
povprečna abs. min. dnevna temperatura zraka (°C)	-13.3	-12.6	-8.3	-3.2	0.7	4.8	7.5	6.4	2.3	-2.7	-9.1	-12.3	-17.2
povprečna višina padavin (mm)	81	78.5	94.9	107.5	122.1	174.9	137.1	138.4	142.5	124.8	116.5	96.7	1419.1
povprečno število dni z nevihto in grmenjem	0.2	0.3	0.6	1.1	4	7.1	7.4	5.7	2.8	1.3	0.8	0.4	31.8
povprečno število dni z meglo in z meglo z vidnim nebom	11.1	5.3	4.1	2.2	2.4	3.2	3.1	6.8	12.3	10.7	10.9	12.4	83.8



Slika 1: Roža smeri vetrov za lokacijo Kamnik, Fužine 9, (deleži v % za smeri neba podane v °, kjer pomeni 0° sever) za dnevni in nočni režim.



Slika 2: Roža hitrosti vetrov za lokacijo Kamnik, Fužine 9, (hitrosti vetra v $\text{m}\times\text{s}^{-1}$ za smeri neba podane v °, kjer pomeni 0° sever) za dnevni in nočni režim.

3.6 Splošen opis dejavnosti na lokaciji

3.6.1 Delitev dejavnosti

Lokacija se glede na proizvodni program deli na:

- **osnovno proizvodnjo** (eksplozivne snovi), ki predstavlja nevarni del proizvodnih obratov;
- **skladišča** gotovih izdelkov oziroma rezervna skladišča z gotovimi proizvodi eksplozivnih snovi, kar je ravno tako nevarni del proizvodnih obratov;
- **nenevarni del proizvodnje**, ki vsebuje vse proizvodne pomožne obrate, s skladišči surovin in delom pomožne proizvodnje.

Proizvodni kompleks se tako deli na:

- nenevarni del proizvodnje in
- nevarni del proizvodnje,

ki sta locirana tako, da je nenevarni del v južnem predelu kompleksa, v neposrednem stiku z mestom Kamnik in se razteza približno 450 m v dolžino, ves ostali del lokacije pa predstavlja nevarni del proizvodnje s skladišči gotovih izdelkov in proizvodnimi programi.

3.6.2 Druge dejavnosti na lokaciji

Poleg dejavnosti podjetij v sklopu KIK Group d.d., sta še dve skupini dejavnosti na obravnavani lokaciji.

- Nekatere objekte v nenevarnem delu proizvodnje KIK Group d.d. oddaja približno 12 najemnikom posameznih objektov, delov objektov ali lokalov, ki tam izvajajo različne nenevarne trgovske, obrtne ali proizvodne dejavnosti. Število najemnikov se s časom spreminja. Najemniki vstopajo na lokacijo skozi glavni južni vhod.
- V objektih na meji med nenevarno in nevarno proizvodnjo (jugo-vzhodni del lokacije) deluje podjetje Kamnik Schlenk d.o.o., ki se ukvarja s proizvodnjo aluminija v prahu (mokro mletje aluminija v petroleju). Ta dejavnost je bila nekoč del podjetja KIK.

Ocenjujemo, da najemniki v nenevarnem delu proizvodnje ne predstavljajo posebnega vira nevarnosti na lokaciji, za Kamnik Schlenk d.o.o. pa je treba izdelati oceno nevarnosti in po potrebi oceno tveganja.

3.7 Nevarne dejavnosti na lokaciji

Nevarne dejavnosti na lokaciji obsegajo skladiščenje surovin, proizvodnjo eksplozivnih snovi, skladiščenje proizvedenih eksplozivnih snovi, transport, ter nadzor nad kvaliteto surovin, vmesnih proizvodov in proizvodov.

Glede na organiziranost podjetja je delo z nevarnimi snovmi organizirano takole:

- KIK Logistika d.o.o. upravlja s skladišči surovin in skladišči eksplozivnih snovi, ter skrbi za prevoz snovi iz skladišč do proizvodnih objektov, za prevoz končnih proizvodov (pakirani eksplozivi) do ustreznih skladišč, ter za prevoz do kupcev.
- KIK Explo d.o.o. izdeluje industrijska razstreliva.
- KIK Pirotehnika d.o.o. izdeluje različna pirotehnična sredstva, predvsem vojaške pirotehnike (signalni naboji, dimni vložki, ipd.).
- KIK Smodniki d.o.o. izdeluje različne kvalitete klasičnega črnega smodnika.
- KIK Institut d.o.o. izvaja kontrolo kvalitete vstopnih surovin, vmesnih proizvodov in končnih proizvodov - eksplozivnih snovi za podjetja KIK Explo, Pirotehnika in Smodniki.

V nadaljevanju je podrobnejši opis dejavnosti in tehnoloških postopkov v podjetjih KIK Explo, Pirotehnika in Smodniki; dejavnost KIK Logistika za omenjena tri podjetja izvaja skladiščenje in prevoz nevarnih snovi, KIK Institut pa dela z manjšimi količinami nevarnih snovi (največ nekaj kilogramov različnih vzorcev), zato njunih dejavnosti ne bomo podrobneje opisovali.

3.7.1 Specifičnost proizvodnje eksplozivnih snovi

Splošne tehnične pogoje za delo in varne oddaljenosti med posameznimi objekti določa Pravilnik o varstvu pri izdelovanju razstreliv in smodnika in pri manipuliranju z razstrelivi in smodniki [4]. Pri tem morajo biti posamezni proizvodni objekti tako razporejeni, da se morebitna eksplozija ali požar ne more prenesti na sosednje objekte.

Nenevarni proizvodni in drugi objekti, kjer je večja koncentracija ljudi, pa morajo biti v mejah varnega območja, t.j. območja, na katerega nevarni objekti ne vplivajo.

V nadaljevanju podajamo definicije nekaterih pojmov, ki se nanašajo na delo z eksplozivnimi snovmi [4, 5].

Eksplozivnost	eksplozijsko nevarne snovi imajo lastnost, da ob ugodnem zunanjem vplivu s kemičnim razpadanjem sproščajo energijo v obliki toplote in plinov
Deflagracija	pri deflagraciji eksplozivne materije je hitrost kemičnega razkroja relativno majhna (nekaj centimetrov do nekaj sto metrov v sekundi) in energija aktiviranja se prenaša od plasti do plasti s pomočjo prenašanja toplote. Običajno je hitrost zgorevanja pod 1000m/s, skozi ustrezno stisnjeno snov.
Detonacija	če je hitrost kemičnega razkroja zelo velika in se energija aktiviranja prenaša s plasti na plast z udarnim valom, ki se giblje skozi eksplozivno materijo, s hitrostjo, ki je večja od hitrosti zvoka. Hitrost zgorevanja je večja od 1000 m/s, skozi eksplozivno materijo.
Energija aktiviranja	je minimalna potrebna energija, da vzpodbudi eksplozivno materijo k razkroju in sicer z deflagracijo, detonacijo ali termičnim razkrojem.
Oksidativnost:	(Po Zakonu o kemikalijah (Ur. l. RS 36/99) oksidativne kemikalije so kemikalije, ki povzročijo močno eksotermno reakcijo, kadar so v stiku z drugimi snovmi (predvsem z vnetljivimi)
Nevarne snovi so:	Po Pravilniku o varstvu pri izdelovanju razstreliv in smodnika in pri manipuliranju z razstrelivi in smodniki (Ur. l. SFRJ 55/69): a) brizantna razstreliva (tudi gospodarska razstreliva), b) inicialna razstreliva c) malodimni smodniki in črni smodnik d) pirotehnične zmesi (signalne, zaznamovalne, trasirne, svetleče, vnetljive, termitne, dimne, inicialne in zadrževalne) e) sredstva, napolnjena s snovmi, naštetimi od a) do d); vžigalna vrstica, kapice, strelivo ipd.
Nevaren obrat	je objekt ali skupina objektov, v katerem se izdelujejo, dodelujejo, predelujejo, laborirajo, delaborirajo, preizkušajo, uničujejo ali hranijo nevarne snovi. Nevaren obrat se deli na nevarni in nenevarni del.
Nevarni del obrata	sestavljajo objekti, v katerih se opravljajo operacije z nevarnimi snovmi oz. v katerih so navzoče nevarne snovi (nevarni objekti). V nevarni del obrata se vštevajo tudi nenevarni objekti, ki so v nevarnem območju okrog nevarnih objektov.
Nenevarni del obrata	sestavljajo tehnično administrativni objekti, objekti družbenega standarda in njegovi pomožni objekti kot so: obratna uprava, garderobe, jedilnica, mehanična delavnica, kotlovnica, skladišče nenevarnih snovi, delavnica embalaže ipd.
Dovoljena količina	v nekem prostoru ali objektu je maksimalna dovoljena skupna količina nevarnih snovi, ki sme biti v prostoru oziroma objektu.

nevarnih snovi

Dovoljeno število ljudi	v nevarnem objektu ali prostoru je maksimalno dovoljeno število ljudi, ki smejo biti istočasno v objektu oz. prostoru. Nadzorno osebje se ne všteva v dovoljeno število ljudi.
Varna oddaljenost objekta	pomeni najmanjšo medsebojno razdaljo med sosednimi objekti, ki ne omogoča prenosa eksplozije ali požara na sosedni nevaren objekt, če bi se vžgala maksimalna dovoljena količina nevarnih snovi v nekem nevarnem objektu in omejuje poškodbe sosednjih objektov na pričakovani obseg. Varna oddaljenost se razteza v krogu okrog nevarnega obrata.
Laboracija	je udomačen naziv za določen tehnološki proces polnitve nabojev oz. streliva in MES (minsko eksplozivna sredstva) z nevarnimi snovmi.
Delaboracija	je delo, nasprotno od laboracije, torej razstavljanje streliva in MES in ločevanje nevarnih snovi od ustreznih ohišij.
Iniciacija	proženje procesa kemičnega razkroja s pomočjo udarca, trenja, povišane temperature, iskre, odprtega plamena, električne energije, radio valov, bliska, detonacijskega vala, statične elektrine ipd.

3.7.2 Splošno o lastnostih eksplozivnih snovi

Eksplozija je proces hitrega sproščanje toplotne energije, ki ga spremlja pojav stisnjenih plinov, ki se širijo v okolico in opravljajo delo. Poznamo fizikalne, jedrske in kemijske eksplozije. Da pride do eksplozije kemijske snovi, morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

1. hitrost razpada snovi, oziroma hitrost kemijske reakcije mora biti zelo velika,
2. ob razpadu snovi se mora sproščati tudi toplotna energija.
3. produkt kemijske reakcije morajo biti tudi plini.

Eksplozivne snovi lahko razdelimo po različnih kriterijih, na primer:

1. Glede na način delovanja (detonacija ali deflagracija) jih lahko delimo na:
 - a. Razstreliva, ki povzročijo nastanek udarnega (rušilnega) zračnega vala. Ta lahko nadalje delimo glede na potrebno inicialno energijo za sproženje eksplozije na:
 - i. primarna (inicialna) razstreliva, ki so zelo občutljiva na udarce, trenje, iskrenje, ipd..
 - ii. sekundarna razstreliva, ki so manj občutljiva in jih sprožimo z primarnimi razstrelivi.

- b. Smodnike in pirotehnične zmesi, ki se uporabljajo za pogon izstrelkov v strelnem orožju. Hitrost udarnega vala v razstrelivih (nekaj $1000 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$) je bistveno večja napram hitrosti udarnega vala pri smodnikih (nekaj $100 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$).
2. Glede na kemijske lastnosti, jih lahko delimo na:
 - a. spojine z endotermno reakcijo razpada (na primer svinčev azid, $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$),
 - b. spojine z eksotermno reakcijo razpada (nastane več reakcijskih produktov in sproščena energija, na primer kalijev klorat),
 - c. spojine, ki vsebujejo v molekuli istočasno reducent in oksidant. V tej skupini je največ eksplozivnih snovi, na primer amonijev nitrat, amonijev perklorat, organske spojine z nitrozo in nitro skupino. V primeru, da je v molekuli ali eksplozivni zmesi podstehiometrična količina kisika, se ob eksploziji pojavlja ogljik v obliki črnega dima.
 - d. Homogene zmesi oksidanta in reducenta (goriva; na primer zmes kalijevega klorata in aluminija v prahu),
 - e. zmesi več eksplozivnih snovi, običajno kombinacija snovi, ki so bogate in revne s kisikom,
 - f. zmesi eksplozivnih snovi z ne-eksplozivnimi snovmi (na primer, zmes eksploziva in snovi bogate s kisikom, snovi revne s kisikom-goriva ali inertne, oziroma stabilizirajoče snovi).
3. Glede na tip kemijske snovi, oziroma tip vezi med atomi. Značilne vezi ali skupine atomov so na primer, ozonidi in peroksidi, klorati in perklorati, nitrozo in nitro, diazo in triazo, spojine klora in dušika, fulminati (dvojna vez med dušikom in ogljikom) in spojine acetilena (etini).
4. Glede na agregatno stanje lahko eksplozivne snovi delimo na plinasta, tekoča in trdna.

Eksplozijo določene snovi lahko povzroči sila v obliki udarca, povišana temperatura ali kombinacija obeh vplivov.

Razstreliva so različno občutljiva na udarec. Občutljivost razstreliva na udarec običajno določajo po standardiziranem preizkusu, pri katerem na 0,1 g vzorca z določene višine pade 2 kg utež. V tabeli 3 podajamo pregled tako določenih občutljivosti na detonacijo za nekatera razstreliva.

Tabela 3: Nekater minimalne višine padca uteži za detonacijo snovi.

Snov - razstrelivo	višina padca 2 kg uteži (cm)
Živosrebrov fulminat	4
Nitroglicerín	6
Črni smodnik	80
Trinitrotoluen (TNT)	90
razstreliva Amonali	nad 40

Razstreliva lahko detonirajo tudi zaradi previsokih temperatur. Tako se črni smodnik vžge pri 280 do 320 °C, TNT pa detonira pri 440 do 490 °C.

Zanimiv preizkus razstreliv je tudi tako imenovani Trauzlov test, pri katerem 10 g snovi detonirajo v bloku iz svinca, vzorec pa je v votlini prostornine 61,3 cm³, nakar po eksploziji izmerijo povečanje prostornine votline zaradi deformacije svinca. Ta test torej ilustrira količino in moč nastalih plinov pri eksploziji. Nekatere Trauzlove vrednosti za razstreliva so podane v tabeli 4.

Tabela 4: Trauzlove vrednosti za nekatera razstreliva.

Snov - razstrelivo	Trauzlova vrednost (cm ³)
Nitroglicerín	550
TNT	305
Amonal	380
Kamniktít I	360
Kamniktít E-1	300
Črni smodnik	0

Hitrost s katero se eksplozija širi skozi eksplozivno snov imenujemo detonacijska hitrost. Detonacijske hitrosti za nekatere eksplozivne snovi podajamo v tabeli 5.

Tabela 5: Detonacijske hitrosti za nekatere eksplozivne snovi.

Snov - razstrelivo	Detonacijska hitrost ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
Nitroglicerín	8000
TNT	6900
Amonal	4200
Kamnítkit I	3700
Kamnítkit E-1	5500
Metankamnítkit	3100
Črni smodnik	300 - 400

Za primerjavo učinkovitosti različnih eksplozivnih snovi med seboj, ter za izračune nadtlakov udarnih valov zraka ob eksploziji, se uporablja količina energije, ki se sprosti ob eksploziji na enoto mase razstreliva. V industriji razstreliv se je TNT uveljavil kot referenčni material. V tem smislu se običajno vsa razstreliva primerja s TNT in uporablja tako imenovani TNT ekvivalent. Pregled podatkov za nekatera razstreliva podajamo v tabeli 6.

Tabela 6: Podatki za energije sproščene ob eksploziji in ustrezni TNT ekvivalenti za nekatera razstreliva.

Snov - razstrelivo	Energija eksplozije (J/g)	TNT ekvivalent
Nitroglicerín	6200	1,5
TNT	4220	1,0
Črni smodnik	2930	0,7
Razstreliva na osnovi TNT in amonijevega nitrata	4150	približno 1
Različne pirotehnične zmesi	1600 - 9400	0,4 - 2,2

3.7.3 Dejavnosti KIK Explo d.o.o.

Proizvodnja industrijskih razstreliv poteka v centralnem delu lokacije od leta 1921 dalje.

Za vse proizvodne dejavnosti je značilno, da surovine tehtajo, mešajo, meljejo ali drobijo, homogenizirajo, ter pakirajo v osnovno embalažo (na primer, naboje določenih dimenzij – kalibra), označijo in pakirajo v končno embalažo (kartonske škatle). Vsi proizvodni procesi obsegajo le omenjene enostavne mehanske operacije, med proizvodnjo ne potekajo kemijske reakcije.

Pregled nekaterih lastnosti nevarnih snovi v proizvodnji razstreliv podajamo v naslednji tabeli.

Tabela 7: Pregled nekaterih lastnosti nevarnih snovi pri proizvodnji razstreliv.

Snov	CAS št.	Tališče (°C)	Vrelišče (°C)	R stavki	Opozorila	ADR razred

Opombe:

prazno polje pomeni da ni podatka, "-" pomeni da ni razvrstitve.

* termični razkroj nad 200 °C.

** eksplozija; termični razkroj nad 250 °C. Detonacijska hitrost 6900 m s⁻¹.

*** (bazno parafinsko olje) plamenište nad 170 °C, relativna gostota (voda=1) je 0,90.

3.7.3.1. Opis proizvodnje praškastih razstreliv

3.7.3.2 Proizvodnja ANFO razstreliv

3.7.3.3 Proizvodnja vodoplastičnih razstreliv

3.7.3.4 Proizvodnja emulzijskih razstreliv

3.7.3.5 Pregled števila osebja po objektih v proizvodnji razstreliv

V tabelah 8 in 9 podajamo maksimalno dovoljeno število delavcev v objektih proizvodnje in skladiščenja razstreliv.

Tabela 8: Maksimalno število delavcev v objektih za proizvodnjo razstreliv.

Št.	Objekt - opis	Največje dovoljeno št. delavcev
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Tabela 9: Maksimalno število delavcev v objektih za skladiščenje razstreliv.

Št.	Objekt	Največje dovoljeno št. delavcev
1		
2		
3		
4		

3.7.4 Dejavnost KIK Pirotehnika d.o.o.

KIK Pirotehnika d.o.o. proizvaja pirotehnične izdelke, ki jih lahko delimo v tri glavne skupine:

- vojaška pirotehnika:
 - vojaška vadbena šolska sredstva,
 - vojaška bojna sredstva,
- civilna pirotehnika.
- zabavna pirotehnika.

Tabela 10: Maksimalne količine nevarnih snovi v objektih KIK Pirotehnika d.o.o..

Št. objekta	Naziv objekta	Dovoljena količina nevarne snovi

3.7.5 Dejavnost KIK Smodniki d.o.o.

3.7.5.1 Uvod

Podjetje KIK Smodniki d.o.o. izdeluje črni smodnik različnih kvalitet in počasi gorečo vžigalno vrvico (na osnovi črnega smodnika).

Črni smodnik je najstarejša eksplozivna snov. Dolgo časa je bil edina snov, ki so jo več stoletij uporabljali za razstreljevanja v vojaške in civilne namene. Kasneje so ga zamenjali z močnejšimi in sodobnejšimi razstrelivi. Kljub vsemu pa ga še vedno uporabljajo pri miniranju za specialne namene, če hočejo pridobiti velike, nepoškodovane bloke kamnin, marmorja, granita, kamna za klesanje itd. Praktično nezamenljiv je pri izdelavi pirotehničnih izdelkov in vžigalnih vrvic, uporablja pa se tudi pri izdelavi lovskega in športnega streliva in v vojaške namene.

Rudarski črni smodnik v vrtinah ne deluje kot brizantno razstrelivo - t.j. ne detonira, temveč zgori. Pri tem nastane ca. 60% čvrstih produktov, ki predstavljajo dim, medtem ko preostali plinski produkti, glede na sorazmerno nizko hitrost gorenja, delujejo na steno v glavnem s svojim potisnim delovanjem, brez prekomernega drobljenja.

Zahvaljujoč tem lastnostim, uporabljajo danes smodnik tam, kjer želijo dobiti velike, nepoškodovane bloke kamenin brez razpok, v kamnolomih marmorja, granita, itd.

Vžigalna vrvica je gibljiva-fleksibilna vrvica, ki vsebuje trdno vnetljivo snov, po kateri se ogenj enakomerno prenaša po konstantni hitrosti od točke vžiga do konca vrvice, kjer je nameščen vžigalnik. Vžigalno vrvico lahko uporabijo tudi brez vžigalnika za neelektrično iniciranje nekaterih razstreliv.

Identifikacija vžigalne vrvice se opravi s pregledom polnila, torej črnega smodnika.

3.7.5.2 Kratka zgodovina črnega smodnika

Mnoga velika in mala odkritja ter izumi so bistveno zaznamovali in spremenili podobo določenega zgodovinskega obdobja. Med takšna odkritja štejemo tudi odkritje, da z mešanico kalijevega nitrata (KNO_3), oglja in žvepla lahko opravljamo koristno mehansko delo. Odkritje črnega smodnika zagotovo štejemo kot eno izmed najpomembnejših odkritij v kemiji.

Natančni datum odkritja črnega smodnika ni poznan. Črni smodnik naj bi odkril okrog leta 1250 Berthold SCHWARZ, menih iz Freiburga (Nemčija). Vendar pa so že mnogo pred tem - v Antiki - poznali različne tekoče ali pol tekoče goreče zmesi: zmesi nafte, goreče smole in žvepla; zmesi katrana, rastlinskih smol in žvepla; zmesi živega apna (CaO) in žvepla (zmesi

zagorijo ob stiku z vodo); zmesi živega apna (CaO), žvepla, nafte in olja (zmesi se vnamejo ob stiku z vodo). Danes so takšne zmesi v literaturi poznane kot grški ogenj (Greek fire). Kljub temu, da so že v 8. stoletju n.š. poznali različne mešanice kalijevega nitrata (KNO₃), oglja in žvepla (glej tabelo 11), štejemo za odkritelja črnega smodnika Bertholda Schwarza.

Tabela 11: Razvoj sestave črnega smodnika.

Obdobje, vir	KNO ₃ (%)	Oglje (%)	Žveplo (%)
8. stoletje n.š., Marcus Graecus	66,66	22,22	11,11
8. stoletje n.š., Marcus Graecus, ?	69,22	23,07	7,69
okoli 1252, Roger Bacon	37,50	31,25	31,25
1350, Arderne (laboratorijska receptura)	66,6	22,2	11,1
1560, Whitehorne	50,0	33,3	16,6
1560, Bruselska študija	75,00	15,62	9,38
1635, pogodba britanske vlade	75,0	12,5	12,5
1781, škof Watson	75,0	15,0	10,0

Proizvodnja črnega smodnika se je nenehno spreminjala in dosegla vrhunec – tako v kvaliteti, kakor tudi v kvantiteti – v drugi polovici 19. stoletja. Tudi začetki tovarne KIK segajo v leto 1852, t.j. obdobje največjega razcveta proizvodnje črnega smodnika.

Na koncu 19. stoletja in začetku 20. stoletja pa se je s pojavom novih eksplozivov (nitroglicerina, dinamita) in smodnikov (brezdimni smodnik) proizvodnja smodnika bistveno zmanjšala. Danes uporabljamo črni smodnik za:

- lovski smodnik (lov, športno streljanje, balistika),
- rudarski smodnik (kamnoseštvo),
- vrvični smodnik,
- pirotehnika (pogonsko sredstvo za rakete, ognjemetne bombe, prižigna sredstva),
- v vojaški industriji.

3.7.5.4 Lastnosti črnega smodnika

Od dobrega smodnika se zahteva, da je enakomerno sivo-črne barve. Zrna morajo biti zadosti trdna tako, da jih ne moremo z lahkoto zdrobiti med prsti. Ob prelomu mora biti zrno enakomerne barve torej homogeno. Zrno ne sme puščati sledov barve na belem papirju.

Črni smodnik mora zgoreti z intenzivnim plamenom in mora pustiti čim manj ostanka.

Ker so higroskopne že surovine, iz katerih izdelujemo črni smodnik (KNO_3 , oglje), je tudi smodnik higroskopen. Tokom tehnološkega procesa dobi smodnik ca. 4 % vlage - smodnik se navlaži, ker s tem povečamo varnost izdelave črnega smodnika. To vlago kasneje v sušilnicah največkrat odstranimo. Smodnik, ki vsebuje več kot 15 % vlage, se ne vžge več. Vlago v smodniku določajo pri 70 °C. Lastnosti nekaterih snovi, ki se uporabljajo v proizvodnji črnega smodnika, na kratko podajamo v tabeli 12.

Tabela 12: Pregled nekaterih lastnosti snovi v proizvodnji črnega smodnika.

Snov	CAS št.	Tališče (°C)	Vrelišče (°C)	R stavki	Opozorila	ADR razred
Kalijev nitrat (KNO_3)	7757-79-1	334	>400 *	8 - 9	O	5.1
Žveplo (S)	7704-34-9	119	444	-	-	4.1

Opombe: * - razkroj.

Od gostote smodnika je odvisna trdnost zrnja in tudi hitrost gorenja. Večja kot je gostota, manjša je hitrost gorenja.

Granulacija je odločilna za strelno-tehnične lastnosti smodnikov. Od granulacije je odvisna hitrost zgorevanja in prenos ognja iz zrnja na zrnje.

Črni smodnik eksplodira če nanj pade 2 kg utež z višine 70 cm (energija 13,6 J). Občutljivost je odvisna od:

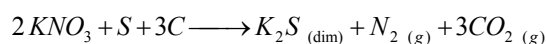
- sestave: smodniki s povečano vsebnostjo žvepla, ter smodniki, ki vsebujejo nizko poogljeneno oglje, so bolj občutljivi
- obdelave: smodnik v prahu ima nizko občutljivost medtem ko ima smodnik v zrnju veliko občutljivost na udarec
- vlage v smodniku

Hitrost eksplozije je v primerjavi s hitrostjo eksplozije eksploziva majhna. Eksplozija črnega smodnika se širi s hitrostjo 300 – 400 m s⁻¹.

Črni smodnik ima nizko kalorično vrednost 2931 kJ/kg (približno 700 kcal/kg), temperatura eksplozije je 2000 – 2300 °C.

Pri eksploziji črnega smodnika nastane razmeroma malo plinskih produktov. Prav plinski produkti pa predstavljajo energijsko moč smodnika. Pri eksploziji se 40 % smodnika pretvori v plinaste produkte, 60 % pa ostane kot trdni ostanek v obliki dima (zato črni smodnik imenujemo tudi dimni smodnik) .

Ena izmed mnogih reakcij gorenja smodnika je:



Tako na primer 1000 g smodnika zgori v 600 g dima, 280 l plina pri normalnih pogojih (2800 l plina pri povišani temperaturi - raztezanje plina).

Plinski produkti so strupeni, ker vsebujejo precej CO in K₂S oziroma H₂S (ob prisotnosti vlage), kar je tudi eden izmed razlogov, da se črni smodnik ne sme uporabljati v jamah.

3.5.1.1. *Splošni opis proizvodnje črnega smodnika*

Proces izdelave črnega smodnika je šaržni postopek, t.j. izdelovanje manjših količin črnega smodnika, ki jih nato združijo v zadnjih fazah proizvodnega procesa. Tehnologija črnega smodnika je po svetu osnovana na enakih principih proizvodnje, razlikuje se le v manjših modifikacijah, ki so posledica specifičnosti proizvodnje in nenehnega prilagajanja zaradi večkratnih nesreč. Vendar pa ravno te malenkostne spremembe – podrobnosti zagotavljajo različne lastnosti črnega smodnika in narekujejo njegovo kakovost, zato se tehnološki postopki hranijo v največji tajnosti. Glavne faze tehnološkega procesa proizvodnje črnega smodnika so:

1. Priprava binarne zmesi (zmesi oglja in žvepla)
2. Priprava kalijevega nitrata za ternarno zmes
3. Mletje v kolodrobu
4. Drobljenje smodnikovih kolačev
5. Stiskanje
6. Preddrobljenje
7. Zrnjenje
8. Poliranje in/ali grafitiranje
9. Sortiranje
10. Sušenje
11. Pakiranje

Najpomembnejše faze pri proizvodnji črnega smodnika so:

1. Mletje v kolodrobu
2. Stiskanje

3. Zrnjenje in sejanje
4. Sušenje in poliranje

3.7.5.17 Pregled količin nevarnih snovi in osebja po objektih v proizvodnji smodnika

V tabeli 13 podajamo pregled količin nevarnih snovi in števila proizvodnega osebja po proizvodnih fazah, objektih in lokalih v tehnološkem procesu proizvodnje črnega smodnika.

Tabela 13: pregled količin nevarnih snovi in števila proizvodnega osebja po proizvodnih fazah, objektih in lokalih v tehnološkem procesu proizvodnje črnega smodnika.

št. faze	Tehnološka faza	št. objekta/lokala	Maks. št. delavcev v lokalu	Maksimalna količina snovi v objektu
1	Drobljenje surovin za črni smodnik			
2	Homogeniziranje ternarne zmesi črnega smodnika v kolodrobu			
3	Mešalnica – drobljenje smodnikovih kolačev			
4	Stiskanje smodnika			
5	Preddrobilec črnega smodnika			
6	Zrnjenje smodnikov			
7	I. Sortiranje			
8	Poliranje smodnika			
9	II. Sortiranje			
10	Mešalnica smodnika			
11	Sušenje črnega smodnika			
12	Pakovalnica črnega smodnika			

3.8 Maksimalne količine nevarnih snovi na lokaciji KIK Group d.d.

V prilogi so podane maksimalne količine nevarnih snovi na območju lokacije KIK Group d.d., Fužine 9, 1240 Kamnik, urejene po enotah, ki se ukvarjajo z nevarnimi snovmi in objektih. Podatke o objektih in količinah nevarnih snovi smo pripravili na osnovi Študije eksplozijske ogroženosti [5] in dodatnih podatkov s strani sodelavcev KIK-a.

V prilogi je podana številka objekta in situacijo lokacije na sliki, opis objekta, ime snovi (kemijsko ali komercialno) v objektu, CAS št. snovi, maksimalno količino snovi v objektu, q (v kg), količino snovi izraženo kot ekvivalent TNT (v kg), R-stavke in simbole nevarnosti in razvrstitev snovi po pravilniku ADR, na osnovi varnostnih listov za snovi, količine za razvrstitev obravnavane snovi kot vir manjšega (Q2) ali večjega tveganja (Q3) za okolje (na osnovi Uredbe o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi snovmi, [6]), ter izračunane kvociente $q/Q2$ in $q/Q3$ (ob upoštevanju 2 % praga). Podajamo vsote kvocientov (navajamo le vsote kvocientov za vnetljive, eksplozivne in oksidirajoče snovi) za obravnavane organizacijske enote KIK d.d., ter za celoten KIK d.d. (glej tudi tabelo 14).

Tabela 14: Povzetek vsot kvocientov za vnetljive, eksplozivne in oksidirajoče snovi za posamezne organizacijske enote KIK Group d.d.

	Vsota kvocientov	
Organizacijska enota	$q/Q2$	$q/Q3$
KIK Explo d.o.o.		
KIK Smodniki d.o.o.		
KIK Logistika d.o.o.		
KIK Pirotehnika d.o.o.		
Vsota KIK Group d.d.		

Ugotovimo lahko, da je KIK Group d.d. v tem smislu razvrščen kot vir večjega tveganja za okolje, ker je vsota kvocientov za vnetljive, eksplozivne in oksidirajoče snovi večja od 1.

Vsote kvocientov za strupene in okolju nevarne snovi nismo posebej izračunali, ker je veličina snovi v prilogi (vsebujejo TNT, ki ima tudi R-stavek 51/53) tudi nevarna okolju, ter bi bila lokacija prav tako razvrščena kot vir večjega tveganja za okolje.

Omeniti velja, da imajo skoraj vse snovi uporabljene količine za razvrstitev 10t/50t ([6], priloga 1, tabela 2, 10. alineja) ker za njih velja razvrstitev po ADR v razred 1.1d.

4. Pregled zgodovine nesreč na območju KIK Group d.d.

V 150-tih letih dela se je pripetilo precejšnje število nesreč, kar na svoj način ilustrira nevarnosti, ki prežijo v tovrstni proizvodnji. Na podlagi predloženih podatkov v dokumentaciji, s katero razpolaga KIK Group d.d., [7], [8], [9], smo izdelali pregled zgodovine nesreč na obravnavanem območju, ter podatke razvrstili glede na tip dejavnosti (proizvodnja črnega smodnika, razstreliv, pirotehničnih zmesi, in logistike). V omenjenih zgodovinskih podatkih smo ob pomoči kolegov iz KIK Group d.d. prečistili napačne in ponavljajoče navedbe o nesrečah, ugotovili pa smo, da podatki o preko 70 različnih nesrečah predstavljajo praktično dragocen vir informacij, ki so nam zelo koristile pri ugotavljanju nevarnosti na lokaciji.

Pregled podatkov o nesrečah podajamo v prilogi.

V prilogi je opisan tip dejavnosti na lokaciji, datum in ura (v določenih navedbah le letnica) nesreče, število mrtvih in ranjenih delavcev, številka objekta v katerem se je pripetila nesreča, ter kratek opis okoliščin nesreče, kot je to bilo mogoče razbrati na podlagi poročil ali opisov nesreč.

Na osnovi zgodovinskih podatkov lahko ugotovimo naslednje:

- pridobili smo podatke o skupno 72 nesrečah, v katerih je bilo skupno 35 smrtnih žrtev in 39 ranjenih;
- v okviru dejavnosti proizvodnje črnega smodnika (poteka od leta 1852 dalje) imamo podatke o 25 nesrečah, 28 smrtnih žrtvah med delavci in 13 ranjenih delavcih;
- v okviru dejavnosti proizvodnje razstreliv (poteka od leta 1921 dalje) imamo podatke o 14 nesrečah, 4 smrtnih žrtvah med delavci in 3 ranjenih delavcih;
- v okviru dejavnosti logistike (transporta eksplozivnih snovi) imamo podatke o dveh manjših (prometnih) nesrečah izven lokacije, brez omembe vrednih posledic;
- v okviru dejavnosti proizvodnje pirotehničnih zmesi (poteka od leta 1956 dalje) imamo podatke o 30 nesrečah, 3 smrtnih žrtvah med delavci in 23 ranjenih delavcih.
- Glede na posamezne proizvodne dejavnosti lahko splošne vzroke za nesreče pripišemo naslednjim dejstvom:
 - proizvodnja pirotehničnih zmesi: fizikalno-kemijske lastnosti posameznih pirotehničnih zmesi so vzrok za večino nesreč, delno pa jih lahko pripišemo še verjetnim okvaram tehnične opreme (pogosti požari v sušilnici), prevelikemu trenju ali pritisku s strani delavca na pirotehnično zmes, med ročnim

(manufakturnim) načinom proizvodnje. V tem tipu proizvodnje so nesreče najpogostejše, posledice pa so primerjalno lažje (manjše število mrtvih, veliko število ranjenih delavcev).

- Proizvodnja črnega smodnika: v tej proizvodnji ki poteka že od samega začetka na lokaciji, je bilo do sedaj veliko število nesreč, največ smrtnih žrtev med delavci in večje število ranjenih delavcev. V tem smislu gre za dejavnost z najtežjimi dejanskimi posledicami doslej. Splošni vzroki za nesreče so bili verjetni mehanski tujki v zmesih ali samem črnem smodniku, preobčutljive surovine, strojelomi ali nepravilno delo/orodje pri delu na kolodrobih, krogličnih mlinih, zrnilno/sejalnih napravah, statična elektrika in atmosferske razelektritve, ter nesreče pri delu (stroj zmečka delavca).
- Proizvodnja razstreliv: ta tip proizvodnje velja za primerjalno varnejši od proizvodnje črnega smodnika, o čemer priča relativno nizko število mrtvih in ranjenih delavcev. Splošni vzroki za nesreče so načeloma podobni vzrokom za črni smodnik, omeniti pa velja eksplozijo kolodroba 1926 (v kolodrob so dodali Al prah, ki je povzročil eksplozijo), nesreče pri delu (stroj zmečka delavca), verjetne tujke v razstrelivu, ki se je drobilo v kolodrobu (nesreča leta 1977) in strojelome/zamašitve pri patronirnih strojih (povečano trenje in izbruh požara, leto 1962).
- Na podlagi opisanih nesreč in poročil o nesrečah v drugih, sorodnih proizvodnih obratih po svetu so v preteklosti uvajali določene varnostne in preventivne ukrepe, ki jih je smiselno opisati:
 - v vseh fazah proizvodnje nadzirajo kvaliteto in ustreznost surovin, vmesnih proizvodov in končnih proizvodov.
 - V vseh fazah proizvodnje delavci pred začetkom dela pregledujejo surovine glede morebitne prisotnosti tujkov (pri mletju ali drobljenju bi povzročili povečano trenje in vžig/detonacijo snovi.
 - Eksplozivne snovi, ki so se morebiti med proizvodnjo raztresle po tleh zavržejo kot odpadke (občasno požgejo kot gorečo snov), ker je nevarnost kontaminacije z tujki prevelika.
 - V vseh fazah proizvodnje delavci pred začetkom dela (pred vsako šaržo) pregledujejo delovne stroje ali so primerni za delo (odkrivanje strojelomov, ter delov strojev-tujkov v mleti snovi). Deli strojev so privezani skupaj na ohišje z žicami.

- V poletnih mesecih, ko se pojavi nevarnost lokalnih neviht in atmosferskih razelektritev, se vsa proizvodnja preventivno ustavi, delavci pa se med tem umaknejo v prostore jedilnice. Takšne zaustavitve običajno trajajo od 30 minut do 1 uro, nakar ponovno pregledajo stroje in nadaljujejo z delom.
- Na območju lokacije, kjer poteka nevarna proizvodnja, je omejeno gibanje oseb. Delavci med obratovanjem kolodrobov in mlinov/homogenizatorjev nadzorujejo proizvodnjo iz odmaknjenih bunkerjev - kontrolnih sob. Pri strojih so le med polnjenjem in praznjenjem.

5. Ugotavljanje nevarnosti

Nevarnosti na lokaciji KIK Group d.d. smo ugotovili po metodi HAZID (Hazard Identification – ugotavljanje nevarnosti), ki zagotavlja deduktivno in sistematično ugotavljanje nevarnosti [10], [11], [12]. Pred izvedbo HAZID smo opravili potrebne študije HAZOP (Hazards and Operability Study – študija delovanja sistema in virov nevarnosti) za tehnološke sklope, oziroma dejavnosti na lokaciji za katere smo ocenili, da imajo potencial za pojavljanje večjih nesreč [13].

Delo je bilo opravljeno v skupini, v kateri so poleg izdelovalcev ocene tveganja sodelovali še strokovnjaki iz KIK Group d.d.

Poleg uporabe navedenih metod smo pregledali in upoštevali še obstoječe študije, ki so kakorkoli povezane z izdelavo ocene tveganja.

5.1 Obstoječe študije povezane z izdelavo ocene tveganja

Za nevarno proizvodnjo na območju KIK Group d.d. veljajo nekateri specifični zakonski predpisi, ter so v preteklosti že bile izdelane študije primerljive z nekaterimi sestavinami ocene tveganja. V nadaljevanju podajamo pomembnejše predpise in študije ter njihovo povezavo z oceno tveganja:

- Splošne pogoje za proizvodnjo in skladiščenje eksplozivnih snovi ureja star Pravilnik o varstvu pri izdelovanju razstreliv in smodnika in pri manipuliranju z razstrelivi in smodniki, iz leta 1969 [4]. V pravilniku so predpisani splošni varnostni ukrepi, ter tudi minimalne razdalje med posameznimi objekti znotraj nevarne proizvodnje in objekti ali dejavnostmi izven lokacije (cestne komunikacije, naseljeni objekti, šole, bolnišnice, ipd.). Ustrezne razdalje so izračunane (tabela 1) ali navedene (tabela 1b) na osnovi eksplozijsko/energijsko ekvivalentne količine TNT in načina postavitve nevarnih objektov (glede na to ali objekt obdan z zaščitnim nasipom, v tem primeru se lahko izračunane razdalje prepolovi).

Splošne pogoje za delo (predvsem promet) z eksplozivnimi snovmi ureja Zakon o eksplozivih [14], ki pa še ne velja (veljati bo začel 6 mesecev po objavi, torej 15.5.2003), prav tako še niso bili objavljeni ustrezni podrobnejši podzakonski akti.

- Ocena določitve varnostnega pasu Kemijske industrije Kamnik [15], je bila izdelana za potrebe obravnave lokacijskega načrta za obravnavano lokacijo v letu 1991. Ocena je potrdila kot korektno izračunane varnostne radije okoli lokacije KIK-a, ki jih je v okviru varnostnega projekta izračunal Slovenija projekt (št. 1796/100), na osnovi že omenjenega Pravilnika [4].
- Študija eksplozijske ogroženosti iz leta 2000 [5], vsebuje veliko uporabnih podatkov, od splošnega opisa lokacije, obravnavanih zakonskih podlag in dokumentov, pojasnil strokovnih pojmov, opisa dejavnosti na lokaciji, spiska vseh objektov na lokaciji in maksimalne količine eksplozivnih snovi po objektih. Študija podaja tudi izračunane varnostne razdalje kot to predpisuje [4], pri čemer upošteva aktualni obseg proizvodnje, vendar so določene kategorije razdalj napačno izračunane, oziroma niso izračunane na osnovi tabele 1b v [4].

Skupno vsem navedenim dokumentom so obravnavane varnostne razdalje, ki jih Pravilnik [4] v splošnem izračunava po naslednji formuli ali pa so tabelarično navedene v tabeli 1b:

$$R = f_1 \cdot f_2 \sqrt[3]{M}$$

kjer je R minimalna varnostna razdalja v m, M je masa razstreliva kot ekvivalent TNT v kp, faktor f_1 (brez dimenzije) znaša 1 za objekte obdane z zaščitim nasipom, ali 2 za objekte brez nasipa, faktor f_2 (brez dimenzije) pa se spreminja glede na ustrezno varnostno razdaljo. Kot bo prikazano v poglavju 0 6.1.2 Rezultati modeliranja posledic, je enačba izvedena iz korelacije med maso TNT in maksimalnimi nadtlaki eksplozij doseženimi na izbranih razdaljah od središča eksplozije [11, stran 160 in naprej]:

$$\log_{10} P_0(kPa) = \sum_{i=0}^{i=n} c_i (a + b \log_{10} Z)^i ; \quad Z = \frac{R}{\sqrt[3]{M}}$$

Na osnovi obeh enačb in številčnih vrednosti v navedenih virih lahko ocenimo nadtlake ali vrednosti normiranih razdalj Z, ki so jih upoštevali pri določenih minimalnih varnostnih razdaljah.

Primerjavo podatkov podajamo v naslednji tabeli:

Tabela 15: Vrednosti f_2 pri računanju varnostne razdalje za različno občutljive objekte [4].

Ustrezni nadtlak P_0 (kPa)	f_2	Oznaka razdalje [5]	Opis minimalne varnostne razdalje
31,7	3	A	oddaljenost do eksplozijsko nevarnih objektov
20,5	4	B	oddaljenost do požarno nevarnih objektov
8	8	C	oddaljenost do nenevarnih delov obrata

(3 - 10)	12 - 22	D *	varna oddaljenost do naseljenih objektov izven ograje
(3 - 6)	20 - 33	E *	varna oddaljenost do cestnih komunikacij izven ograje
(2 - 6)	20 - 49	F *	varna oddaljenost do šol, bolnišnic, terenov za javne shode

Opomba: * razdalje do objektov izven proizvodne lokacije so podane v tabeli 1b v [4].

Ustrezni nadtlaki P_0 in faktorji f_2 v tabeli so za razdalje D, E in F navedene le informativno, saj se v tabeli 1b spreminjajo glede na količino TNT.

Ugotovimo lahko, da je na primer, varnostna razdalja "B" osnovana na ustreznem nadtlaku $P_0 = 20,5$ kPa, ki ustreza vrednosti normirane razdalje $Z = 8$ ([11], stran 161, diagram 2.48), in obenem ustreza produktu $f_1 * f_2 = 2 * 4 = 8 = Z$ (za objekte brez nasipa).

Razdalje za kategorije D, E in F so podane na drugih osnovah (tabela 1b v [4]).

5.2 Izvedba HAZOP študij

Ogledali smo si proizvodne objekte, procesne sklope, ter opise tehnoloških postopkov za obravnavane dejavnosti. HAZOP študije smo izvajali po etapah v času od maja do decembra 2002. Zaradi večinoma izrazito šaržno izvedenih proizvodnih procesov (izjema je le pol-kontinuirana proizvodnja emulzijskih razstreliv), ki občasno preidejo na manufakturni (ročni) način proizvodnje, ni bilo možno pregledati običajnih procesnih shem in diagramov. Zaradi pretežno šaržne proizvodnje smo tudi prilagodili nabor HAZOP vodilnih besed, tako da smo kot izhodišče uporabili razširjen spisek vodilnih besed [12, 16].

Pregledali smo naslednje HAZOP sklope oziroma faze procesov (tabela 16):

Tabela 16: Seznam obravnavanih tehnoloških sklopov na lokaciji v okviru študij HAZOP.

Št.	Dejavnost	Opis obsega dela
1.	Izdelava praškastih razstreliv	vse tehnološke faze po različnih objektih
2.	Izdelava ANFO razstreliv	vse tehnološke faze (en objekt)
3.	Izdelava emulzijskih razstreliv	vse tehnološke faze (pol-kontinuirane) v enem objektu
4.	Izdelava vodoplastičnih razstreliv	vse tehnološke faze v dveh objektih
5.	Izdelava pirotehničnih	pregled najbolj občutljive pirotehnične zmesi, t.i., "4/1".

	zmesi	
6.	Izdelava črnega smodnika	pregled najbolj nevarne faze – drobljenja črnega smodnika v kolodrobih (objekt 60)

V študijah HAZOP smo pretežno uporabili vodilne besede, ki so podane v tabeli 17 in deloma iz tabele 18 (mešanje, sestava, oprema).

Tabela 17: V HAZOP študijah uporabljene vodilne besede (razširjeni nabor, predvsem za šaržne procese).

Vodilna beseda	Opis odstopanja
brez	načrtovana dejavnost se ne izvede
več kot	povečana dejavnost (glede na normalno)
manj kot	zmanjšana dejavnost
več od	povečane (dodatne) dejavnosti
manj od	zmanjšanje (izpad) dejavnosti
obratno	obratna (inverzna) dejavnost
drug (drugačen, različen)	drugačna snov ali dejavnost
prekmalu/prepozno	dejavnost ob napačnem času
zgodaj	dejavnost prezgodaj glede na čas
pozno	dejavnost prepozna glede na čas
predtem	dejavnost pred načrtovanim vrstnim redom
zatem	dejavnost za (po) načrtovanim vrstnim redom
hitreje	dejavnost hitrejša od načrtovane
počasneje	dejavnost počasnejša od načrtovane

Tabela 18: V HAZOP študijah uporabljene vodilne besede (osnovni nabor, predvsem za kontinuirane procese).

Vodilna beseda	Možna stanja
Pretok	ni pretoka pretok v napačni smeri prevelik pretok prenizek pretok
Tlak	prevelik tlak prenizek tlak/vakuum
Temperatura	previsoka temperatura prenizka temperatura
Viskoznost	previsoka viskoznost prenizka viskoznost
Nivo	visok nivo nizek nivo
pH	pod 7 nad 7
Mešanje	izpad mešanja pospešeno mešanje
Sestava	sprememba/kontaminacija mešanje/reakcija koncentracija vdor kisika
Oprema	varnostni ventili blokade in alarmi merilno regulacijske opreme ventil v napačnem položaju redundantnost (pomnogoterjenost opreme) vzorčevanje korozija razlitje/izpust izpad podpornih sistemov (el. napajanje, para voda) vzdrževanje/čiščenje statične razelektritve nadomestna oprema varnost šolanje/izobraževanje požar/eksplozija varovanje okolja

5.3 Rezultati HAZOP študij

Med izvajanjem študij smo upoštevali navedene vodilne besede, v poročilih (glej prilogo, kjer so podana podrobna poročila) pa smo zapisali le problematične ugotovitve, oziroma tiste, ki imajo vsaj minimalne posledice. Ostale vodilne besede smo v poročilu izpustili.

V poročilih v stolpcu "Sedanji varnostni ukrepi" navajamo obstoječe in nove varnostne ukrepe, v stolpcu "Priporočila", pa sodelujoči pri HAZOP študijah navajamo nove predlagane varnostne ukrepe in priporočila (nekatera priporočila se že izvajajo).

Odgovornost za izvajanje in spremljanje celovitosti in ustreznosti priporočil je podana v stolpcu "Odgov.". Odgovorni za izvajanje priporočil naj bi poskrbeli za njihovo izvajanje in poročali varnostnemu inženirju.

5.4 Razvrščanje nevarnosti

Za potrebe ugotavljanja nevarnosti je bila lokacija KIK Group d.d. razdeljena na posamezne organizacijske enote in proizvodne obrate (glej tabelo 16). Pregledali smo samo tista področja, kjer smo ocenili, da potencialno lahko pride do večjih nesreč, to je dejavnosti, ki so vir nevarnosti. Ocenili smo, da so to:

- vse dejavnosti navedene v tabeli 16,
- dejavnosti KIK Logistika d.o.o. (večje količine eksplozivnih snovi v odmaknjenih skladiščih na lokaciji).

Dejavnosti KIK Logistika izven lokacije (transport eksplozivnih snovi) nismo obravnavali.

V nadaljevanju smo obravnavali možne dogodke, ki lahko privedejo do nesreče:

- eksplozija,
- požar,
- večji izpust strupenih ali okolju nevarnih snovi.

Upoštevali smo obstoječe varnostne in nadzorne ukrepe. Glede možnih izrednih dogodkov smo ugotovili naslednje:

- od navedenih dogodkov je na večjem delu lokacije (KIK Explo, Smodnik, Logistika, Pirotehnika) možna eksplozija bodisi med samo proizvodnjo ali skladiščenjem nevarnih snovi,

- v KIK Pirotehnika je najverjetnejši požar različnih pirotehničnih zmesi, ki bi imel določene lokalne posledice (predvidoma le na samem proizvodnem objektu), eksplozija (predvsem pirotehničnih zmesi na osnovi) pa ni povsem izključena.
- v KIK Explo se uporablja v večini proizvodov surovina Iz njegovega varnostnega lista (in iz varnostnih listov za večino razstreliv) lahko ugotovimo, da gre za okolju nevarno snov (R-stavki so: 2, 23/24/25, 33, 51/53; simboli za nevarnosti so: E, T, N). Na osnovi podatkov v varnostnem listu, ogleda lokacije ter značilnosti tehnološkega procesa ocenjujemo, da imajo pri potencialu za povzročitev večje nesreče s posledicami za okolje lastnosti surovine kot eksplozivne snovi bistveno večji pomen napram morebitnim posledicam na okolje (možni izpusti v vode). Ob tem pa ne smemo pozabiti, da je surovina strupena pri vdihavanju, v stiku s kožo in pri zaužitju.

Uredba o ukrepih za zmanjševanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami [6], obravnava le večje nesreče. Skladno s tem smo ugotovljene nevarnosti za večje nesreče na osnovi HAZOP študije in podatkov o preteklih izrednih dogodkih/nesrečah preliminarno kvalitativno ocenili glede pogostnosti pojavljanja in teže/resnosti posledic, torej obeh sestavin tveganja. Za razvrščanje je bila uporabljena matrika tveganja z namenom, da se ugotovijo nevarnosti najtežjih pričakovanih nesreč - glej tabele 19, 20 in 21.

Tabela 19: Kategorije frekvenc v okviru razvrščanja nevarnosti.

Kategorija	Opis
Visoka (V)	Dogodek se je že pojavil na obravnavani lokaciji
Srednja (S)	Dogodek se lahko pojavi na lokaciji
Nizka (N)	Dogodek se ne pričakuje na lokaciji
Zelo nizka (ZN)	Dogodek se ne pričakuje kjerkoli v svetu v podobnih obratih pri obstoječih varnostnih ukrepih

Tabela 20: Kategorije posledic v okviru razvrščanja nevarnosti.

Kategorija	Definicija
Katastrofalne (K)	Smrtne žrtve, uničenje postrojenja
Srednje (S)	Težje telesne poškodbe, večja gospodarska škoda
Manjše (M)	Manjše telesne poškodbe, manjša gospodarska škoda
Zanemarljive (Z)	manjša gospodarska škoda (izguba šarže)

Posamezne dogovorjene kategorije pogostnosti in posledic, ki so bile pripisane vsaki od ugotovljenih nevarnosti, so bile nato združene, kot je prikazano na spodnji matriki in na osnovi tega opravljeno razvrščanje nevarnosti.

Tabela 21: Matrika za razvrščanje nevarnosti.

		Posledice			
		Katastrofalne (K)	Srednje (S)	Manjše (M)	Zanemarljive (Z)
Pogostnost	Visoka (V)	1	1	2	3
	Srednja (S)	1	1	2	3
	Nizka (N)	2	2	3	3
	Zelo nizka (ZN)	2 - 3	3	3	3

Kjer so kategorije razvrščene:

- 1 - predstavlja prvo kategorijo nevarnosti (ker so pričakovana tveganja največja).
- 2 - predstavlja drugo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega srednje velikega tveganja).
- 3 - predstavlja tretjo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega nizkega tveganja).

Rezultati ugotavljanja in razvrščanja nevarnosti so zbrani v prilogi **Error! Reference source not found.**

5.5 Ugotovljene nevarnosti za večje nesreče

V okviru HAZIDA smo ugotovili skupno 22 nevarnosti 1. in 2. kategorije (podano v prilogi). V nadaljevanju podajamo povzetek ugotovljenih nevarnosti ter količine nevarnih snovi v ustreznih objektih.

Tabela 22: Nevarnosti za večje nesreče.

Št.	Objekt	Opis nevarnosti	Snov
1	41	detonacija razstreliva med mletjem v kolodrobih – bodisi zaradi tujkov, pozabljenega orodja, premajhne reže med tekačem in skodelo, strojeloma ali statičnih razelektritev	
2	50	vžig in detonacija vodoplastičnega razstreliva v patronirnem stroju (kepa TNT)	
3	105a	vžig pirotehnične zmesi (p.z.) med fazami sušenja (1., 2. in 3.) zaradi previsoke temperature (druge nevarnosti 1. kategorije v pirotehniko so povezane z bistveno manjšimi količinami snovi).	
4	60	vžig in detonacija mlete ternarne zmesi ali črnega smodnika (ČS) v enem od kolodrobov, bodisi zaradi prevelikega trenja zaradi strojeloma, tujkov, pozabljenega orodja, prenizke reže med tekačem/skodelo, ali statične razelektritve (strele)	
5	razni	detonacija eksplozivnih snovi v skladiščnih objektih zaradi zunanjih vplivov (statične razelektritve, strele) (objekti št. 58.1, 82.1, 91, 92, 95, 100, 106, 111, 112, 115, 131, 132, 133)	

Pod zaporedno številko 5 so navedeni različni skladiščni objekti za eksplozivne snovi. Zaradi različnih količin v posameznih skladiščih (ti objekti so razpršeni po lokaciji), podajamo pregled pomembnejših skladiščnih objektov, eksplozivnih snovi in njihovih maksimalnih količin v tabeli 23.

Tabela 23: Pomembnejša skladišča za eksplozivne snovi na lokaciji in maksimalne količine. Navajamo tudi ekvivalentno težo TNT.

Objekt št.	Maksimalna količina snovi (kg)	Snov	ekvivalenta količina TNT (kg)

Glede na osnovno oceno nevarnosti, lahko podatke v tabelah 22 in 23 uredimo glede na pričakovano verjetnost izrednega dogodka in težo posledic:

1. Najtežji pričakovani dogodki: sem spadajo nevarnosti pod št. 4, 1 in 2 iz tabele 22 (našteto od najbolj do najmanj pogostnega dogodka).
2. Najtežji verjetni dogodki: sem spadajo nevarnosti pod št. 3 in nekatere pod št.5 iz tabele 22 (vžig pirotehnične zmesi v sušilnici; detonacija črnega smodnika v vmesnih skladiščih – objekti 82.1, 58.1 in 106; detonacija pirotehnične zmesi – objekt 100).
3. Najtežji možni dogodki: sem spadajo nevarnosti pod št. 5 iz tabele 22, in sicer detonacija razstreliva/TNT in črnega smodnika v skladiščih. Gre za objekte 91, 92, 95, 111, 112, 115, 131, 132 in 133. Ker je pogostnost za pojav detonacije v teh objektih zelo majhna (varnostni ukrepi so: Faradayeva kletka kot ukrep proti streli, skladiščniki delajo v skupinah - medsebojna kontrola in nadzor, ni električne napeljave v objektu - luči so zunaj, okolica očiščena da se zunanji požar ne prenese na objekt, nadzor stabilnosti kupljenega razstreliva, idr.) smo za demonstracijo metod opravili izračun za objekta 91 in 112, ker je tam največja količina TNT oziroma črnega smodnika. Ob tem avtorji tega poročila predlagamo smiselno tolmačenje direktive Seveso II in Uredbe o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami, Ur.l. RS št. 46/2002, ne zahteva obravnavanje takšnih dogodkov za potrebe operativnega odločanja,

pač pa predvsem za izdelavo načrtov zaščite in reševanja (glej tudi prvi del poročila o nalogi, poglavje 3.1.3, stran 12).

4.1. Scenariji pojavljanja večjih nesreč

V tem podpoglavju podajamo izhodišča možnih scenarijev za pojavljanje večjih nesreč, za nevarnosti, ki so bile obravnavane v predhodnem poglavju:

1. **Objekt št. 41:** v tem objektu so nameščeni štirje kolodrobi za proizvodnjo praškastih razstreliv, po dva v posameznem prostoru, kar pomeni da je to objekt s kolodrobi z največjo količino razstreliva (ostali so manj pomembni; pri ostalih je v lokalu en kolodrob). V primeru, da pride do vžiga razstreliva in njegove detonacije bodisi zaradi tujkov, pozabljenega orodja, premajhne reže med tekačem in skodelo, strojeloma ali statičnih razelektritev med obratovanjem, lahko realno pričakujemo posledice za ljudi in objekte zaradi delovanja nadtlaka eksplozije razstreliva v ekvivalentni količini maksimalnokg TNT (predvidevamo tudi prenos detonacije na razstrelivo v sosednjem kolodrobu).
2. **Objekt št. 50:** v objektu za patroniranje in pakiranje vodoplastičnih razstreliv lahko pride v stroju za patroniranje do zamažitve razstreliva (od obeh dozirnih polžev dalje v cevi, kjer se razstrelivo polni v patrone) zaradi vsebovanih kep TNT. V kolikor delavec nastale situacije ne bi pravočasno opazil in odpravil napake ali izklopil stroja, je možno trenje in pregrevanje razstreliva ter njegova detonacija. V tem primeru lahko realno pričakujemo posledice za ljudi in objekte zaradi delovanja nadtlaka eksplozije razstreliva v ekvivalentni količini maksimalno kg TNT (upoštevamo prenos detonacije na celotno količino razstreliva v objektu).
3. **Objekt št. 60:** v objektu za mletje ternarne zmesi (KNO_3 , žveplo in oglje) ali črnega smodnika (ČS) v enem od kolodrobov bodisi zaradi trenja zaradi strojeloma, tujkov, pozabljenega orodja, prenizke reže med tekačem/skodelo ali statične razelektritve (udara strele na objekt ali njegovo neposredno bližino) pride do vžiga in detonacije maksimalne količine ČS v objektu. V tem primeru lahko realno pričakujemo posledice za ljudi in objekte zaradi delovanja nadtlaka eksplozije razstreliva v ekvivalentni količini maksimalno kg TNT (upoštevamo prenos detonacije na celotno količino razstreliva v objektu).

- 4. Objekt št. 105a:** v tem objektu izvajajo sušenje različnih pirotehničnih zmesi. V primeru, da se pirotehnične snovi segrejejo nad predvideno temperaturo (običajno 60 °C) lahko pride do vžiga, burnega gorenja, deflagracije ali celo detonacije snovi. Do previsoke temperature lahko pride, na primer, bodisi zaradi previsoke nastavljene temperature sušenja (napaka delavca), okvare temperaturne regulacije (okvara senzorja ali regulacijskega sklopa) ali statične razelektritve (udara strele na objekt ali njegovo neposredno bližino). V tem primeru lahko realno pričakujemo posledice za ljudi in objekte zaradi delovanja toplotnega sevanja ali nadtlaka eksplozije razstreliva v ekvivalentni količini maksimalno kg TNT (upoštevamo prenos vžiga ali detonacije na celotno količino snovi v objektu).
- 5. Različni skladiščni objekti:** V različnih skladiščnih objektih so lahko skladiščene velike količine eksplozivnih snovi. Eksplozije razstreliva v skladiščih so zelo redke. V primeru detonacije črnega smodnika v vmesnih skladiščih, na primer zaradi statične razelektritve (udara strele na objekt ali njegovo neposredno bližino), lahko pričakujemo posledice za ljudi in objekte zaradi delovanja nadtlaka eksplozije v različnih ekvivalentnih količinah TNT (upoštevamo prenos detonacije na celotno količino razstreliva v objektu, glej prejšnje podpoglavje in tabelo 23).

6. Ocenjevanje posledic in pogostnosti pojavljanja večjih nesreč

6.1 Ocenjevanje posledic

V tem poglavju podajamo izhodišča za ocenjevanje posledic za ugotovljene nevarnosti večjih nesreč (navedene so v tabeli 22). Pri ocenjevanju posledic smo upoštevali tiste vrste nevarnosti, ki izhajajo iz lastnosti obravnavanih nevarnih snovi, zato gre v tem primeru v vseh obravnavanih primerih za pojav požara in eksplozije z detonacijo ali deflagracijo, ki jo je sprožil določen vir vžiga. Glede na zbrane podatke lahko kot vir vžiga predpostavimo direktni vžig (na primer strela), ali posredni vžig (preveliko trenje pri predelavi snovi, predvsem v kolodrobu, na primer, zaradi tujka, pozabljenega orodja, strojeloma, premajhne reže med tekačem/skodelo, previsoke temperature, trenja ali tlaka v patronirnem stroju, ipd.).

V primeru vžiga snovi lahko pričakujemo takojšnjo eksplozijo prisotne količine nevarne snovi, izpuh nastalih plinov eksplozije, izmet razbitin (izstrelkov) iz objekta. Možno je tudi širjenje na sosednje objekte (verižne oziroma domino posledice), v tem primeru prenos eksplozije na sosednje objekte z nevarnimi snovmi (glej poglavje Pregled zgodovine nesreč na območju KIK Group d.d., stran 31, nesreči v proizvodnji črnega smodnika dne 19.2.1948 in 23.6.1954).

Med posledice eksplozije lahko štejemo nastanek in širjenje udarnega vala (nadtlak) in razbitin koncentrično na vse strani stran od mesta eksplozije, ki lahko nato poškodujejo bližnje prejemnike tveganja (osebje obrata, procesna oprema in objekti, okoliške objekte, mimoidoče).

6.1.1 Modeliranje posledic

Pri modeliranju posledic smo obravnavali posledice požarov in eksplozij. V nadaljevanju podajamo nekatere referenčne vrednosti za posledice toplotnega sevanja in posledice udarnih valov.

Referenčne vrednosti za posledice toplotnega sevanja so prikazane v tabeli 24 [10, 11].

Tabela 24: Nekatere referenčne vrednosti toplotnega sevanja in posledic.

Toplotna obremenitev (kW m ⁻²)	Posledice-učinki
37,5	Zadošča za poškodbe procesne opreme
25	Minimalna potrebna energija za vžig lesa pri dolgi izpostavljenosti (brez inicialnega plamena)
12,5	Minimalna energija potrebna za vžig lesa z inicialnim plamenom, taljenje plastike, ipd.
4,5	Zadošča za povzročanje bolečine ljudem, če se v 20 sekundah ne uspejo zaščititi, mehurji na koži (opekline tretje stopnje) niso pogostne
1.6	Povzroča neugodje pri dolgotrajni izpostavljenosti

Referenčne vrednosti za posledice nadtlaka za ljudi in zgradbe podajamo v tabelah 25 in 26 [10, 11].

Tabela 25: Nekatere referenčne vrednosti nadtlaka in posledic na zdravje ljudi.

Referenčne vrednosti nadtlaka (kPa)	Posledice
2,1	Ni posledic ("varna razdalja")
35	Poškodbe bobničev
70	Poškodbe pljuč
300	Smrtne poškodbe

Tabela 26: Nekatere referenčne vrednosti nadtlaka in posledic na zgradbe in procesno opremo.

Nadtlak (kPa)	Posledice za zgradbe in opremo
0,3	Zelo glasen pok, ekvivalentno hrupu 143 dB; poškodba stekla zaradi valovanja
2,1	"Varna razdalja", pri kateri s 95 % verjetnostjo ne pride do težjih posledic; občasno počena (10 %) okenska stekla.
2,8	Manjša škoda na konstrukciji objektov
4,8	Omejene poškodbe objektov
6,9	Poškodbe hiš (nekateri lahko neprimerne za bivanje)
13,8	Delna porušitev sten in streh hiš
15,9	Spodnja meja hujših poškodb nosilne konstrukcije objektov
20,7	Poškodovane/iz temeljev izruvane jeklene konstrukcije; pretrganje skladiščnih rezervoarjev
34,5 – 48,3	Zlom lesenih tramov; skoraj popolna porušitev hiš
48,2 – 55,1	Deformacija ali prelom zidov iz opeke debeline 20 do 30 cm
68,9	Verjetna popolna porušitev stavb; težki delovni stroji premaknjeni in težje poškodovani.

Na podlagi navedenih nadtlakov lahko ugotovimo, da so potrebni nadtlaki za poškodbe ljudi bistveno višji od nadtlakov, potrebnih za poškodbe stavb. Bolj verjetne so torej poškodbe ljudi zaradi sekundarnih vplivov, kot so na primer poškodovane stavbe ali leteče razbitine.

V okviru modeliranja posledic požarov in eksplozij običajno izračunamo razdalje za naslednje obremenitve s toplotnim sevanjem ali zaradi nadtlakov:

- Toplotno sevanje:
 - 37,5 kW/m² - zadošča za poškodbe procesne opreme,
 - 12,5 kW/m² - zadošča za vžig lesa, taljenje plastike, ipd.,
 - 4,5 kW/m² - zadošča za povzročanje bolečine ljudem, če se v 20 sekundah ne uspejo zaščititi, mehurji na koži (opekline tretje stopnje) niso pogostni.
- Nadtlaki:
 - 20,7 kPa - poškodovane/iz temeljev izravnane jeklene konstrukcije; pretrganje skladiščnih rezervoarjev; hujše poškodbe stavb in opreme.
 - 13,8 kPa - Delna porušitev sten in streh hiš.
 - 2,1 kPa - "Varna razdalja" – 95 % gotovost, da ne bo težjih posledic. 10 % okenskih stekel počenih.

Pri obravnavanju konkretnih posledic eksplozij razstreliva, črnega smodnika ali pirotehničnih zmesi, so daleč najpomembnejše posledice zaradi nadtlakov-udarnih valov, kar lahko utemeljimo z naslednjimi dejstvi:

- udarni val zračnega nadtlaka vpliva na ljudi ali objekte največ nekaj milisekund,
- toplotno sevanje iz središča eksplozije navzven je torej kratkotrajno, vplivno območje pa je precej manjše od vplivnega območja za zaradi nadtlakov-udarnih valov,
- v primeru eksplozije, oziroma deflagracije pirotehničnih zmesi v objektu 105a, lahko poleg nadtlaka eksplozije (posledice znotraj in izven objekta), upoštevamo še zelo visoko stopnjo toplotnega sevanja znotraj objekta (tudi na osnovi pregleda zgodovine nesreč v KIK Group d.d.), na tej osnovi lahko direktno pričakujemo uničenje opreme znotraj objekta in smrtne žrtve med vsem tedaj potencialno prisotnim osebjem.

Ustrezne razdalje za izbrane nadtlake eksplozij smo izračunali na osnovi naslednje enačbe [11, stran 160 in naprej]:

$$\log_{10} P_0(kPa) = \sum_{i=0}^{i=n} c_i (a + b \log_{10} Z)^i ; \quad Z = \frac{R}{\sqrt[3]{M}}$$

Kjer je R razdalja (v m) od središča eksplozije do točke z nadtlakom P_0 (v kPa), Z je normirana razdalja (v $\text{m} \times \text{kg}^{-1/3}$), M je masa eksplozivne snovi izražene kot energijski/eksplozijski ekvivalent TNT (v kg; za razstreliva in TNT je to identično, za črni smodnik velja, da ustreza $1 \text{ kg} = 0,7 \text{ kg TNT}$, za pirotehnične zmesi veljajo različna razmerja). Številčne konstante a , b in c za polinom 11. stopnje so podane v [11, stran 162, tabela 2.17].

6.1.2 Rezultati modeliranja posledic

Za osem objektov navedenih v tabelah 22 in 23 smo izračunali za tri nadtlake (2,1; 13,8 in 20,7 kPa) ustrezne razdalje. Poleg tega smo za omenjene objekte ponovili izračune za šest minimalnih varnostnih razdalj (od A do F, glej tabelo 15) glede na Pravilnik [4], ter ob uporabi dodatnih literaturnih podatkov ocenili še radije za:

- 50% poškodovanih zidanih hiš, [12] stran 157, [17]). Uporabili smo naslednjo enačbo (T je količina razstreliva v tonah, L_{50} je razdalja v km):

$$L_{50} = \frac{0,132 \times T^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{3,175}{T^2}\right)\right]^{1/6}}$$

- 50% smrtnost za ljudi na osnovi probit funkcije za direktne učinke eksplozije, kar ustreza nadtlaku 145 kPa, [12] stran 159, [18].

Rezultati so prikazani v tabeli 27, ter grafično na slikah.

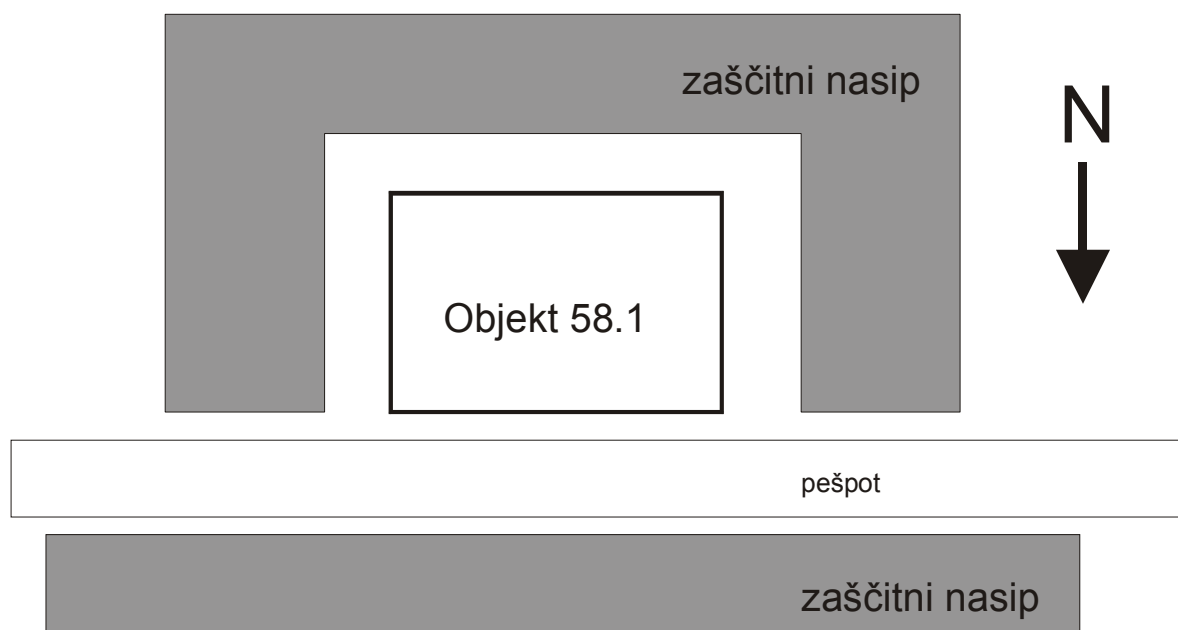
Ugotovimo lahko, da so razdalje za objekte brez nasipa za kombinacijo kolon z naslovoma "2,1 kPa" in "F" in kombinacijo "20,7 kPa" in "B" praktično enake, kar je skladno z navedbami v tabeli 15. Razdalje v koloni "L50" so nekoliko večje od razdalj v koloni "13,8 kPa", razdalje v koloni "LP50" pa so najmanjše (kar je pričakovano).

6.1.3 Ocena nezanesljivosti pri izračunih razdalj za nadtlake

Nezanesljivosti ocen in izračunov so povezane predvsem z naslednjimi predpostavkami in omejitvami, kar je treba upoštevati pri nadaljnji uporabi rezultatov:

1. Pri izračunih nismo upoštevali dejstva, da so določeni objekti (predvsem skladiščni) vkopani ali obdani z zaščitnimi nasipi), kar nedvomno pomembno vpliva na posledice

eksploziji. V tem smislu so izračuni pesimistični, saj bi ob upoštevanju nasipov in izpušne stene lahko varnostne razdalje zmanjšali vsaj za faktor 2 [4], nadtlaki na opazovanem mestu pa bi se znižali za faktor približno 2 do 4. Razlog za to, da nismo upoštevali nasipov je, ker jih ne vključujejo enačbe, na osnovi katerih sloni metoda izračunavanja razdalj. Da pa ne bi nastal vtis kot da takšnega upoštevanja ni možno ali ni potrebno opraviti v okviru temeljitega ocenjevanja tveganja za potrebe (upravnega) odločanja smo za demonstracijo izračuna varnostnega učinka nasipov izbrali objekt 58.1 (vmesno skladišče črnega smodnika). Situacija je razvidna iz spodnje slike (fotografski posnetek objekta in shematski prikaz). Nasipe, stranske masivne stene objekta in izpušno prednjo steno obravnavamo pri tej demonstraciji kot ovire za širjenje in usmerjanje udarnega vala pri eksploziji. Opora za takšno tolmačenje so izkušnje, postopek obravnave pa je podrobneje opisan v [19].



Slika 3: Shema mikrolokacije objekta 58.1 .

Razvidno je, da nasipi predstavljajo neposredno oviro za širjenje udarnega vala proti vzhodu, jugu in zahodu, medtem ko je nasip proti severu oddaljen za širino pešpoti (okoli 5 m). Glede na te razmere je upravičeno pričakovati:

- da bodo vzhodna, južna in vzhodna masivna stena skupaj z nasipi usmerili udarni val proti izpušni steni in nasipu na severni strani ter v višino
- da se bo udarni val deloma odbil od zidu on pešpoti na severni strani in nato usmeril po pešpoti v obe smeri (vzho-zahod); delež energije pesimistično ocenjujemo na 20% sproščene ob eksploziji
- za izračun spremembe razdalj po odboju in preusmeritvi udarnega vala na nasipih (gre za absorpcijo oziroma izgubo energije ob "opravljenem delu" poškodovanja objektov v okolici), upoštevamo osnovno enačbo odvisnosti razdalje od energije. Ker iščemo razmerje med začetno sproščeno energijo pri eksploziji in preostalo po odboju in

preusmeritvi na nasipih, je izraz



osnova za izračun. Preureditev enačbe

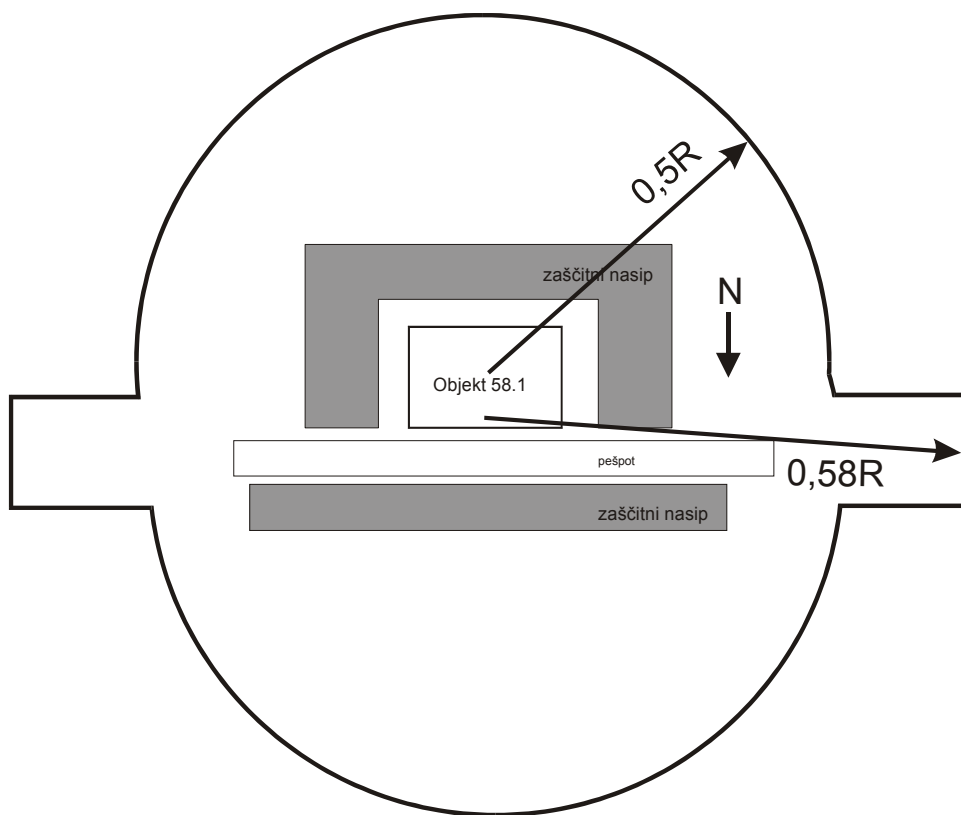
da rezultat, da je nova razdalja sorazmerna tretjemu korenu razmerja med energijama

(označeno z n). $\frac{R_{G1}}{R_{Gn}} = \frac{\sqrt[3]{W_1}}{\sqrt[3]{nW_1}} = \sqrt[3]{\frac{1}{n}} \Rightarrow R_{Gn} = R_{G1} \sqrt[3]{n} \quad R_{Gn} = R_{G1} \sqrt[3]{n} .$

Spodnja tabela prikazuje za koliko se radij poveča/zmanjša v odvisnosti od n . V našem primeru smo pesimistično ocenili, da se po pešpoti usmeri 20% sproščene energije, zato so realne razdalje v teh smereh 0,58 prvotno izračunanih.

n	R_{Gn}
2	1,26 R_{G1}
3	1,44 R_{G1}
5	1,71 R_{G1}
10	2,15 R_{G1}
0,5	0,79 R_{G1}
0,2	0,58 R_{G1}
0,1	0,46 R_{G1}

Za druge smeri upoštevamo faktor znižanja 2 (oziroma 0,5), skladno s Pravilnikom [4]. Na ta način dobimo naslednjo obliko razširjanja udarnega vala za referenčni nadtlak:



Slika 4: Skica pričakovanega realnega razširjanja udarnih valov pri eksploziji objekta št. 58.1.

Primerjava obsega vplivnih območij ob upoštevanju varnostnih ukrepov in brez je prikazana na sliki

Upoštevali smo maksimalne možne količine nevarnih snovi v navedenih objektih, kar pomeni da so realne količine lahko bistveno nižje. Gre torej za pesimistično oceno glede možnih posledic.

2. Upoštevali smo le objekte, kjer smo na podlagi ugotavljanja nevarnosti, zgodovinskih podatkov o nesrečah in količin nevarnih snovi izračunali ustrezne razdalje - predpostavka je torej v tem smislu realna (ni najslabša možna).
3. Upoštevali smo primarne lastnosti obravnavanih nevarnih snovi, kar pomeni da smo za razstreliva, čisti TNT in črni smodnik upoštevali veliko nevarnost za eksplozijo, njihov realni energetski/eksplozijski ekvivalent kot čisti TNT, za amonijev nitrat, kalijev nitrat, žveplo in oglje pa smo upoštevali, da omenjene snovi (v uporabljeni, čisti obliki) niso

razvrščene kot eksplozijsko nevarne, imajo pa lastnosti oksidantov in se nahajajo v objektih, ki so razvrščeni kot požarno ogroženi.

4. Pri izračunih razdalj za ustrezne nadtlake smo uporabili podatke, ki so bili pridobljeni na osnovi testnih eksplozij TNT. V tem smislu so izračuni dokaj zanesljivi, saj slonijo na izkušnjah.
5. Pri ocenah posledic na ljudi in objekte moramo upoštevati, da različni literaturni podatki ne navajajo vedno enakih vrednosti za nadtlake za določeno posledico. Zaradi nepopolnih eksperimentalnih podatkov so možna odstopanja do $\pm 50\%$ glede obravnavanih nadtlakov. Pri tem še nismo upoštevali različne občutljivosti za poškodbe za ljudi (odrasla populacija, otroci, starejši, ipd.) in objekte (različne konstrukcije, gradbeni materiali, ali projekcija objekta glede na smer udarnega vala, ipd.). V tem smislu so naši izračuni ocenjeni kot zmerno pesimistični, kar pa ne velja za objekte v območju nevarne proizvodnje v KIK-u, saj so ti zgrajeni izredno robustno (armirana varjena železo-betonska konstrukcija, debelina sten 1 m), za katere lahko pričakujemo, da so zelo odporni na učinke eksplozij.

6.1.4 Ocena možnosti za verižno nesrečo (domino vplivi)

V primeru eksplozije v katerem od objektov, je treba preučiti možnosti, če lahko pride do prenosa eksplozije na sosednje objekte, v katerih se tudi nahajajo eksplozivne snovi. Na osnovi lastnosti eksplozivnih snovi (glej predvsem poglavje 0 3.7.2 Splošno o lastnostih eksplozivnih snovi) in dosedanjih izkušenj v tej dejavnosti, lahko glede prenosa detonacije na sosednje objekte upoštevamo naslednje:

- prenos detonacije zaradi nadtlaka eksplozije ni verjeten; v preteklosti - nesreče z eksplozijo - ni prišlo do prenosa detonacije tudi v primeru, ko je bilo razstrelivo v istem prostoru kot kolodrob, v katerem je snov eksplodirala.
- Prenos detonacije se lahko pričakuje le v primeru, da določen goreči/žareči kos (izstrelak, "šrapnel"), ki nastane ob primarni eksploziji, zadane, prebije in vžge/detonira razstrelivo v sosednjem objektu in tako sproži še sekundarno eksplozijo.
- Zaporedna detonacija razstreliva je možna tudi v primeru ko objekt, v katerem je razstrelivo, zajame požar (zunanji vzrok), ki bi se prenašal z objekta na objekt preko izstrelkov ali ker ga ne bi mogli omejiti. Tako bi lahko eksplodiralo razstrelivo ali črni smodnik v dveh ali več objektih.

S temi izhodišči lahko ob upoštevanju sedanjih varnostnih ukrepov na lokaciji glede možnih verižnih dogodkov ugotovimo naslednje:

- Pri postavitvi nevarnih objektov so v KIK upoštevali določila o njihovi gradnji [4], ki predpisujejo minimalne varnostne razdalje med objekti. Predpisan faktor $f_2 = 1,25$ (glej tudi poglavje 0 5.1 Obstoječe študije povezane z izdelavo ocene tveganja), tako da je načelna možnost prenosa eksplozije med objekti preprečena z ustrezno razmestitvijo in medsebojno oddaljenostjo objektov. Maksimalna količina nevarnih snovi v posameznem objektu je predpisana.
- Objekti so postavljeni tako, da je njihova izpušna stena (v primeru eksplozije) obrnjena v obrambni nasip ali hrib/gozd, daljši travnik pred objektom, tako da se energija eksplozije usmeri in prenese na manj občutljivo okolico. Glede na to so si sosednji objekti izven smeri izpuha. Da pa ne bi prišlo do prenosa detonacije po drugih smereh, to je izven smeri izpušne stene, so preostale stene objektov izdelane trdno in so močne konstrukcije (debelina okoli 1 m).

- Okolica objektov je očiščena gorljivih snovi, zato ni možen prenos požara z objekta na objekt.
- Med posameznimi skupinami objektov so različne ovire – konfiguracija terena, gozd – tako da med njimi celo ni vidnega stika (glej prilogo s fotografijami lokacije). To preprečuje prenos detonacije z izstrelki.

Sklep: ocenjujemo, da ni realne možnosti prenosa eksplozij z objekta na objekt oziroma verižne nesreče, zato jo podrobneje ne obravnavamo.

[illegible]

(i) glej [11], stran 160 in naprej.

(iii) L50 - 50% zidanih hiš poškodovanih (angleški tip gradnje), [17].

(v) podatek je zgolj informativnega značaja, saj pri izračunih razdalj nasip ni upoštevan, razen pri objektu 58.1 - poudarjen tisk, kar smo opravili za demonstracijo.

6.1.5 Ocena števila potencialno ogroženih hiš in prebivalcev

Oceno števila potencialno prizadetih stanovanjskih objektov (hiš) in števila prebivalcev za obravnavane scenarije smo izvedli s programom ProVal 2000 (GIS). Oceno smo izvedli na osnovi maksimalnih vplivnih razdalj (glej tretji del poročila, prilogo 1), ter uporabili GIS podatke o gostoti poselitve v okolici virov tveganja.

Rezultati ocene so zbrani v tabeli 28..

Tabela 28: Pregled rezultatov ocene potencialno prizadetih hiš in prebivalcev znotraj pričakovanih vplivnih območij za obravnavane vire tveganja in scenarije večjih nesreč.

Objekt/scenarij	Radj (m)	Število potencialno prizadetih	
		hiš	prebivalcev
Objekt 41			
Objekt 50			
Objekt 105a			
Objekt 60			
Objekt 91 (skladišče)			
Objekt 112 (skladišče)			
Objekt 132 (skladišče)			
Objekt 58.1 (skladišče)			

6.2 Ocenjevanje pogostnosti pojavljanja večjih nesreč

6.2.1 Uvod

Analiza frekvenc se uporablja za določitev pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov, v obravnavanih primerih večjih nesreč.

Osnovni metodi za analize sta:

2. Drevo odpovedi/napak.
2. Drevo dogodkov.

Obe metodi uporabljata kombinacijo okoliščin (ali odpovedi), ki bi lahko pripeljale do določenega dogodka in izračunata frekvenco, s katero se dogodek pripeti. Obe metodi uporabljata diagram za predstavitev logičnega poteka.

V okviru te študije je bila uporabljena metoda "analiza drevesa odpovedi/napak", ki opisuje najverjetnejše načine za pojavljanje večjih nesreč [10, 11, 12, 13].

Drevo odpovedi je deduktivna metoda, pri kateri se osredotočimo na nesrečo in njene vzroke. Analiza se prične z glavnim nezgodnim dogodkom in nadaljuje do ugotovitve osnovnih vzrokov za njegovo pojavljanje. Vzroki sicer obsegajo osnovne dogodke, ki so lahko odpoved kosa opreme, človeška napaka ali odpoved komponent v sistemu, in tako imenovane posledične ali odvisne odpovedi. Analiza drevesa napak/odpovedi se ne uporablja, da bi se analizirale vse možne odpovedi sistema, ampak se nanaša na posamezno odpoved, v primeru območja KIK Group d.d., je glavni dogodek nekontroliran vžig in/ali detonacija razstreliva, črnega smodnika ali določene pirotehnične zmesi.

Metode ocenjevanja posledic in pogostnosti slonijo na predpostavkah in so zato negotove (nezanesljive). Zanesljivost ocen tveganja je treba obravnavati in razumeti v okviru "velikostnega razreda".

Najpomembnejše nezanesljivosti pri oceni pogostnosti so:

- neustreznost generičnih, posplošenih modelskih podatkov za rabo v lokalnih specifičnih situacijah.
- Odsotnost najnovejših statističnih podatkov.

6.2.2 Rezultati ocenjevanja pogostnosti pojavljanja večjih nesreč

V tem podpoglavju podajmo rezultate, opis postopka izdelave drevesa odpovedi, ter predpostavke pri izračunu pogostnosti za izdelane scenarije večjih nesreč.

Ocenili smo pogostnosti pojavljanja večjih nesreč za naslednje scenarije:

1. Vžig in detonacija črnega smodnika ali razstreliva med mletjem v kolodrobu (objekt št. 60 in 41. Ocene za proizvodnjo v objektu št. 50 nismo izdelali, ker predstavlja detonacija razstreliva v objektu št. 41 težji dogodek (večja količina razstreliva), proizvodnja vodoplastičnih razstreliv pa poteka le občasno.
2. Oceno za sušenje pirotehničnih snovi v objektu 105a.
3. Oceno pogostnosti za detonacijo razstreliva v obravnavanih skladiščih.

6.2.2.1 Ocena pogostnosti odpovedi/napak za scenarij "detonacija črnega smodnika v kolodrobu"

Frekvence osnovnih dogodkov v drevesu so bile določene na osnovi naslednjih izhodišč/predpostavk:

- Pogostnost pojava pozabljenega orodja v kolodrobu, dela opreme (strojeloma) ali kamna v surovinah je identična. Za izračun pogostnosti so bili privzeti podatki o vzdrževanju in delu pri proizvodnji ČS, in sicer: stanje kolodroba se preverja pred vsakim polnjenjem in vsakih 100 ur obratovanja, ko se izvede 4-urno čiščenje (tedensko). Tako je T (interval testiranja) 7 dni. Ker delo poteka v dveh izmenah smo privzeli, da sta dnevno dve šarži na kolodrob. Izpostavljenost vsakega kolodroba je torej $D=500$ krat/leto (če je 250 delovnih dni v enem letu). Po zgodovinskih podatkih je prišlo do petih izrednih dogodkov zaradi tujka v kolodrobu v celotnem obdobju obstoja KIK, torej $f=5/150=1/30$ na leto. Enačba za izračun pogostnosti izrednega dogodka oziroma nevarnosti za spregled tujka v kolodrobu je $H = D \cdot \frac{1}{2} f T$, pri čemer je izraz $1/2 f T$ delež časa, ko se nadzor nad stanjem kolodroba (prisotnost tujka) ne izvaja.

$$H = D \cdot \frac{1}{2} f T = (500 \cdot \frac{1 \cdot 7}{2 \cdot 30 \cdot 365}) \cdot \text{leto}^{-1} = 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ leto}^{-1}$$

- Odpoved nadzora obsega neustrezno pregledovanje in ukrepanje glede reže med tekačem in skledo v kolodrobu, površno doziranje surovin, ipd., kar pojmujemo kot človeško napako. Ta je običajno določena kot 0,01 na leto (11).
- Podatek za gostoto udara strel na lokaciji KIK je $3,07 \text{ km}^2 \times \text{leto}^{-1}$, ob približno $\pm 50 \%$ variaciji vrednosti znotraj lokacije [20]). Izračun frekvence udara strele v izbrani objekt je sledeč [21, 22, 23]: privzete mere za objekt, v katerem je kolodrob so $15 \text{ m} \times 5 \text{ m}$. Površina (tloris) objekta je tako 75 m^2 . Za izračun pogostnosti "udara strele na objekt" smo pesimistično privzeli, da je ploskev objekta 2x večja, torej 150 m^2 . Pogostnost (F) je tako $4,6 \times 10^{-4}$ na leto. Alternativna metoda določitve (adveksijske) površine, na katero lahko udari strela je, da jo določimo na osnovi višine strelovoda. Ta v tej metodi predstavlja višino obrnjenega stožca, ki ima za osnovno ploskev krog, katerega radij je enak višini. Če je višina strelovoda 10 m, bi bila ploskev osnove stožca okoli 314 m^2 . Upoštevati bi bilo treba tudi razporeditev 4 stožcev, vendar bi v skupnem rezultatu bila razlika določitve ploskve znotraj faktorja 2, kar je relativno majhna nezanesljivost.
- Za odpoved strelovoda smo privzeli vrednost $p = 0,01$ (ustrezni standardi, npr. [24], določajo za objekte 1. kategorije minimalno 98 % uspešnost zaščite). Ob predpostavki, da strelovod odvede maksimalen pričakovan tok jakosti 200 kA v 99% primerov, je navedena vrednost pesimistična.
- Za človeško napako je privzeta standardna vrednost $p = 0,01$. Za statične razelektritve je bila privzeta vrednost $f = 0,01 \text{ leto}^{-1}$ - ekspertno mnenje.

Na osnovi omenjenih izhodišč smo izdelali drevo odpovedi, ki je prikazano na sliki 5. Izračunana frekvenca za najvišji dogodek, to je detonacijo v kolodrobu je $2,5 \times 10^{-2} \text{ leto}^{-1}$, oziroma enkrat v 40 letih.

6.2.2.2 Ocena pogostnosti odpovedi/napak za scenarij "detonacija razstreliva v kolodrobu"

Na osnovi že navedenih izhodišč za oceno frekvence detonacije črnega smodnika v kolodrobu, lahko na osnovi podobnosti izdelamo (praktično identično) oceno frekvenc za detonacijo razstreliva v kolodrobu. Dodatno moramo upoštevati dejstvo, da razstreliva niso občutljiva na statične razelektritve, ter ustrezno spremeniti drevo odpovedi, ki je prikazano na sliki 6. Izračunana frekvenca za najvišji dogodek, to je detonacijo razstreliva v kolodrobu je $1,5 \times 10^{-2} \text{ leto}^{-1}$, oziroma enkrat v 70 letih.

6.2.2.3 Ocena pogostnosti odpovedi/napak za scenarij "sušenje pirotehničnih snovi v objektu 105a"

Analiza in izračun pogostnosti odpovedi sušilnika v objektu 105a je bila opravljena na osnovi sheme merjenja in regulacije prezračevanja (Zarja Kamnik, 1988). Sušilnik se ogreva s toplim zrakom, katerega potiska ventilator (obtočna črpalka) preko dveh toplotnih menjalnikov v dveh ogrevalnih zankah. Ena ogrevalna zanka je redundantna, oziroma pomožna. Shema prezračevanja je v prilogi.

Drevo odpovedi za sušilnik v objektu 105a je prikazano na sliki 7.

Sistem ima podvojeno pasivno kontrolo, občasno pa se izvaja tudi aktivni nadzor. Skladno s tem je izračuna pogostnost odpovedi in napak zelo nizka, kar pomeni, da je sistem odlično zavarovan pred okvarami, oziroma da je varen. Najbrž so temu botrovale tudi pogostni izredni dogodki (nesreče) v objektu 105 pred njegovo namestitvijo in si je vodstvo Pirotehnike želelo situacijo ustrezno urediti. Rezultat ocene pogostnosti odpovedi je $5,5 \times 10^{-7}$.

V tabeli 29 podajamo pregled rezultatov za pogostosti odpovedi sušilnika dobljenih po metodi minimalnih kombinacij osnovnih dogodkov za odpovedi.

Tabela 29: Pregled rezultatov za pogostosti odpovedi sušilnika.

Set	Minimalne kombinacije osnovnih dogodkov za odpoved	Pogostnost odpovedi sušilnika
set 1	B-3, B-5, B-6	$1,8 \times 10^{-7}$
set 2	B-4, B-5, B-6	$3,6 \times 10^{-7}$
set 3	B-3, B-5, B-7	$2,7 \times 10^{-8}$
set 4	B-4, B-5, B-7	$7,2 \times 10^{-9}$
	Vsota:	$5,73 \times 10^{-7}$

6.2.2.4 Ocena pogostnosti odpovedi/napak za scenarij "detonacija v skladiščih"

Skladišča so statičen sistem in so že zaradi tega manj podvržena napakam, oziroma izrednim dogodkom. Za dostop do skladišča in delo v njem velja poseben režim: delo je možno le po predhodni napovedi in v skupinah. Skupine so nujne, da se delavci medsebojno nadzirajo. Kadar gre za odpremo sodeluje pri nadzoru tudi voznik.

Glavni viri/možni vzroki izrednega dogodka pa so:

- Neposreden udar strele.

- Požar v okolici objekta.
- Nestabilnost razstreliva.
- Sabotaža.

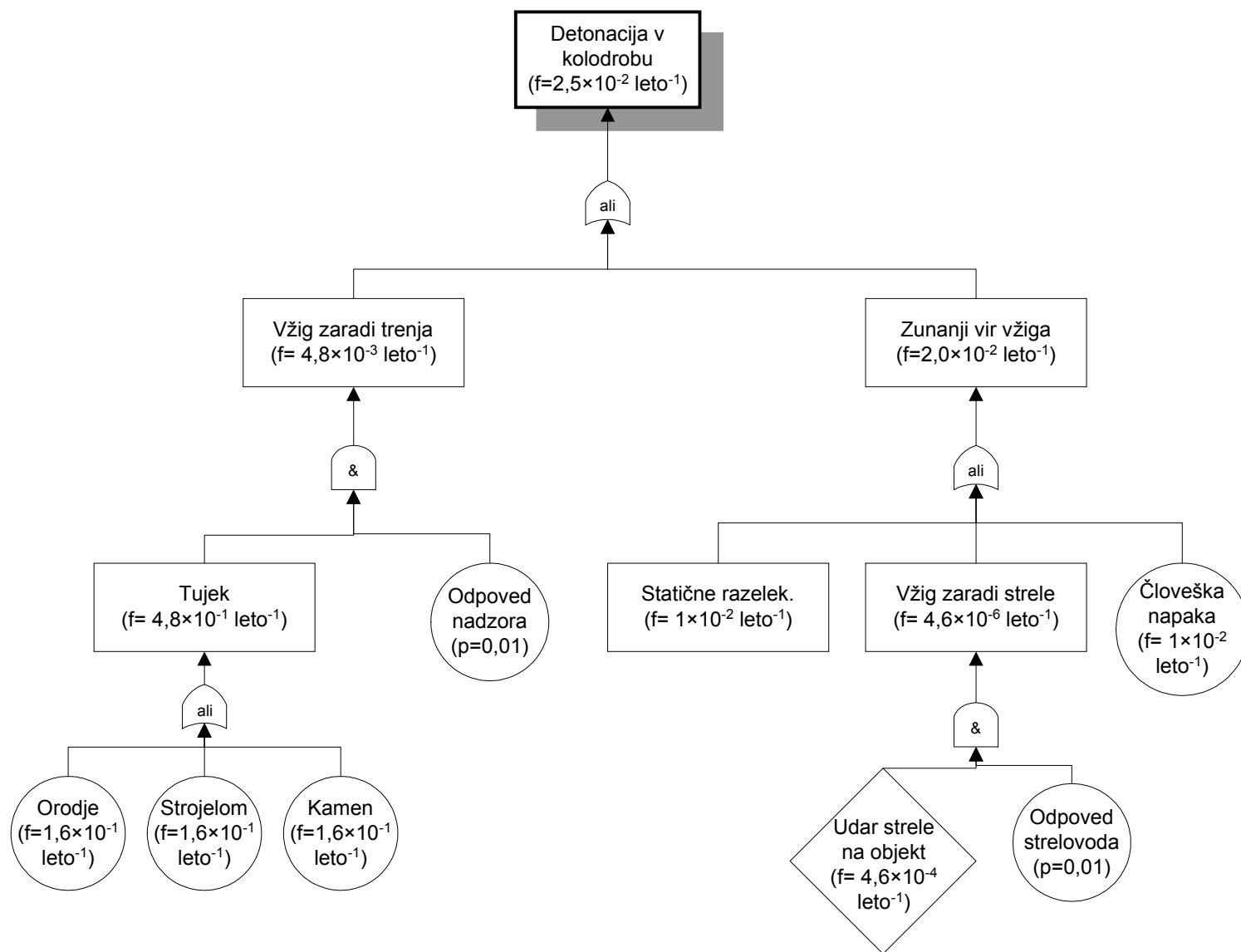
Za preprečitev udara strele je objekt izveden kot Faradayeva kletka. V okolici vsakega objekta so strelovodi (vsaj trije na objekt). Električne napeljave ni v objektu, pač pa je nameščena zunaj. Tudi luči so zunaj.

Prenos požara iz okolice na objekt se preprečuje s čiščenjem okolice objektov (sekanje dreves, grmovja in podrasti; odstranjevanje suhega listja; odstranjevanje kartonske in lesene embalaža – transportnih pripomočkov (palet) takoj po opravljenem delu v skladišču).

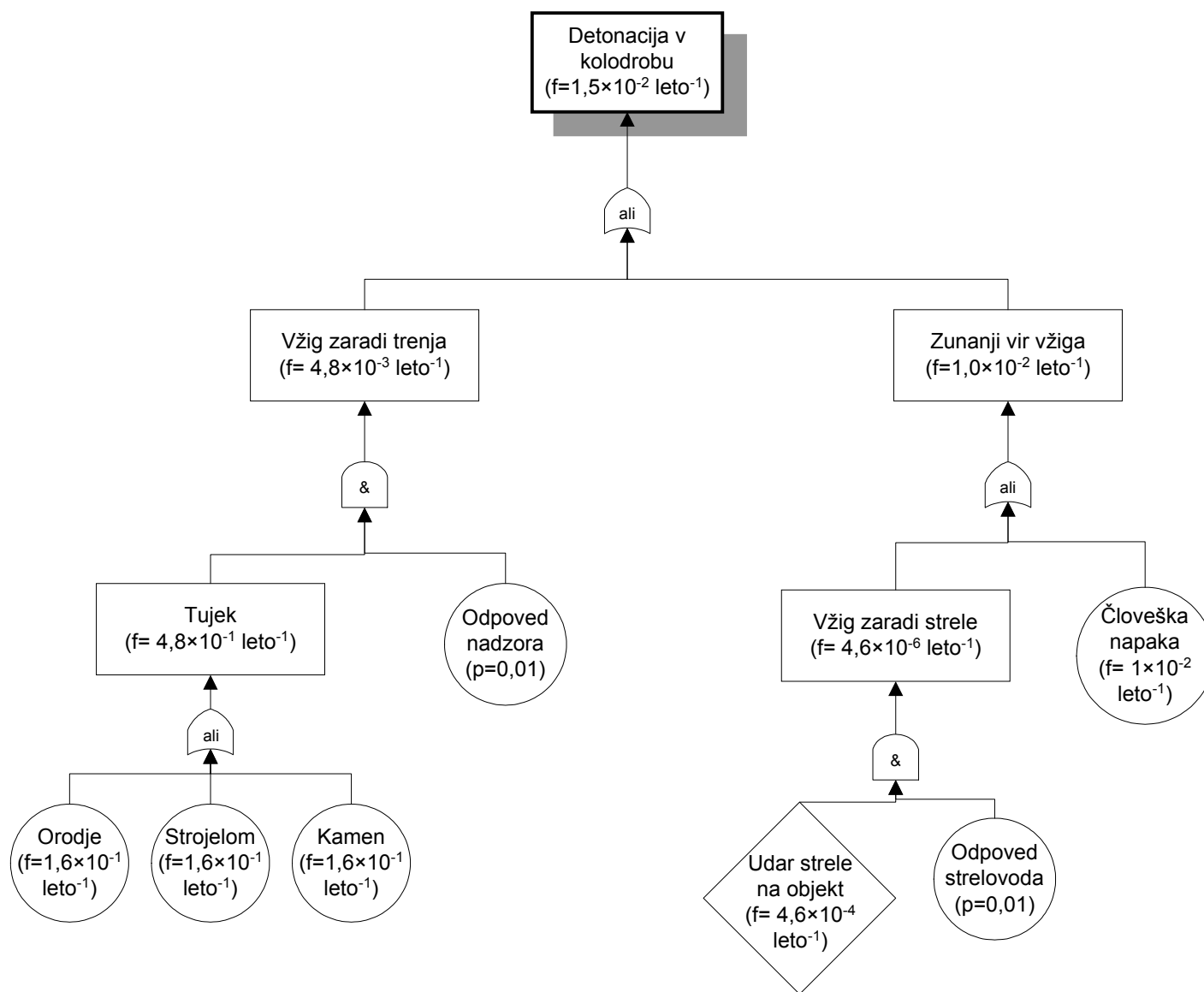
Razstrelivo narejeno v KIK d.d. zaradi sestave ni nestabilno. Nestabilno je kupljeno razstrelivo, ki ga včasih KIK skladišči v svojih objektih, in sicer na nitroglicerinski osnovi in če je staro. Nitroglicerin hidrolizira, pri čemer nastajajo NO_x , ti pa so avtokatalizator razpada. Glede na to je politika KIK d.d., da morebitno kupljeno razstrelivo skladišči samo kratek čas in da nima zalog.

Od možnih človeških napak se pričakuje le da voznik paletnega viličarja zaradi nepazljivosti prekucne paletu z razstrelivom na nakladalni rampi, vendar takšen raztros ne povzroči detonacije (večkrat preizkušeno).

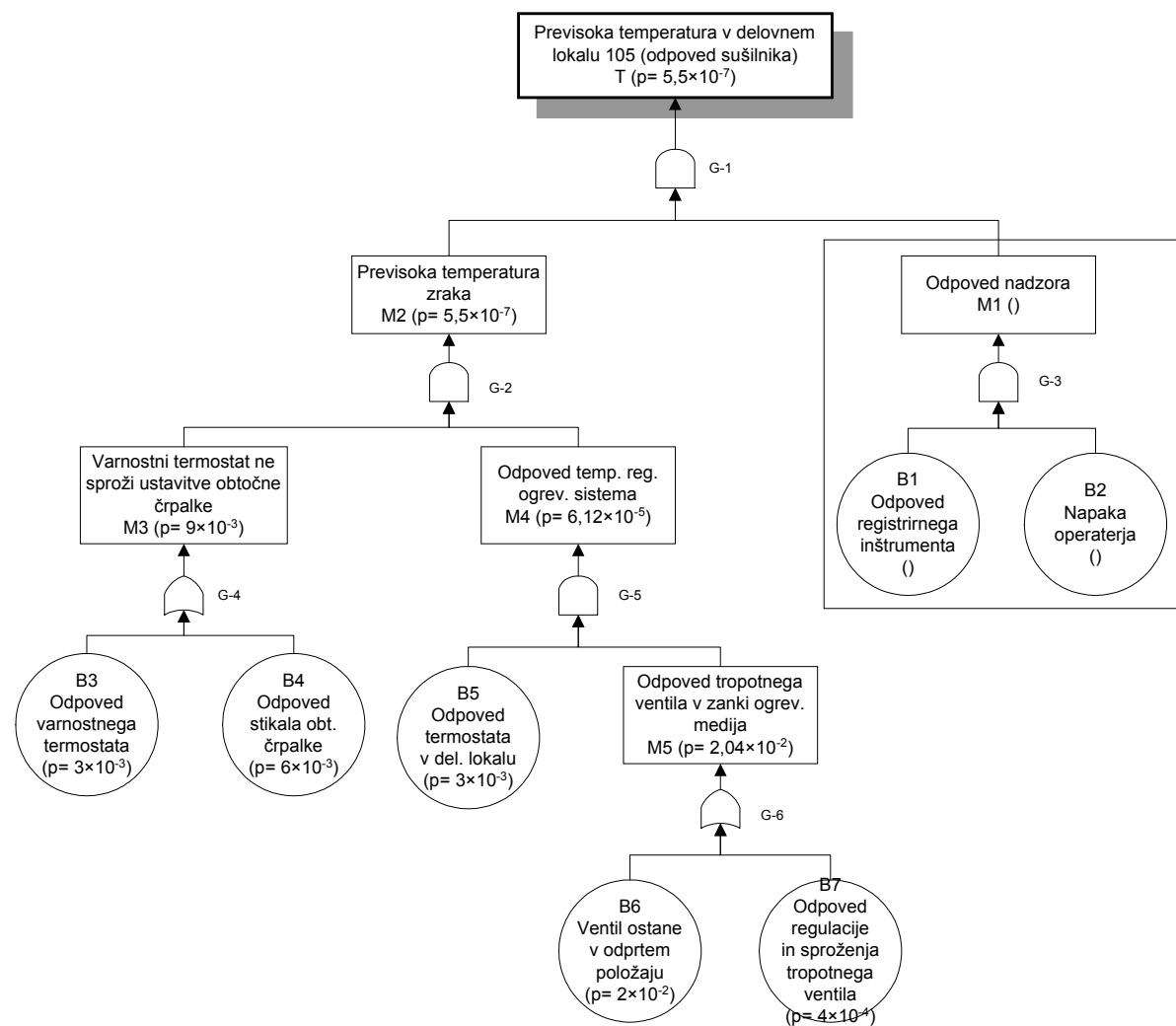
Glede na navedeno ostaja kot najpogostnejši možen vzrok za izredni dogodek v skladišču sabotaža ali teroristično dejanje. Teh dogodkov pa v okviru teh ocen tveganja ne obravnavamo, zato lahko zaključimo, da je pogostnost pojavljanja izrednega dogodka v skladiščih zelo nizka.



Slika 5: Drevo odpovedi/napak za vžig in detonacijo črnega smodnika med fazo mletja v kolodrobu. Enota za frekvence je leto⁻¹.



Slika 6: Drevo odpovedi/napak za vžig in detonacijo razstreliva med fazo mletja v kolodrobu. Enota za frekvence je leto⁻¹.



Slika 7: Drevo odpovedi/napak za previsoko temperaturo (odpoved sušilnika) za fazo sušenja pirotehničnih zmesi v objektu 105a. Razvejitev, oziroma vmesni dogodek M1 "Odpoved nadzora" ni bil kvantitativno obdelan, ker osebje ne nadzira sušenja neprekinjeno.

6.3 Revizija predhodne uvrstitve dogodkov med najtežje pričakovane, verjetne in možne na osnovi podrobne ocene tveganja

Na osnovi lastnosti eksplozivnih snovi in podatkov zbranih v poglavju 0 5.4 Razvrščanje nevarnosti in poglavju 0 5.5 Ugotovljene nevarnosti za večje nesreče, smo za nadaljnjo podrobnejšo obravnavo med najtežje pričakovane dogodke uvrstili detonacije eksplozivnih snovi v objektih 41 (kolodrob razstreliva), 51 (patronirni stroj vodoplastičnega eksploziva) in 60 (kolodrob črnega smodnika). Med najtežje verjetne dogodke smo uvrstili vžig 200 kg pirotehnične zmesi v sušilnici - objektu 105a, detonacijo črnega smodnika v vmesnih skladiščih – objekti 82.1, 58.1 in 106, ter detonacijo pirotehnične zmesi - objekt 100. Med najtežje možne dogodke smo uvrstili detonacijo razstreliva/TNT in črnega smodnika v skladiščih 91, 92, 95, 111, 112, 115, 131, 132 in 133.

Nato smo podrobno analizirali vse najtežje pričakovane dogodke (prva stopnja nevarnosti), ter reprezentativne najtežje verjetne in najtežje možne dogodke (druga in tretja stopnja nevarnosti). Zanje smo izračunali pogostnost pojavljanja in težo posledic. Rezultati so zbrani v tabeli 27. Na osnovi teh rezultatov ter ob upoštevanju negotovosti izračunov lahko izvedemo revizijo razvrstitve v smislu stopenj nevarnosti, in sicer:

1. med dogodke prve stopnje nevarnosti uvrščamo detonacije v kolodrobih razstreliva in/ali črnega smodnika (objekta 41 in 60), izpuščamo pa detonacijo v objektu št. 50 (uvrščamo v drugo stopnjo). Rezultati ocene tveganja za te dogodki so prikazani v tabeli 30. Rezultati so lahko osnova za upravno odločanje in določitev režima rabe prostora v okolici (vplivnem območju) KIK Group d.d..
2. Med dogodke druge stopnje nevarnosti uvrščamo detonacije v objektih 50, 82.1, 58.1 in 106. Priporočamo, da se v morebitnih ponovljenih ocenah za vse vkopane ali z nasipi obdane objekte upošteva pristop kot smo ga demonstrirali za objekt 58.1, pri čemer je smiselno upoštevati tudi konstrukcijo objekta v smislu oviranja širjenja udarnega vala. Ta vpliv smo pri demonstraciji za objekt 58.1 zanemarili in zato dobili nekoliko pesimistično oceno.
3. Vse ostale dogodke uvrščamo med dogodke tretje stopnje nevarnosti. Razlog so bodisi nepomembne posledice ali zelo nizka pogostnost pojavljanja nesreče. Slednje še posebej velja za skladišča razstreliva, ki jih zaradi te lastnosti ni potrebno upoštevati pri določanju režima rabe prostora v okolici - vplivnem območju (SEVESO II direktiva), smiselno pa je imeti pred očmi rezultate ocene tveganja, ko se izdeluje načrt zaščite in reševanja.

Tabela 30: Izračunane razdalje od središč eksplozij do ciljnih nadtlakov za izbrana objekta, eksplozivne snovi in ekvivalentne maksimalne količine TNT.

Št. objekta	Snov	ekv. TNT (kg)	Razdalja do nadtlakov (m)		
			20,7 kPa	13,8 kPa	2,1 kPa
41					
60					

6. Razvrščanje tveganja z metodo SPIRS

7.1 Splošno

Metodo SPIRS (Seveso Plant Information Retrieval System), ki so jo razvili v biroju za nevarnosti večjih nesreč skupnega raziskovalnega centra evropske komisije (Major Hazards Accidents Bureau, European Commission - Joint Research Centre) v Ispri, Italija, uporabljajo predvsem kot orodje za inventarizacijo (baza podatkov) industrijskih objektov, oziroma podjetij, ki so zavezanci v smislu določil evropske direktive Seveso II (96/82/EC) – virov tveganja.

Splošni nameni uporabe baze podatkov SPIRS so naslednji:

- Podatki o vseh podjetjih z nevarnimi snovmi na območju evropske unije so na razpolago evropski komisiji in ustreznim lokalnim oblastem v državah članicah, kot podpora v procesu odločanja, posredovanju podatkov javnosti, upravljanju z lastnimi podatki in za primerjalno razvrščanje posameznih virov nevarnosti (tveganja).
- Omogočiti grafični prikaz pomembnejših podatkov o posameznih virih tveganja na zemljevidih.
- Iskanje podatkov o posameznih virih tveganja (industrijska dejavnost, lokacija, količine in vrste nevarnih snovi, ipd.).

V bazo podatkov SPIRS je vgrajena metoda za oceno indeksov nevarnosti in indeksa tveganja za posamezne vire tveganja. Potrebni podatki so navedeni v *PRILOGA I – obrazec za vnos podatkov v bazo podatkov SPIRS* v poročilu *Prvi del - Opis uporabljenih metod*. Metodo za izračun indeksov nevarnosti in tveganja so razvili na osnovi analize podatkov o nesrečah

zbranih v bazi MARS (Major Accidents Reporting System) in splošnih podatkov v virih tveganja. Podrobnejši opis kvalitativnega modela za vrednotenje možnega tveganja je podan v [25], ter v poročilu "Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje ob izrednih dogodkih, Prvi del", v nadaljevanju pa povzemamo najpomembnejše sestavine postopka izračuna indeksov nevarnosti in indeksa tveganja.

Metoda SPIRS izračuna potencial za tveganje (RI) brez upoštevanja specifičnih varnostnih/sanacijskih ukrepov na ali zunaj območja vira tveganja, ker takšni podatki na splošno niso na razpolago za večino virov tveganja.

Potencial za tveganja metoda izračuna za posamezne nevarnosti (ki jih določajo posamezne nevarne snovi na lokaciji vira tveganja) in za posamezne tipe prejemnikov tveganja:

$$RI_{\alpha,\beta} = HI_{\alpha} \times \frac{1}{r_{\beta}^2} \quad (1)$$

kjer α predstavlja tip nevarnosti (glede na vrste nevarnih snovi), β predstavlja prejemnika tveganja (zaposleni na območju vira tveganja, okoliško prebivalstvo, občutljiva območja – deli okolja, vodna telesa, itd.), r je razdalja med virom nevarnosti in prejemniki tveganja.

Skupni indeks nevarnosti HI_{α} za določeno vrsto nevarnosti je podan kot:

$$HI_{\alpha} = \sum_{vse\ snovi} HI_{\alpha,snov} \quad (2)$$

Indeks nevarnosti $HI_{\alpha,snov}$ je v splošnem podan kot:

$$HI = Am \times HP \quad (3)$$

Kjer je Am količina nevarne snovi v tonah, HP pa nevarnostni potencial. Indeks nevarnosti $HI_{\alpha,snov}$ izračunamo kot vsoto posameznih nevarnostnih indeksov za onesnaženje vode, izpuste strupenih plinov in požare/eksplozije.

Nevarnostni indeks za onesnaženje vode HI_w je podan kot:

$$HI_w = Am \times Tox \times \left(\frac{Sol}{Vol} + Con + BD + BA \right) \quad (4)$$

Nevarnostni indeks za izpuste strupenih plinov HI_T je podan kot:

$$HI_T = Am \times Tox \times (Vol + VD + BD + BA) \quad (5)$$

Nevarnostni indeks za požare in eksplozije HI_F je podan kot:

$$HI_F = Am \times Tox \times FEP \times (Sol + Con + VD + Vol + SG + FP) \quad (6)$$

kjer Tox predstavlja indeks strupenosti (za določeno nevarno snov), Sol predstavlja indeks topnosti v vodi, Con predstavlja indeks fizične oblike snovi ali viskoznosti (za tekočine), Sur predstavlja indeks lastnosti (ranljivosti) okolice vira tveganja, Vol je indeks hlapljivosti snovi

(v povezavi ustreza parnemu tlaku snovi), *BD* je indeks biološke (ne)razgradljivosti snovi, *BA* je indeks biološke akumulacije strupenih snovi v okolju (na primer, v prehrambeni verigi), *VD* je indeks gostote hlapov snovi (težji ali lažji od zraka), *FEP* je indeks za gorljivost ali eksplozivnost snovi (glede na tip nesreče), *SG* je indeks za specifično gostoto snovi, *FP* pa je indeks za lastnosti plamena (glede na hitrost plamena, smer širjenja, temperaturo samovžiga/razpada in točko plamenišča snovi).

7.2 Potrebni podatki o viru tveganja za vnos v bazo podatkov SPIRS

Splošni podatki

Splošni podatki o viru tveganja, ter o tem kdo je vnesel podatke.

Ime podatka v poročilu:	Podatek
• Šifra vira tveganja	
• Datum poročila	14.1.2003
• Pristojni lokalni organ:	
Opis vira tveganja:	
• Ime vira tveganja	KIK Group d.d.
• Naslov vira tveganja	Fužine 9, 1240 Kamnik, Slovenija
• Dejavnosti vira tveganja	kemijska proizvodnja, proizvodnja razstreliv, črnega smodnika in pirotehničnih zmesi
• Razvrstitev vira tveganja	vir večjega tveganja za okolje
Geografski položaj vira tveganja	
• Dolžina in širina	
• Država	
• Regija	
• Pokrajina	
• Občina	

Podatki o viru tveganja

Za analizo tveganja (razvrščanje virov tveganja) so potrebni naslednji podatki

• Povprečno število ljudi na območju vira tveganja	300
• Razdalja do najbližjega biotopa	0 km
• Razdalja do najbližjega vodnega telesa	0,1 km
• Število prebivalcev znotraj območja z radijem 5 km	23730
• Število prebivalcev znotraj območja z radijem 10 km	63360

Inventar nevarnih snovi

#	Snov	CAS Št.	R-stavki	Simboli	ADR razred	Maksimalna količina (t)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Dodatne opombe

Podane so maksimalne količine snovi za dejavnosti na delu lokacije v lasti KIK Group d.d.

4.2. Rezultati metode

V tabeli 31 podajamo pregled rezultatov izračuna točkovanja po metodi SPIRS za različne prejemnike tveganja in različne vrste nevarnosti.

Tabela 31: Pregled rezultatov izračuna potencialov nevarnosti in tveganj po metodi SPIRS.

Vrsta nevarnosti	Točkovanje	Prejemnik tveganja			
	Potencial	Okoliško prebivalstvo	Prebivalstvo na lokaciji	Vodno telo	Biotop
Onesnaženje vode	Nevarnost	321		321	321
	Tveganje	9630		6420	6420
Strupeni plini	Nevarnost	361	361		
	Tveganje	10830	9025		
Požari in eksplozije	Nevarnost	1004	1004		
	Tveganje	30120	25100		

Na osnovi prikazanih rezultatov (točk) ne moremo direktno sklepati o obsegu potencialnih nevarnosti in tveganj. Rezultati so uporabni le za primerjavo različnih virov tveganja med seboj (razvrščanje po prioritetah), kar je izvedeno za vse obravnavane vire tveganja v tretjem delu poročila.

8. Ocena tveganja z metodo IAEA

8.1 Opis postopka ocenjevanja

Ocenjevanje posledic in pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov se izvaja z uporabo modelov. Ti so pripravljeni v obliki tabel, kjer so vrednosti kategorizirane po vrstah snovi, izrednih dogodkih in lastnostih lokacije. Odvisno od obravnavanega primera izbiramo ustrezne vrednosti faktorjev iz tabel in jih vnašamo v ustrezne enačbe, da z izračunavanjem dobimo končen rezultat: potencialno število smrtnih žrtev s kvantitativno oceno pogostnosti dogodka. Ko rezultate za več virov tveganja primerjamo medsebojno ali z izbranimi merili, lahko določimo prioritete nadaljnjega ravnanja.

Ocena posledic poteka po enačbi (podrobna navodila so podana v [2]):

$$C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_A \cdot f_d \cdot f_m \quad (7)$$

kjer je:

$C_{a,s}$ število smrtnih žrtev pri dogodku, v katerem je udeležena določena snov (s)

A območje vpliva - glej tabeli 4 in 5, ha

δ gostota poseljenosti v območju vpliva, št.ljudi/ha (tabela 6)

f_A korekcijski faktor za poseljena območja – razporeditev (tabela 7)

f_d korekcijski faktor za poseljena območja – oddaljenost (tabela 7)

f_m korekcijski faktor za blažilne ukrepe (tabela 8)

Podrobnosti o izračunih so podane v poročilu Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje ob izrednih dogodkih - Prvi del.

8.2 Izračun in rezultati ocene tveganja za posamezne objekte

8.2.1 Objekt 41

Podatki-vrednosti iz tabel:

- referenčna številka 14 (eksplozivne snovi, tabeli 2 in 3)
- kategorija vpliva BI (tabela 4)
- območje vpliva do 50 m, ploskev 0,8 ha

- namesto gostote prebivalstva upoštevamo število zaposlenih v objektu; ker je posledice pričakovati do oddaljenosti 50 m, faktorjev f_A in f_d ne upoštevamo. Faktor $f_m = 1$ za referenčno številko 14 (glej tabelo 8).

Maksimalno število žrtev je tako število zaposlenih v objektu 41. To je 4.

Ocena pogostnosti poteka po enačbi:

$$N_{i,s} = N_{i,s}^o + n_l + n_f + n_o + n_p \quad (8)$$

kjer je:

$N_{i,s}$ verjetnostno število; v obravnavani metodi ima vsako verjetnostno število ekvivalentno frekvenco P. Zveza med N in P je naslednja: $N = |\log_{10} P|$ (glej tudi tabelo 14)

$N_{i,s}^o$ povprečno verjetnostno število za obrat in snov (tabela 9)

n_l korekcijski faktor, ki upošteva pogostnost razkladanja/nakladanja (tabela 10)

n_f korekcijski faktor, ki upošteva varnostne ukrepe proti vnetljivim snovem (tabela 11)

n_o korekcijski faktor, ki upošteva organizacijske varnostne ukrepe (tabela 12)

n_p korekcijski faktor, ki upošteva poseljenost lokacije in smer vetra (tabela 13)

Podatki – vrednosti iz tabel:

- $N_{i,s}^o$ je 6
- n_{lje} je -1,5
- n_f je 0
- n_o je 0
- n_p je 0

Izračunano verjetnostno število za detonacijo razstreliva v kolodrobu je 4,5. To ustreza frekvenci 3×10^{-5} na leto.

Rezultat:

Tveganje za objekt 41 je 4 smrtne žrtve v oddaljenosti 50 m od objekta. Pogostnost izrednega dogodka je 3×10^{-5} na leto.

8.2.2 Objekt 50

Ker gre za skoraj identično količino razstreliva so vrednosti faktorjev iz tabel enaki kot pri objektu 41. Različno je le število zaposlenih. Tako so rezultati podobni.

Tveganje za objekt 50 je 6 smrtnih žrtev v oddaljenosti 50 m od objekta. Pogostnost izrednega dogodka je 3×10^{-5} na leto.

8.2.3 Objekt 60

Podatki-vrednosti iz tabel za oceno posledic:

- referenčna številka 14 (tabeli 2 in 3)
- kategorija vpliva AI (tabela 4)
- območje vpliva do 25 m, ploskev 0,2 ha (tabela 5)
- namesto gostote prebivalstva upoštevamo število zaposlenih v objektu; ker je posledice pričakovati do oddaljenosti 25 m, faktorjev f_A in f_d ne upoštevamo. Faktor $f_m = 1$ za referenčno številko 14 (glej tabelo 8).

Maksimalno število žrtev je tako število zaposlenih v objektu 60. To je 3.

Podatki – vrednosti iz tabel:

- $N_{i,s}^o$ je 6
- n_{lje} je -1,5
- n_f je 0
- n_o je 0
- n_p je 0

Izračunano verjetnostno število za detonacijo smodnika v kolodrobu je 4,5. To ustreza frekvenci 3×10^{-5} na leto.

Rezultat:

Tveganje za objekt 60 so tri smrtne žrtve - zaposleni v oddaljenosti 25 m od objekta. Pogostnost izrednega dogodka je 3×10^{-5} na leto.

8.2.4 Objekt 91

Podatki-vrednosti iz tabel za oceno posledic:

- referenčna številka 14 (tabeli 2 in 3)
- kategorija vpliva CI (tabela 4)
- območje vpliva do 100 m, ploskev 3 ha (tabela 5)
- gostota prebivalstva (zaposleni) 3/ha (tabela 6)
- f_A je 1 (tabela 7)
- f_d je 1 (tabela 7)
- f_m je 1 (tabela 8).

$$C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_A \cdot f_d \cdot f_m = 3 \text{ ha} \times 3 \text{ ljudi/ha} = 9$$

Pričakovano število smrtnih žrtev pri eksploziji TNT v skladiščnem objektu 91 ($C_{a,s}$) je 9.

Podatki – vrednosti iz tabel za oceno pogostnosti:

- $N_{i,s}^o$ je 7
- n_l je -1
- n_f je 0
- n_o je 0
- n_p je 0

Izračunano verjetnostno število za eksplozijo 90 t TNT v skladiščnem objektu 91 je 6. To ustreza frekvenci 1×10^{-6} na leto.

Rezultat:

Tveganje za objekt 91 je 9 smrtnih žrtev v oddaljenosti 100 m od objekta. Pogostnost izrednega dogodka je 1×10^{-6} na leto.

8.2.5 Objekt 112

Podatki-vrednosti iz tabel za oceno posledic:

- referenčna številka 14 (tabeli 2 in 3)
- kategorija vpliva CI (tabela 4)
- območje vpliva do 100 m, ploskev 3 ha (tabela 5)
- gostota prebivalstva (zaposleni) 5/ha (tabela 6)
- f_A je 1 (tabela 7)
- f_d je 1 (tabela 7)

- f_m je 1 (tabela 8).

$$C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_A \cdot f_d \cdot f_m = 3 \text{ ha} \times 10 \text{ ljudi/ha} = 15$$

Pričakovano število smrtnih žrtev pri eksploziji 110 t črnega smodnika v skladiščnem objektu 112 ($C_{a,s}$) je 15.

Podatki - vrednosti iz tabel za oceno pogostnosti:

- $N_{i,s}^o$ je 7
- n_l je -1
- n_f je 0
- n_o je 0
- n_p je 0

Izračunano verjetnostno število za eksplozijo v skladiščnem objektu 112 je 6. To ustreza frekvenci 1×10^{-6} na leto.

Rezultat:

Tveganje za objekt 112 je 15 smrtnih žrtev v oddaljenosti 100 m od objekta. Pogostnost izrednega dogodka je 1×10^{-6} na leto.

9. Zaključki

KIK Kamnik proizvaja industrijska razstreliva, črni smodnik in pirotehnična sredstva. Glavna izredna dogodka pri tej dejavnosti sta eksplozija in požar. Skladno s tem smo v okviru ocene tveganja analizirali varnostne razdalje za posamezne dogodke v različnih proizvodnih fazah oziroma objektih, škodo, ki pri tem lahko nastane, ter morebitno število smrtnih žrtev.

Oceno tveganja smo izdelali s tremi metodami: kvantitativno, IAEA in metodo SPIRS. Kvantitativna metoda daje podrobne in pregledne rezultate glede pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov in njihovih posledic; pri slednjem smo upoštevali referenčne, to je empirično ugotovljene vrednosti, za specifične škode/poškodbe na objektih in ljudeh pri določenem nadtlaku. Izračunavali smo oddaljenost, do katere seže izbrana vrednost referenčnega nadtlaka pri eksploziji določene količine snovi. Skladno s tem in ob upoštevanju podatkov o poseljenosti (število hiš in prebivalcev v vplivnem območju, ki so na razpolago v digitalni obliki - GIS sloji), smo kvantitativno ocenili posledice tudi izven območja KIK Kamnik. Rezultati so, da razen morebitne poškodbe stekel na oknih v oddaljenosti do približno 2 km, v okolju ni pričakovati drugih posledic pri eksploziji polnega največjega skladišča eksploziva na lokaciji KIK. Za višje referenčne nadtlake, pri katerih lahko pride do poškodb ljudi, zgradb in opreme, so razdalje od nekaj deset do nekaj sto metrov od posameznega objekta. Največje razdalje so izračunane za eksplozije v skladiščnih objektih, kjer je tudi največ eksplozivnih snovi.

Ocenjene razdalje in škode so pesimistične (precenjene), ker enačbe za izračun dosega določene vrednosti nadtlaka ne upoštevajo vseh varnostnih ukrepov (nasipi in druge bariere za usmerjanje izpuha eksplozije, značilnosti-konfiguracija terena, poraščenost tal ipd.). Demonstracija dodatnega upoštevanja teh ukrepov in lokacijskih značilnosti je pokazala, da so razdalje v enem od obravnavanih primerov lahko precejšene za približno 15%, sicer pa lahko presegajo tudi faktor 2, če se ne upošteva najpomembnejših varnostnih ukrepov.

Analiza izrednih dogodkov in ocena posledic znotraj obratov sta pokazali, da je pri določenih izrednih dogodkih (npr. detonacija eksplozivne zmesi v kolodrobu) pričakovati porušenje proizvodnega objekta in smrtne žrtve med zaposlenimi. Tveganja je možno zmanjšati; vodstvo podjetja bo temu v prihodnosti posvetilo ustrezno skrb.

Z metodo IAEA smo lahko ocenili le pogostnost smrtnih žrtev zaradi dejavnosti KIK (na osnovi količin skladiščenih snovi v posameznih objektih). Metoda ne omogoča osredotočenja na tehnološke vire tveganja, ampak je uporabna za medsebojno primerjavo različnih virov

tveganj. Rezultati so zaradi uporabe povprečnih vrednosti bolj pesimistični kot pri kvantitativni metodi.

Rezultati metode SPIRS so tudi uporabni za medsebojno primerjavo tveganj iz različnih virov, ne pa kot podlaga za konkretne ukrepe zmanjševanja tveganja v posameznih tehnoloških fazah. Pomensko tolmačenje rezultatov v absolutnem smislu praktično ni možno.

10. Priloge

11. Literatura

- 1 A. Suarez in C. Kirchsteiger, "A qualitative model to evaluate the risk potential of major hazardous industrial plants", EU JRC Ispra, MAHB, ISIS, EUR 18128EN, (1998).
- 2 "Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries", IAEA-TECDOC-727 (Rev.1), November 1996.
- 3 Komunikacija med M. Gerbec in Renato Bertalanič, podatki posredovani po e-mailu, dne 17.1.2003.
- 4 Pravilnik o varstvu pri izdelovanju razstreliv in smodnika in pri manipuliranju z razstrelivi in smodniki, Ur.l. SFRJ, št. 55, 25.12.1969.
- 5 Študija eksplozijske ogroženosti Kemijske industrije Kamnik d.d., julij 2000, Številka projekta: 90-ŠT-KIK-013, študijo obdelal: Franc Stele, univ.dipl.inž...
- 6 Uredba o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi snovmi, Ur.l. RS št. 46/2002.
- 7 Originalna poročila preiskovalnih komisij o posameznih nesrečah, ki se nahajajo v knjižnici podjetja KIK Group d.d. (stanje decembra 2002).
- 8 Dopis direktorja KIK, g. Kazimirja Keržiča in g. Kratochwill Boža (o nesrečah v KIKu), dr. G.S.Biasuttiju v Vevey, Švica, leta 1980.
- 9 Brošura "Ob 100 letnici podjetja Kamnik v Kamniku, izdal upravni odbor podjetja "Kamnik" dne 22.7.1952.
- 10 Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja, Poročilo 36006-23-RP-101, Naloga 1a, PHARE Regional Environmental Accession Project, Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, 27. november 2002.
- 11 Guidelines for chemical process quantitative risk analysis, Second Edition, Center for chemical process safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2000, ISBN: 0-8169-0720-X.
- 12 Integrated Regional Risk Assessment, Vol. II, Consequence Assessment of Accidental Releases, Adrian V. Gheorghe, Michel Nicolet-Monnier, Kluwer Academic Publishers, 1995, ISBN 0-7923-3719-0.
- 13 Hazop and Hazan - Identifying and Assessing Process Industry Hazards, Trevor Kletz, Third Edition, 1993, Institution of Chemical Engineers, Hemisphere Publishing Corporation, ISBN 0 85295 285 6.
- 14 Zakon o eksplozivih, Ur.l. RS, št. 96/2002, 14.11.2002.
- 15 Ocena določitve varnostnega pasu Kemijske industrije Kamnik, B. Kontić in ostali, Institut Jožef Stefan, SEPO, S-BK-MJ/91-W1139, 23.12.1991.
- 16 F. Mushtaq, P.W.H. Chung, A systematic Hazop procedure for batch processes, and its application to pipeless plant, Journal of loss prevention in Process Industries 13 (2000), 41-48.
- 17 Fugelso, L.E., Weiner L.M., Schiffman, T.H., Explosion effects computation aids, Gen. Am., Transportation Co., Gen. Am. Res. Div. GARD Prog. 1540 AD903279, Niles, III., 1972.
- 18 Eisenberg N.A., et.al., Vulnerability model, Nat Tech. Inf. Service Report AF-A105-245, Springfield, VA., 1975.
- 19 Methods for the calculation of physical effects, Yellow Book, CPR 14E (Part 2), Eds. C.J.H van den Boesch, R.A.P.M. Weterings, Committee for the Prevention of Disasters, Third Edition, The Hague, 1997, pp.5.42-5.75
- 20 Elaborat "Statistična analiza atmosferskih razelektritev za KIK Group d.d., Kamnik", avtor dr. Janko Kosmač, januar 2003, Elektroiinstitut Milan Vidmar, Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo, Ljubljana.
- 21 Janko Kosmač, Ogroženost zaradi atmosferskih razelektritev, poglavje v: Nesreče in varstvo pred njimi, Urednik Bojan Ušeničnik, Uprava RS za zaščito in reševanje Ministrstva za obrambo, 2002, ISBN 961-90169-6-3.
- 22 Pravilnik o tehničnih predpisih o strelovodih, Ur.l. SFRJ št. 13, 3.aprila 1968.
- 23 Determining the probability of a lightning striking a facility, R.T.Hasbrouck, PE, National Lightning Safety Institute, Revised 4/18/2002.
- 24 Standard SIS IEC 1024-1, prva izdaja, avgust 1994, Zaščita objektov pred delovanjem strele - 1 del: Splošna načela (identičen z IEC 1024:1990).
- 25 A qualitative model to evaluate the risk potential of major hazardous industrial plants, A. Suarez, C. Kirchsteiger, EC Joint Research Centre, Institute for systems, informatics and safety, Major accidents Hazards Bureau (MAHB), 21020 Ispra (VA), Italy, 1998, EUR 18128EN.

**Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene
tveganja za okolje ob izrednih dogodkih**

Drugi del

Ocene tveganja za izbrane vire tveganja

(skrajšana verzija)

(2B) - Ocena tveganja za Melamin - kemična tovarna d.d.

Kočevje, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje

Ljubljana, maj 2003

Vsebina

1. UVOD	4
2. POVZETEK.....	6
3. OPIS LOKACIJE MELAMIN D.D.....	8
3.1. Osnovni podatki o organizaciji	8
1.2. Zgodovina podjetja	8
3.3. Organiziranost podjetja.....	9
3.4. Opis lokacije.....	11
3.5. Meteorološka situacija	14
3.6. Splošen opis dejavnosti na lokaciji	17
3.6.1. Delitev dejavnosti.....	17
3.6.2. Dejavnosti PE Kemična industrija	21
3.6.2.1. SUROVINE IN PROIZVODI V PE KEMIČNA INDUSTRIJA	21
3.6.2.2. OPIS PROIZVODNIH PROCESOV	25
3.7. Maksimalne količine nevarnih snovi na lokaciji	30
4. PREGLED PODATKOV O NESREČAH NA OBMOČJU MELAMIN D.D.	31
5. UGOTAVLJANJE NEVARNOSTI.....	32
5.1. Obstoječe študije in dokumenti povezani z izdelavo ocene tveganja.....	33
5.2. Izvedba HAZOP študij	35
5.3. Rezultati HAZOP študij	38
5.4. Razvrščanje nevarnosti.....	40
5.5. Ugotovljene nevarnosti za večje nesreče	42
5.6. Scenariji pojavljanja večjih nesreč.....	43
6. OCENJEVANJE POSLEDIC IN POGOSTNOSTI POJAVLJANJA VEČJIH NESREČ.....	47
6.1. Ocenjevanje posledic.....	47
6.1.1. Modeliranje posledic.....	47
6.1.2. Rezultati modeliranja posledic.....	51
6.1.2.1. IZPUST HLAPOV METANOLA IZ ODDUHA KONDENZATORJA DEST. KOLONE	51
6.1.3. Ocena nezanesljivosti pri izračunih	62
6.1.4. Ocena možnosti za verižno nesrečo (domino vplivi)	64
6.1.5. Ocena števila potencialno ogroženih hiš in prebivalcev	66

Ocenjevanje pogostnosti pojavljanja večjih nesreč.....	67
6.2.1. <i>Uvod.....</i>	67
6.2.2. <i>Rezultati ocenjevanja pogostnosti pojavljanja večjih nesreč</i>	69
6.2.2.1. IZPUST HLAPOV METANOLA NA ODDUHU DEST. KOLONE	69
6.2.2.2. IZPUST IN EMISIJA FORMALINA IZ AVTOCISTERNE	69
6.2.3. <i>Povzetek ocene pogostnosti obravnavanih scenarijev.....</i>	72
7. RAZVRŠČANJE TVEGANJA Z METODO SPIRS.....	73
7.1. <i>Splošno.....</i>	73
7.2. <i>Potrebni podatki o viru tveganja za vnos v bazo podatkov SPIRS</i>	75
7.3. <i>Rezultati metode.....</i>	76
8. OCENA TVEGANJA Z METODO IAEA.....	77
8.1. <i>Opis postopka ocenjevanja.....</i>	77
8.2. <i>Izračun in rezultati ocene tveganja za posamezne objekte</i>	77
8.2.1. <i>Formalin.....</i>	78
8.2.2. <i>Metanol</i>	79
8.2.3. <i>Butanol.....</i>	80
8.2.4. <i>Epiklorhidrin.....</i>	80
8.2.5. <i>Amonijak – raztopina 25%.....</i>	80
8.2.6. <i>Ksilen</i>	80
8.2.7. <i>UNP.....</i>	81
9. ZAKLJUČKI	82
10. PRILOGE.....	84
PRILOGA 1 - Celotna prijava vira tveganja za Melamin d.d.	84
PRILOGA 2 - HAZOP zapisniki za posamezne obravnavane tehnološke sklope.....	90
PRILOGA 3 - Zapisnik postopka razvrščanja nevarnosti večjih nesreč (HAZID) za najbolj tipične dogodke.....	99
11. LITERATURA	108

1. Uvod

Ocena tveganja je bila izdelana v okviru Ciljnega raziskovanega projekta "Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje zaradi nesreč z nevarnimi kemikalijami za različne vire tveganja v Sloveniji", št. V1-0701-02, št. pogodbe: 3311-02-828701 in 2511-02-200033, ki sta ga financirala Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport, Trg OF 13, 1000 Ljubljana in Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Dunajska 48, 1000 Ljubljana.

Namen študije je primerjalno raziskati uporabnost treh različnih metod za izdelavo ocen tveganja na primerih treh različnih (v tehničnem smislu) virov večjega tveganja za okolje v Sloveniji s primerjavo rezultatov ocen tveganja.

V okviru študije smo izdelali ocene tveganja za naslednje vire tveganja:

1. Kemijska Industrija Kamnik d.d., Fužine 9, 1240 Kamnik.
2. Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje - PE Kemična industrija, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje.
3. Butan plin d.d., Verovškova 70, 1000 Ljubljana.

V študiji smo uporabili in primerjali naslednje tri metode za oceno ali razvrščanje tveganj:

- Kvantitativno oceno tveganja (referenčna metoda [5, 6, 7]) smo izvedli v naslednjih bistvenih sestavinah:
 1. Zbiranje podatkov o lokaciji, okolici, procesu, dejavnosti in snoveh,
 2. Ugotavljanje nevarnosti,
 3. Razvrščanje nevarnosti - prioritete,
 4. Izdelava scenarijev za večje nesreče,
 5. Ocenjevanje tveganja (kvantitativno ocenjevanje posledic in pogostnosti).
- Metodo SPIRS (Seveso Plant Information Retrieval System), ki jo je razvil Major Accident Hazard Bureau, Joint Research Centre, Ispra, Italija, kot koordinacijsko telo Evropske skupnosti. Metoda omogoča vnos osnovnih podatkov o organizacijah - zavezanih v skladu z evropsko direktivo št. 96/82/EC (imenovana tudi Seveso II) v evropsko bazo podatkov, in kvalitativno primerjalno razvrščanje potencialnih tveganj med zavezanci [1].
- Metoda IAEA za hitro oceno tveganj (imenovana tudi RRA - Rapid Risk Assessment) je nastala v sodelovanju IAEA, UNEP, UNIDO in WHO [2]. Metoda omogoča zelo hitro

oceno tveganja, predvsem v prve, primerjalne namene razvrščanja posameznih virov tveganja glede na potencialno tveganje za svojo okolico.

To poročilo o izdelani oceni tveganja opisuje dejavnosti na območju podjetja Melamin d.d. Kočevje, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje, opisuje postopek in rezultate izdelane ocene tveganja za ugotovljene nevarnosti na lokaciji. Poročilo obsega scenarije za nastanek večjih nesreč ter kvantitativno oceno možnih posledic in pogostnosti. Zbrane podatke o dejavnostih in nekatere rezultate kvantitativne ocene tveganja smo v nadaljevanju uporabili tudi za izdelavo ocen tveganja po metodah SPIRS in IAEA, na koncu pa podajamo zaključke ugotovitev vseh treh ocen tveganja in primerjavo uporabljenih metod.

V zaključku podajamo primerjavo uporabljenih metod.

2. Povzetek

Oceno tveganja za Melamin kemična tovarna d.d. smo izdelali s tremi metodami: kvantitativno, IAEA in SPIRS. Postopek izdelave kvantitativne ocene tveganja je obsegal naslednje faze:

- ugotavljanje nevarnosti (predvsem nevarnosti za večje nesreče)
- oceno možnih posledic izrednih dogodkov (trenutnih, zakasnelih in možnosti verižnega širjenja dogodkov - tako imenovane domino nesreče)
- oceno pogostnosti, da pride do izrednih dogodkov in njihovih posledic
- izdelava priporočil za zmanjšanje tveganja.

V okviru ugotavljanja nevarnosti je bila opravljena študija HAZOP (Hazard and Operability Study - študija delovanja sistema in virov nevarnosti) z razvrščanjem ugotovljenih nevarnosti glede na možne posledice in kvalitativno oceno pogostnosti pojavljanja. Za tako razvrščene nevarnosti smo potem opravili kvantitativno oceno posledic in pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov, ter na osnovi rezultatov opravili končno razvrstitev dogodkov v najtežje pričakovane, najtežje verjetne in najtežje možne. Za slednje smo uporabili računalniški program PHAST, ter metodi analize drevesa odpovedi/napak in drevesa dogodkov.

Z metodo SPIRS smo izračunali potencial za tveganje za posamezne nevarnosti (ki jih določajo posamezne nevarne snovi na lokaciji vira tveganja) in tipe prejemnikov tveganja.

Metoda IAEA je sicer namenjena primerjalnemu ocenjevanju tveganj iz različnih virov, tukaj pa smo jo uporabili za oceno specifičnih tveganj iz posameznih tehnoloških virov. Rezultati, ki jih daje metoda, so število smrtnih žrtev in pogostnost izrednega dogodka.

Pri Melaminu d.d., ki proizvaja večinoma različne melaminsko in sečninsko formaldehidne smole, so najpomembnejši izredni dogodki eksplozija, požar in izpust nevarnih snovi v okolje. Ugotavljali smo vplivno območje za referenčne nadtlake pri eksploziji, območje toplotne obremenitve pri požarih, ter območje, v katerem se bi še zaznal vonj po formaldehidu zaradi nezgodnega iztekanja formalina pri prečrpavanju. Rezultati izračunanih pogostnosti so zbrani v tabeli 1. Ocenjena vplivna območja za vse izredne dogodke so znotraj lokacije Melamin d.d., razen območja, kjer bi se zaznal vonj po formaldehidu; radij tega območja je do okoli

350 m. Pri obravnavanih scenarijih izrednih dogodkov so ogroženi le zaposleni - smrtnih žrtev izven lokacije (med prebivalstvom) pri nobenem izrednem dogodku ni pričakovati.

Tabela 1: Pregled največjih vplivnih območij, števila potencialno ogroženih zaposlenih oseb na lokaciji, ter ocenjenih frekvenc ali verjetnosti za najtežje izide obravnavanih scenarijev (CS - cisternsko skladišče).

št.	Obravnavani scenarij	Izid	Največje vplivno območje (m)	Št. potencialno ogroženih zaposlenih	Frekvenca (f, leto ⁻¹) ali pogostnost (p) za izid
1.	Vžig hlapov metanola v reaktorju R-6	eksplozija in domino	98	2	$f=4,36 \times 10^{-5}$
2.	Vžig termalnega olja na R3/R3.1	vžig reaktorja in požar v obratu	21	3	$p=9,9 \times 10^{-2}$
3.	Izpust metanola iz avtocisterne	požar, eksplozija ob CS	39	2	$f=1,1 \times 10^{-5}$
4.	Izpust formalina iz avto cisterne	večji izpust hlapov strupene snovi	330	2 - 18*	$f=3,85 \times 10^{-4}$
5.	Izpust in požar v CS (C-18)	prenos požara na območju CS	34	2 - 3	$f=1,975 \times 10^{-8}$
6.	Izpust in požar/eksplozija UNP ob objektu PE Lesna Industrija	požar in eksplozija	63	3	$f=1,42 \times 10^{-5}$

Opomba: * = največje število zaposlenih v eni izmeni v obratu Smole II.

Ocene so negotove, na kar smo podrobno opozorili v oceni. Identificirali smo glavne vire nezanesljivosti in jih tudi kvantitativno ocenili. Zaupanje v absolutne vrednosti je znotraj reda velikosti.

Rezultati dobljeni s kvantitativno metodo so uporabni za odločanje o zmanjševanju tveganja, izdelavo načrtov zaščite in reševanja, potrebe prostorskega planiranja in dovoljevanja posegov v prostor, rezultati dobljeni po metodah SPIRS in IAEA pa ne. Slednji metodi sta uporabni le za primerjalno ocenjevanje tveganj iz različnih virov, saj njihove rezultate ni mogoče ustrezno tolmačiti v absolutnem smislu.

3. Opis lokacije Melamin d.d.

3.1. Osnovni podatki o organizaciji

Ime organizacije in naslov: Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje, Tomšičeva 9,
1330 Kočevje
Telefon: 01/8959 300
Fax: 01/8959 480
Spletna stran: www.melamin.si
Šifra dejavnosti: 24.160
Matična številka: 5034043
Direktor: Srečko Štefanič, univ.dipl.kem.

3.2. Zgodovina podjetja

Z odlokom tedanjega okraja Kočevje je bila 14. septembra 1954 ustanovljena Kemična tovarna Kočevje, predhodnica današnjega Melamina. Snovalci tovarne so se odločili, da jo bodo zgradili na mestu nekdanje tekstilne tovarne, ki je bila med vojno porušena, vendar je ostal še uporaben parni kotel, ki ga je bilo možno porabiti tudi za potrebe bodoče kemične industrije. Prvo desetletje je bilo namenjeno izgradnji tovarniških objektov in poskusni proizvodnji. Širok proizvodni program je že tedaj obsegal proizvodnjo diciandiamida, melamina, sintetičnih smol za lake, papir in tekstil, impregniranih platen za čevljarsko industrijo in mas za stiskanje. Sledil je prehod na industrijsko proizvodnjo. Leta 1962 so končali izgradnjo obrata za proizvodnjo "melapan" plošč, čez slabo leto pa je pričela z delom proizvodnja diciandamidov.

Leta 1974 je bil pripravljen program nadaljnjega razvoja tovarne, ki je predvideval povečanje proizvodnje sintetičnih smol od 4500 na 12000 ton na leto in postavitev novega impregnirnega stroja za dekorativne filme z letno zmogljivostjo 20 milijonov m². Redna proizvodnja v novih obratih se je začela leta 1981. Leta 1985 so posodobili tudi star obrat

umetnih smol in mu zvišali zmogljivost od 12000 na 16000 ton, pri troizmenskem delu pa tudi do 18000 ton na leto.

Investicije so se vrstile tudi kasneje: leta 1987 v rekuperacijo odpadne toplote, računalniško opremo in novo laboratorijsko opremo, leta 1989 v proizvodnjo sintetičnih nevtralnih klejev, leta 1991 v sintezo "heksakisa", modificirane melaminske smole za potrebe gumarske in premazne industrije, v letih 1992 - 1997 so bile opravljene nekatere investicije v tehnološke izboljšave in računalniško vodenje procesnih tehnologij, v letih 1998/99 pa so postavili impregnacijski stroj VITS II.

Po lastninskem preoblikovanju se je Melamin leta 1996 organiziral kot delniška družba, dve leti pred tem pa je pridobil certifikat kakovosti ISO 9001/EN29001.

3.3. Organiziranost podjetja

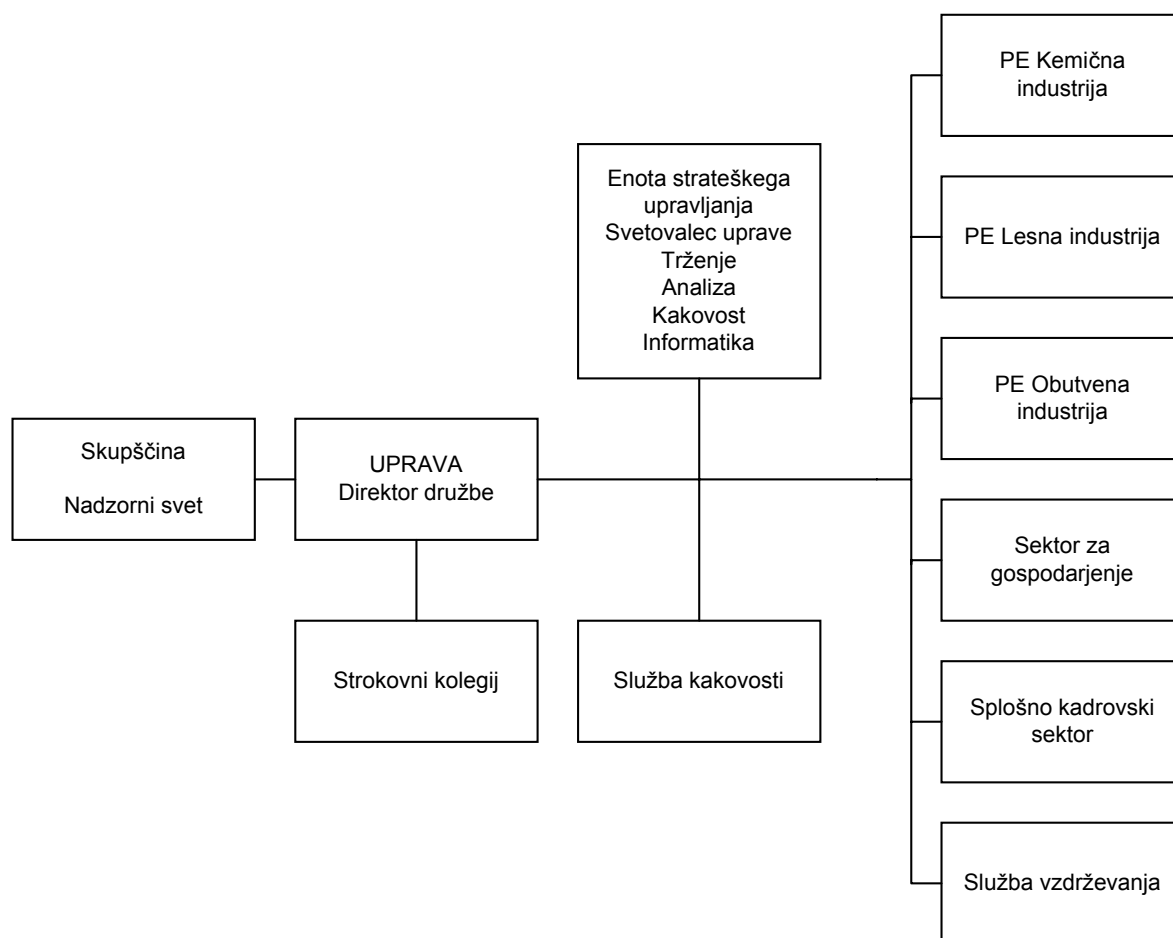
Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje danes zaposluje 197 delavcev in je organiziran kot delniška družba. Družba je razdeljena na tri programske enote:

- PE Lesna industrija
- PE Kemična industrija
- PE Obutvena industrija

Vsaka programska enota opravlja razvoj, proizvodnjo in prodajo izdelkov iz svojega programa.

Melamin letno realizira okoli 21,5 Mio EUR prodaje, od tega okoli 72 % na zahodnoevropskem tržišču.

Organizacijska struktura podjetja je prikazana na sliki 1.



Slika 1: Organizacijska struktura Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje.

3.4. Opis lokacije

Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje se nahaja na naslovu Tomšičeva 9, 1330 Kočevje.

Vse tri poslovne enote podjetja so razdeljene na obeh straneh Tomšičeve ceste:

- na jugo-zahodnem delu Tomšičeve ceste (št. 9) se nahaja Uprava podjetja in kotlarna,
- na isti strani toda nekoliko severneje (na št. 13) se nahaja PE Obutvena industrija,
- na drugi strani (severo-zahodno od Tomšičeve ceste) (št. 2) se nahaja PE Lesna industrija in PE Kemična industrija. Ta del lokacije je omejen med Tomšičevo cesto in industrijski tir.

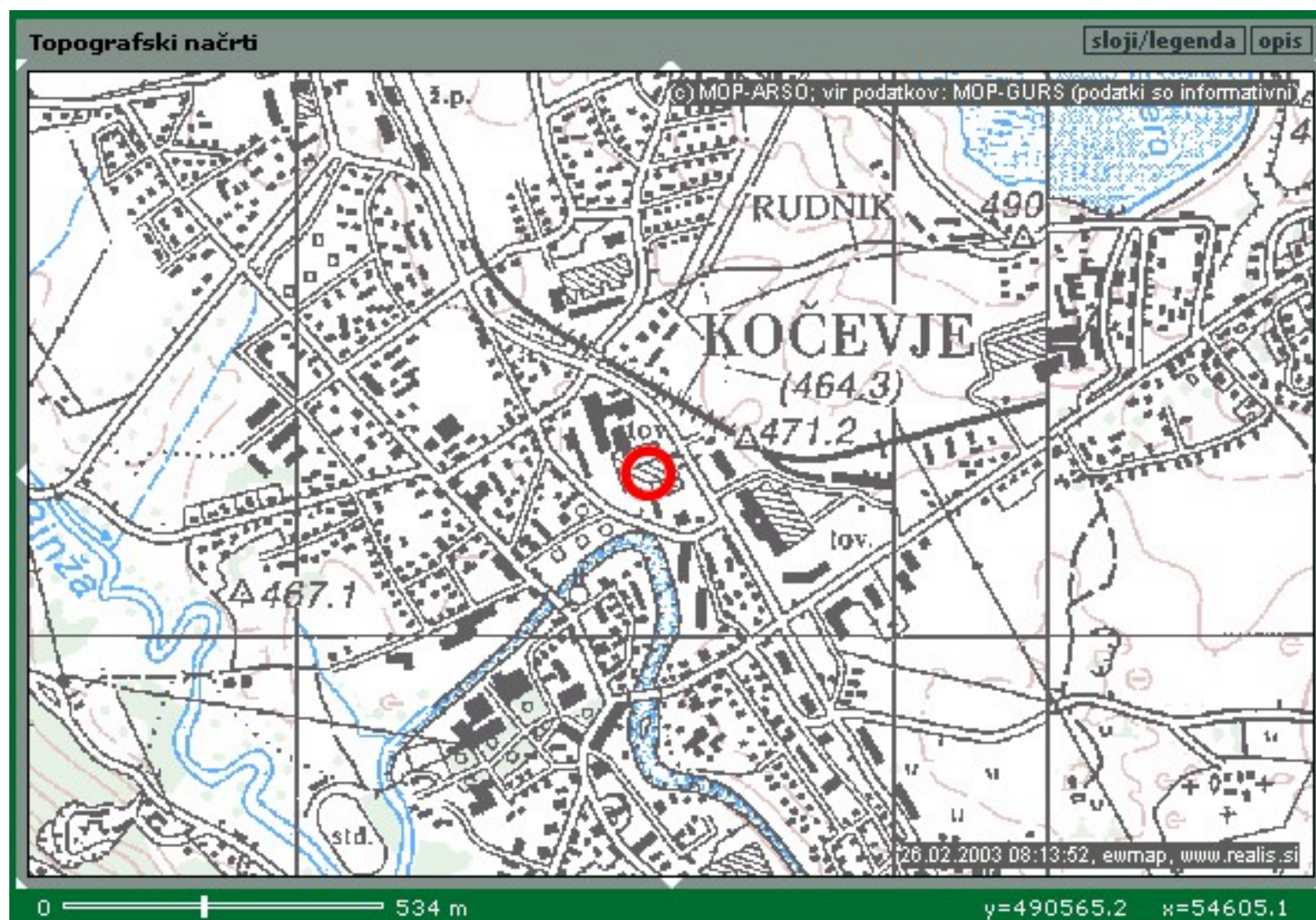
Situacija je prikazana na slikah 2 in 3, kjer so vrisani položaji posameznih poslovnih enot in objektov.

Gauss-Kruegerjeve koordinate lokacije so (upravna stavba na Tomšičevi 9) Y=489590, X=55266, Z=~470 m, približna lokacija PE Kemična industrija (približna sredina stavbe obrata Smole II) je Y=489728, X=55268.

Lokacija se nahaja blizu mestnega jedra Kočevja. Za industrijskim tirom železniške proge Grosuplje - Kočevje so kmetijske površine, severno in južno od lokacije Tomšičeva 2 se na razdalji približno 100 - 200 m nahajajo prvi stanovanjski objekti - bloki, od naslova Tomšičeva 9 ali 13 so prvi stanovanjski objekti oddaljeni približno 20 m. Reka Rinža je oddaljena od lokacije približno 200 m.

Tomšičeva cesta predstavlja glavno prometno povezavo na relaciji Ljubljana - Ribnica - Kočevje - Brod na Kolpi.

V okolici lokacije ni obratov z nevarnimi snovmi ali proizvodnjo. Jugo-vzhodno ob lokaciji PE Lesna industrija in PE Kemična industrija (Tomšičeva 2) se nahajajo na Roški cesti Ljubljanske mlekarne, silosi z državnimi rezervami, na drugi strani Roške ceste pa so še Zdravstveni dom in Dom starejših občanov. Nekoliko severno od lokacije so Tekstilana in Tovarna železniška postaja Kočevje. Gasilci IV kategorije so od območja Melamina oddaljeni manj kot 600 m.



Slika 2: Položaj lokacije Melamin - kemična industrija d.d. Kočevje, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje. Rdeči krog predstavlja položaj upravne stavbe



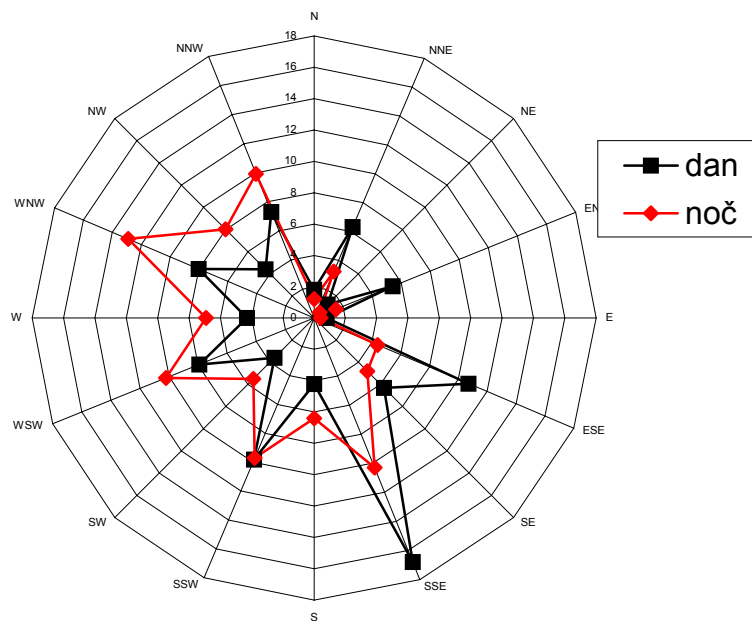
položaj lokacije Melamin - kemična industrija d.d. Kočevje, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje. Rdeči krog predstavlja položaj

3.5. Meteorološka situacija

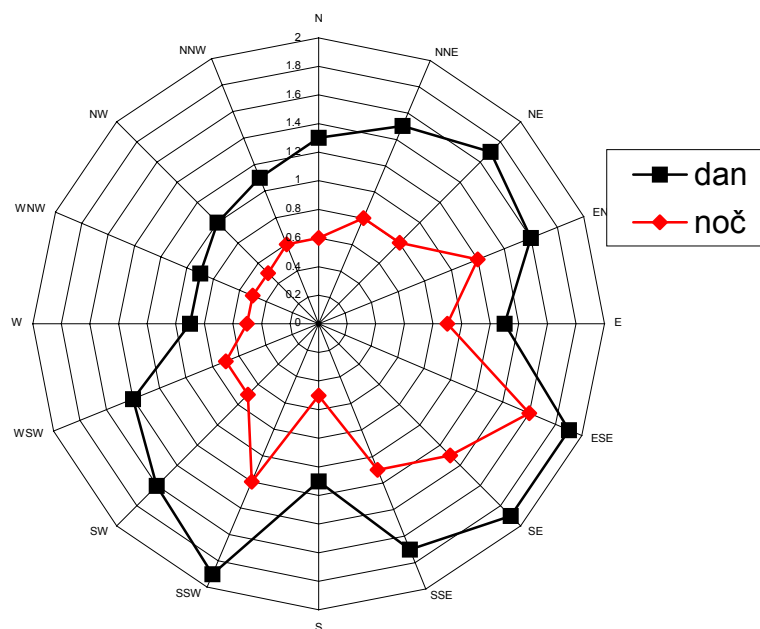
Podatke o meteorološki situaciji smo pridobili na Agenciji Republike Slovenije za okolje [3]. V tabeli 2 podajamo podatke o povprečnih vrednostih nekaterih klimatskih podatkov za merilno mesto Kočevje, ki so bili izmerjeni od leta 1971 do 2000. Na slikah 4 in 5 sta izračunani roži vetrov za območje Kočevja, kjer podajamo smeri vetrov (deleži v % za 16 smeri neba) in hitrosti vetra ($\text{v m}\times\text{s}^{-1}$) za dnevni in nočni čas. Podatki se nanašajo na urne vrednosti meritev vetra v obdobju marec 2000 - marec 2002.

Tabela 2: Klimatski podatki določeni na merilnem mestu Kočevje, za obdobje od leta 1971 do 2000.

Parameter	Mesec												LETO
	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	
povprečna dnevna temperatura zraka (°C)	0.9	0.4	4.1	8.1	13.1	16.2	18.2	17.5	13.7	9	3.8	-0.1	8.6
povprečna abs. maks. dnevna temperatura zraka (°C)	11.2	13.6	19	22.1	26.3	29.1	31.1	31	26.9	22.6	16.9	11.4	32.2
povprečna abs. min. dnevna temperatura zraka (°C)	-14.3	-13.6	-7.8	-3.2	0.7	4.2	6.8	5.6	2.4	-2.8	-8.6	-13.8	-18.1
povprečna višina padavin (mm)	80.5	83.7	105.7	115.5	115.2	147.8	117.7	126.9	146.3	161.4	157.4	117.4	1480.7
povprečno število dni z nevihto in grmenjem	0.3	0.4	0.5	1.1	3.3	5.9	5.9	4.8	2.7	1.3	1	0.5	27.4
povprečno število dni z meglo in z meglo z vidnim nebom	7.8	4.9	4.4	4.2	3.8	4.5	6	10.4	13.5	11.5	9	9.3	88.8



Slika 4: Roža smeri vetrov za merilno mesto Kočevje (deleži v % za 16 smeri neba) za dnevni in nočni čas.



Slika 5: Roža hitrosti vetrov za merilno mesto Kočevje, (hitrosti vetra v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ za 16 smeri neba) za dnevni in nočni čas.

3.6. Splošen opis dejavnosti na lokaciji

3.6.1. Delitev dejavnosti

Proizvodni programi so:

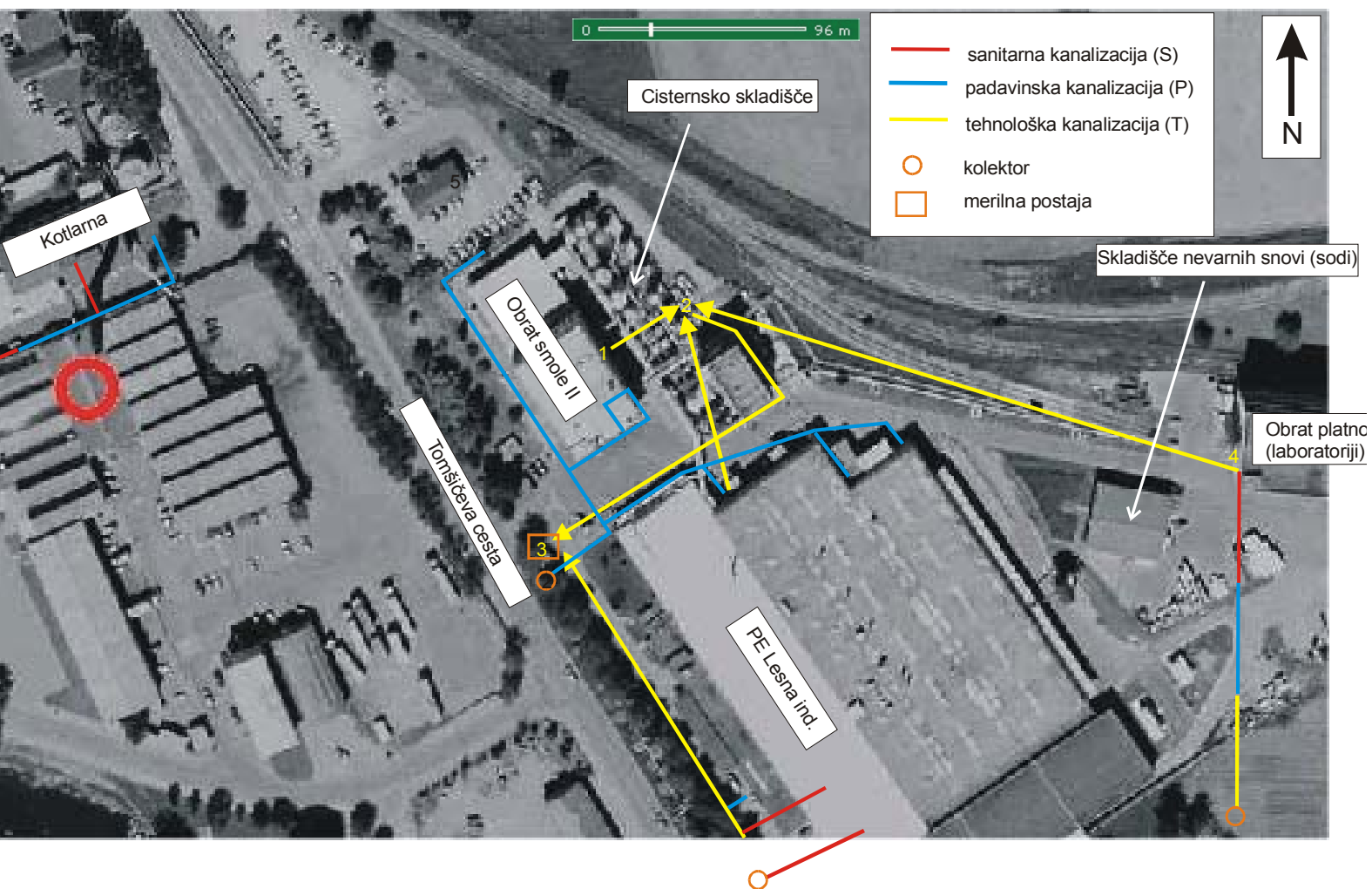
- PE Lesna industrija izdeluje filme za oplemenitenje ivernih plošč, kot na primer Melafilm - impregnirani dekorativni papir za taktno oplemenitenje ivernih, vlaknenih in vezanih plošč, za izdelavo abrazijsko odpornih laminatnih podov in za stiskanje dekorativnih laminatov po kontinuiranem in visokotlačnem postopku. Kot dopolnilni energent uporabljajo tudi utekočinjeni naftni plin (UNP).
- PE Kemična industrija izdeluje smole namenjene
 - papirni industriji za klejenje papirja (smole na osnovi alkilketendimera), smole za mokromočnost papirja (melaminske ali poliamidamin epiklorhidrinske smole), melaminske smole za mikrokapsuliranje samokopirnega papirja, smole za utrjevanje premazov papirja ter smole namenjene flokulaciji, retenciji in odvodnjanju.
 - gradbeni industriji za plastifikatorje in superplastifikatorje betona na osnovi melamina.
 - industriji barv in lakov metilirane melaminske smole, butilirane melaminske in sečninske smole ter mešane etre.
 - lesno predelovalni industriji melaminska termična lepila namenjena za izdelavo vodoodpornih vezanih plošč, melaminske in sečninske impregnacijske smole ter antipiretike.
 - gumarski industriji heksametoksimetilolmelamin (HMMM) kot promotor adhezije gume in kovine v tekoči obliki ali vezan na silikatnih nosilcih.
 - končnemu potrošniku kot Agrogel - superabsorbent za vodo v kmetijstvu in vrtnih programih, nekorozivno hladilno tekočino za hladilne in grelne sisteme ter abrazivno odporni kislinsko trdeči parketni lak.
- PE Obutvena industrija izdeluje
 - Termoflex - impregnirane tekstilne materiale in folije za termoplastične kapice in opetnike pri obutvi,
 - in Petex - impregnirane tekstilne materiale za aktivacijske vpetnike.

PE Kemična industrija izdeluje umetne smole za potrebe trženja in tudi za potrebe PE Lesna industrija. Glede na to da so proizvedene umetne smole večinoma nenevarne snovi ali le snovi ki lahko delujejo dražeče oz. v manjšem delu zdravju škodljive (glej tabelo 4), obe poslovni enoti pa jih le uporabljata pri lastni proizvodnji lahko ugotovimo, da je relevantna le dejavnost PE Kemična industrija (zaradi uporabe večjih količin nevarnih snovi).

Na slikah 6 in 7 je prikazana situacija lokacije Melamin d.d. (naslovi Tomšičeva 2, 9 in 13), kjer se nahajajo naslednji objekti:

- Objekt smole II
- Skladišče surovin v cisternah:
- Skladišče surovin v sodih
- Objekt Klas:
- Objekt PE Lesna industrija:
- Kotlovnica s skladiščem težkega kurilnega olja v dveh nadzemnih cisternah po 250 m³
- Upravna stavba

Skupno je zaposlenih 197 delavcev. Delo v proizvodnji poteka v treh izmenah, uprava, vzdrževanje in režijske službe pa delajo samo v dopoldanski izmeni.



aka na oba dela lokacije Melamin - kemična industrija d.d. Kočevje, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje. Prikazan je tudi položaj
 ktov in kanalizacij.

Slika 7: Situacija na lokaciji Melamin - kemična industrija d.d. Kočevje, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje.

3.6.2. Dejavnosti PE Kemična industrija

PE Kemična industrija izdeluje različne metilirane in/ali butilirane sečninske in melaminske formaldehidne smole, poliamidamin-epiklorhidrinske smole, disperzije alkil diketena in diciandiamid-formaldehidne smole. V letu 2002 so skupno proizvedli 27600 ton proizvodov, V PE Kemična industrija je 40 zaposlenih, od tega je v proizvodnji v dopoldanski izmeni približno 17, popoldne približno 13-14, ponoči pa približno 5 zaposlenih.

3.6.2.1. Surovine in proizvodi v PE Kemična industrija

Pregled porabe surovin, ki zaradi nevarnih lastnosti vplivajo na oceno za leto 2002 in njihovih lastnosti podajamo v tabelah 3 in 4 (pomembno za oceno tveganja). Pregled pomembnejših lastnosti za proizvode (umetne smole) je podan v tabeli 5. Oba pregleda lastnosti sta izdelana na osnovi predloženih varnostnih listov. Pregledali pa smo varnostne liste tudi drugih surovin, ki pa na samo oceno ne vplivajo ali pa je vpliv manjši.

Na osnovi prikazanih podatkov o količinah surovin in lastnostih surovin ter proizvodov lahko ugotovimo, da proizvodi predstavljajo manj nevarne snovi (opozorila v ustreznih varnostnih listih proizvajalca Melamin navajajo le opozorilo Xi - dražljivo), med surovinami pa najdemo vnetljive, strupene in okolju nevarne snovi.

Tabela 3: Pregled porabe surovin v letu 2002 v MELAMIN d.d. Kočevje

SUROVINA	Količina (kg)
AKRILAMID	1550
AMONIJAČNA VODICA	67160
NORMAL BUTANOL	114200
EPIKLORHIDRIN	216400
ETILENDIAMIN	1080
FORMALIN	7800230
FORMUREA	775380
IZOBUTANOL	92830
KSILEN	4200
METANOL	628700
MORFOLIN	5000
KURILNO OLJE	166000
MAZUT	2554000
UTEKOČINJEN ZEM.PLIN	311000
TIOSEČNINA	0
TETRAETILENPENTAMIN	0
AKRILNA KISLINA	0

Tabela 4: Pregled pomembnejših lastnosti surovin v PE Kemična industrija.

Naziv	Kemijsko ime	CAS št.	Tališče (°C)	Vrelišče (°C)	Plamenišče (°C)	Topnost v vodi (g/l, 20°C)	LD50 (podgana, mg/kg)	LC50 ribe (mg/l)	KPK (g/g)	R-stavki	Opozorila	WGK
Formalin 40%	vodna razt. formaldehida	50-00-0	-15	99	75	neomejeno	100	108	1.06	23/24/25, 34, 40, 43	T	2
Akriamid	propenamid	79-06-1	84	n.a.	n.a.	topen	124, 400	160		45-46-24/25-48/23/24/25	T	3
Akrična kislina	akrična kislina	78-10-7	13-14	141	48.5	se meša	1500	27		10-21/22-35-50	C, N	1
Amoniak	25 % raztopina amoniaka	1336-21-6	-57.5	38	n.a.	dobro topno	350	0.53		34-50	C, N	
Epiklorhidrin	1-klor-2,3-epoksipropan	106-89-8	-57	116	31	65	90	10-30		45-10-23/24/25-34-43	T	3
Etilendiamin	1,2-diamino etan	107-15-3	10.7	117-118	38	popolnoma	825	11.7		10-34-21/22-42/43	C	2
Izo BuOH	2-metil-1-propanol	78-83-1	-108	108	28	8,5 ut. %	2460	1520		10-22-37/38-41-67	Xn	1
Ksilen	dimetilfenol	1330-20-7	>-34	137-143	24	netopen	4300	110		10-20/21-38-41-67	Xn	2
Formurea	vodna razt. Formaldehida in sečnine, metanol	50-00-0, 67-56-1	-15	99	75	neomejena	100	108	1.06	23/24/25-34-40-43	T, F	2
Metanol	metilalkohol	67-56-1	-98	64.6	11	neomejena	5628	17000		11-23/24/25-39/23/24/25	T, F	1
Morfolin	tetrahidro-1,4-oksazin	110-91-8	-5	128-130	32	dobro topno	1910	180-380		10-20/21/22-34	C	2
Normal butanol	1-butilalkohol	71-36-3	-89.5	117	30	79	790	1200	1.9	10-22-37/38-41-67	Xn	1
TEPA	tetraetilenpentamin	112-57-2	-30	330	193	topno	3990	200		21/22-34-43-51/53	C, N	
Tiosečnina	tiokarbamid	62-56-6	171-184	n.a.	n.a.	137	1750	10000	0.84	22-40-51/53-63	Xn, N	

Tabela 5: Pregled pomembnejših lastnosti proizvodov v PE Kemična industrija.

Naziv	Kemijsko ime	CAS št.	Tališče (°C)	Vrelišče (°C)	Plamenišče (°C)	Topnost v vodi (g/l, 20°C)	LD50 (podgana, mg/kg)	LC50 (ribe, mg/l)	KPK (g/g)	R-stavki	Opozorila	WGK
Komelol MM 90G	metilirana melaminsko-formaldehidna smola		-10	100	n.a.	neomejena				23/24/25-34-40-43	Xi	1
Komelol NB 63	Butilirana melaminsko-formaldehidna smola		n.a.	107-111	34	netopno	100			10; 20/21/22; 40; 41; 43	Xn	2
Melaklej DPR	vodna disperzija alkilketandimera		cca. -5	cca. 100	n.a.	neomejena	2000		190	-	-	1
Melapret AAS 40	Sulfonirana melaminsko-formaldehidna smola		-5	100	n.a.	se meša	5000		188	-	-	1
Melapret PTS 70	metilirana melaminsko-formaldehidna smola		-10	100	n.a.	neomejena			834	43	Xi	1
Meldur H97	Melaminsko-sečninsko-formaldehidna smola		n.a.	cca. 100	n.a.	delno topno	100			43	Xi	
Meldur MS 1	Melaminsko-formaldehidna smola		n.a.	cca. 100	n.a.	delno topno				-	-	
Meldur SIS	Sečninsko-formaldehidna smola		n.a.	cca. 100	n.a.	neomejena	100			43	Xi	
Melfix ZR 20	Amonijev cirkonijev karbonat		<5	cca. 100	n.a.	neomejena			8447	36/37/38	Xi	
Silomel 66	Metilirana melaminsko-formaldehidna smola na silikatnem nosilcu		n.a.	n.a.	n.a.	60% topen			1200	-	-	1
Urepret N	Modificirana sečninsko-formaldehidna smola		n.a.	cca.100	n.a.	neomejena	100		603	43	Xi	

3.6.2.2. Opis proizvodnih procesov

Splošno

Proizvodnja v PE Kemična industrija poteka v samostojnem objektu (Smole II) ob ograji, ki ločuje območje od ceste Ljubljana - Kočevje. Okoli zgradbe je urejena dovozna pot širine 7.5 m, ob zgradbi je na vzhodni strani urejeno cisternsko skladišče in destilacijska kolona za metanol (montirana na zunanjo steno starega objekta Smole I, kjer je sedaj pralnica in skladišče kontejnerjev). Na severni strani objekta Smole II je v oddaljenosti 8 m nadstrešek, pod katerim je skladišče sodov in kontejnerjev z vnetljivimi snovmi. Objekt ima železo-betonsko konstrukcijo in tri proizvodne etaže na kotah 0 m, 5,4 m in 10,5 m. Ventilacijske cevi, ventilatorji in odduški so na strehi stavbe. Dimenzije stavbe so približno 29 x 20,4 m.

Cisternsko skladišče je postavljeno v lovilnem bazenu in ima cisterne za surovine in za proizvode. Med lovilnimi bazeni in obratom Smole II poteka dostavna cesta, preko nje pa vodijo cevi iz cistern v proizvodnjo ter mostovi za polnjenje avtocistern s proizvodi. V lovilnih bazenih so nameščene črpalke za prečrpavanje surovin v proizvodnjo in izdelkov v avtocisterne.

V splošnem poteka proizvodnja na sledeč način:

1. Surovine skladiščijo bodisi v cisternskem skladišču, ali v ločenem skladišču za surovine v sodih, ali na paletah. Interni transport poteka z viličarjem ali direktno preko stabilnih cevovodov iz cisternskega skladišča v proizvodnjo. Obrat ima interno tovarno dvigalo s spremstvom za vertikalni transport surovin na paletah.
2. Večino surovin transportirajo v obrat Smole II na zgornjo etažo (kota 10,5 m) v ustrezne zalogovnike (vmesne rezervoarje) za tekoče ali trdne surovine. Večino zalogovnikov lahko direktno tehtajo, kar predstavlja pripravo surovin.
3. V pritličju (kota 0 m) je ločena pripravljavnica raztopin kislin in lugov. Transport do ustreznih zalogovnikov poteka po internih cevovodih.
4. Surovine dozirajo iz zgornje etaže ob spuščanju snovi na nižjo srednjo etažo (kota 5,4 m) v ustrezen reaktor za sintezo proizvodov. Reaktorji so večinoma opremljeni z mešalom, gretjem na paro ali hlajenjem s hladilno vodo v plašču, manipulacijskimi odprtinami (predvsem za ročno vsipavanje trdnih surovin), ter pripadajočo predložko, kondenzatorjem hlapov in vakuumskim sistemom-vodoobročno črpalko in oddušnim sistemom (združena sta odduh in izpuh vakuumske črpalke). Proizvodnja smol v reaktorjih poteka šaržno. Med potekom procesov nadzirajo različne procesne

parametre in izvajajo kemijske analize. Proizvodnja in doziranje surovin sta računalniško nadzorovani.

5. Sintetizirane umetne smole-proizvode med proizvodnjo prečrpavajo med različnimi reaktorji in vmesnimi rezervoarji, na koncu pa se običajno proizvode-raztopine smol med prečrpavanjem v rezervoarje za produkte ali kontejnerje bistri trdnih delcev.

Reaktorji v obratu Smole II

V posameznih reaktorjih poteka proizvodnja različnih proizvodov. Pregled položajev in namembnosti posameznih reaktorjev podajamo v tabeli 6.

Tabela 6: Pregled reaktorjev za sintezo umetnih smol v obratu Smole II.

Reaktor	Namembnost za sintezo
R-1	Komeloli na osnovi butanola Formaldehidne smole
R-2	Formaldehidne smole
R-3 in 3.1	Poliamid
R-4	Metilirane melaminsko formaldehidne smole
R-5	klejiva
R-6	Metilirane melaminsko formaldehidne smole
R-7	Poliamidpoliamin epiklorhidrinske smole

Cisternsko skladišče

Rezervoarji v cisternskem skladišču so običajno nameščeni v enem od dveh lovilnih bazenov.

V cisternskem skladišču se skladiščijo:

- metanol (tehnični in destilacijski)
- izobutanol in normalbutanol (tehnični in destilacijski)
- formalin
- formurea
- dietilentriamin (DETA)
- voda od destilacij
- nekateri izdelki

Uporabljeni materiali za cisterne so odvisni od zahtev za posamezne kemikalije; uporabljen je: prokrom, aluminij in poliester.

Število cistern:

- 1. lovilni bazen: 15
- 2.lovilni bazen: 10
- cestno pretakališče: 5

Opis tehnoloških postopkov za sinteze umetnih smol

V splošnem proizvajajo naslednje tipe smol:

- Komeloli so melaminske, sečninske in benzoguaninske zaetrene smole, ki so lahko metilirane ali butilirane (etrenje z metanolom in/ali butanolom).
- Meldurji so melaminsko-sečninsko formaldehidne smole.
- Urepreti so sulfonirane sečninsko formaldehidne smole
- Melakleji so modificirane disperzije alkil diketena.
- Melapreti so modificirane melaminsko formaldehidne smole.
- Melapreti PAE so poliaminamid-epiklorhidrinske smole.
- Melpromi so diciandiamid formaldehidne smole.

V nadaljevanju podajamo osnovne opise posameznih tehnoloških postopkov za različne proizvode - umetne smole.

Zaradi obilice obravnavanih tehnoloških postopkov in v določenimi meri ponavljajočih se operacij in surovin, smo pripravili nekoliko poenostavljeno primerjavo med obravnavanimi postopki. Pri izdelavi oceno smo za vsak proces določili naslednje podatke: vrste in količine surovin, št. reaktorja, posamezne osnovne faze sinteze smol, opombe, opozorila in število izvedenih šarž v letu 2002, dobitek produkta na šaržo in letno proizvedeno količino.

Tabela 7: Primerjava osnovnih značilnosti obravnavanih tehnoloških postopkov za sintezo umetnih smol v PE Kemična industrija.

št.	Faza	Komelol MM90	Butilirani Komeloli	Meldur H97	Medurji MS1-4	Meldur SIS BM	Urepreti	Melapreti AAS	Melapret KMS	Melapret PTS/NF70	Poliamidi	Melapreti PAE	Melprom DD	Melakleji
1	Skladiščenje surovin													
2	Priprava posameznih surovin na tehtalnici (kg)													
	Vsota:													
3	Doziranje 1 v reaktor													
4	Nastavi začetni pH													
5	Mešanje													
6	Nastavi končni pH													
7	Segrevanje/Hlajenje													
8	Ločevanje plasti													
9	Doziranje 2													
10	Mešanje													
11	Nastavi pH													
12	Destilacija topila													
13	Ohlajanje zmesi													
14	Doziranje 3													
15	Filtracija													
16	Črpanje/skladiščenje													
	Opombe													
	Opozorila													
	Letna proizv. količina (t)													
	Proizv. kol. na šaržo (t)													
	približno št. šarž na leto													

"X"= faza se izvaja.

*= Možna utrditev smole (zaradi izpada mešanja ali gretja v reaktorju)

Destilacijska kolona za zmes metanol-voda

Sestavni del tehnološkega procesa je tudi destilacijska kolona za rektifikacijo odpadne zmesi metanol-voda, ki nastaja v proizvodnji pri destilaciji metanola iz reakcijske zmesi.

Kolona je locirana med cisternskim skladiščem in starim objektom Smole I (ob njegovi zunanji zahodni steni). Kolona deluje kontinuirano.

Kolona je ogrevana z nizkotlačno paro (uparjalnik in dogrevanje vstopne zmesi), na vrhu kolone je kondenzator hlapov (uporablja procesno hladilno vodo), za njim je kondenzator hlapov v odduhu in čisto na vrhu kolone odduh iz sistema na višini 12 m. Kolona deluje pri atmosferskem tlaku.

Interno utežno refluksno razmerje kondenzata "refluks" : "proizvod" = 1,2 : 1. Kondenzat, oziroma proizvod je tehnični metanol (>99%), ki ima deklariran pretok 600 kg/h, temperatura je okoli 50 °C, ter se vrača v cisterno C-10 ali C-18. Interni pretok hlapov metanola na vrhu kolone v kondenzator je okoli 1200 kg/h

Destilacijska kolona ima lastno samodejno vodenje, ki je nameščeno v posebnem prostoru v objektu Smole I, kjer je tudi stikalo za ročni izklop naprave v primeru okvare ali puščanja.

3.7. Maksimalne količine nevarnih snovi na lokaciji

V prilogi 1 je podana prijava vira tveganja (v skladu z [4]) za dejavnosti na lokaciji Melamin kemična tovarna d.d. Kočevje.

Ugotovimo lahko je Melamin d.d. vir večjega tveganja za okolje. Vsota kvocientov za skupino strupenih in okolju nevarnih snovi znaša približno 1,25 (največji doprinos ima formalin), za vnetljive in eksplozivne snovi pa zanaša omenjena vsota približno 0,2.

V tabeli 8 podajamo lokacije na območju Melamin d.d., kjer se nahajajo posamezne nevarne snovi.

Tabela 8: Seznam nevarnih snovi na lokaciji z mesti uporabe in skladiščenja.

SNOV	Oznaka nevarnosti	Objekt skladiščenja	Mesto uporabe
Akrlamid	T	Klas	Smole II
Akrlna kislina	C, N	Skladišče sodov	Smole II
25% amonična vodica	C, N	Skladišče sodov	Smole II
Epiklorhidrin	T	Skladišče sodov	Smole II
Etilendiamin	C	Skladišče sodov	Smole II
Formalin – 40%	T	Cisterne Smole II	Smole II
Izobutanol	Xn	Cisterne skladišče	Smole II
Ksilen	Xn	Skladišče sodov	Smole II
Formurea	T	Cisterne Smole II	Smole II
Metanol	T, F	Cisterne Smole II	Smole II
Morfolin	C	Skladišče sodov	Smole II
Normal butanol	Xn	Cisterne Smole II	Smole II
Tetraetilenpentamin	C, N	Skladišče sodov	Smole II
Tiosečnina	Xn, N	Klas	Smole II
Mazut in kurilno olje		Cisterne: Kotlarna, kotlovnica PE KI in PE OI	Celotna družba
Utekočinjen plin		Cisterna PE Lesna industrija	PE Lesna industrija

4. Pregled podatkov o nesrečah na območju Melamin d.d.

Pregledali smo predloženo analizo nesreč pri delu v Melaminu od leta 1990 do 2002 (podatke zbira in ureja varnostni inženir). Pregledna tabela je obsegala podatke o spolu in starosti delavca, ki je udeležen pri nesreči, dela, ki jih opravlja, število delovnih ur tistega dne pred nesrečo, mesto nesreče, vzrok za nesrečo in poškodovanost (posledice). Število nesreč se giblje od 5 (leta 1998) do 21 (leta 1994). Povprečje je okoli 14.

Povzamemo lahko, da gre večinoma za mehanske in transportne poškodbe na delu, bilo je nekaj stikov s škodljivimi snovmi v laboratoriju in nekaj primerov stika s škodljivimi snovmi v proizvodnji. Poškodbe se pojavljajo na rokah, nogah, prsnem košu, obrazu, očeh, itd. V Melaminu doslej ni bilo večje nesreče, ki bi zahtevala smrtne žrtve ali težje zastrupitve.

5. Ugotavljanje nevarnosti

Nevarnosti na lokaciji Melamin d.d. smo ugotovili po metodi HAZID (Hazard Identification - ugotavljanje nevarnosti), ki zagotavlja deduktivno in sistematično ugotavljanje nevarnosti [5], [6], [7]. Pred izvedbo HAZID smo opravili potrebne študije HAZOP (Hazards and Operability Study – študija delovanja sistema in virov nevarnosti) za tehnološke sklope, oziroma dejavnosti na lokaciji, za katere smo ocenili, da imajo potencial za pojavljanje večjih nesreč [8].

Delo je bilo opravljeno v skupini, v kateri so poleg izdelovalcev ocene tveganja sodelovali še strokovnjaki iz Melamin d.d.

Tabela 9: Sodelujoči pri HAZID in HAZOP študijah.

Ime in priimek	Funkcija
Mateja Aljaž Rožič	Vodja razvoja / svetovalec za kemikalije
Mojca Dejak	Tehnolog proizvodnje PE Kemična industrija
Jože Kozina	Vodja službe za tehnično varnost
Dušan Jambrovič	Operater v PE Kemična industrija
Iztok Bukovec	Operater v PE Kemična industrija
Pavel Majerle	Vodja proizvodnje PE Lesna industrija

Poleg uporabe navedenih metod smo pregledali in upoštevali še obstoječe študije, ki so kakorkoli povezane z izdelavo ocene tveganja.

5.1. Obstoječe študije in dokumenti povezani z izdelavo ocene tveganja

Pred izvedbo študij HAZID in HAZOP smo pregledali obstoječo dokumentacijo z namenom spoznati dejavnosti v PE Kemična industrija (PE KI) in pridobiti podatke o že predhodno ugotovljenih nevarnostih zaradi uporabe nevarnih snovi na lokaciji.

Podajamo ugotovitve, na osnovi pregleda treh študij, oziroma dokumentov:

- Splošno razvrstitev objektov v PE KI glede požarne ogroženosti zaradi uporabe vnetljivih snovi podaja Izjava o upoštevanju predpisov o varstvu pred požari [9], ki tudi podaja skupno oceno požarne ogroženosti stopnje 4 (srednja do povečana požarna ogroženost). Prav tako je tam navedeno, da so v tovarni zaposleni 4 poklicni gasilci, ki opravljajo delo v 4 izmenah. Za določena dela varovanja pred požari imajo sklenjeno pogodbo s prostovoljnim gasilskim društvom Kočevje, ki je kategorizirano v 4. kategorijo in je oddaljeno do 600 m. Viri vode za gašenje požarov na lokaciji so zunanje hidrantno omrežje (10 nadzemnih hidrantov, v obratih pa je 47 notranjih hidrantov). Hidrantno omrežje se napaja iz lastnega črpališča ob reki Rinži (oddaljena približno 200 m). V objektu smole II je vgrajena sprinkler naprava za gašenje v notranjosti objekta.
- Osnutek elaborata eksplozijske ogroženosti, ki ga je izdelal Bartec-Varnost [10], je bil izdelan v skladu z Odredbo o tehničnih zahtevah za naprave, ki se uporabljajo v potencialno eksplozivnih atmosferah, Ur.l. RS št. 46/98. Pomembno je, da elaborat definira cone eksplozijske ogroženosti, ter zaščitne ukrepe za zagotavljanje eksplozijske varnosti. Povzetek ugotovitev je:
 - cona eksplozijske ogroženosti 0 (Ex cona 0) (eksplozivna atmosfera je prisotna ves čas-stanje brez ventilacije) je notranjost vseh reaktorjev in cistern-rezervoarjev z vnetljivimi tekočinami (cisternsko skladišče).
 - cona eksplozijske ogroženosti 1 (Ex cona 1) je okolica priključkov za pretakanje na avtociستي in rezervoarjih v radiju 1 m v vse smeri okoli priključkov in odduhov na strehi obrata.
 - cona eksplozijske ogroženosti 2 (Ex cona 2) je v radiju 1 m okoli con 1 v vse smeri (za vse našte vire).
 - Splošni zaščitni ukrepi so preprečevanje možnosti pojava eksplozivne atmosfere in preprečevanje prisotnosti virov vžiga. Zato je obrat Smole II in pripadajoči objekti izveden z instalacijami v t.i. Ex izvedbi, izvedeno je intenzivno lokalno odsesovanje hlapov, preprečuje se nastanek statične

elektrike, atmosferskih razelektritev, mehanskih udarcev ter popolna prepoved dejavnosti, pri katerih se pojavljajo možni viri vžiga (prepoved vročih del).

- Notranjost obrata dimenzij približno $24 \times 20 \times 15$ m se intenzivno ventilira ob frekvenci izmenjave zraka 10 h^{-1} .
- Poslovnik za delo v skladiščih nevarnih kemikalij v družbi Melamin d.d. Kočevje, sprejet 19.3.2001, ureja delo in varnostne ukrepe pri delu z nevarnimi snovmi v posameznih skladiščih na lokaciji. Omeniti velja, da so surovine skladiščene (poleg cisternskega skladišča za topila) tudi v skladišču za strupene, jedke in zdravju škodljive snovi v drugem nadstropju objekta Klas, ter v skladišču vnetljivih snovi v sodih, ki je ločen od ostalih objektov na lokaciji in se nahaja med objektom PE Lesna industrija in objektom Klas.

Dodatno velja omeniti še nekatere splošne varnostne ukrepe na lokaciji:

- na območju lokacije je napeljana padavinska, sanitarna in tehnološka kanalizacija. Shema poteka kanalizacije je prikazana na sliki 6. Tehnološka kanalizacija v obratu Smole II je izvedena tako, da v primeru razlitij znotraj obrata razlite tekočine odtekajo po tleh v najbližje kinete, od tam pa v zunanjo skupno lovilno jamo (na sliki 6 je njen položaj označen s št. 1 v rumeni barvi), od koder ni direktnega iztoka. Iz te lovilne jame se lahko tekočine občasno ročno prečrpa v nadzemno cisterno za tehnološke vode (na sliki 6 je njen položaj označen s št. 2 v rumeni barvi), od koder se tehnološke vode lahko po predhodni analizi izpušča po tehnološki kanalizaciji (od te točke naprej je ta skupna za objekte Smole II, Klas in PE Lesna ind.), naprej do točke št. 3, oziroma merilne postaje, od tam pa na centralno čistilno napravo Kočevje.
- Pri proizvodnji smol v obratu Smole II uporabljajo med procesi tudi tehnološki vakuum. Vsak reaktor ima svojo vodoobročno vakuumsko črpalko. Pomembno je dejstvo, da tu ni izpustov odpadnih voda onesnaženih z organskimi topili, ampak uporabljajo zaprt krog tehnološke tesnilne vode, ko se ta nasiti s topili, pa jo uporabijo v tehnoloških procesih kot dodatek vode nazaj v sam proces (podobno kot destilacijski ostanek-vodo iz kolone za destilacijo zmesi metanol-voda).

5.2. Izvedba HAZOP študij

Ogledali smo si proizvodne objekte, skladišča surovin in proizvodov, procesne sklope ter opise tehnoloških postopkov. HAZOP študije smo izvajali po etapah v februarju 2003. Proizvodni procesi potekajo šaržno (izjema je le kontinuirano obratovanje destilacijske kolone za odpadno zmes metanol-voda). Zaradi šaržne proizvodnje smo tudi prilagodili nabor HAZOP vodilnih besed, tako da smo kot izhodišče uporabili razširjen spisek vodilnih besed [7, 11].

V študijah HAZOP smo pretežno uporabili vodilne besede, ki so podane v tabeli 11 in deloma iz tabele 12 (mešanje, sestava, oprema).

Na osnovi pregleda lastnosti surovin (glej tabelo 4) in proizvodov (tabela 5), podrobnih opisov in primerjave med posameznimi tehnološkimi procesi (podatki o fizičnem obsegu proizvodnje posameznih smol, tabela 7), smo pregledali naslednje tehnološke sklope, oziroma faze procesov (tabela 10):

Tabela 10: Seznam obravnavanih tehnoloških sklopov na lokaciji v okviru študij HAZOP.

št.	Dejavnost	Opis obsega dela
1.	črpanje surovin v cisternskem skladišču	pregled postopkov in povezav za prečrpavanje surovin iz avtocihern v stabilne cisterne in naprej v obrat (II. nadstropje, faza priprave surovin)
2.	sinteza metilirane melaminsko formaldehidne smole	pregled celotnega tehn. postopka in opreme
3.	sinteza melaminsko formaldehidne smole	pregled celotnega tehn. postopka in opreme
4.	sinteza poliamidne smole	pregled celotnega tehn. postopka in opreme
5.	sinteza epiklorhidrinske smole	pregled celotnega tehn. postopka in opreme
6.	destilacijska kolona za metanol	pregled celotnega tehn. postopka in opreme
7.	prečrpavanje, skladiščenje in uporaba UNP v PE Lesna industrija	pregled postopkov in povezav za prečrpavanje UNP iz avtocihern v stabilno cisterno in naprej v obrat do delovnega stroja

Tabela 11: V HAZOP študijah uporabljene vodilne besede (razširjeni nabor, predvsem za šaržne procese).

Vodilna beseda	Opis odstopanja
Brez	načrtovana dejavnost se ne izvede
več kot	povečana dejavnost (glede na normalno)
manj kot	zmanjšana dejavnost
več od	povečane (dodatne) dejavnosti
manj od	zmanjšanje (izpad) dejavnosti
obratno	obratna (inverzna) dejavnost
drug (drugačen, različen)	drugačna snov ali dejavnost
prekmalu/prepozno	dejavnost ob napačnem času
zgodaj	dejavnost zgodaj glede na čas
Pozno	dejavnost prepozna glede na čas
predtem	dejavnost pred načrtovanim vrstnim redom
Zatem	dejavnost za (po) načrtovanim vrstnim redom
Hitreje	dejavnost hitrejša od načrtovane
počasneje	dejavnost počasnejša od načrtovane

Tabela 12: V HAZOP študijah uporabljene vodilne besede (osnovni nabor, predvsem za kontinuirane procese).

Vodilna beseda	Možna stanja
Pretok	ni pretoka pretok v napačni smeri prevelik pretok prenizek pretok
Tlak	prevelik tlak prenizek tlak/vakuum
Temperatura	previsoka temperatura prenizka temperatura
Viskoznost	previsoka viskoznost prenizka viskoznost
Nivo	visok nivo nizek nivo
pH	pod 7 nad 7
Mešanje	izpad mešanja pospešeno mešanje
Sestava	sprememba/kontaminacija mešanje/reakcija koncentracija vdor kisika
Oprema	varnostni ventili blokade in alarmi merilno regulacijske opreme ventil v napačnem položaju redundantnost (pomnogoterjenost opreme) vzorčevanje korozija razlitje/izpust izpad podpornih sistemov (el. napajanje, para voda) vzdrževanje/čiščenje statične razelektritve nadomestna oprema varnost šolanje/izobraževanje požar/eksplozija varovanje okolja

5.3. Rezultati HAZOP študij

Med izvajanjem študij smo upoštevali vse navedene vodilne besede, v poročilih (glej prilogo 2, kjer so podana podrobna poročila), pa smo zapisali le ugotovitve, ki imajo vsaj minimalne posledice. Ostale vodilne besede smo v poročilu izpustili.

V poročilu v stolpcu "SedANJI varnostni ukrepi" navajamo obstoječe in nove varnostne ukrepe, v stolpcu "Priporočila", pa sodelujoči pri HAZOP študijah navajamo nove predlagane varnostne ukrepe in priporočila (nekatera priporočila se že izvajajo).

Odgovornost za izvajanje in spremljanje celovitosti in ustreznosti priporočil je podana v stolpcu "Odgov.". Odgovorni za izvajanje priporočil naj bi poskrbeli za njihovo izvajanje in poročali varnostnemu inženirju in pooblaščenki za varovanje okolja.

Poleg obravnave izbranih tehnoloških sklopov, ki so obdelani v prilogi 2, smo pregledali tudi nevarnosti za nesreče v cisternskem skladišču, pri čemer smo za potrebe nadaljnjega razvrščanja nevarnosti dodatno obravnavali še štiri možne odpovedi:

- Odpoved gibljive cevi med avtocisterno in črpalko/cevovodi/stabilnimi rezervoarji v cisternskem skladišču. V primeru odpovedi (prelom ali večje puščanje cevi med postopkom prečrpavanja surovin) lahko pride do večjega izpusta tekočih surovin (metanol, formalin, lendaform, butanol, DETA) na tla ob avtocisterni.
- Odpoved določenega stabilnega rezervoarja-cisterne v cisternskem skladišču. V primeru odpovedi ali večjega puščanja na enem od rezervoarjev, bodisi zaradi korozije, okvare ventila, ali širjenja odpovedi (domino vplivi) iz predhodno omenjene odpovedi (odpoved gibljive cevi, razlitje in vžig vnetljive surovine, npr. metanola) je izjemoma možno širjenje odpovedi tudi na stabilne rezervoarje.
- Pri prečrpavanju, skladiščenju in uporabi utekočinjenega naftnega plina (UNP, zmes propana in butana) smo pregledali tehnološke naprave, postopne in cevne povezave, ter požarno-varnostne sisteme. Na osnovi opažanj in izkušenj iz obstoječih ocen tveganja za manipulacije z UNP, smo se osredotočili na postopek prečrpavanja UNP iz avtocisterne preko plinske kompresorske postaje v stabilni rezervoar prostornine 60 m³.
- Pri prečrpavanju tekočih surovin iz cisternskega skladišča v obrat Smole II, v fazo priprave surovin, je to izvedeno tako, da operater vodi črpanje surovin iz posameznih rezervoarjev v ustrezne zalogovnike na koti 10,5 m (II. nadstropje) ob uporabi določenih črpalk v cisternskem skladišču in pnevmatskih ventilov na vstopnem cevovodu nad zalogovnikom. Pri tem je možna katera nezaželjena kombinacija odprtosti in zaprtosti

pnevmatskih ventilov (npr., v odprtem stanju je lahko več kot en (vstopni) ventil, kar pomeni da lahko črpana surovina odteka tudi nazaj po drugem cevovodu v napačno cisterno). Takšne situacije so se že dogajale v preteklosti, zaznali pa so jih glede na časovni potek nivoja surovin v rezervoarjih, ter teže zalogovnikov. Posledice so nenadzorovano mešanje in kontaminacija različnih surovin med seboj v rezervoarjih. Glede na to, da so možna navzkrižna mešanja petih surovin med seboj (to so metanol, butanol, formalin, lendaform in voda) podajamo v tabeli 13 prikaz interakcij oziroma posledic različnih kombinacij kontaminacij surovin med seboj.

Tabela 13: Prikaz pričakovanih interakcij in posledic kontaminacije surovin med seboj zaradi napačno odprtih ventilov v fazi prečrpavanja v pripravo proizvodnje.

	surovina vdre v				
surovina	metanol	butanol	formalin	formurea	voda
metanol	/	Š	Š	Š	/
butanol	Š	/	Š	Š	/
formalin	Š	Š	/	KŠ	/
formurea	Š	Š	K	/	/
voda	KŠ	KŠ	KŠ	KŠ	/

Opombe:

/ - ni posledic

Š - materialna škoda (neustrezna, uničena surovina v rezervoarju), potrebno čiščenje cistern.

K - posledice za kvaliteto surovine (potrebne korekcije v proizvodnji).

KŠ - posledice za kvaliteto surovin in proizvodov, materialna škoda, potrebne korekcije v proizvodnji.

Povzetek opisa možne kontaminacije surovin je, da je glavna posledica lahko materialna škoda (uničenje surovin, ki tako postanejo nevaren odpadke) ter možen vir težav in motenj v nadaljnji proizvodnji (povečane možnosti za nenadzorovano utrditev smol v reaktorjih) - širjenje napake.

5.4. Razvrščanje nevarnosti

Uredba o ukrepih za zmanjševanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami [4], obravnava le večje nesreče. Skladno s tem smo ugotovljene nevarnosti za večje nesreče na osnovi HAZOP študije in podatkov o preteklih izrednih dogodkih/nesrečah preliminarno kvalitativno ocenili glede pogostnosti pojavljanja in teže/resnosti posledic, torej obeh sestavin tveganja. Za razvrščanje je bila uporabljena matrika tveganja z namenom, da se razvrstijo nevarnosti najtežjih pričakovanih nesreč - glej tabele 14, 15 in 16.

Tabela 14: Kategorije frekvenc v okviru razvrščanja nevarnosti.

Kategorija	Opis
Visoka (V)	Dogodek se je že pojavil na obravnavani lokaciji
Srednja (S)	Dogodek se lahko pojavi na lokaciji
Nizka (N)	Dogodek se ne pričakuje na lokaciji
Zelo nizka (ZN)	Dogodek se ne pričakuje kjerkoli v svetu v podobnih obratih pri obstoječih varnostnih ukrepih

Tabela 15: Kategorije posledic v okviru razvrščanja nevarnosti.

Kategorija	Definicija
Težje (T)	Smrtne žrtve, uničenje postrojenja
Srednje (S)	Težje telesne poškodbe, večja gospodarska škoda
Manjše (M)	Manjše telesne poškodbe, manjša gospodarska škoda
Zanemarljive (Z)	manjša gospodarska škoda (izguba šarže)

Posamezne dogovorjene kategorije pogostnosti in posledic, ki so bile pripisane vsaki od ugotovljenih nevarnosti, so bile nato združene, kot je prikazano na spodnji matriki z namenom razvrstitve nevarnosti.

Tabela 16: Matrika za razvrščanje nevarnosti.

Pogostost		Posledice		
		Težje (T)	Srednje (S)	Manjše (M)
	Visoka (V)	1	1	2
	Srednja (S)	1	2	3
	Nizka (N)	1	3	3
	Zelo nizka (ZN)	1	3	3

Kjer so kategorije razvrščene:

- 1 - predstavlja prvo kategorijo nevarnosti (ker so pričakovana tveganja največja).
- 2 - predstavlja drugo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega srednje velikega tveganja).
- 3 - predstavlja tretjo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega nizkega tveganja).

Rezultati ugotavljanja in razvrščanja nevarnosti so zbrani v prilogi 3.

5.5. Ugotovljene nevarnosti za večje nesreče

V prilogi 2 je podan HAZOP zapisnik za eno izmed tipičnih proizvedenih smol, kjer lahko najdemo dogodke za različne pomembnejše posledice, kot je utrditev smole v reaktorju, izpust nevarne snovi v obrat/kanalizacijo/lovilno jamo/okolje, ali izpust/vžig vnetljive snovi (metanol, formalin) iz določene procesne naprave (reaktor, dest. kolona), ali poškodbe delavcev. Dogodke, ki imajo za posledico uničenje surovin, šarže, ipd., smo izpustili v nadaljnji obravnavi, saj so posledice primerjalno zanemarljive, oziroma gre za manjšo ekonomsko škodo.

V sklopu postopka HAZID smo pomembnejše posledice uredili glede na dogodke in skupne vzroke ali posledice. Tako smo izbrali 24 dogodkov, za katere smo v sklopu postopka HAZID določili kategorije nevarnosti, povzetek zapisnika o tem je podan v prilogi 3.

Za nadaljnjo obravnavo smo obravnavali le dogodke za katere smo ocenili da predstavljajo največje tveganje (glej tabelo 16), torej le naslednje potencialne nezgodne dogodke (izbor tveganj 1. kategorije):

1. Utrditev metilirane melaminsko formaldehidne smole v reaktorju
2. Vžig metanola v reaktorju ali v obratu.
3. Poškodbe delavcev (delovna opravila, ki imajo za posledico težje poškodbe delavcev).
4. Vibracije in porušitev konstrukcije reaktorja
5. Vžig formaldehida v reaktorju ali obratu.
6. Prečrpavanje smole iz reaktorja - možne poškodbe delavcev.
7. Vžig dietilentetramina (DETA) v reaktorju ali v obratu.
8. Izpust in vžig termalnega olja iz reaktorja.
9. Izpust hlapov metanola iz odduha kondenzatorja dest. kolone.
10. Večji izpust tekočih surovin (metanol, formalin, formurea, DETA) pri manipulaciji iz avtocisterne.
11. Izpust večje količine vnetljivih tekočin (metanol) ali dražečih/strupenih snovi (formalin, 25% amonijak) v cisternskem skladišču.
12. Izpust UNP pri pretakanju preko gibljive cevi iz avtocisterne v stabilni rezervoar (ob objektu PE Lesna industrija).

Pred izdelavo scenarijev poteka večjih nesreč, smo iz zgoraj navedenih dogodkov izločili še 3 dogodke, ki ne spadajo med potencialne nevarne dogodke z najtežjimi posledicami oziroma imajo značaj omejene ekonomske škode in tipičnih poškodb na delovnem mestu:

- dogodek št. 1 (utrditev smole v reaktorju) ima sam po sebi za posledico le ekonomsko škodo (uničenje šarže, izpad proizvodnje, poškodbe opreme), res pa je, da so kasneje med sanacijo stanja (izkopavanje smole iz reaktorja) potrebni varnostni ukrepi zaradi vročih del v Ex-coni.
- Pri dogodkih št. 3 in 6 (big-bag vreča pade na delavca, poškodbe delavcev med spremljanjem transporta v tovornem dvigalu obrata zaradi razlitja nevarnih snovi, ter poškodbe osebja pri prečrpavanju smol); glede na pričakovane posledice spadajo med poškodbe delavcev na delovnem mestu in so predmet varovanja pri delu. Drugih posledic v teh obravnavanih primerih ni pričakovati.

Preostale dogodke smo nadalje obravnavali pri izdelavi scenarijev možnih nesreč.

5.6. Scenariji pojavljanja večjih nesreč

Izdelavo scenarijev pojavljanja večjih nesreč smo opravili glede na pričakovane posledice in pogostnosti. Uvrstili smo jih med najtežje pričakovane, najtežjih verjetne in najtežje možne dogodke.

Najtežji pričakovani dogodki:

V to skupino spadata dogodka št. 4 (vibracije in porušitev konstrukcije) in 9 (Izpust hlapov metanola iz odduha kondenzatorja dest. kolone).

Po zagotovilih vodstva družbe Melamin d.d., bodo vibracije v kratkem odpravili s tehničnimi ukrepi (dušenje vibracij) in spremembo tehnologije. Intenzivne vibracije so se že pojavljale, a na srečo brez posledic, na drugi strani pa se je tudi že primerilo, da je zaradi izpada hlajenja prišlo do večjih izpustov hlapov metanola v ozračje (manjkal je le vir vžiga).

Zato smo za nadaljnjo obravnavo upoštevali le nekontrolirani izpust hlapov metanola iz kondenzatorja hlapov na destilacijski koloni. Zaradi izpada hlajenja hlapov v kondenzatorju za reflux na vrhu dest. kolone zanesljivo pride do direktne emisije par metanola pri temperaturi vrelišča (65 °C, atmosferski tlak) skozi odduh (vertikalni izstop) na višini 12 m. Pričakujemo lahko, da bo emisija hlapov trajala vsaj 3 minute (ocenjeni reakcijski čas operaterja, da prispe in ročno ustavi dest. kolono). Medtem bo znašala emisija okoli 1200

kg/h metanola, po tem času pa ocenjujemo da bo zaradi izpraznitve lokalne zaloge metanola v sistemu za refluks kondenzata (okoli 60 kg) emisija padla na okoli 600 kg/h (nominalna kapaciteta naprave; v kolikor se napravo medtem ne izklopi). Izpuh hlapov metanola se bo širil v okolico kot oblak in se redčil. Vnetljivi oblak lahko sreča vir vžiga (na ograji lokacije ali transportna vozila na območju lokacije), sledi lahko vžig oblaka (t.i. UVCE - Unconfined Vapour Cloud Explosion) in sunek plamena nazaj do točke izpusta, ter vžig gorečega curka na odduhu. Možne so poškodbe opreme zaradi toplotnega sevanja zaradi UVCE in gorečega curka (domino vplivi).

Najtežji verjetni dogodki:

Obravnavali smo dva različna dogodka v obratu in enega na prečrpališču UNP v PE Lesna industrija. V prvem primeru smo obravnavali možen vžig surovine v reaktorju, v drugem pa izpust in vžig termalnega olja.

1. Vžig surovine v reaktorju (obravnavamo dogodek št. 2 - vžig metanola v reaktorju ali v obratu, št. 5- vžig formaldehida v reaktorju ali obratu, št. 7 - vžig DETA v reaktorju ali v obratu). Primerjalno najpomembnejši med vžigi metanola, ali formalina, ali DETA je vžig pri metanolu (najnižje plamenišče, srednje količine, pogosta operacija), zato v nadaljevanju obravnavamo tega.

Do vžiga prisotnega metanola v reaktorju lahko pride pri doziranju melamina iz big-bag vreč zaradi statičnih razelektritev med materialom in vrečo, ali tujkov-trenja med njimi in reaktorjem-mešalom, ali zaradi morebitne nekontrolirane prisotnosti virov vžiga v S-coni. Pregledali smo različne tehnološke postopke in njihove različice, ter ugotovili, da ima največjo koncentracijo metanola v reakcijski zmesi skupina metiliranih smol; v primeru najneugodnejše smole je v trenutku možnega vžiga pričakovati v reakcijski zmesi 2240 kg 40 % formalina in del celotne količine metanola (700 kg), ter že dozirano količina melamina (do 1000 kg). Zaradi vsipavanja/doziranja melamina pri odprtem pokrovu, so tudi v okoliškem zraku obrata lahko prisotni hlapi metanola. Ob vžigu hlapov metanola lahko pričakujemo udar hlapov v reaktor, možen vžig in eksplozijo hlapov metanola v okoliškem zraku, poškodbe prisotnih delavcev (opekline), hlapi nad tekočino v reaktorju gorijo. Možne so poškodbe procesne opreme in širjenje požara skozi obrat na sosednje reaktorje ali posode.

2. Obravnavamo vžig termalnega olja na reaktorjih (dogodek št. 8).

Možen vzrok za vžig termalnega olja (delovna temperatura je 250°C) za ogrevanje reaktorja je lahko puščanje olja na priključkih na reaktor (zaradi premočnih vibracij, ki jih

lahko povzroči premočna eksotermna reakcija, zaradi napačnega doziranja), ali zaradi prehitrega ohlajanja z interno hladilno kačo na vodo v reaktorju, zaradi mehanske poškodbe cevovoda s termalnim oljem, ali napake operaterja pri občasnem izpustu internega plina dušika iz sistema. V tem primeru grozi zlom/perforacija hladilne kače in fizična eksplozija v reaktorju zaradi stika vode in vrele smole (pričakovana temperatura od 130 do 190°C). V primeru, da pride do izpusta termalnega olja na zrak je možen njegov vžig v primeru, da je olje staro ali ni bilo pravočasno zamenjano (temperatura plamenišča naj ne bi padla pod 210 °C med dovoljeno uporabo).

V vsakem primeru tlak v reaktorju naraste, sledijo poškodbe opreme, eksplozija reaktorja, zelo verjeten prisoten vir vžiga-goreče termalno olja, možen vžig še prisotne surovine DETA (plamenišče je pri 104 °C, samovžigna temperatura je 300 °C), sledi možen prenos požara po obratu, projektili-izmet in poškodbe opreme.

3. Obravnavali smo odpoved gibljive cevi med postopkom pretakanja UNP iz avtocisterne (na približno 14 dni dostavi po približno 20 ton UNP) v stabilni rezervoar. Postopek pretakanja traja okoli 1h. Izpust iz avtocisterne je opremljen z samodejnim protilomnim ventilom, zato lahko v primeru odpovedi gibljive cevi (pretrganje in večje iztekanje) pričakujemo, da se bo aktiviral protilomni ventil in preprečil nadaljnje iztekanje. Tako lahko ocenimo, da je možen izpust trenutne vsebine UNP iz prostornine gibljive cevi (premer 80 mm, dolžina okoli 4 m) na tla, ter nastanek vnetljivega oblaka UNP v zraku in njegovo redčenje stran od mesta izpusta v smeri z vetrom. V primeru da koncentracija na robu oblaka ne pade pod polovico spodnje eksplozijske meje za UNP v zraku znotraj območja pretakanja ali celo prečka mejo lokacije, lahko pričakujemo vžig oblaka in eksplozijo. V primeru eksplozije oblaka so možne poškodbe opreme na črpališču, dodatna puščanja UNP in širjenje požara.

Najtežji možni dogodki: (11, 10)

Tu obravnavamo izpust nevarne surovine pri prečrpavanju iz avtocisterne (dogodek št. 10), ter možen prenos odpovedi na sosednji stabilni rezervoar (dogodek št. 11). Primerjalno je pričakovati najtežje posledice in največjo pogostnost uspešnega vžiga za metanol (najnižja točka plamenišča, največji parni tlak, možnost vžiga/požara/explozije in širjenja odpovedi naprej, kar pri izpustih formalina, formuree ali DETE ni možno), zato smo obravnavali le izpust metanola (najbolj vnetljiva snov) in formalina (strupena snov, pogosta manipulacija).

Pričakovani začetni dogodek je izpust metanola iz gibljive cevi iz avtocisterne pri prečrpavanju zaradi njene odpovedi. Ocenjujemo, da v primeru, če operater ne uspe v času

120 sekund ustaviti iztekanja metanola, lahko pride do večjega izpusta in bistveno težje obvladljive situacije.

Pri izpustu metanola nastane luža, širijo se hlapi metanola (najtežji pričakovani so poletni pogoji izpusta), sledi možen vžig razlitega metanola (goreča luža) in možen vžig in naknadna eksplozija hlapov metanola (UVCE). Vžig oblaka je možen zaradi vročih del ob cisternskem skladišču, ali mimo vozečega vozila (viličar, tovornjak, avtocisterna) po dvorišču lokacije.

Sledi prenos vžiga iz oblaka nazaj na iztekajoči metanol, tako dobimo goreč curek, ki lahko poškoduje procesno opremo (povezave do C-18 - domino vplivi). V skrajnem primeru je možno iztekanje metanola iz C-18 v lovilni bazen, ter prenos plamena na tamkajšnjo lužo.

Izpust formalina iz avtocisterne je zelo podoben izpustu metanola, le da gre za izpust pri obravnavanih pogojih negorljive snovi, ki pa hlapi in oddaja strupen plin formaldehid. Ocenili smo obseg vplivnega območja, redčenje v zraku in izpostavljenosti ljudi določenim koncentracijam.

6. Ocenjevanje posledic in pogostnosti pojavljanja večjih nesreč

6.1. Ocenjevanje posledic

V tem poglavju podajamo izhodišča za ocenjevanje posledic za ugotovljene nevarnosti večjih nesreč (navedene v predhodnih dveh poglavjih). Pri ocenjevanju posledic smo izhajali iz tistih nevarnosti, ki izhajajo iz lastnosti obravnavanih snovi. Kot glavne posledice obravnavanih scenarijev lahko obravnavamo toplotno sevanje nastalih požarov in nadtlake - udarne valove zaradi eksplozije plinskih oblakov snovi v zraku, ter širjenje oblaka formaldehida/metanola v zraku (kot posledica razlitja, izhlapevanja in potovanja oblaka hlapov).

Namen ocenjevanja posledic je določiti velikost vplivnih območij požarov in eksplozij, nevarnih koncentracij strupenih snovi v zraku, ter morebitnih posledic za ljudi in okolje.

6.1.1. Modeliranje posledic

V nadaljevanju podajamo nekatere referenčne vrednosti za posledice toplotnega sevanja in posledice udarnih valov.

Referenčne vrednosti za posledice toplotnega sevanja so prikazane v tabeli 17 [5, 6].

Tabela 17: Nekateri referenčni vrednosti toplotnega sevanja in posledic.

Toplotna obremenitev (kW m^{-2})	Posledice-učinki
37,5	Zadošča za poškodbe procesne opreme
25	Minimalna potrebna energija za vžig lesa pri dolgi izpostavljenosti (brez inicialnega plamena)
12,5	Minimalna energija potrebna za vžig lesa z inicialnim plamenom, taljenje plastike, ipd.
4,5	Zadošča za povzročanje bolečine ljudem, če se v 20 sekundah ne uspejo zaščititi, mehurji na koži (opekline tretje stopnje) niso pogostne
1,6	Povzroča neugodje pri dolgotrajni izpostavljenosti

Referenčne vrednosti za posledice nadtlaka za ljudi in zgradbe podajamo v tabelah 18 in 19 [5, 6].

Tabela 18: Nekatere referenčne vrednosti nadtlaka in posledic na zdravje ljudi.

Referenčne vrednosti nadtlaka (kPa)	Posledice
2,1	Ni posledic ("varna razdalja")
35	Poškodbe bobničev
70	Poškodbe pljuč
300	Smrtne poškodbe

Tabela 19: Nekatere referenčne vrednosti nadtlaka in posledic na zgradbe in procesno opremo.

Nadtlak (kPa)	Posledice za zgradbe in opremo
0,3	Zelo glasen pok, ekvivalentno hrupu 143 dB; poškodba stekla zaradi valovanja
2,1	"Varna razdalja", pri kateri s 95 % verjetnostjo ne pride do težjih posledic; občasno počena (10 %) okenska stekla.
2,8	Manjša škoda na konstrukciji objektov
4,8	Omejene poškodbe objektov
6,9	Poškodbe hiš (nekateri lahko neprimerne za bivanje)
13,8	Delna porušitev sten in streh hiš
15,9	Spodnja meja hujših poškodb nosilne konstrukcije objektov
20,7	Poškodovane/iz temeljev izruvane jeklene konstrukcije; pretrganje skladiščnih rezervoarjev
34,5 – 48,3	Zlom lesenih tramov; skoraj popolna porušitev hiš
48,2 – 55,1	Deformacija ali prelom zidov iz opeke debeline 20 do 30 cm
68,9	Verjetna popolna porušitev stavb; težki delovni stroji premaknjeni in težje poškodovani.

Na podlagi navedenih nadtlakov lahko ugotovimo, da so potrebni nadtlaki za poškodbe ljudi bistveno višji od nadtlakov, potrebnih za poškodbe stavb. Bolj verjetne so torej poškodbe ljudi zaradi sekundarnih vplivov, kot so na primer poškodovane stavbe ali leteče razbitine.

V okviru modeliranja posledic požarov in eksplozij običajno izračunamo razdalje za naslednje obremenitve s toplotnim sevanjem ali zaradi nadtlakov:

- Toplotno sevanje:
 - 37,5 kW/m² - zadošča za poškodbe procesne opreme,
 - 12,5 kW/m² - zadošča za vžig lesa, taljenje plastike, ipd.,
 - 4,5 kW/m² - zadošča za povzročanje bolečine ljudem, če se v 20 sekundah ne uspejo zaščititi, mehurji na koži (opekline tretje stopnje) niso pogostni.
- Nadtlaki:

- 20,7 kPa - poškodovane/iz temeljev izravnane jeklene konstrukcije; pretrganje skladiščnih rezervoarjev; hujše poškodbe stavb in opreme.
- 13,8 kPa - Delna porušitev sten in streh hiš.
- 2,1 kPa - "Varna razdalja" – 95 % gotovost, da ne bo težjih posledic. 10 % okenskih stekel počenih.

Izpust strupenih snovi je definiran kot izpust snovi, ki je strupena za ljudi in/ali izbrane sestavine okolja. Po izpustu strupenih snovi je možen prenos snovi v nosilnem mediju na velike razdalje.

Pri modeliranju izpustov strupenih snovi nas zanimajo koncentracije in razdalje, to je koncentracija na določeni razdalji, ali razdalja pri določeni koncentraciji. Ugotovitve primerjamo z referenčnimi koncentracijami.

Primer referenčnih vrednosti, objavljenih v literaturi, so Smernice za načrtovanje zaščite in reševanja (Emergency Response Planning Guidelines - ERPG). Ameriško združenje za industrijsko higieno (American Industrial Hygiene Association - AIHA) objavlja smernice za načrtovanje zaščite in reševanja. Za ERPG smernice velja prepričanje, da so to koncentracije v zraku, pri katerih so skoraj vsi posamezniki lahko izpostavljeni za čas vsaj ene ure brez posebnih zdravstvenih posledic.

Uporabljajo se tri smernice ERPG, ki določajo koncentracije posameznih snovi, ki ustrezajo naslednjim posledicam:

ERPG-1: predstavlja najvišjo imisijsko koncentracijo določene snovi v zraku ali nevarno raven energije, pod katero skoraj vsi posamezniki, ki bi bili izpostavljeni za čas do ene ure, ne bi imeli drugih posledic za svoje zdravje kot prehodne zdravstvene vplive, ali občutili jasno zaznaven vonj.

ERPG-2: predstavlja najvišjo imisijsko koncentracijo določene snovi v zraku ali nevarno raven energije, pod katero skoraj vsi posamezniki, ki bi bili izpostavljeni za čas do ene ure, ne bi imeli nepopravljivih posledic za svoje zdravje ali drugih simptomov, ki bi preprečili njihovo sposobnost, da se sami zaščitijo/rešijo.

ERPG-3: predstavlja najvišjo imisijsko koncentracijo določene snovi v zraku, ali nevarno raven energije, pod katero skoraj vsi posamezniki, ki bi bili izpostavljeni za čas do ene ure, ne bi bili življenjsko ogroženi.

Značilnosti izpustov nevarnih snovi, razlitih luž, širjenja in redčenja nastalih hlapov, vplive požarov in eksplozij, ter imisijske koncentracije strupenih snovi v zraku, smo izračunali s

pomočjo računalniškega programa PHAST verzija 6.1 (proizvajalec je Det Norske Veritas, <http://www2.dnv.com/software/>). Program že vsebuje bazo podatkov o snoveh.

Poleg referenčnih vrednosti za posledice nesreč smo na osnovi razpoložljivih podatkov o meteorološki situaciji (glej poglavje 3.5 Meteorološka situacija) pri izračunih uporabili naslednje tri značilne meteorološke situacije za lokacijo Melamin d.d. (za zimske, poletne in povprečne pogoje). Pregled uporabljenih situacij podajamo v tabeli 20.

Tabela 20: Pregled uporabljenih meteoroloških podatkov.

Parameter	Enota	Ime situacije		
		Zima	Povp.	Poletje
Hitrost vetra	m s ⁻¹	1,0	1,5	2,0
Stabilnost po Pasquillu	-	F	F	B/C
Temperatura zraka	°C	0	9,85	30
Temperatura tal	°C	0	9,85	30
Relativna vlažnost	-	0,9	0,7	0,8

6.1.2. Rezultati modeliranja posledic

Modeliranje posledic je bilo izvedeno za vse predvidene izredne dogodke, podajamo pa dva primera in sicer za najtežji pričakovani dogodek – izpust metanola iz odduhe kondenzatorja in najtežji možni dogodek – izlitje formalina pri prečrpavanju iz avtocisterne v skladiščno cisterno.

6.1.2.1. Izpust hlapov metanola iz odduha kondenzatorja dest. kolone

Izpust hlapov metanola poteka skozi odduh na vrhu destilacijske kolone na višini 12 m. Odduh je obrnjen vertikalno v nadstrešek nad dest. kolono, ki je montirana ob steni obrata Smole 1.

Pregled vstopnih podatkov za modeliranje izpusta in redčenja hlapov metanola podajamo v tabeli 211.

Tabela 21: Pregled vstopnih podatkov za izračun izpusta in redčenja hlapov metanola skozi odduh dest. kolone.

Parameter	Enota	Vrednost
Pretok metanola	kg s ⁻¹	0,333
Agregatno stanje	-	plin
Temperatura izpusta	°C	66
Hitrost izpusta	m s ⁻¹	2
Tip izpusta	-	v horizontalno oviro
Trajanje izpusta	s	180
Količina snovi v naravi (zaloga)	kg	60
Višina izpusta (nad tlemi)	m	12
Obravnavane meteorološke situacije		vse tri

Rezultate izračunov prikazujemo v tabeli 21, ter grafično na slikah 8, 9, 10 in 11.

Ugotovimo lahko, da pri obravnavnih pogojih redčenje izpusta poteka pretežno v horizontalni smeri, ob blagem dvigovanju izpuha. Za varno redčenje izpusta vnetljivih snovi običajno izračunamo koncentracijo, ki ustreza polovici spodnje eksplozijske meje za obravnavano snov (metanol v zraku ima zgornjo eksplozijsko mejo pri volumskem deležu 0,36, spodnjo

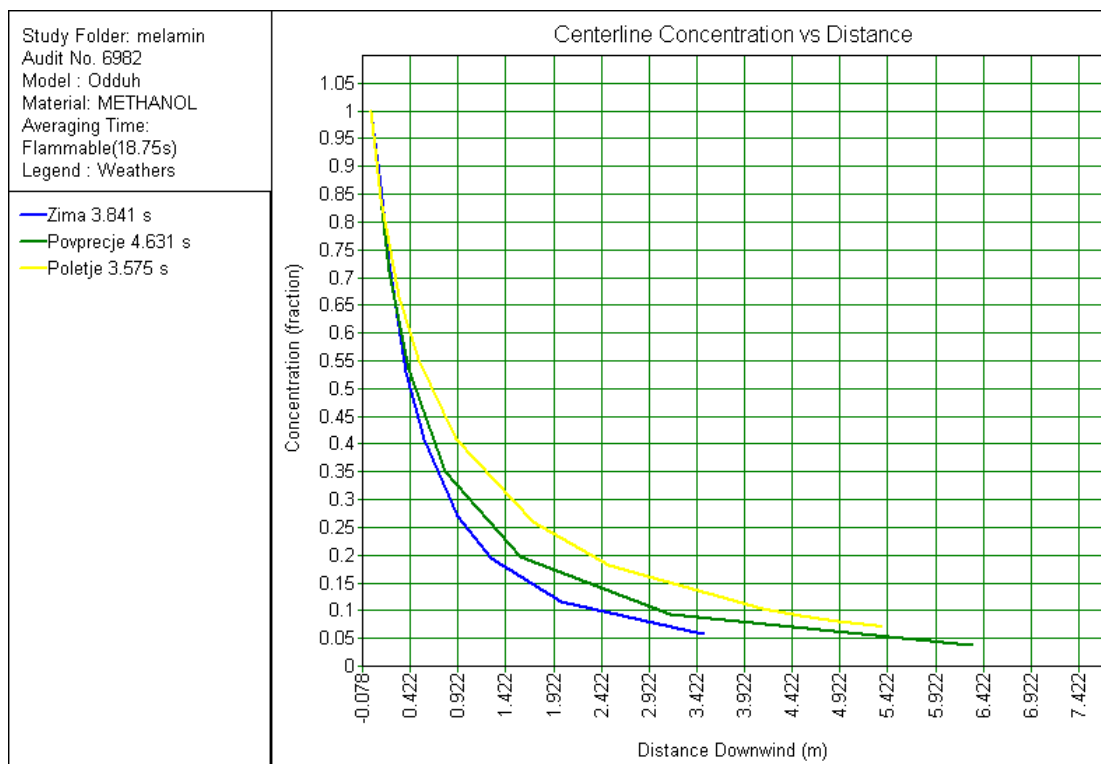
eksplozijsko mejo pa pri 0,073), tem primeru torej iščemo volumski delež 0,0365. Ustrezne horizontalne razdalje za zimsko/povprečno/poletno meteorološko situacijo so 5,5/6,8/7,9 m ob vertikalnem dvigu za približno 2 m.

Pričakujemo torej lahko, da bo prišlo na omenjenih razdaljah v obravnavanih meteoroloških situacijah do varnega redčenja izpusta hlapov metanola pod spodnjo eksplozijsko mejo, saj v obravnavanem območju ni pričakovati virov vžiga. Trajanje dogodka-emisije je torej približno enako trajanju izpada hlajenja (180 s), po tem času bo emisija metanola bistveno nižja (za faktor 2), po prenehanju emisije lahko pričakujemo popolno redčenje pod spodnjo eksplozijsko mejo v času nadaljnjih 5 sekund.

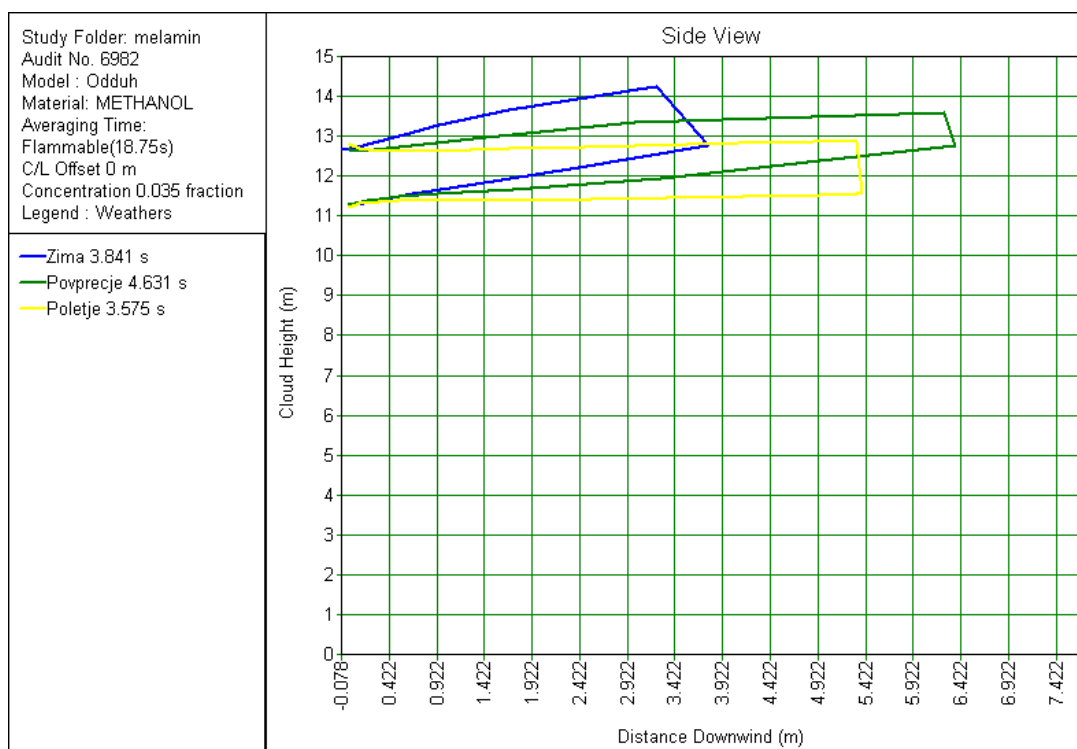
Tabela 21: Pregled rezultatov za izpust hlapov metanola iz dest. kolone.

Parameter	Ustrezna razdalja pri meteorološki situaciji (m)		
	Zima	Povp.	Poletje
Sredina fronte oblaka doseže 50 % koncentracije za spodnjo eksplozijsko mejo (vol. delež = 0,0365)	5,5	6,9	7,9*
Sredina fronte oblaka doseže koncentracije za spodnjo eksplozijsko mejo (vol. delež = 0,073)	3,1	4,35	5,3
Sredina fronte oblaka doseže koncentracijo za zgornjo eksplozijsko mejo (vol. delež = 0,36)	0,69	0,77	1,17

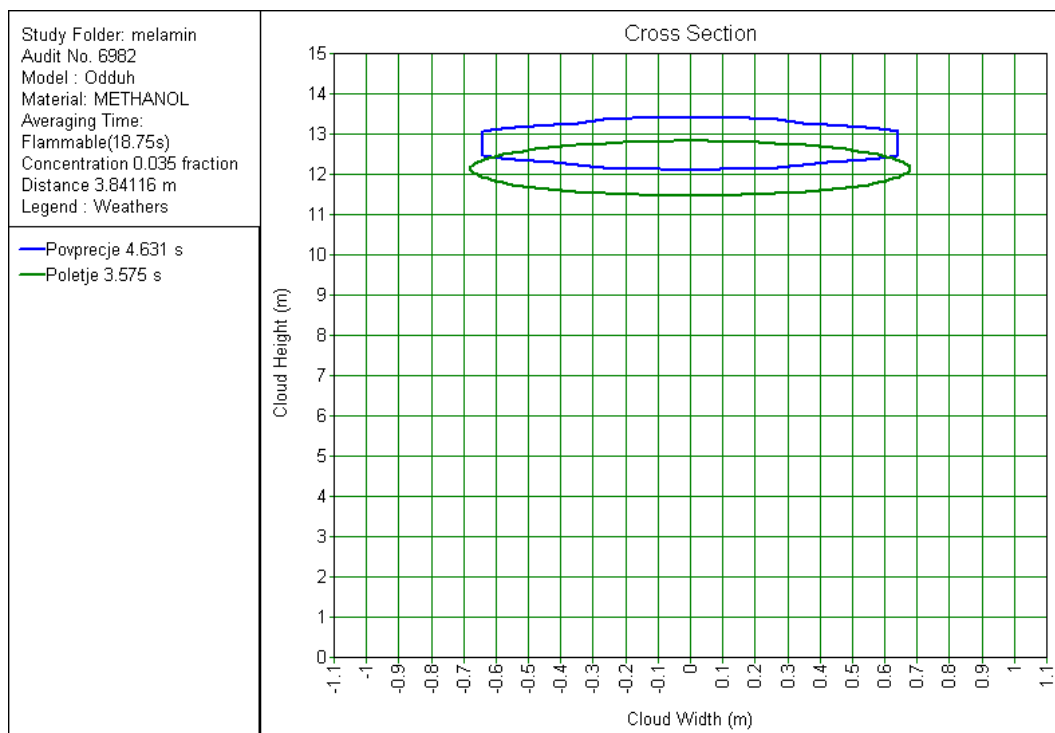
Opomba: * - sredina fronte oblaka doseže to koncentracijo po približno 5 sekundah od začetka emisije.



Slika 9: Sprememba koncentracije hlapov metanola (iz odduha dest. kolone) v odvisnosti od razdalje v smeri vetra za tri meteorološke situacije (na višini 12 m).



Slika 8: Višina in potek razširjanja oblaka hlapov metanola tri meteorološke situacije (izpust iz odduha dest. kolone; pogled s strani).



Slika 11: Doseg polovične koncentracije spodnje eksplozijske meje za hlape metanola v smeri vetra za tri meteorološke situacije (izpust iz odduha dest. kolone; pogled skozi presek oblaka).



Slika 10: Prikaz dosega polovične koncentracije spodnje eksplozijske meje za hlape metanola v smeri vetra za tri meteorološke situacije (izpust iz odduha dest. kolone; napram situaciji lokacije).

6.1.2.2. Izpust formalina pri prečrpavanju iz avtocisterne

Scenarij izpusta formalina pri prečrpavanju iz avtocisterne je podoben scenariju za iztekanje metanola. V obeh primerih upoštevamo odpoved gibljive cevi za povezavo med avtocisterno in priključnim mestom, oziroma črpalko, ki polni ustrezno cisterno. V primeru formalina črpalka Č-2 polni cisterno C-16.

Pregled vstopnih podatkov za izračun izpusta formalina podajamo v tabeli 22.

Tabela 22: Pregled vstopnih podatkov za izračun izpusta formalina iz avtocisterne.

Parameter	Enota	Vrednost
Količina snovi (40 % formalin)	kg	25000
Temperatura snovi	°C	40
Tlak snovi		atmosferski
Tip izpusta, vrsta modela: počena cev; brizganje v horizontalno oviro; uporabnik poda pretok iztekajočega formalina		
Trajanje izpusta	s	120
Dolžina horiz. rezervoarja	m	13
Višina horiz. rezervoarja (valja)	m	1,9
Višina izpusta v rezervoarju	m	0
Višina iztekanja nad terenom	m	0,5
Dolžina cevi (+ dva ventila)	m	2
Notranji premer gibljive cevi	m	0,080
Razdalja od točke izpusta do možnega vira vžiga	m	15
Meteorološka situacija	-	poletje
Koncentracija formalina v zraku za zaključek izračuna redčenja hlapov	ppm	0,08

Pri uporabljenih vstopnih podatkih moramo opozoriti, da smo zaradi omejitev v programu PHAST 6.1 morali prirediti podatke o lastnostih obravnavane snovi (formalina). Na razpolago so namreč podatki za formaldehid, vodo, itd., za raztopino s 40 % formaldehida v vodi pa ni podatkov. Omenjena raztopina ni enostavna zmes, temveč se formaldehid v vodi hidratizira, raztopina pa ima v splošnem drugačne lastnosti kot obe čisti sestavini. Predstavljeni problem smo za potrebe modeliranja razlitja formalina ob določenih predpostavkah premostili na naslednji način:

- v programu smo definirali novo snov ("formaldehid40-voda60"). V bazi podatkov o snovnih lastnostih smo za tekočo fazo navedli ustrezne lastnosti za vodo, za plinasto fazo pa lastnosti za formaldehid. Posebej smo navedli dejanski parni tlak formaldehida v ravnotežju s 40 % raztopino formaldehida v vodi (formalin), ki smo jih na osnovi literaturnih podatkov [12] vnesli v program. Ravnotežni parni tlak formaldehida nad formalinom pri 20 °C je okoli 130 Pa.
- Formalin ima gostoto približno 1120 kg m⁻³, viskoznost pa je približno 2,5 Pas (20 °C), kar ni bilo možno v celoti upoštevati v novi snovi ("formaldehid40-voda60"), zato smo ločeno ocenili pričakovani pretok iztekajočega formalina iz podobne avtocisterne kot za primer iztekanja metanola. Ugotovili smo, da lahko v obravnavanem časovnem oknu 120 sekund iztekanja iz polne avtocisterne ponovno pričakujemo pretok med 9 in 10 kg s⁻¹ (izračunano za metanol in n-butanol). Zaradi negotovosti smo izračunali izbrane imisijske koncentracije formaldehida pri izbranih pogojih za pretoke 7, 10 in 13 kg s⁻¹, kar je prikazano na sliki **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.** Ugotovimo lahko, da znaša nezanesljivost izračunane razdalje do okoli 20 %, pri spremembi pretoka za 30 % (izhodišče je pretok 10 kg s⁻¹).
- Podatke o strupenosti formaldehida na osnovi literaturnih podatkov [6] in varnostnega lista smo vnesli v bazo podatkov za novo snov. Vnesli smo naslednje podatke:
 - ERPG 1: 1 ppm (koncentracija v zraku v času 1 ure)
 - ERPG 2: 10 ppm
 - ERPG 3: 25 ppm
 - prag vonja: 0.8 ppm
 - imisijska koncentracija: največ 0.1 mg/m³ v času 30 minut (0.08 ppm v času 30 minut).

Rezultate izračunov podajamo v tabeli 23 in na slikah od **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.** do **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**

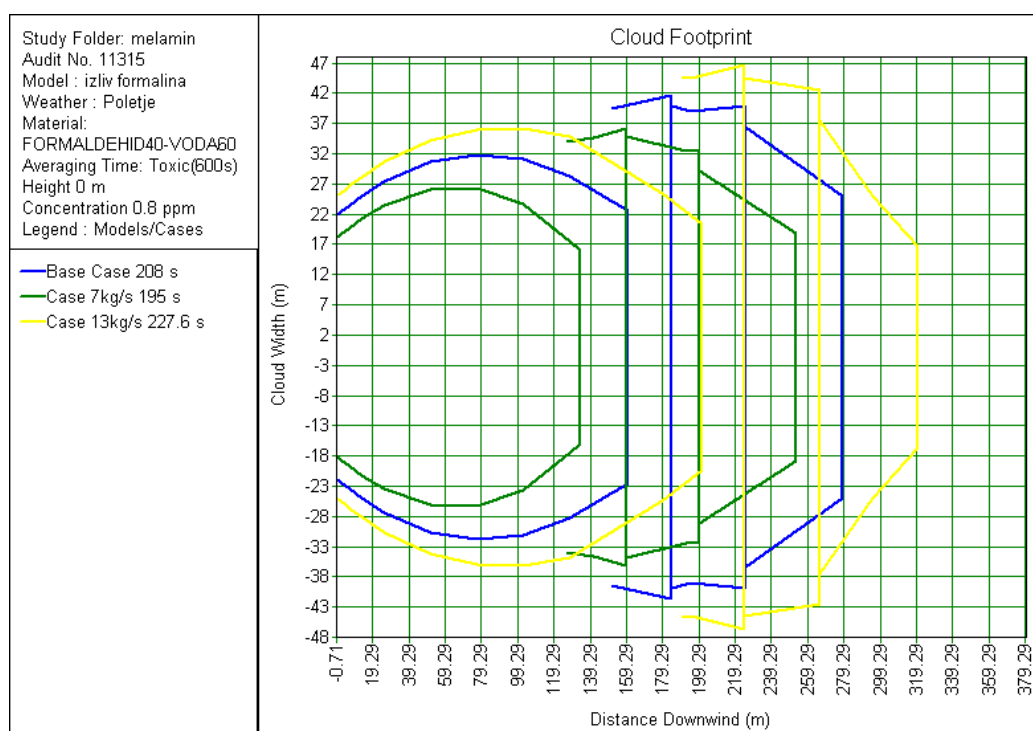
Na osnovi prikazanih rezultatov lahko povzamemo naslednje:

Življenjsko nevarne koncentracije formaldehida v zraku (ERPG 3) lahko pričakujemo do razdalje približno 60 m od mesta razlitja (cisternsko črpališče, okolica obrata, dvorišče s PE Lesna industrija), močno draženje dihal (ERPG 2) na širšem območju lokacije oziroma do ograje (do 100 m), močan neprijeten vonj (ERPG 1 in približna meja vonja) pa do razdalje približno 330 m (stanovanjski objekti južno in severno od lokacije). Maksimalna, 30 minutna imisijska koncentracija bo presežena na razdalji do približno 1200 m (doseže lahko središče mesta Kočevje in najbližja naselja severno in vzhodno od lokacije v času od 2 do 5 minut).

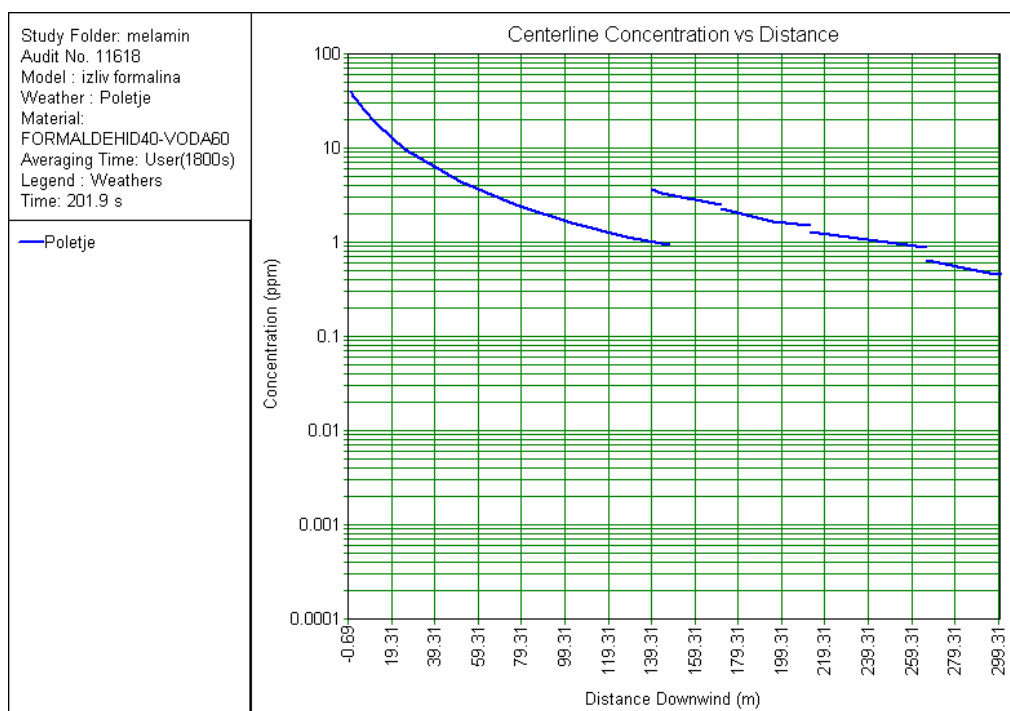
Težje zdravstvene posledice lahko pričakujemo le na ožjem območju cisternskega črpališča, izven lokacije lahko pričakujemo pritožbe prebivalstva. Časovni obseg trajanja dogodka je težje oceniti (v izračunih smo uporabili poenostavitve), predvidoma lahko traja izhlapevanje formalina vsaj nekaj ur, oziroma do odstranitve razlite tekočine (prečrpavanje in spiranje tal z vodo).

Tabela 23: Pregled pomembnejših rezultatov za izračun izpusta formalina iz avtocisterne.

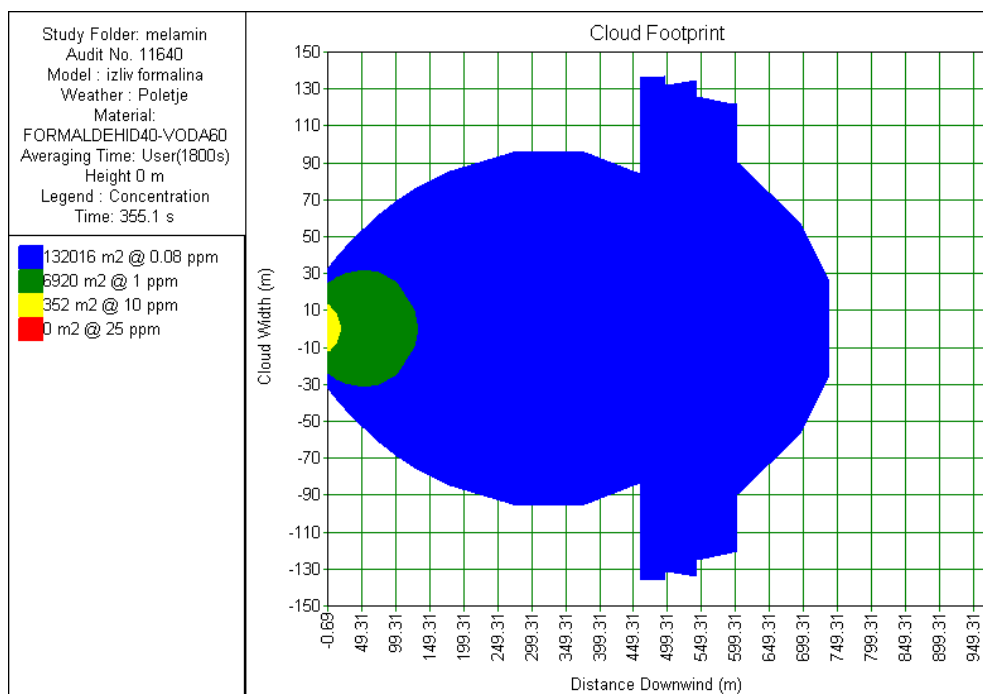
Parameter	Enota	Vrednost
Pričakovani povprečni pretok iztekajočega formalina za prvih 120 sekund (širši možni interval; glej sliko Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.)	kg s^{-1}	10 (7 - 13)
Povprečna hitrost iztekajoče tekoče faze	m s^{-1}	2,5
Največji radij razlite luže	m	4,8
Razdalja od mesta izpusta v smeri z vetrom do ERPG 1 (1 ppm, 1 h)	m	262
Razdalja od mesta izpusta v smeri z vetrom do ERPG 2 (10 ppm, 1h)	m	79
Razdalja od mesta izpusta v smeri z vetrom do ERPG 3 (25 ppm, 1 h)	m	52
Razdalja od mesta izpusta v smeri z vetrom do maks. imisijske konc. 0,08 ppm (30 minut)	m	999
Razdalja od mesta izpusta v smeri z vetrom do praga vonja (0,8 ppm, 10 minut)	m	344



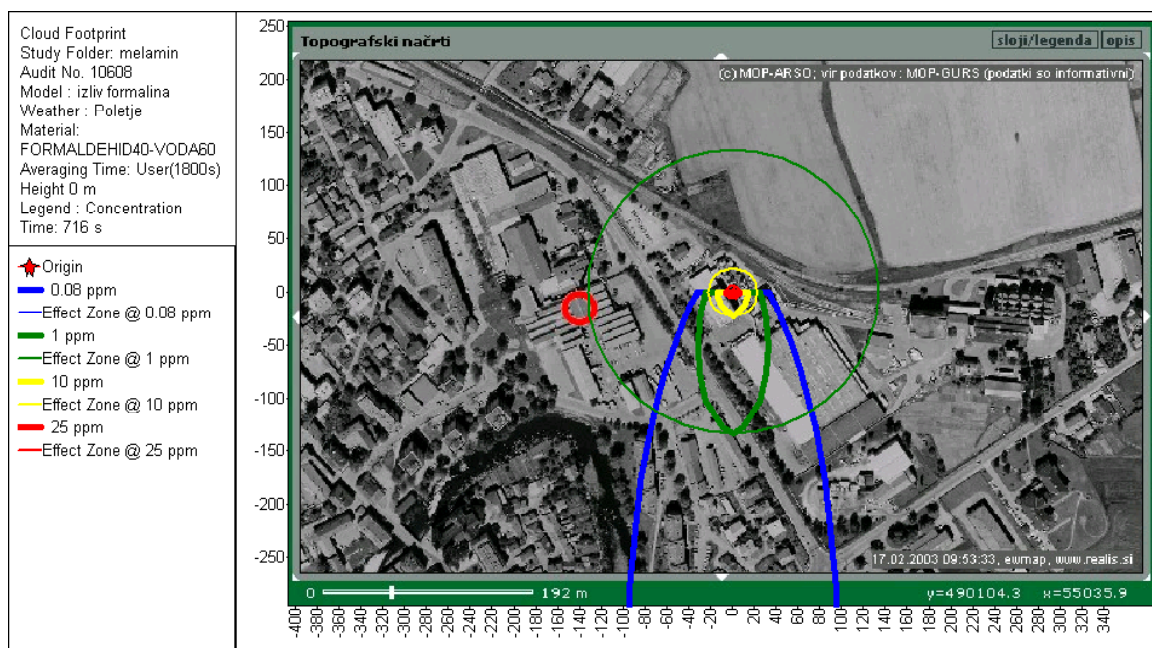
Slika 14: Odvisnost koncentracij formaldehida v zraku od uporabljenega pretoka iztekajočega formalina v smeri vetra (7, 10 in 13 kg s^{-1} ; v nadaljevanju smo uporabili le 10 kg s^{-1}).



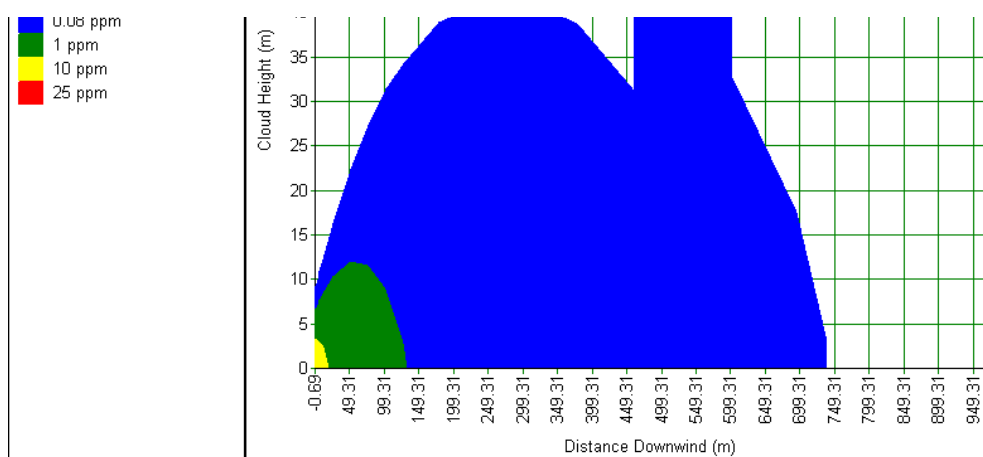
Slika 15: Odvisnost koncentracije formaldehida v zraku od razdalje v smeri vetra.



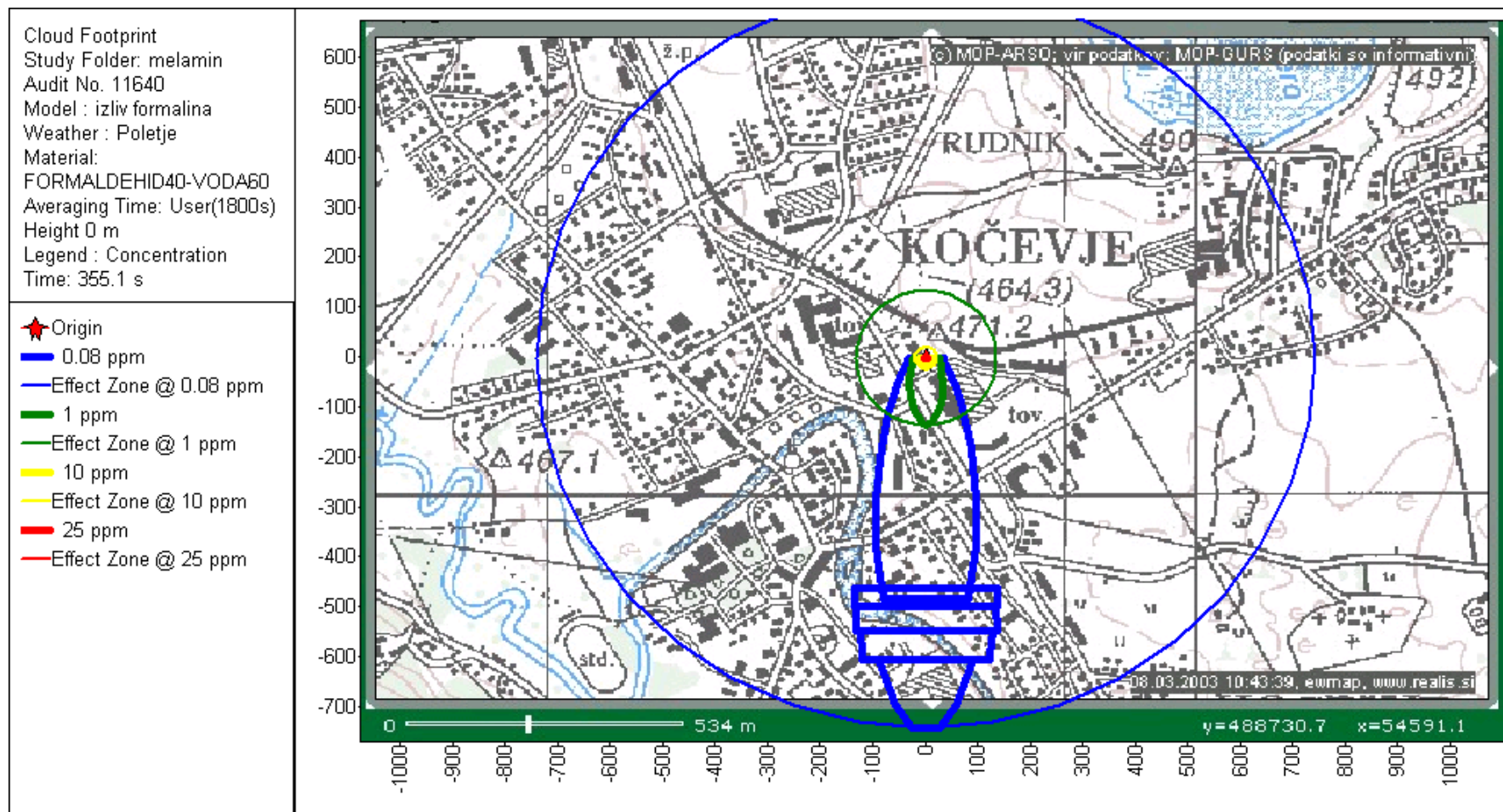
Slika 12: Odvisnost koncentracij formaldehida v zraku od razdalje v smeri vetra (tloris oblaka). Prikazane so ERPG 1, 2, 3 in maks. imisijska koncentracija.



Slika 13: Odvisnost koncentracij formaldehida v zraku od razdalje v smeri vetra (napram situaciji lokacije). Prikazane so ERPG 1, 2, 3 in maks. imisijska koncentracija.



Slika 18: Odvisnost koncentracije formaldehida v zraku od razdalje v smeri vetra (pogled s strani na oblak).



Slika 14: Odvisnost koncentracije formaldehida v zraku od razdalje v smeri vetra (podlaga je situacija Kočevja). Prikazane so koncentracije ERPG 1, 2, 3, maks. imisijska koncentracija, ter ustrezna vplivna območja.



koncentracije formaldehida v zraku od razdalje v smeri vetra (podlaga je situacija Kočevja). Prikazane so koncentracije
nja, ter ustrezna vplivna območja.

6.1.3. Ocena nezanesljivosti pri izračunih

Pri uporabi rezultatov ocene posledic obravnavanih scenarijev nesreč moramo poznati predpostavke, poenostavitve in nezanesljivosti, ki smo jih uporabili. V nadaljevanju podajamo najpomembnejše negotovosti v predstavljenih izračunih:

- V izračunih smo običajno uporabili najbolj pesimistične predpostavke pri oceni možnih posledic (na primer, pri izračunu redčenja hlapov metanola iz odduha destilacijske kolone, smo uporabili največji možen pretok hlapov - 1200 kg/h, čeprav ni nujno (realno), da bo vedno prišlo do izpada hladilne vode pri največji kapaciteti destilacijske kolone. Podobna pesimistična predpostavka velja za primer izračuna pričakovanega pretoka iztekajočega metanola ali formalina iz avtomobilske cisterne, saj smo upoštevali, da pride do odpovedi gibljive cevi takoj po začetku prečrpavanja, ko je priključena polna največja možna cisterna. Vse omenjene pesimistične predpostavke vnašajo v izračune določeno stopnjo in "varnosti" (slabše skoraj ne more biti), po drugi strani pa prikažejo najslabše posledice. Rezultati so zato pretirani.

Na drugi strani smo pri upoštevanju meteorološke situacije uporabili tri značilne primere, od katerih nobena ni najslabša možna (vse so dokaj realne), saj so možne še hladnejše zime in še bolj vroča poletja. Izkazalo se je, da je izmed treh obravnavanih, najslabša izbrana poletna meteorološka situacija, zato smo v večini izračunov uporabili samo omenjeno.

- Pri izračunih razdalj za ustrezne vplive (nadmorski tlak, intenzitete toplotnega sevanja, redčenje hlapov v atmosferi), ter referenčne vrednosti vplivov za določene posledice, smo uporabili literaturne podatke in uveljavljene modele, ki so bili izdelani in izbrani na osnovi izkušenj. V tem smislu so izračuni dokaj zanesljivi.
- V obravnavanih scenarijih za večje nesreče smo upoštevali le ugotovljene večje nevarnosti. To pomeni, da so lahko prisotne tudi druge nevarnosti in možne nesreče, ki jih v tem poročilu nismo obravnavali, vendar pričakujemo, da ne morejo imeti težjih posledic kot v tem poročilu opisani scenariji.
- Posebno vrsto nezanesljivosti in negotovosti v izračune prinašajo manjkajoči podatki o realnih lastnostih obravnavanih snovi. V tem primeru sta to predvsem SLOVTERM (komercialno mineralno olje za ogrevanje - ogrevalni medij) in formalin. Ob pomanjkanju primernejših podatkov ali rešitev, smo uporabili nadomestne ali izvedene/kombinirane podatke za obstoječe in "generične" snovi. Omenjeni poenostavljeni rešitvi prinašata v

izračune posebno vrsto negotovosti, menimo pa, da so rezultati vseeno primerni za oceno obsega pričakovanih posledic. V primeru požara na reaktorju R-3 zaradi vžiga termalnega olja SLOVTERM lahko realno pričakujemo težke posledice požara zaradi goreče luže vsaj na II. nadstropju obrata Smole II (kota 10,5 m). V primeru razlitja formalina iz avtocisterne pa lahko realno pričakujemo nevarne koncentracije formalina v zraku (ERPG 3) predvsem na območju cisternskega črpališča, na prehodu do obrata Smole II, nadstrešku in na dvorišču približno do vratarnice.

- Poleg že omenjenih nezanesljivosti moramo upoštevati še nezanesljivosti pri uporabi primerjanih (referenčnih) vrednosti npr., za uporabljene stopnje toplotnega sevanja ali pričakovane doze (koncentracija in čas izpostavljenosti) strupene snovi, ki jo prejme prejemnik tveganja. Predlagane splošne primerjalne vrednosti so običajno primerne za splošno človeško populacijo (otroci, starejše osebe, astmatiki, ipd., so bolj občutljivi), prav tako primerjalne stopnje toplotnega sevanja in nadtlaki eksplozij veljajo dovolj dobro le za povprečno močne konstrukcije, opremo, objekte in splošno človeško populacijo.

6.1.4. Ocena možnosti za verižno nesrečo (domino vplivi)

Na osnovi ocenjenih pričakovanih posledic za obravnavane scenarije nesreč podajamo oceno možnosti za verižne nesreče na območju Melamin d.d.:

- scenarij izpusta hlapov metanola iz odduha destilacijske kolone: zanesljivo lahko pričakujemo varno redčenje hlapov v zraku, vžig hlapov ni možen (na višini 12 m ni virov vžiga), drugih posledic ne pričakujemo.
- Scenarij vžiga hlapov metanola v reaktorju: Realno je možen vžig in eksplozija hlapov metanola. Pričakujemo lahko poškodbe opreme na razdalji do približno 9 m. Možno je tudi širjenje odpovedi - plamena skozi sistem odduha v smeri: reaktor - varnostna membrana/varnostni ventil - posoda H-2 - skupni odduh - posode H-7, H-3, H-5, H-9, H-10, ter dve predložki za destilacijsko kolono in nato preko odduha na streho. Pri eksploziji v reaktorju lahko pričakujemo tudi projekte - leteče kose opreme.
- Scenarij vžiga termalnega olja na reaktorju R-3/R-3.1: Pričakujemo lahko, da bosta plamen in goreča luža termalnega olja zelo verjetno poškodovali R-3, R-3.1 in bližnjo procesno opremo do razdalje približno 5 m. Pričakujemo lahko težje poškodbe - odprtje reaktorja R-3 in R-3.1, možen je vžig vsebine reaktorja (poliamidna smola, možna je prisotnost še nezreagirane surovine DETA). Pričakujemo lahko še širjenje plamena skozi obe predložki in kondenzatorja preko skupnega odduha, ki povezuje oba reaktorja.
- Scenarij izpusta metanola iz avtocisterne: v primeru izpusta in vžiga metanola, lahko pričakujemo poškodbe procesne opreme (cisternsko skladišče, avtocisterna, obrat Smole II, območje nadstreška), ter nadaljnje širjenje odpovedi in izpuste snovi, zaradi nadtlaka eksplozije, toplotnega sevanja goreče luže (zakasneli vžig) na razdalji do približno 15 m od mesta razlitja ali vžiga.
- Scenarij izpusta in vžiga metanola v cisterni C-18: ta scenarij je že možna posledica realizacije scenarija izpusta metanola iz avtocisterne. V primeru uspešnega razlitja in vžiga metanola v C-18, je možno (realno) nadaljnje širjenje odpovedi v primeru gorenja curka na prelivu iz C-18 na celotnem območju cisternskega skladišča, ali vsaj na območju bazena I, zelo verjetne so poškodbe sosednje cisterne C-16 (vsebuje formalin).
- Možne so poškodbe osebja (toplotno sevanje nad 4 kW/m^2) na razdaljah do 30 m, zato je zelo verjetno, da osebje obrata ne bi moglo ročno upravljati z opremo na širšem območju cisternskega skladišča.

- Scenarij izpusta formalina iz avtocisterne: v tem primeru nadaljnje širjenje odpovedi (domino vplivi) ni realno, pričakujemo lahko poškodbe osebja obrata (koncentracije ERPG 3) na razdalji okoli približno 30 m (območje cisternskega skladišča in obrata) od mesta razlitja. Osebjem obrata bo predvidoma lahko (uspešno in brez žrtev) ročno interveniralo na območju cisternskega skladišča le ob uporabi osebnih zaščitnih sredstev.
- Scenarij izpusta UNP iz gibljive cevi: v primeru uspešnega vžiga oblaka UNP izven reguliranega območja pretakališča, lahko pričakujemo poškodbe procesne opreme in možno nadaljnje širjenje odpovedi (novi izpusti in vžigi UNP) na razdaljah do 40 m od mesta izpusta.

Omenimo naj še, da bi po naši oceni vse potencialne sekundarne verižne nesreče imele primerjalno težje posledice (na primer, uničenje obrata Smole II, ali cisternskega skladišča) kot primarne nesreče, vendar njihovih posledic v tej oceni tveganje nismo ocenjevali (določili pa smo njihove pričakovane pogostnosti).

Zaradi navedenih možnosti za verižne nesreče in nadaljnje širjenje odpovedi, predlagamo, da Melamin d.d. preuči varnostne ukrepe za preprečevanje vzrokov za obravnavane možne nesreče, ter uvede organizacijske in tehnične ukrepe. Prav tako predlagamo Melaminu d.d., da v sklopu priporočil na osnovi HAZOP in HAZID študij, ažurira ustrezne načrte merilno regulacijske opreme in poteka tehnoloških postopkov za vse procese obrata Smole II, Smole I in cisternskega skladišča.

6.1.5. Ocena števila potencialno ogroženih hiš in prebivalcev

Oceno števila potencialno prizadetih stanovanjskih objektov (hiš) in števila prebivalcev za obravnavane scenarije smo izvedli s programom ProVal 2000 (GIS). Oceno smo izvedli na osnovi maksimalnih vplivnih razdalj (glej tretji del poročila, prilogo 1), ter uporabili GIS podatke o gostoti poselitve v okolici virov tveganja.

Rezultati ocene so grafično prikazani na sliki 21, ter zbrani v tabeli 24. Gostota poselitve prebivalstva je prikazana v obliki različno obarvanih kvadratov glede na število prebivalcev znotraj celic dimenzij 100×100 m. Ogroženih hiš ali prebivalcev ni.

Tabela 24: Pregled rezultatov ocene potencialno prizadetih hiš in prebivalcev znotraj pričakovanih vplivnih območij za obravnavane vire tveganja in scenarije večjih nesreč.

Objekt/scenarij	Radij (m)	Število potencialno prizadetih	
		hiš	prebivalcev
izpust hlapov metanola preko izpuha dest. kolone	13	-	0
eksplozija v reaktorju R6	13	-	0
izpust metanola iz avto cisterne	25	-	0
izpust formalina iz avto cisterne	60	-	0
domino požar v cisternskem skladišču	22	-	0
izpust UNP iz gibljive cevi	49	-	0



Slika 21: Grafični prikaz vplivnih območij za Melamin d.d.. Podlaga je ortofoto posnetek lokacije, nad njim je prikazana gostota poselitve prebivalstva znotraj potencialno vplivnih območij.

6.2. Ocenjevanje pogostnosti pojavljanja večjih nesreč

6.2.1. Uvod

Analiza frekvenc se uporablja za določitev pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov, v obravnavanih primerih večjih nesreč.

Osnovni metodi za analize sta:

1. Drevo odpovedi/napak.
2. Drevo dogodkov.

Obe metodi uporabljata kombinacijo okoliščin (ali odpovedi), ki bi lahko pripeljale do določenega dogodka in izračunata frekvenco ali verjetnost, s katero se dogodek pripeti. Obe metodi uporabljata diagram za predstavitev logičnega poteka.

V okviru te študije sta bila uporabljeni obe metodi "analiza drevesa dogodkov" in "analiza drevesa odpovedi", ki opisujeta najverjetnejše načine za razvoj večjih nesreč [5, 6, 7, 8].

Scenariji izrednih dogodkov v Melaminu, ki smo jih opisali v prejšnjem poglavju, so primerni za obravnavo z metodo drevesa dogodkov in z metodo drevesa odpovedi. Gre namreč za izpuste vnetljivih in škodljivih snovi (metanol, formaldehid), ki se lahko razvijejo do požarov in/ali eksplozij, ter prekomerne izpostavljenosti zaposlenih, katere posledica je potencialni vpliv na zdravje. Z analizo drevesa dogodkov ali odpovedi ugotovimo, kako pogosto se lahko začetni dogodek razvije do določenih izidov, če upoštevamo odpoved varnostnih ukrepov in prisotnost dejavnikov, ki omogočajo določen razvoj dogodka.

Drevo dogodkov ali odpovedi je deduktivna metoda. Analiza se prične z začetnim dogodkom in nadaljuje do ugotovitve pomembnejših razvojev vmesnih dogodkov in vzrokov za njihovo pojavljanje, vse do pričakovanih končnih izidov.

Drevo odpovedi in drevo dogodkov lahko uporabljamo tudi kombinirano (končni dogodki v drevesih odpovedi so začetni dogodki v drevesih dogodkov).

Metode ocenjevanja posledic in pogostnosti slonijo na predpostavkah in so zato negotove (nezanesljive). Zanesljivost ocen tveganja je treba obravnavati in razumeti v okviru "velikostnega razreda".

Najpomembnejše nezanesljivosti pri oceni pogostnosti so:

- neustreznost generičnih, posplošenih modelnih podatkov za rabo v lokalnih specifičnih situacijah.
- Odsotnost najnovejših statističnih podatkov o odpovedih opreme.

6.2.2. Rezultati ocenjevanja pogostnosti pojavljanja večjih nesreč

Analizirali smo verjetnosti/frekvence pojavljanja različnih izidov vseh izrednih dogodkov. Za izbrane scenarije, ki so bili predhodno kategorizirani kot najtežji pričakovani, najtežji verjetni ali najtežji možen dogodek, smo analizirali začetni dogodek, delovanje sistema v smislu odziva na začetni dogodek, odpovedi varnostnih sistemov, ter prisotnost virov vžiga. Razvoj/potek dogodkov smo prikazali v drevesni strukturi. Ko smo ocenili pogostnosti za posamezne razvejitve, smo lahko določili končno verjetnost/frekvenco za posamezen izid.

Verjetnosti ali frekvence začetnih dogodkov smo ocenili na osnovi podatkov, ki jih je predložil Melamin, na osnovi literaturnih virov, ali na osnovi ekspertnih ocen (velja za večino ocen o uspešnosti ali neuspešnosti posameznih vmesnih dogodkov v drevesih dogodkov).

Verjetnost smo zračunali kot razmerje deleža časa, ko se lahko določen začetni dogodek zgodi, proti celotnemu času, ko obravnavana dejavnost poteka.

V nadaljevanju podajamo natančnejšo obdelavo dveh izrednih dogodkov:

6.2.2.1. *Izpust hlapov metanola na odduhu dest. kolone*

Za začetni dogodek izpusta hlapov metanola smo privzeli, da pride 16 x na leto do izpada hladilne vode (12 x zaradi izpada hladilne vode in 4 x zaradi izpada el. energije) pri čemer izpust hlapov traja do 5 minut (ocena). Delež časa v enem letu, ko lahko pride do obravnavane razelektritve in vžiga, je tako:

$$(16 \text{ krat/leto} \times 5 \text{ minut}) / (365 \text{ dni/leto} \times 24 \text{ ur/dan} \times 60 \text{ min/dan}) = 1,5 \times 10^{-4}$$

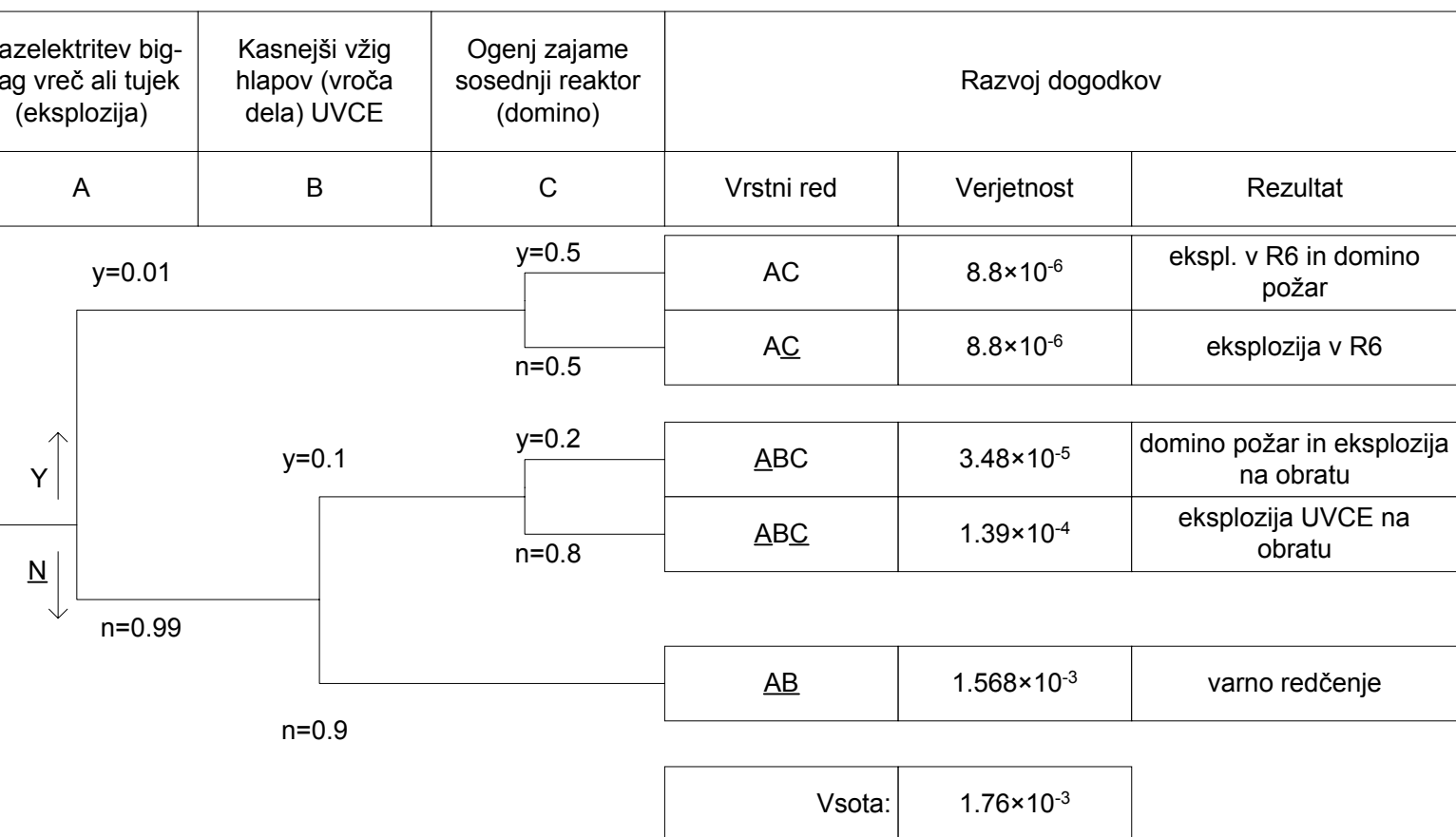
Ta pogostnost prisotnosti hlapov metanola na odduhu dest. kolone na osnovi rezultatov ocene posledic za ta začetni dogodek nima nadaljnjih posledic ali širjenja odpovedi. V razdalji do 7 m na višini 12 m od tal na vrhu dest. kolone ni prisotnih možnih virov vžiga. Zato nadaljnjega razvoja dogodkov za ta scenarij ne obravnavamo.

6.2.2.2. *Izpust in emisija formalina iz avtocisterne*

Pretakanje formalina poteka približno $9\times$ na teden ali $450\times$ na leto nekaj več kot 1 uro (pesimistično privzamemo 1,5 ure), ter izračunamo časovno verjetnost prisotnosti formalina v gibljivi cevi:

$$(450 \text{ krat/leto} \times 90 \text{ minut}) / (365 \text{ dni/leto} \times 24 \text{ ur/dan} \times 60 \text{ min/dan}) = 7,7 \times 10^{-2}$$

Frekvenco izpusta formalina pri prečrpavanju iz cisterne smo določili na osnovi podatka, da gibljiva cev odpove s pogostnostjo $5,7 \times 10^{-7}$ na uro ali 5×10^{-3} na leto, tako da znaša 5×10^{-3} na leto $\times 7,7 \times 10^{-2} = 3,85 \times 10^{-4}$ na leto.



kov za scenarij vžiga hlapov metanola v reaktorju R-6.

6.2.3. Povzetek ocene pogostnosti obravnavanih scenarijev

V tabeli 25 podajamo pregled ocen pogostnosti za obravnavane scenarije (podajamo le najtežje izide razvoja dogodkov).

Tabela 25: Pregled ocenjenih frekvenc ali pogostnosti za najtežje izide obravnavanih scenarijev.

št.	Obravnavani scenarij	Izid	Frekvenca (f , leto ⁻¹) ali verjetnost (p) za izid
1.	Vžig hlapov metanola v reaktorju	eksplozija in domino	$f=4,36 \times 10^{-5}$
2.	Izpust in vžig termalnega olja	vžig reaktorja in požar v obratu	$p=9,9 \times 10^{-2}$
3.	Izpust metanola iz avtocisterne	požar, eksplozija ob CS	$f=1,1 \times 10^{-5}$
4.	Izpust formalina iz avtocisterne	večji izpust hlapov strupene snovi	$f=3,85 \times 10^{-4}$
5.	Izpust in požar v cisternskem skladišču	prenos požara na območju CS	$f=1,975 \times 10^{-8}$
6.	Izpust in požar/eksplozija UNP ob objektu PE Lesna Industrija	požar in eksplozija	$f=1,42 \times 10^{-5}$

7. Razvrščanje tveganja z metodo SPIRS

7.1. Splošno

Metodo SPIRS (Seveso Plant Information Retrieval System), ki so jo razvili v biroju za nevarnosti večjih nesreč skupnega raziskovalnega centra evropske komisije (Major Hazards Accidents Bureau, European Commission - Joint Research Centre) v Ispri, Italija, uporabljajo predvsem kot orodje za inventarizacijo (baza podatkov) industrijskih objektov, oziroma podjetij, ki so zavezanci v smislu določil evropske direktive Seveso II (96/82/EC) – virov tveganja.

Splošni nameni uporabe baze podatkov SPIRS so naslednji:

- Podatki o vseh podjetjih z nevarnimi snovmi na območju evropske unije so na razpolago evropski komisiji in ustreznim lokalnim oblastem v državah članicah, kot podpora v procesu odločanja, posredovanju podatkov javnosti, upravljanju z lastnimi podatki in za primerjalno razvrščanje posameznih virov nevarnosti (tveganja).
- Omogočiti grafični prikaz pomembnejših podatkov o posameznih virih tveganja na zemljevidih.
- Iskanje podatkov o posameznih virih tveganja (industrijska dejavnost, lokacija, količine in vrste nevarnih snovi, ipd.).

V bazo podatkov SPIRS je vgrajena metoda za oceno indeksov nevarnosti in indeksa tveganja za posamezne vire tveganja. Potrebni podatki so navedeni v *PRILOGA 1 – obrazec za vnos podatkov v bazo podatkov SPIRS* v poročilu *Prvi del - Opis uporabljenih metod*. Metodo za izračun indeksov nevarnosti in tveganja so razvili na osnovi analize podatkov o nesrečah zbranih v bazi MARS (Major Accidents Reporting System) in splošnih podatkov v virih tveganja. Podrobnejši opis kvalitativnega modela za vrednotenje možnega tveganja je podan v [13], ter v poročilu "Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje ob izrednih dogodkih, Prvi del", v nadaljevanju pa povzemamo najpomembnejše sestavine postopka izračuna indeksov nevarnosti in indeksa tveganja.

Metoda SPIRS izračuna potencial za tveganje (RI) brez upoštevanja specifičnih varnostnih/sanacijskih ukrepov na ali zunaj območja vira tveganja, ker takšni podatki na splošno niso na razpolago za večino virov tveganja.

Potencial za tveganja metoda izračuna za posamezne nevarnosti (ki jih določajo posamezne nevarne snovi na lokaciji vira tveganja) in za posamezne tipe prejemnikov tveganja:

$$RI_{\alpha,\beta} = HI_{\alpha} \times \frac{1}{r_{\beta}^2} \quad (1)$$

kjer α predstavlja tip nevarnosti (glede na vrste nevarnih snovi), β predstavlja prejemnika tveganja (zaposleni na območju vira tveganja, okoliško prebivalstvo, občutljiva območja – deli okolja, vodna telesa, itd.), r je razdalja med virom nevarnosti in prejemniki tveganja.

Skupni indeks nevarnosti HI_{α} za določeno vrsto nevarnosti je podan kot:

$$HI_{\alpha} = \sum_{vse\ snovi} HI_{\alpha,snov} \quad (2)$$

Indeks nevarnosti $HI_{\alpha,snov}$ je v splošnem podan kot:

$$HI = Am \times HP \quad (3)$$

Kjer je Am količina nevarne snovi v tonah, HP pa nevarnostni potencial. Indeks nevarnosti $HI_{\alpha,snov}$ izračunamo kot vsoto posameznih nevarnostnih indeksov za onesnaženje vode, izpuste strupenih plinov in požare/eksplozije.

Nevarnostni indeks za onesnaženje vode HI_w je podan kot:

$$HI_w = Am \times Tox \times \left(\frac{Sol}{Vol} + Con + BD + BA \right) \quad (4)$$

Nevarnostni indeks za izpuste strupenih plinov HI_T je podan kot:

$$HI_T = Am \times Tox \times (Vol + VD + BD + BA) \quad (5)$$

Nevarnostni indeks za požare in eksplozije HI_F je podan kot:

$$HI_F = Am \times Tox \times FEP \times (Sol + Con + VD + Vol + SG + FP) \quad (6)$$

kjer Tox predstavlja indeks strupenosti (za določeno nevarno snov), Sol predstavlja indeks topnosti v vodi, Con predstavlja indeks fizične oblike snovi ali viskoznosti (za tekočine), Sur predstavlja indeks lastnosti (ranljivosti) okolice vira tveganja, Vol je indeks hlapljivosti snovi (v povezavi ustreza parnemu tlaku snovi), BD je indeks biološke (ne)razgradljivosti snovi, BA je indeks biološke akumulacije strupenih snovi v okolju (na primer, v prehrambeni verigi), VD je indeks gostote hlapov snovi (težji ali lažji od zraka), FEP je indeks za gorljivost ali eksplozivnost snovi (glede na tip nesreče), SG je indeks za specifično gostoto snovi, FP pa je indeks za lastnosti plamena (glede na hitrost plamena, smer širjenja, temperaturo samovžiga/razpada in točko plamenišča snovi).

7.2. Potrebni podatki o viru tveganja za vnos v bazo podatkov SPIRS

Splošni podatki

Splošni podatki o viru tveganja, ter o tem kdo je vnesel podatke.

Ime podatka v poročilu:	Podatek
• Šifra vira tveganja	
• Datum poročila	10.3.2003
• Pristojni lokalni organ:	
Opis vira tveganja:	
• Ime vira tveganja	Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje
• Naslov vira tveganja	Tomšičeva 9, 1330 Kočevje
• Dejavnosti vira tveganja	proizvodnja polimerov v primarni obliki
• Razvrstitev vira tveganja	vir večjega tveganja za okolje
Geografski položaj vira tveganja	
• Dolžina in širina	Y=489728, X=55269 (Gauss-Krueger)
• Država	Slovenija
• Regija	
• Pokrajina	
• Občina	Kočevje

Podatki o viru tveganja

Za analizo tveganja (razvrščanje virov tveganja) so potrebni naslednji podatki

• Povprečno število ljudi na območju vira tveganja	200
• Razdalja do najbližjega biotopa	1,0 km
• Razdalja do najbližjega vodnega telesa	0,250 km
• Število prebivalcev znotraj območja z radijem 5 km	14630
• Število prebivalcev znotraj območja z radijem 10 km	17030

Inventar nevarnih snovi

#	Snov	CAS Št.	R-stavki	Simboli	Maksimalna količina (t)
1	formalin 40%	50-00-0	23/24/25, 34, 40,43	T	169
2	formurea	50-00-0	23/24/25, 34, 40,43	T	39
3	epiklorhidrin	106-89-8	45-10-23/24/25-34-43	T	25
4	akrilamid	79-06-1	45-46-48-23/24/25	T	5
5	raztopina amonijaka 25%	1336-21-6	34-50	C, N	25
6	akrilna kislina	79-10-7	10-21/22-35-50	C, N	3
7	tiosečnina	62-56-6	22-40-51/53-63	Xn, N	1
8	tetraetilen pentamin	112-57-2	21/22-34-43-51/53	C, N	1
9	izo butanol	78-83-1	10-22-37/38-41-67	Xn	104
10	ksilen	1330-20-7	10-20-21-38-41-67	Xn	5
11	morfolin	110-91-8	10-20-21-22-34	C	5

12	etilendiamin	107-15-3	10-34-21/22-42-43	C	1
13	utekočinjeni naftni plin	-	12	F+	30
14	kurilno olje in mazut	-	45-52/53	T	300
15	metanol	67-56-1	11-23/24/25-39	T, F	167
16	n-butanol	71-36-1	10-22-37/38-41-67	Xn	82

Dodatne opombe

Podane so maksimalne količine snovi za dejavnosti PE Kemična industrija

7.3. Rezultati metode

V tabeli 26 podajamo pregled rezultatov izračuna točkovanja po metodi SPIRS za različne prejemnike tveganja in različne vrste nevarnosti.

Tabela 26: Pregled rezultatov izračuna potencialov nevarnosti in tveganj po metodi SPIRS.

Melamin d.d.	Točkovanje	Prejemnik tveganja			
Vrsta nevarnosti	Potencial	Okoliško prebivalstvo	Prebivalstvo na lokaciji	Vodno telo	Biotop
Onesnaženje vode	Nevarnost	1344		1344	1344
	Tveganje	40320		26880	26880
Strupeni plini	Nevarnost	1552	1552		
	Tveganje	46560	38800		
Požari in eksplozije	Nevarnost	4640	4640		
	Tveganje	139200	116000		

Na osnovi prikazanih rezultatov (točk) ne moremo direktno sklepati o obsegu potencialnih nevarnosti in tveganj. Rezultati so uporabni le za primerjavo različnih virov tveganja med seboj (razvrščanje po prioritetah), kar je izvedeno za vse obravnavane vire tveganja v tretjem delu poročila.

8. Ocena tveganja z metodo IAEA

8.1. Opis postopka ocenjevanja

Ocenjevanje posledic in pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov se izvaja z uporabo modelov. Ti so pripravljeni v obliki tabel, kjer so vrednosti kategorizirane po vrstah snovi, izrednih dogodkih in lastnostih lokacije. Odvisno od obravnavanega primera izbiramo ustrezne vrednosti faktorjev iz tabel in jih vnašamo v ustrezne enačbe, da z izračunavanjem dobimo končen rezultat: potencialno število smrtnih žrtev s kvantitativno oceno pogostnosti dogodka. Ko rezultate za več virov tveganja primerjamo medsebojno ali z izbranimi merili, lahko določimo prioritete nadaljnjega ravnanja.

Ocena posledic poteka po enačbi (podrobna navodila so podana v [2]):

$$C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_A \cdot f_d \cdot f_m \quad (7)$$

kjer je:

$C_{a,s}$ število smrtnih žrtev pri dogodku, v katerem je udeležena določena snov (s)

A območje vpliva - glej tabeli 4 in 5, ha

δ gostota poseljenosti v območju vpliva, št.ljudi/ha (tabela 6)

f_A korekcijski faktor za poseljena območja – razporeditev (tabela 7)

f_d korekcijski faktor za poseljena območja – oddaljenost (tabela 7)

f_m korekcijski faktor za blažilne ukrepe (tabela 8)

Podrobnosti o izračunih so podane v poročilu Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje ob izrednih dogodkih - Prvi del.

8.2. Izračun in rezultati ocene tveganja za posamezne objekte

Skladno s prijavo vira tveganja in analizami v okviru študij Hazop in Hazid smo oceno tveganja po metodi IAEA opravili za izbrane snovi, kot so navedene v tabeli 27. Ocena velja za skladišča in proizvodnjo v reaktorjih R-1 in R-6.

Tabela 27: Pregled snovi in količin za oceno tveganja po metodi IAEA

Snov	Količina (tone)
Formalin 40%	169
Metanol	167
Butanol	186
Epiklorhidrin	25
Amonijak 25%	25
Ksilen	5
UNP	30

8.2.1. Formalin

Ocena posledic na osnovi podatkov - vrednosti iz tabel:

- referenčna številka 18 (tabele 2, 3 in 4; skladišče z lovilnim bazenom)
- kategorija vpliva BIII (tabela 4)
- območje vpliva do 50 m, ploskev 0,1 ha
- gostota poseljenosti 40 prebivalcev/ha. Ker je posledice pričakovati do oddaljenosti 50 m, upoštevamo poselitev le na južni strani (na severu ni poselitve) - 50 % krožnega vplivnega območja. Faktorja f_A in f_d sta tako 1 (tabela 7). Faktor $f_m = 0,1$ ker upoštevamo, da gre pri raztopini formalina za plin formaldehid, ki bi se širil v okolje ob izrednem dogodku (glej tabelo 8).

Maksimalno število žrtev zaradi izrednega dogodka pri skladiščenju formalina je tako:

$$C = 0,1\text{ha} \times 40 \text{ prebivalcev/ha} \times 1 \times 1 \times 0,1 = 0,4$$

Za izredni dogodek pri izdelavi smol (R-1 ali R-6) je ocena tveganja naslednja:

Podatki-vrednosti iz tabel:

- referenčna številka 21 (tabele 2, 3 in 4; glej takoimenovane druge dejavnosti oziroma oznako "drugo")
- kategorija vpliva BII (tabela 4)
- območje vpliva do 50 m, ploskev 0,4 ha

- namesto gostote prebivalstva upoštevamo število zaposlenih v objektu; ker je posledice pričakovati le znotraj obrata Smole II. Faktorjev f_A in f_d ne upoštevamo. Faktor $f_m = 0,1$ ker upoštevamo, da gre pri raztopini formalina za plin formaldehid (tako kot zgoraj).

Maksimalno število žrtev zaradi izpostavljenosti formaldehidu ob izrednem dogodku v proizvodnji smol je:

$$C = (\text{število zaposlenih v obratu}) \times f_m = 3 \times 0,1 = 0,3$$

Ocena pogostnosti. Podatki – vrednosti iz tabel 9 do 13:

- $N_{i,s}^o$ je 5 za skladiščenje in 4 za proizvodnjo (tabela 9)
- n_{lje} je -1 (50 do 200 operacij letno; tabela 10)
- n_f je 0 (ni relevantno za formalin; tabela 11)
- n_o je 0 (povprečni organizacijski varnostni ukrepi; tabela 12)
- n_p je 0,5 (tabela 13)

Izračunano verjetnostno število za izredni dogodek pri skladiščenju/pretovoru formalina je 3,5 in v proizvodnem procesu 2,5. To ustreza frekvenci 3×10^{-4} na leto, oziroma 3×10^{-3} na leto.

Rezultat:

Pri izrednih dogodkih v Melaminu, pri katerih je udeležen formalin, ni pričakovati smrtnih žrtev zaradi izpostavljenosti formaldehidu. Pogostnost izrednih dogodkov je od 3×10^{-3} do 3×10^{-4} na leto.

8.2.2. Metanol

Ocena posledic na osnovi podatkov - vrednosti iz tabel:

- referenčna številka 1 (tabele 2, 3 in 4; skladišče z lovilnim bazenom)
- referenčna številka 3 (tabele 2, 3 in 4; glej takoimenovane druge dejavnosti oziroma oznako "drugo")
- kategorija vpliva ne obstaja; *po metodi IAEA ni kategorizacije skladišč metanola zmogljivosti do 200 ton in procesov pod 10 ton, kjer je metanol bodisi surovina bodisi proizvod. Ocenjevanje tveganja po metodi IAEA torej ni primerno oziroma možno.*

8.2.3. Butanol

Ocena posledic na osnovi podatkov - vrednosti iz tabel:

- referenčna številka 1 (tabele 2, 3 in 4; skladišče z lovilnim bazenom)
- referenčna številka 3 (tabele 2, 3 in 4; glej takoimenovane druge dejavnosti oziroma oznako "drugo")
- kategorija vpliva ne obstaja; *po metodi IAEA ni kategorizacije skladišč butanola zmogljivosti do 200 ton in procesov pod 10 ton, kjer je butanol bodisi surovina bodisi proizvod. Ocenjevanje tveganja po metodi IAEA torej ni primerno oziroma možno.*

8.2.4. Epiklorhidrin

Ocena posledic na osnovi podatkov - vrednosti iz tabel:

- referenčna številka 16 (tabele 2, 3 in 4; skladišče z lovilnim bazenom)
- referenčna številka 17 (tabele 2, 3 in 4; glej takoimenovane druge dejavnosti oziroma oznako "drugo")
- kategorija vpliva ne obstaja; *po metodi IAEA ni kategorizacije skladišč epiklorhidrina zmogljivosti do 200 ton in procesov pod 10 ton, kjer je epiklorhidrin bodisi surovina bodisi proizvod. Ocenjevanje tveganja po metodi IAEA torej ni primerno oziroma možno.*

8.2.5. Amonijak – raztopina 25%

Metoda IAEA obravnava amonijak le kot vtekočinjen strupen plin pod pritiskom ali če se ga transportira v cevovodu. Za obliko in način kot ga imajo/uporabljajo v Melaminu metoda IAEA ni primerna za ocenjevanje tveganja.

8.2.6. Ksilen

Ocena posledic na osnovi podatkov - vrednosti iz tabel:

- referenčna številka 1 (tabele 2, 3 in 4; skladišče z lovilnim bazenom)
- referenčna številka 3 (tabele 2, 3 in 4; oznaka "drugo")
- kategorija vpliva ne obstaja; *po metodi IAEA ni kategorizacije skladišč ksilena zmogljivosti do 200 ton in procesov pod 10 ton, kjer je ksilen bodisi surovina bodisi proizvod. Ocenjevanje tveganja po metodi IAEA torej ni primerno oziroma možno.*

8.2.7. UNP

Ocena posledic na osnovi podatkov - vrednosti iz tabel:

- referenčna številka 7 (tabele 2, 3 in 4; skladiščenje)
- kategorija vpliva CI (tabela 4)
- območje vpliva do 100 m, ploskev 3 ha
- gostota prebivalstva 40 prebivalcev/ha. Posledice je pričakovati do oddaljenosti 100 m; upoštevamo poselitev le na južni strani - 50 % krožnega vplivnega območja. Faktorja f_A in f_d sta tako 0,5 (tabela 7). Faktor $f_m = 1$ (tabela 8).

Maksimalno število žrtev zaradi izrednega dogodka pri skladiščenju UNP je tako:

$$C = 3 \text{ ha} \times 40 \text{ prebivalcev/ha} \times 0,5 \times 0,5 \times 1 = 30$$

Ocena pogostnosti na osnovi podatkov - vrednosti iz tabel 9 do 13:

- $N_{i,s}^o$ je 6 za skladiščenje (tabela 9)
- n_{lje} je 0 (10 do 50 polnjenj letno; tabela 10)
- n_f je 0 (ni relevantno; tabela 11)
- n_o je 0 (povprečni organizacijski varnostni ukrepi; tabela 12)
- n_p je 0 (tabela 13)

Verjetnostno število za izredni dogodek pri skladiščenju/pretovoru UNP je 6. To ustreza frekvenci 1×10^{-6} na leto.

Rezultat:

Pri izrednih dogodkih v Melaminu, pri katerih je udeležen UNP, je pričakovati 30 smrtnih žrtev s pogostnostjo 1×10^{-6} na leto.

9. Zaključki

Melamin kemična tovarna d.d. - Kočevje večinoma proizvaja različne melaminske in sečninsko formaldehidne smole. Gre za primarno kemijsko industrijo s potencialom izrednih dogodkov kot so požar, eksplozija in izpust nevarnih snovi v okolje. V okviru ocen tveganja s tremi metodami smo obravnavali dvanajst dogodkov s potencialom, da se razvijejo v nesreče s težkimi posledicami. Težke posledice so bile definirane z vidika ekonomskih, okoljskih in zdravstvenih škod.

S kvantitativno metodo smo ocenili pogostnost pojavljanja in posledice za najtežje pričakovane, verjetne in možne dogodke. Ocena za najtežji pričakovani dogodek je pokazala, da do težjih posledic ne bo prihajalo, ker se bodo izpušeni segreti hlapci metanola na vrhu destilacijske kolone usmerili navzgor in razredčili v atmosferi. Za najtežji verjetni dogodek je bilo ugotovljeno, da lahko v primeru eksplozije hlapov metanola v reaktorju R-6 pričakujemo poškodbe opreme (težje poškodbe reaktorja, druge procesne opreme, cevovodov) na razdaljah do okoli 10 m, poškodbe delavcev pa so možne na širšem območju obrata. Načeloma je možno tudi širjenje dogodka do verižne nesreče znotraj obrata.

Za najtežji možni dogodek smo obravnavali tri scenarije na območjih za skladiščenje nevarnih snovi v stabilnih rezervoarjih; gre za izpust formalina ali metanola pri prečrpavanju iz avto cistern, ter za izpust UNP pri prečrpavanju iz avto cisterne v rezervoar ob PE Lesna industrija. Za večji izpust formalina (formaldehida) pri prečrpavanju – najtežji možen dogodek, je bilo ugotovljeno, da bi lahko delavca pri črpališču cisternskega skladišča utrpela težje zdravstvene posledice (nezavest, akutna zastrupitev), izven lokacije Melamina pa bi lahko prišlo le do pritožb prebivalstva zaradi smradu. Ocenjena koncentracija - prag vonja naj bi se v poletnem času raztezala do približno 350 m daleč od mesta izpusta. Za ta scenarij je bilo ugotovljeno da predstavlja potencialno največje vplivno območje.

Za scenarij izpusta metanola je bi ugotovljeno, da potencialna eksplozija hlapov in požar lahko vodita do težjih posledic na območju pretakališča (poškodbe delavcev) in načeloma tudi do verižne nesreče na območju cisternskega skladišča (širjenje požara in novi izpusti nevarnih snovi). Posledic izven lokacije Melamina ne pričakujemo.

V primeru izpusta in vžiga/explozije UNP lahko pričakujemo težje posledice za delavca ob pretakališču, načeloma je možno širjenje dogodka do verižne nesreče (na avto cisterno in stabilni rezervoar za UNP, ter na objekt PE Lesna Industrija in objekt Ljubljanskih mlekarn izven lokacije).

Od vseh obravnavanih scenarijev ocenjujemo za primerjalno najtežji dogodek izpust metanola (zaradi potenciala za verižno nesrečo znotraj cisternskega skladišča).

Metodi IAEA in SPIRS sta primerjalni metodi za medsebojno razvrščanje več virov tveganja. Metoda IAEA ima "prag" uporabnosti, to je od določenega obsega skladiščenja/proizvodnje/velikosti reaktorja. Za slednje je ta 10 ton. Ker v Melaminu ta prag ni dosežen, metode IAEA nismo uporabili za ocenjevanje tveganja zaradi proizvodnje smol. Smo pa z njo izračunali tveganje zaradi skladiščenja formalina in UNP na lokaciji (za metanol in druge snovi prag ni bil presežen). Z metodo je mogoče oceniti le število smrtnih žrtev v primeru izrednega dogodka. V zvezi s formalinom smrtnih žrtev ni pričakovati, zaradi skladiščenja UNP pa 30 s frekvenco 1×10^{-6} . Menimo, da je ta ocena preveč pesimistična. Zaradi tega metode IAEA ni mogoče uporabljati za neposredno odločanje o zmanjševanju tveganja zaradi tehnoloških virov.

Rezultati metode SPIRS so tudi uporabni za medsebojno primerjavo tveganj iz različnih virov, ne pa kot podlaga za konkretne ukrepe zmanjševanja tveganja v posameznih tehnoloških fazah. Pomensko tolmačenje rezultatov v absolutnem smislu praktično ni možno.

10. Priloge

PRILOGA 1 - CELOTNA PRIJAVA VIRA TVEGANJA ZA MELAMIN D.D.

PRIJAVA VIRA TVEGANJA

1. VRSTA PRIJAVE - prva prijava za obstoječi vir

Gradnja		Sprememba		Začetek obratovanja		Sprememba podatkov	
Prenehanje obratovanja		Vrsta in datum prejšnje prijave					
Način razgradnje objektov in naprav							

2. SPLOŠNI PODATKI

Naziv gospodarske družbe, zavoda ali druge organizacijske oblike ali samostojnega podjetnika posameznika, ki upravlja ali bo upravljala vir tveganja

MELAMIN Kemična tovarna d.d. Kočevje

Naslov stavb na območju vira tveganja

Ulica Hišna št.

Kraj Poštna št.

Gauss-Krueg. koord.

Ime	Mateja	Priimek	Aljaž Rožič	Delovno mesto	Pooblaščenec za varstvo okolja
-----	-------------------------------------	---------	--	---------------	---

Ime in priimek, naslov in delovno mesto osebe, ki zastopa povzročitelja tveganja

Tomšičeva 9
1330 Kočevje

Tel.	01-8959-360	Faks	01-8959-482	E-pošta	mateja.aljaz@melamin.si
------	--	------	--	---------	--

3. PODATKI O NEVARNIH KEMIKAJIJAH

Zap. št.	Kemijsko ime	CAS številka	Nevarnosti	Količina (tone)	Količina za razvrstitev iz	
					stolpca 2	stolpca 3
1	Formalin - 40%	50-00-0	STRUPENO	169	50	200
2	Formurea	50-00-0	STRUPENO	39	50	200
3	Epiklorhidrin	106-89-8	STRUPENO	25	50	200
4	Akrlamid	79-06-1	STRUPENO	5	50	200
5	Raztopina amonijaka -25%	1336-21-6	OKOLJU NEVARNO (R50)	25	200	500
6	Akrlna kislina	79-10-7	OKOLJU NEVARNO (R50)	3	500	500
7	Tiosečnina	62-56-6	OKOLJU NEVARNO (R51/53)	1	500	2000
8	Tetraetilen pentamin	112-57-2	OKOLJU NEVARNO (R51/53)	1	500	2000
9	Izo Butanol	78-83-1	VNETLJIVO	104	5000	50000
10	Ksilen	1330-20-7	LAHKO VNETLJIVO	5	5000	50000
11	Morfolin	110-91-8	VNETLJIVO	5	5000	50000
12	Etilendiamin	107-15-3	VNETLJIVO	1	5000	50000
13	Utekočinjen naftni plin		LAHKO VNETLJIVO	30	50	200
14	Kurilno olje in mazut		VNETLJIVO	300	5000	50000
15	Metanol	67-56-1	LAHKO VNETLJIVO	167	500	5000
16	n- Butanol	71-36-3	VNETLJIVO	82	5000	50000

4. DEJAVNOSTI VIRA TVEGANJA

Opis dejavnosti, za katere je vir tveganja registriran in ki predstavljajo tveganje za okolje

24.160 - proizvodnja polimerov v primarni obliki

Proizvodnja različnih polimernih smol namenjenih za uporabo v različnih vejah industrije: lesna, papirna, premazi, proizvodnja gume

V tovarni poteka na isti lokaciji tudi impregnacija papirja in tekstila z različnimi tipi smol.

Vrste proizvajanih polimernih smol: melaminsko-formaldehidne smole, sečninsko formaldehidne smole, zaetrene formaldehidne smole, sulfonirane formaldehidne smole poliamid aminepiklorhidrinske smole, klejiva na osnovi alkilketen dimera, polimeri na osnovi akrilamida

Vrste smol porabljenih v impregnaciji: melaminsko-formaldehidne smole, sečninsko formaldehidne smole, polistirenske disperzije in stiren/butadienske disperzije ter etilvinilacetatno lepilo

Opis dejavnosti, pri katerih lahko pride do večje nesreče z nevarnimi kemikalijami

- Transport nevarnih kemikalij v družbo. Kemikalije prihajajo v družbo večinoma po cesti: v avtocisternah, kontejnerjih in sodih. Manjši del kemikalij prihaja po železnici (epiklorhidrin). Količinsko največji del prihaja v avtocisternah.
- Notranji transport kemikalij po družbi
- Pretakanje nevarnih kemikalij iz avtocistern v skladiščne posode in iz skladiščnih posod v reaktorje
- Kemijske reakcije –pri proizvodnji potekajo naslednje reakcije: kondenzacije, etrenja, sulfonacije in v manjšem delu klasične polimerizacije
- Destilacije preostalih reakcijskih topil iz izdelkov
- Destilacije tako dobljenih reakcijskih topil na kolonah –

5. RAZVRSTITEV VIRA TVEGANJA

Vir tveganja se glede na vrsto in količino nevarnih kemikalij, ki so prisotne na območju vira tveganja, razvrsti v naslednjo skupino virov tveganja iz prvega odstavka 4. člena te uredbe:

Obrazložitev za razvrstitev vira tveganja

Vir večjega tveganja za okolje

Vir se razvrsti kot vir večjega tveganja na osnovi količin strupenih in okolju nevarnih kemikalij.

Razvrstitev vira tveganja na osnovi količin strupenih in okolju nevarnih kemikalij:

Izračun: $(m \text{ formalina} + m \text{ formuree} + \text{masa epiklorhidrina} + m \text{ akrilamida})/200 + (m \text{ amonijak} + m \text{ akrilna kislina})/500 + (m \text{ TEPA} + m \text{ tiosečnina})/2000 > 1$

Izračun: $(169+39+25+5)/200 + (25+3)/500 + (1+1)/2000 = 1,247$

Razvrstitev vira tveganja na osnovi vnetljivosti kemikalij:

Izračun: $m \text{ plin}/200 + m \text{ matanol}/5000 + (m \text{ n-butanol} + m \text{ izo-butanol} + m \text{ kurilno olje} + m \text{ ksilen} + m \text{ morfolin} + m \text{ etilenamin})/50000 > 1$

Izračun: $30/200 + 167/5000 + (82+104+300+5+5+1)/50000 = 0,19334$

6. OPIS OKOLICE VIRA TVEGANJA

Zap. št. Navedba dejavnikov, ki povečujejo možnost za nastanek večjih nesreč ali poslabšujejo njihove posledice (*)

1	Magistralna cesta Ljubljana-Petrina
2	Stanovanjski bloki na Kidričevi ulici
3	Dom starejših občanov
4	Ljubljanske mlekarne – proizvodni obrat
5	Železnica
6	Reka Rinža

(*) navedejo se dejavniki kot so npr.: topografske značilnosti; objekti, v katerih se občasno ali redno zadržuje večje število ljudi in jih učinki večjih nesreč lahko posebej prizadenejo; objekti, ki so razglašeni za kulturne spomenike skladno s predpisi o varstvu kulturne dediščine; naravne vrednote, zavarovana območja, ekološko pomembna območja, ...; infrastruktura v okolici vira tveganja, ki jo lahko učinki večjih nesreč poškodujejo ali uničijo; druge značilnostih okolice vira tveganja, ki lahko poslabšajo učinke večjih nesreč kot so npr: drugi viri tveganja v bližini, prometne povezave (bližina železniške proge, pomembnejših cest, vodnih poti, ...) in večji prometni centri (letališča, pristanišča, ranžirne postaje, ...).

Datum prijave: 25.11.2002

Ime in priimek odgovorne osebe: Srečko Štefanič, direktor družbe

Podpis:

PRILOGA 2 -
HAZOP ZAPISNIKI ZA POSAMEZNE OBRAVNAVANE TEHNOLOŠKE SKLOPE

HAZOP zapisnik za proizvodnjo ene od obdelanih smol

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
Priprava surovin	napačno razmerje	1. napačna sestava v cisterni za metanol	neustrezen produkt zaradi nepravilnega stehiometrijskega razmerja formalin/melamin	on-line meritev gostote surovine in zmesi v reaktorju (sinteza), delovna navodila		
		2. napačna sestava v cisterni za formalin	povečana možnost utrditve smole-produkta v reaktorju, neustrezen produkt	on-line meritev gostote surovine in zmesi v reaktorju (sinteza), delovna navodila		
		3. napačna receptura-snov predozirana, ker dosežena receptura ni bila potrjena na računalniku	povečana možnost utrditve smole-produkta v reaktorju, neustrezen produkt	on-line meritev gostote surovine in zmesi v reaktorju (sinteza), delovna navodila		
		4. napačna količina melamina	povečana možnost utrditve smole-produkta v reaktorju, neustrezen produkt	tehtanje reaktorja, delovna navodila, vestno delo, prazna embalaža shranjena ob reaktorju, sledenje surovin - sprejemne številke skozi ves postopek		
		5. konc. NaOH različna od 25%	odstopanje kvalitete-korekcija v proizvodnji	delovna navodila, vestno delo v pripravljalnici NaOH		
		6. konc. HNO3 različna od 55%	napačen pH v reaktorju, odstopanje kvalitete, korekcija v proizvodnji	kontrola vstopne surovine-HNO3		
	napačna snov	nepazljivost delavca	neustrezen produkt	delovna navodila, vestno delo		
		transport sipkih surovin do zalogovnikov, dvigalo in osebje		delovna navodila, vestno delo		
	metanol ni doziran v formalin v D1	napaka delavca	možne težave (previskozna zmes med reakcijo) v proizvodnji			
	nevarnost za požar in eksplozijo	prisotni hlapi metanola	požar ali eksplozija	Ex-izvedba opreme v obratu in pogoji dela, meritve z eksplozimetri, dovoljenja za vroča dela	pogovor z varnostnim inženirjem glede ustreznosti in celovitosti ukrepov za varno delo v Ex-conah	Melamin

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
	odpoved podpornih sistemov	ni pare, hladilne vode, električne energije, itd.	težave v proizvodnji	preverjanje razpoložljivosti podpornih sistemov pred začetkom dela		
Doziranje formalina	izpad ročnih pripravljenih del	delavec napačno izvedel ročne potrditve na računalniku o začetku doziranja v reaktor	sistem ni ustrezno pripravljen za doziranje formalina	navodila za delo, usposabljanje delavcev		
	ni formalina	sistem ni bil pripravljen za doziranje, 1. ročni ventil iz zalogovnika D1 ali na reaktorju ni odprt (ostale komponente so rač. vodene)	ni formalina-prazen reaktor	navodila za delo, usposabljanje delavcev, preverjanje znanja, zahtevana je ročna meritev gostote formalina v reaktorju		
		2. D1 je odprt, izpustna ventila iz reaktorja sta odprta (za polnjenje kontejnerjev) , ostale komponente rač vodene	prazen reaktor, formalin teče po tleh kote 5.40m (prva etaža)	navodila za delo, usposabljanje delavcev, preverjanje znanja, zahtevana je ročna meritev gostote formalina v reaktorju-ki je tukaj zavajajoče		
	premalo formalina	glej zgornja dva vzroka in pripravo surovin št. 2	povečana možnost utrditve smole-produkta v reaktorju, neustrezen produkt	navodila za delo, usposabljanje delavcev, preverjanje znanja, kontrola mase reaktorja, ki se beleži		
	napačen vrsten red doziranja melamina	vsipavanje melamina pred formalinom	možna utrditev smole, ker pH ni alkalen	navodila za delo, usposabljanje delavcev, preverjanje znanja, kontrola mase reaktorja, ki se beleži, vizualna kontrola delavca		
	izpad mešanja ob dodajanju NaOH	1. izpod pogona mešala-motor	dodana alkalija ni dvignila pH-ročna kontrola-ker ni mešanja, iskanje napake, težje posledice niso možne	navodila za delo, vzdrževanje opreme, vizuelna kontrola opreme, meritve pH (on line in off-line)		
		2. strojna okvara mešala				
		3. delavec pozabi vklopiti mešalo reaktorja-človeška napaka				
	prenizek pH ob dodajanju melamina	napaka delavca, prenizka konc. NaOH, premajhna količina NaOH	možna utrditev smole, ker pH ni alkalen, načeloma le zaustavitev proizvodnje-korekcija napake	navodila za dela, redna meritve pH (on line in off-line)		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
	premalo formalina	doziranje formalina direktno iz C16-enake možnosti kot iz zalogovnika D1				
Doziranje melamina	temperatura previsoka	formalin ogret na previsoko temperaturo	zaradi eksotermne reakcije prehiter potek reakcije, zgostitev reakcijske zmesi, možen strojelom mešala, tedaj sledi uničenje šarže	redno preverjanje začetne temperature formalina pred doziranjem melamina, navodila za delo		
	temperatura prenizka	formalin premalo ogret	odstopanja v kvaliteti produkta	redno preverjanje začetne temperature formalina pred doziranjem melamina, navodila za delo		
	izpad mešanja	izpod pogona mešala-motor	možna utrditev smole	vzdrževanje opreme, v primeru izpada se lahko zasilno izvaja mešanje z vakuumom ali kompr. zrakom		
	napačna snov	delavec vsul napačno snov namesto melamina	uničene vhodne surovine	navodila za delo, usposabljanje delavcev, preverjanje znanja. zamenjava zaradi embalaže ni pričakovana		
	požar/eksplozija	1. statične razelektritve pri vsipavanju melamina iz big-bag vreče	možen vžig metanola ali vnetljivih snovi v S-coni in v reaktorju	jih ni, problem obstaja	poiskati rešitev	Melamin
		2. občasni tujki (kovine, orodje) v melaminu	možno iskrenje pri vsipavanju, trenje in vžig metanola ali vnetljivih snovi v S-coni in v reaktorju	jih ni, problem obstaja	razmisliti o vgraditvi mrež pri vsipavanju melamina	Melamin
	poškodbe delavcev	1000 kg big-bag pade na delavca pri manipualciji	delavec poškodovan	vestno delo in upoštevanje navodil	poiskati rešitev	Melamin
Faza I (metiolizacija)	izpad mešanja	1. izpad pogona mešala-motor	zanesljiva utrditev smole v reaktorju; praznjenje reaktorja možne le ob razbijanju vsebine	vzdrževanje opreme, v primeru izpada je občasno še izvedljivo mešanje z vakuumom ali kompr. zrakom, intervencijski izpust iz reaktorja		
		2. izpad podpore-ni el. napetosti	enako kot zgoraj	jih ni	razmisliti o	Melamin

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
					dizelskem agregatu	
	prekratek čas reakcije	napaka delavca, lahko ga zavede odčitana temperatura	nepopolna reakcija metiolizacije, prekmalu nadaljevano z naslednjo fazo, neustrezen produkt	vestno delo in upoštevanje navodil		
Faza2(dod. metanola)	izpad mešanja	izpad pogona mešala-motor	možna utrditev smole	vzdrževanje opreme, v primeru izpada pa mešanje z vakuumom ali kompr. zrakom, izklop ogrevanja		
		2. izpad podpore-ni el. napetosti	enako kot zgoraj	jih ni	razmisliti o dizelskem el. agregatu	Melamin
	temperatura prenizka	napaka delavca, izpad pare, okvara regulacije ali senzorja temperature	temp. manjša od 70°C, slabša kvaliteta produkta, ?	vestno delo in upoštevanje navodil, povečana vizualna kontrola		
	nehomogerna zmes	prekratek čas mešanja za raztapljanje/suspendiranje zmesi v dodanem metanolu	težave (vibracije, prisotnost metilomelamina v produktu, mašenje izst. ventila) v nadaljevanju procesa	vestno delo in upoštevanje navodil, povečana vizualna kontrola do popolne raztopitve		
Faza3a(etrenje)	temperatura previsoka	napaka operaterja, izpad črpalke, hladilne vode	temp. nad 55°C, slaba kvaliteta produkta, možna eksotermna reakcija v nadaljevanju	kontrola filtrov za hladilno vodo, preverba razpoložljivosti energentov		
	previsok pH	dodatek HNO3 premajhen, pH>3.8	korekcija pH	merjenje pH, vestno delo in upoštevanje navodil		
	prekratek čas	napaka operaterja (čas naj bi bil 3 ure)	slabši izkoristek surovin	vizualni nadzor raztapljanja metilomelamina, pisna evidenca o poteku proizvodnje		
Faza3b (nast. pH po etrenju)	pH izven območja	napaka operaterja, pH izven 8.0 - 11.0	neustrezen produkt, sicer pa potrebna korekcija pH	merjenje pH, vestno delo in upoštevanje navodil		
Faza4a(uparevanje v R6)	tlak previsok	okvara vakumske črpalke, prenizek pretok hladilne-tesnilne tehn. vode skozi vak. črpalke-pretopla voda, kondenzator slabo hladi, obloge/mulj v kondenzatorju na strani hladilne vode, slabo tesnenje na reaktorski liniji	višja temperatura uparevanja raztopine smole, nezaželen potek kondenzacije, neustrezen produkt	nadzor tlaka-vakuuma v posodi in temperature kondenzata, zmanjšanje ogrevanja	možen prehod na druge vire hladilne vode	Melamin

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
	temperatura previsoka	enako kot zgoraj	enako kot zgoraj	enako kot zgoraj		
	nivo previsok	brizganje produkta v izstope iz reaktorja v predložko	kontaminacija zmesi metanol-voda v dest. predložki s smolo, možna kontaminacija vakuumske črpalke s smolo-izpust smole v okolje	prisotnost operaterja, vizuelni nadzor, ročna regulacija vakuuma, navodila za delo		
	prekratek čas	napaka delavca, slab vakuum	slabša kvaliteta produkta	vestno delo in upoštevanje navodil, povečana vizualna kontrola, korekcija napake		
	statične obremenitve	občasne intenzivne vibracije na sklopu R6 (resonance)	možne pretrganje povezav v sklopu R6, možne porušitve, poškodbe opreme, izpust vsebine reaktorja v obrat	motenje procesa, preklon mešal v različne hitrosti, prekinitev ogrevanja s paro reaktorja R6, nadaljevanje dela čez določen čas	razmisliti o statičnih okrepitvah sklopa R6 in blažilnikih vibracij	Melamin
Faza4b(črpanje v R4 preko D41 ali D4)	prenizek nivo	odprta sta izpustna ventila pod R4	R4 je prazen, produkt se izteka v jašek tehn. odpadne vode, polnjenje lovilne jame, ekonomska škoda, sanacija stanja	vestno delo operaterja, indukacija nivoja v R4, praznjenje lovilne jame teh. vode v kontejnerje, analiza in obdelava		
	prenizen nivo	odprt izpustni ventil pod D4, možen prelom posode	iztok produkta direktno tehn. odp. vode in v lovilno jamo	vestno delo operaterja, indukacija nivoja v D4, zmanjševanje odprtosti ventila pri vakuumskem vleku iz D4 v R4, praznjenje lovilne jame tehn. vode v kontejnerje, analiza in obdelava		
	previsok nivo	prenapolnitev D4 zaradi zaprte zveze do R4, prevelika količina produkta izpuščena iz R6	preliv produkta preko odduha iz D4 na streho obrata, nato pretok v meteorne vode, možen še preliv v H6-kontaminacija dugih produktov (ekonomska škoda)	vestno delo operaterja, indukacija nivoja v D4	razmisliti o varovanju visokega nivoja v posodah D4, H4 in D41	Melamin
Faza4c(uparevanje v R4)	glej kot v Fazi4a					

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
Faza4d(uparevanje 3 šarž v R6)	nivo previsok	brizganje produkta v izstope iz reaktorja v predložko zaradi prehitrega doziranje v R6 iz H6 in/ali D4 (vse tri šarže se na koncu skupno uparevajo v R6)	kontaminacija zmesi metanol-voda v dest. predložki s smolo, možna kontaminacija vakuumске črpalke s smolo-izpust smole v okolje	prisotnost operaterja, vizuelni nadzor, ročna regulacija vakuuma in nivoja, navodila za delo		
Faza5 (opcija)	nivo previsok	predozirana količina metanola (nad 3.7t)	možen izliv vroče zmesi smole/metanola preko odduha kondenzatorja na streho ali preko stoječe linije za vakuumsko črpalko v sistem zaporne tekočine	nadzor količine metanola (predpriprava) v zalogovniku, vestno delo, navodila za delo		
		izpad hladilne vode za kondenzator v R6	kot zgoraj	kot zgoraj, preverjanje delovanja hlajenja		
	previsok pH	dodatek HNO3 premajhen, pH>3.8	korekcija pH, sicer neustrezna kvaliteta produkta	merjenje pH, vestno delo in upoštevanje navodil		
	prekratek čas	napaka operaterja (čas naj bi bil 3 ure)	slabša kvaliteta produkta	vestno delo, upoštevanje navodil		
	(ponovijo se še faze 4 in 4a)	glej opise za fazi 4 in 4a				
Faza6a(ohlajanje1)	previsoka temperatura	napaka operaterja, izpad hlajenja plašča R6	temperatura višja od približno 70°C, neustrezen produkt	vestno delo, upoštevanje navodil		
	previsok tlak	napaka operaterja, slabo delovanje vak. črpalke	slabo izganjanje formadhida iz produkta, slab/neustrezen produkt	vestno delo, upoštevanje navodil		
Faza6b(ohlajanje2)	previsoka temperatura	napaka operaterja, izpad hlajenja plašča R6	temperatura višja od približno 35°C, neustrezen produkt	vestno delo, upoštevanje navodil		
	napačna količina	premajhna ali prevelika količina dodanega NH4OH 25%, napačna koncentracija, napaka delavca ali neustrezna surovina	neustrezen produkt	vestno delo, upoštevanje navodil, kontrola kvalitete surovin		
	prekratek čas	napaka delavca, ker ni čakal vsaj 1 h	neustrezen produkt, ker NH3 ni reagiral z HCHO	vestno delo, upoštevanje navodil		
	previsok pH	dodatek HNO3 premajhen, pH>3.8	neustrezen produkt	vestno delo, upoštevanje navodil		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
Faza7(dekantacija in črpanje)	neurezen pretok	napaka operaterja, pretok prevelik ali prenizek, ali neustrezna nastavitve zaslonke v centrifugi	slabo bistrenje produkta v centrifugi, neustrezen produkt, nevarnost da centrifugo raznese	vestno delo, upoštevanje navodil, vzdrževanje (pranje) centrifuge, preprečevanje podhladitve prostora in notranjosti centrifuge		
	previsok nivo	napaka operaterja	preliv produkta iz kontejnerja vol. 1m3 na tla in v tehnološko kanalizacijo	vestno delo, upoštevanje navodil		

PRILOGA 3 -
ZAPISNIK POSTOPKA RAZVRŠČANJA NEVARNOSTI VEČJIH NESREČ (HAZID)
ZA NAJBOLJ TIPIČNE DOGODKE

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Nenadzorovana utrditev smole v reaktorju	1. nepovratna utrditev smole v reaktorju, potrebno ročno izkopavanje smole iz reaktorja 2. daljši izpad proizvodnje, poškodbe opreme 3. uničenje surovin in produkta	preverjanje kvalitete surovin, sledenje poteka procesa, delovna navodila, usposabljanje delavcev, večina faz procesa je računalniško vodena	V	Možni vzroki: napačna sestava surovin (kontaminacija), napačna surovina, napačna stehiometrija reakcije, napačni vrstni red doziranja, prenizek pH ali previsoka temperatura v fazi I (metiolizacija), izpad mešanja v fazi doziranja formalina ali melamina ali med metiolizacijo. Se je pripetilo 2 x v 20 letih	S	utrditev okoli 5 ton smole, potrebno ohlajanje in ročno izkopavanje (cca. 1 teden), izpad proizvodnje na R6 za 1 teden	1	med izkopavanjem reaktorja možna razširitev S cone 0 na ves obrat (emisije), priporočamo preventivno zaustavitev proizvodnje in izpraznitev vseh nevarnih snovi iz obrata med izkopavanjem s kompresorjem

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Vžig metanola v reaktorju ali v obratu	Možen vžig metanola, požar, eksplozija, domino posledice	Obrat je S-cona, notranjost reaktorja je cona 0	N	Možen vžig metanola zaradi: 1. statične razelektritve pri vsipavanju melamina iz big-bag vreč 2. trenje-iskrenje zaradi kovinskih tujkov v melaminu 3. drugi vzroki v S coni 4. izpust vročih hlapov metanola preko vakuumske črpalke in odduha izven obrata v fazi 5 (opcija)	T	Možen vžig metanola, požar, eksplozija, domino posledice	1	Razmisliti o ozemljitvi big-bag vreč, razmišljati o ukrepih za odstranjevanje tujkov, zamenjava orodja za doziranje melamina, razmisliti o predpripravi potrebne količine melamina (pod 1 tono)

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Izpust formalina iz reaktorja v obrat	Kontaminacija tal v obratu s formalinom, močan vonj in poškodbe delavcev, odtekanje formalina v tehnološko kanalizacijo in v lovilno jamo	navodila za delo, preverjanje poteka procesa, usposabljanje delavcev, ročno praznjenje lovilne jame po analizi in prečrpavanje v rezervoarje	S	Izpust možen ob netesnosti prvega ročnega ventila ali napaki operaterja, ki je pustil ob doziranju formalina odprta ročna ventila pod R6	M	Kontaminacija tal v obratu s formalinom, močan vonj in poškodbe delavcev, odtekanje formalina v tehnološko kanalizacijo in v lovilno jamo. Maksimalni izpust zanaša 5 ton formalina, kar še ne bi zapolnilo kinet in lovilne jame. Hud smrad po formalinu.	3	
Poškodbe delavcev	1. Big bag vreča pade na delavca ali ga stisne 2. možne poškodbe delavcev med transportom surovin v transportnem dvigalu (poščanje surovin in mehanske poškodbe)	vestno delo in upoštevanje navodil, v dvigalo namestiti zaščitno masko, zasilni izhod, alarm	N	zaradi pomankanja prostora mora delavec delati tik ob big bag vreči, pogoste okvare transportnega dvigala in obtičanje delavcev v dvigalu	T	možne težje poškodbe delavcev	1	zagotoviti varna dvigala/škripčevje, zaščitna sredstva

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Vibracije	1. Porušitev opreme, poškodbe delavcev, izpust vsebine reaktorja R6 v obrat in naprej v tehn. kanalizacijo in lovilno jamo; 2. možen izpust smole v obrat zaradi odprtih ali zaprtih ročnih ventilov pod R4 ali D4 ali prenapolnitve D4		V		T	možen izpust 12 m3 smole skozi polomljene izp. ventile, možna porušitev stavbe	1	
Vžig DETA	Možen vžig DETA, požar, eksplozija, domino posledice	Obrat je S-cona, notranjost reaktorja je cona 0	ZN	Manjša možnost vžiga DETA zaradi drugih vzrokov v S coni	T	po količinah in plamenišču manj nevarno kot formalin ali metanol	1	

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Izpust in vžig termalnega olja	Možen vžig termalnega olja, požar, eksplozija, domino posledice, izpusti poliamidne smole iz reaktorja	vzdrževanje opreme, zamenjevanje in analiziranje termalnega olja, navodila za delo, vestno delo	N	Izpust in samovžig termalnega olja pod 300°C možen če: - okvara temp. regulacije, - staro olje, - zlom cevi za termalno olje zaradi premočnih vibracij zaradi prehitrega doziranja adipinske kisline v ali brez DETA, - zloma internih hladilnih cevi zaradi prezgodnjega končnega ohlajanja	T	Možen vžig termalnega olja, požar, eksplozija, domino posledice, izpusti poliamidne smole iz reaktorja	1	razmisliti o uporabi negorljivega termalnega olja
Izliv produkta v obrat	kontaminacija obrata s produktom zaradi poškodb cevi zaradi hidravličnega udara, iztekanje v tehn. kanalizacijo in lovilno jamo	navodila za delo, vestno odzračevanje GAF-a, uporaba varovanja pred nadtlakom črpalke	V	možna tudi napačna nastavitve varovanja črpalke na bimetalu	M	možne poškodbe delavcev, cevovodov, izpust produkta v obrat in tehn. kanalizacijo	2	preverjati pravilnost delovanja zaščite na črpalkah

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Izpust hlapov metanola iz odduha kondenzatorja	Izpust vnetljivih vročih hlapov metanola iz odduha v okolico, možnost vžiga in požara	preverjanje delovanja kondenzatorja in kondenzatorja hlapov, zagotavljanje hladilne vode, zaprt ventil PM-2, sama kolona je v S coni	V	se je že pripetilo; sledi emisija hlapov v primeru izpada hladilne vode, odprtega ventila PM-2	T	emisija vročih hlapov metanola na višini 12 m, možen vžig in požar, raziskati možnost širjenja odpovedi	1	izboljšati razpoložljivost hladilne vode, samodejni izklop naprave v primeru izpada hlajenja
Večji izpust tekočin surovin (metanol) pri manipulaciji iz avtocisterne	Izpust vnetljivih hlapov tekočega metanola iz pretrgane gibljive cevi iz avtocisterne v okolico, možnost vžiga, požara in domino nesreče	cisternsko skladišče je v S coni, nadzor prečrpavanja, lovilne kinete za razlite tekočine-povezava v tehn. kanalizacijo, stabilen sistem za hlajenje cistern-ročno proženje	S-N	defektna fleks. cev., puščanje priključkov, napaka operaterja	T	možen izpust metanola in vžig	1	
Katastrofalni izpust večje količine vnetljivih tekočin (metanol) ali dražečih/strupenih snovi (formalin) v cisternskem skladišču	Večji požar možne domino posledice, ali izpust hlapljivih dražečih ali strupenih snovi na tla in naprej v zrak	redno pregledovanje opreme, protikorozijska zaščita, S cona, navodila za delo, izobraževanje delavcev	ZN	korozija, tesnost cisterne, poškodbe ventilov, atestiranje cistern na 5 let	T	možen izpust metanola in vžig	1	

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Izpust UNP pri pretakanju iz avtocisterne	Izpust vnetljivih hlapov UNP iz pretrgane gibljive cevi iz avtocisterne v okolico, možnost vžiga, požara in domino nesreče	Navodila za varno delo, pregledi opreme, ločen prostor	N	poškodbe gibljivih cevi so realno možne	K	možen vžig oblaka hlapov izpusščenega UNP, možni viri vžiga so zelo blizu (ograja lokacije ~ 10 m)	1	preveriti vzdrževanje gibljivih cevi, izvajanja delovni navodil in dolovanja proti požarnih sistemov na pretakališču in na stabilni cisterni

11. Literatura

- 1 A. Suarez in C. Kirchsteiger, "A qualitative model to evaluate the risk potential of major hazardous industrial plants", EU JRC Ispra, MAHB, ISIS, EUR 18128EN, (1998).
- 2 "Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries", IAEA-TECDOC-727 (Rev.1), November 1996.
- 3 Komunikacija med M. Gerbec in Renato Bertalanič, podatki posredovani po e-mailu, dne 17.1.2003.
- 4 Uredba o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi snovmi, Ur.l. RS št. 46/2002.
- 5 Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja, Poročilo 36006-23-RP-101, Naloga 1a, PHARE Regional Environmental Accession Project, Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, 27. november 2002.
- 6 Guidelines for chemical process quantitative risk analysis, Second Edition, Center for chemical process safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2000, ISBN: 0-8169-0720-X.
- 7 Integrated Regional Risk Assessment, Vol. II, Consequence Assessment of Accidental Releases, Adrian V. Gheorghe, Michel Nicolet-Monnier, Kluwer Academic Publishers, 1995, ISBN 0-7923-3719-0.
- 8 Hazop and Hazan - Identifying and Assessing Process Industry Hazards, Trevor Kletz, Third Edition, 1993, Institution of Chemical Engineers, Hemisphere Publishing Corporation, ISBN 0 85295 285 6.
- 9 Izjava o upoštevanju predpisov o varstvu pred požari, izdelal Alfonz Zafošnik (P-1/74), naročnik Melamin kemična tovarna Kočevje, Tomšičeva cesta 9, 1330 Kočevje, datum 16.7.1998.
- 10 Elaborat eksplozijske ogroženosti št. 865/03 (Osnutek), za objekt Smole II s pripadajočima skladiščema, Melamin d.d., izdelal Bartec-Varnost d.o.o. Inženiring, Cesta 9. avgusta 59, 1410 Zagorje ob Savi, januar 2003.
- 11 F. Mushtaq, P.W.H. Chung, A systematic Hazop procedure for batch processes, and its application to pipeless plant, Journal of loss prevention in Process Industries 13 (2000), 41-48.
- 12 J. Frederic Walker, Formaldehyde, Second edition, American Chemical Society, Monograph Series, Reinhold Publishing Corporation, 1953.
- 13 A qualitative model to evaluate the risk potential of major hazardous industrial plants, A. Suarez, C. Kirchsteiger, EC Joint Research Centre, Institute for systems, informatics and safety, Major accidents Hazards Bureau (MAHB), 21020 Ispra (VA), Italy, 1998, EUR 18128EN.

**Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene
tveganja za okolje ob izrednih dogodkih**

Drugi del

**Ocene tveganja za izbrane vire tveganja
(Skrajšana verzija poročila - pripravljena na MOP)**

**(2C) - Ocena tveganja za Butan Plin d.d.,
Verovškova 70, 1000 Ljubljana**

Vsebina

1. UVOD	4
2. POVZETEK.....	6
3. OPIS LOKACIJE BUTAN PLIN D.D.	8
3.1. Osnovni podatki o organizaciji	8
3.2. Zgodovina podjetja	8
3.3. Organiziranost podjetja.....	8
3.4. Opis lokacije.....	10
3.5. Meteorološka situacija	15
3.6. Opis dejavnosti na lokaciji	17
3.7. Surovine in proizvodi.....	19
3.8. Maksimalne količine nevarnih snovi na lokaciji	21
4. PREGLED PODATKOV O NESREČAH NA OBMOČJU BUTAN PLIN D.D.....	23
5. UGOTAVLJANJE NEVARNOSTI.....	24
5.1. Obstoječe študije in dokumenti povezani z izdelavo ocene tveganja.....	25
5.2. Izvedeni ukrepi za zniževanje tveganja.....	27
5.3. Izvedba HAZOP študij	29
5.4. Rezultati HAZOP študij	31
5.5. Razvrščanje nevarnosti.....	31
5.6. Ugotovljene nevarnosti za večje nesreče	33
5.7. Scenariji pojavljanja večjih nesreč.....	33
6. OCENJEVANJE POSLEDIC IN POGOSTNOSTI POJAVLJANJA VEČJIH NESREČ.....	36
6.1. Ocenjevanje posledic.....	36
6.1.1. Modeliranje posledic.....	36
6.1.2. Rezultati modeliranja posledic.....	39
6.1.2.1. Izpust celotne vsebine UNP iz vertikalnega rezervoarja.....	39
6.1.2.2. Izpust propana iz poškodovane gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne	46
6.1.2.3. Izpust propana zaradi prenapolnitve rezervoarja C-7	55
6.1.3. Ocena nezanesljivosti pri izračunih	57

6.1.4.	Ocena možnosti za verižno nesrečo (domino vplivi)	58
6.1.5.	Ocena števila potencialno ogroženih hiš in prebivalcev	60
6.2.	Ocenjevanje pogostnosti pojavljanja večjih nesreč.....	62
6.2.1.	Uvod.....	62
6.2.2.	Rezultati ocene pogostnosti za obravnavane scenarije	63
6.2.2.1.	Ocena pogostnosti za scenarij izpusta celotne vsebine UNP iz vertikalnega rezervoarja	63
6.2.2.2.	Ocena pogostnosti za izpust propana iz poškodovane cevi pri polnjenju avto cisterne.....	63
6.2.2.3.	Ocena pogostnosti za izpust propana iz varnostnega ventila zaradi prenapolnitve rezervoarja C-7	64
6.2.3.	Povzetek ocene pogostnosti obravnavanih scenarijev.....	68
7.	RAZVRŠČANJE TVEGANJA Z METODO SPIRS.....	69
7.1.	Splošno.....	69
7.2.	Potrebni podatki o viru tveganja za vnos v bazo podatkov SPIRS	72
7.3.	Rezultati metode.....	74
8.	OCENA TVEGANJA Z METODO IAEA	76
8.1.	Opis postopka ocenjevanja.....	76
8.2.	Izračun in rezultati ocene tveganja za posamezne objekte	77
8.2.1.	Skladiščenje UNP na lokaciji	77
8.2.2.	Skladiščenje jeklenk z acetilenom.....	77
9.	ZAKLJUČKI	79
10.	PRILOGE.....	81
	PRILOGA 1 - Procesna merilno regulacijska shema	81
	PRILOGA 2 - Shema lomno - zapornih ventilov	82
	PRILOGA 3 - Shema pretakalne roke za tekočo fazo	84
	PRILOGA 4 - HAZOP zapisniki	86
	PRILOGA 5 - Pregled podatkov o nesrečah pri delu	100
	PRILOGA 6 - Zapisnik postopka razvrščanja nevarnosti večjih nesreč (HAZID) ..	110
	PRILOGA 7 - Spisek priporočil in ukrepov	117
	PRILOGA 8 - Fotografski posnetki situacije na lokaciji.....	119
11.	LITERATURA	120

1. Uvod

Ocena tveganja je bila izdelana v okviru Ciljnega raziskovanega projekta "Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje zaradi nesreč z nevarnimi kemikalijami za različne vire tveganja v Sloveniji", št. V1-0701-02, št. pogodbe: 3311-02-828701 in 2511-02-200033, ki sta ga financirala Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport, Trg OF 13, 1000 Ljubljana in Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Dunajska 48, 1000 Ljubljana.

Namen študije je primerjalno raziskati uporabnost treh različnih metod za izdelavo ocen tveganja na primerih treh različnih (v tehničnem smislu) virov večjega tveganja za okolje v Sloveniji s primerjavo rezultatov ocen tveganja.

V okviru študije smo izdelali ocene tveganja za naslednje vire tveganja:

1. Kemijska Industrija Kamnik d.d., Fužine 9, 1240 Kamnik.
2. Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje - PE Kemična industrija, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje.
3. Butan Plin d.d., Verovškova 70, 1000 Ljubljana.
- 4.

V študiji smo uporabili in primerjali naslednje tri metode za oceno ali razvrščanje tveganj:

- Kvantitativno oceno tveganja (referenčna metoda [6, 7, 8]) smo izvedli v naslednjih bistvenih sestavinah:
 1. Zbiranje podatkov o lokaciji, okolici, procesu, dejavnosti in snoveh,
 2. Ugotavljanje nevarnosti,
 3. Razvrščanje nevarnosti - prioritete,
 4. Izdelava scenarijev za večje nesreče,
 5. Ocenjevanje tveganja (kvantitativno ocenjevanje posledic in pogostnosti).
- Metodo SPIRS (Seveso Plant Information Retrieval System), ki jo je razvil Major Accident Hazard Bureau, Joint Research Centre, Ispra, Italija, kot koordinacijsko telo Evropske skupnosti. Metoda omogoča vnos osnovnih podatkov o organizacijah - zavezanih v skladu z evropsko direktivo št. 96/82/EC (imenovana tudi Seveso II) v evropsko bazo podatkov, in kvalitativno primerjalno razvrščanje potencialnih tveganj med zavezanci [1].
- Metoda IAEA za hitro oceno tveganj (imenovana tudi RRA - Rapid Risk Assessment) je nastala v sodelovanju IAEA, UNEP, UNIDO in WHO [2]. Metoda omogoča zelo hitro

oceno tveganja, predvsem v prve, primerjalne namene razvrščanja posameznih virov tveganja glede na potencialno tveganje za svojo okolico.

To poročilo o izdelani oceni tveganja opisuje dejavnosti na območju podjetja Butan Plin d.d., Verovškova 70, 1000 Ljubljana, opisuje postopek in rezultate izdelane ocene tveganja za ugotovljene nevarnosti na lokaciji. Poročilo obsega scenarije za nastanek večjih nesreč ter kvantitativno oceno možnih posledic in pogostnosti. Zbrane podatke o dejavnostih in nekatere rezultate kvantitativne ocene tveganja smo v nadaljevanju uporabili tudi za izdelavo ocen tveganja po metodah SPIRS in IAEA, na koncu pa podajamo zaključke ugotovitev vseh treh ocen tveganja in primerjavo uporabljenih metod.

2. Povzetek

Oceno tveganja za Butan Plin d.d. smo izdelali s tremi metodami: kvantitativno, IAEA in SPIRS. Postopek izdelave kvantitativne ocene tveganja je obsegal naslednje faze:

- ugotavljanje nevarnosti (predvsem nevarnosti za večje nesreče)
- oceno možnih posledic izrednih dogodkov (trenutnih, zakasnelih in možnosti verižnega širjenja dogodkov - tako imenovane domino nesreče)
- oceno pogostnosti, da pride do izrednih dogodkov in njihovih posledic
- izdelava priporočil za zmanjšanje tveganja.

V okviru ugotavljanja nevarnosti je bila opravljena študija HAZOP (Hazard and Operability Study - študija delovanja sistema in virov nevarnosti) z razvrščanjem ugotovljenih nevarnosti glede na možne posledice in kvalitativno oceno pogostnosti pojavljanja. Za tako razvrščene nevarnosti smo potem opravili kvantitativno oceno posledic in pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov, ter na osnovi rezultatov opravili končno razvrstitev dogodkov v najtežje pričakovane, najtežje verjetne in najtežje možne. Za slednje smo uporabili računalniški program PHAST ter metodi analize drevesa odpovedi/napak in drevesa dogodkov.

Z metodo SPIRS smo izračunali potencial za tveganje za posamezne nevarnosti (ki jih določajo posamezne nevarne snovi na lokaciji vira tveganja) in tipe prejemnikov tveganja.

Metoda IAEA je sicer namenjena primerjalnemu ocenjevanju tveganj iz različnih virov, tukaj pa smo jo uporabili za oceno specifičnih tveganj iz posameznih tehnoloških virov. Rezultati, ki jih daje metoda, so število smrtnih žrtev in pogostnost izrednega dogodka.

Pri Butanu sta najpomembnejša izredna dogodka eksplozija in požar zaradi izpusta UNP. Ugotavljali smo vplivno območje za referenčne nadtlake pri eksploziji in območje toplotne obremenitve pri požarih, oziroma gorenju izpuščenega UNP. Rezultate smo primerjali s tistimi iz leta 2001, ko Butan Plin d.d. še ni imel fiksnih pretakalnih rok na železniškem pretakališču plina, ampak gibljive cevi. Na ta način smo lahko prikazali izboljšanje varnosti zaradi omenjene varnostno-tehnične izboljšave.

Povzetek rezultatov je prikazan v tabeli 1.

Rezultati kažejo, da se je po namestitvi fiksih pretakalnih rok vplivno območje vseh izrednih dogodkov, razen najtežjega možnega, na katerega tehnična izboljšava ni vplivala, zmanjšalo na območje znotraj lokacije Butan Plin d.d..

Za najtežji možni dogodek, to je izpust UNP iz pokončnega rezervoarja in eksplozijo oblaka hlapov, je ocenjeni radij vplivnega območja, kjer bi lahko pričakovali poškodbe zgradb (pokanje stekel na oknih) do okoli 1700 m. Večje poškodbe opreme, zgradb in ljudi pa je pričakovati v radiju do okoli 440 m. Morebitne neposredne smrtne žrtve zaradi nadtlaka pri eksploziji ali opeklin pri požaru (niso upoštevane težke poškodbe zaradi rušenja hiš ali letečih predmetov pri eksploziji) se v tem primeru lahko pojavijo med zaposlenimi na lokaciji in med drugimi zaposlenimi v industrijski coni v neposredni okolici Butan Plin d.d.. Kolikšno je to število nismo mogli oceniti, saj razpoložljivi podatki o poseljenosti (GIS) tega ne upoštevajo. V tej zvezi bi bilo smiselno zbrati podatke posebej.

Tabela 1: Pregled največjih vplivnih območij, števila potencialno ogroženih zaposlenih oseb na lokaciji, ter ocenjenih frekvenc ali verjetnosti za najtežje izide obravnavanih scenarijev.

št.	Obravnavani scenarij	Izid	Največje vplivno območje (m)	Št. potencialno ogroženih zaposlenih	Frekvenca (f, leto ⁻¹) ali verjetnost (p) za izid
1.	Izpust celotne vsebine UNP iz pokončnega rezervoarja	eksplozija oblaka, ognjena krogla	1700	32	ni bilo določeno
2.	Izpust tekočega propana iz gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne	eksplozija oblaka, goreč curek	54	32	$f=7,06 \times 10^{-6}$
3.	Izpust tekočega propana preko varnostnega ventila rezervoarja zaradi prenapolnitve	varno redčenje v atmosferi	0	0	$f=3,0 \times 10^{-3}$

Rezultati dobljeni s kvantitativno metodo so uporabni za odločanje o zmanjševanju tveganja, izdelavo načrtov zaščite in reševanja, potrebe prostorskega planiranja in dovoljevanja posegov v prostor, rezultati dobljeni po metodah SPIRS in IAEA pa ne. Slednji metodi sta uporabni le za primerjalno ocenjevanje tveganj iz različnih virov, saj njihove rezultate ni mogoče ustrezno tolmačiti v absolutnem smislu.

3. Opis lokacije Butan Plin d.d.

3.1. Osnovni podatki o organizaciji

Ime organizacije in naslov: Butan Plin d.d. Ljubljana, Verovškova 70, 1001 Ljubljana, Slovenija

Telefon: (01) 5889 838

Fax: (01) 5349 610

Spletna stran: <http://www.butanplin.si>

Šifra dejavnosti: 51510

Matična številka: 5094933

Direktor:

3.2. Zgodovina podjetja

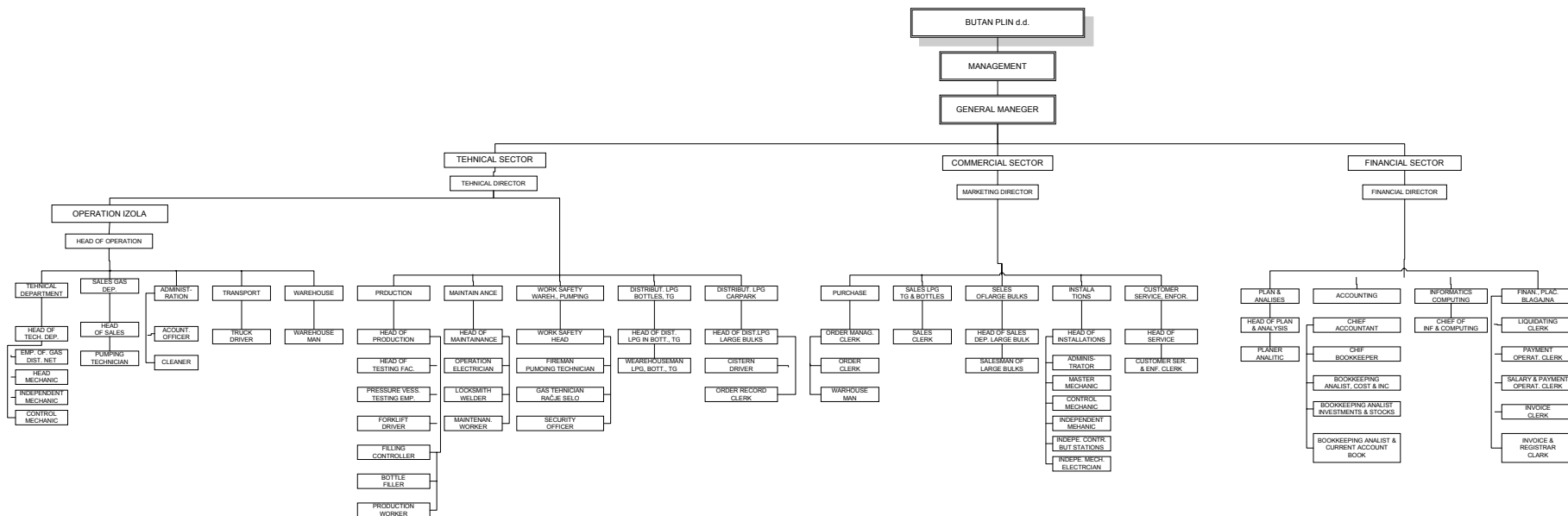
JP Energetika je pričela z distribucijo utekočinjenega naftnega plina (UNP) v industrijski coni Šiška leta 1968. Leta 1990 se je Butan Plin p.o. ločil od JP Energetika (sedaj Energetika Ljubljana d.o.o.). Leta 1997 postane Butan Plin p.o. privatno podjetje Butan Plin d.d.. Večinski lastnik (95%) je multinacionalka SHV Holdings N.V., Nizozemska (<http://www.shv.nl/>).

3.3. Organiziranost podjetja

Sedež podjetja Butan Plin d.d. se nahaja v industrijski coni Šiška v Ljubljani. Podjetje v Ljubljani deluje na dveh lokacijah: industrijski del je na Verovškovi 59, vodstvo in administracija pa na Verovškovi 70. Poleg dejavnosti v Ljubljani, ima podjetje v Sloveniji še dva obrata, ki pa nista predmet te ocene tveganja:

- Obrat Izola, Polje 6/a, 6310 Izola, in
- Plinska postaja Račje selo, 8210 Trebnje - Račje selo.

Diagram organiziranosti podjetja je prikazan na sliki 1.



Slika 1: Diagram organizacijske strukture v podjetju Butan plin d.d., Verovškova 70, Ljubljana

3.4. Opis lokacije

Butan Plin d.d. se nahaja v industrijski coni Šiška v Ljubljani. Podjetje ima dve lokaciji: industrijski del je na Verovškovi 59, vodstvo in administracija pa na Verovškovi 70 (glej slike 2, 3, 4 in 5). Gauss-Kruegerjeve koordinate sredine proizvodnih objektov so $Y = 461650$, $X = 104230$, $Z \approx 305$ m. Okolica lokacije je značilno ravninska v urbanem okolju.

Na razdalji do 500 m se nahaja več industrijskih objektov - podjetij:

- Na zahodu je kompleks tovarne Litostroj (Litostrojska 40), ki jo sestavljajo: Litostroj Holding d.d. v stečaju, Litostroj E.I., Litostroj gostinstvo in nastanitve, Litostroj LIP d.o.o., Litostroj proizvodno tehnični servis, Litostroj SOFI d.o.o., Litostroj tovarna ulitkov in Litostroj tovarna viličarjev, ter hala 05 v lasti podjetja TCG UNITECH Lth- ol d.o.o., kjer proizvajajo aluminijeve in magnezijeve ulitke.
- Južno tik ob lokaciji je Lek d.d. farmacevtska tovarna (Verovškova 57).
- JP Energetika Ljubljana, sektor Plinarna (Verovškova 70), ter sektor daljinsko ogrevanje, (Verovškova 62) - toplarna Šiška.
- Lajovic TUBA embalaža d.d. (Verovškova 66), proizvodnja embalaže iz lahkih kovin in plastike.
- Standard Beton d.o.o., podjetje za proizvodnjo betona in betonske galanterije (Verovškova 64).

Zahodno in severno, tik ob lokaciji, je industrijski železniški tir za Litostroj, približno 150 m vzhodno pa poteka lokalna železniška proga Ljubljana - Kamnik, od katere je potegnjjen krak do Butan Plina, po katerem dovažajo UNP.

Nekoliko bolj oddaljena podjetja so še EMBA, Slovin, TKG, Ljubljanske Mlekarne, AHL, južno pa še TIKI, itd.

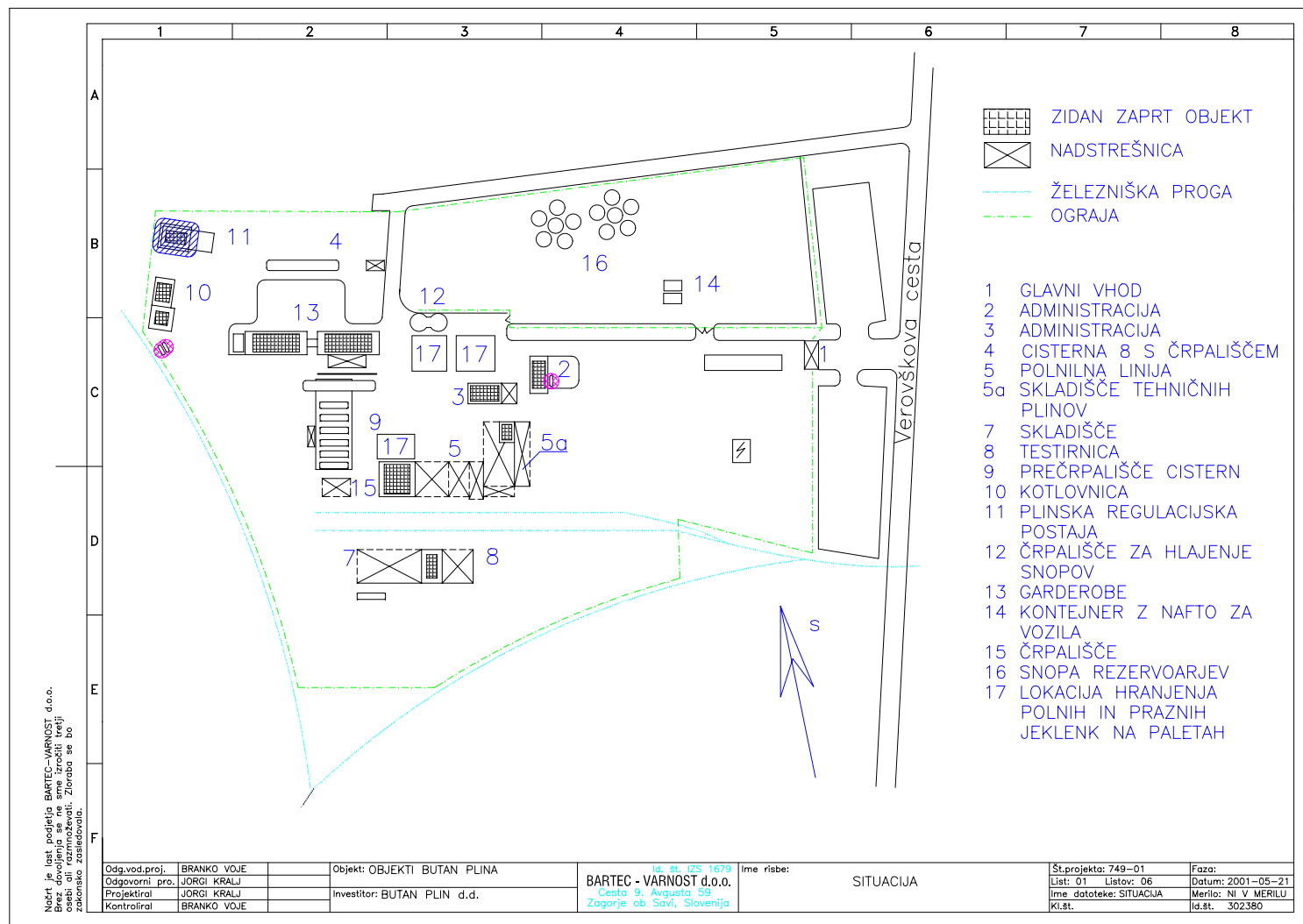
Verovškova cesta poteka vzhodno od industrijske lokacije Butan Plina in je ena prometnejših cest v Ljubljani. Severno je cesta, ki povezuje Litostrojsko in Verovškovo in teče v smeri vzhod-zahod. Ta cesta je zelo blizu meje kompleksa Butana.

Severno, v oddaljenosti približno okoli 200 m, je ljubljanska obvoznica (avtocesta), ki ima izhod na Verovškovo.

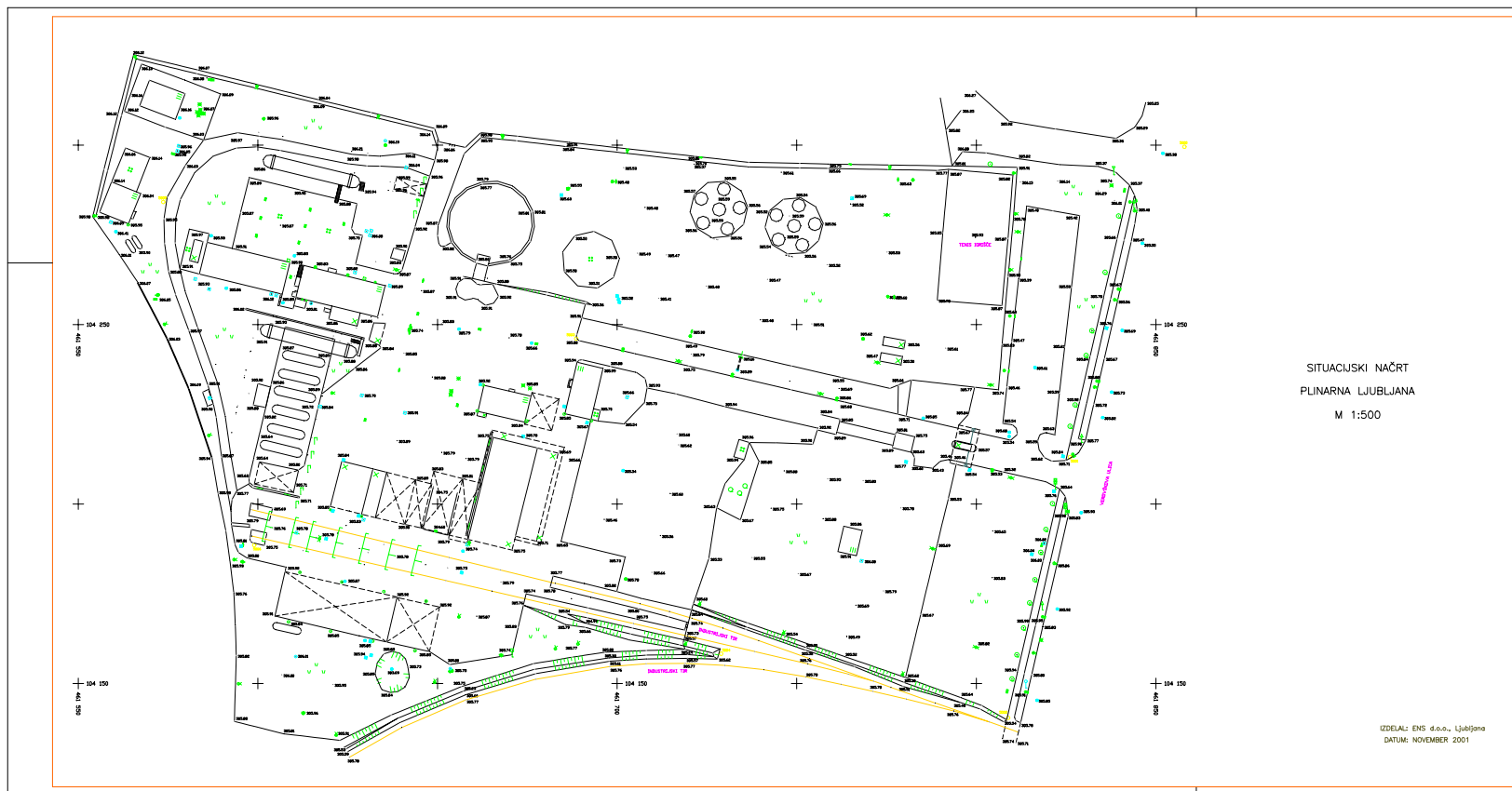
Takoj za avtocesto proti severu je gozd in vodno črpališče Kleče.



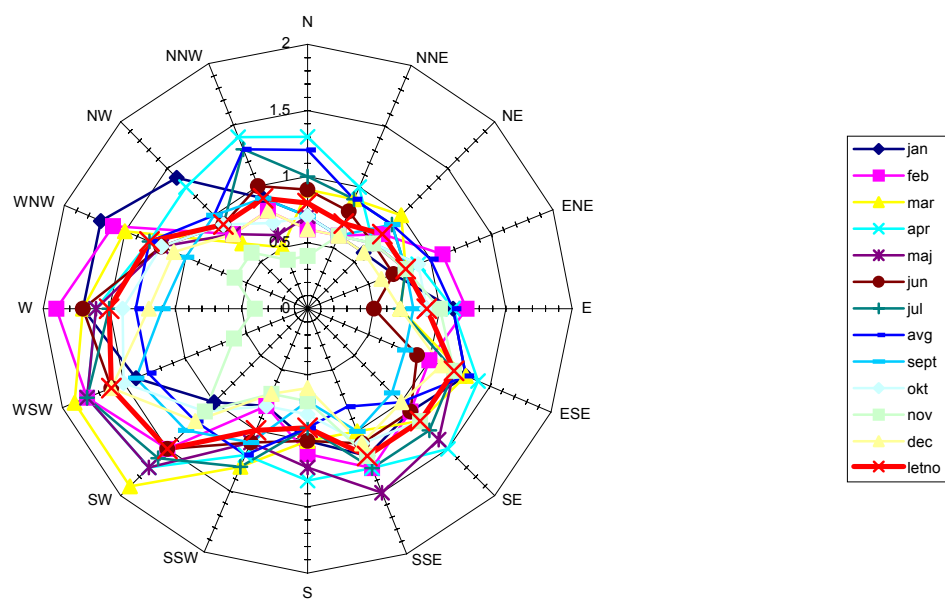
Slika 3: Pogled iz zraka na situacijo lokacije Butan plin d.d., Verovškova 59, Ljubljana. Rdeči krog predstavlja položaj glavnih objektov na lokaciji.



Slika 4: Situacija lokacije Butan plin d.d., Verovškova 59, Ljubljana.

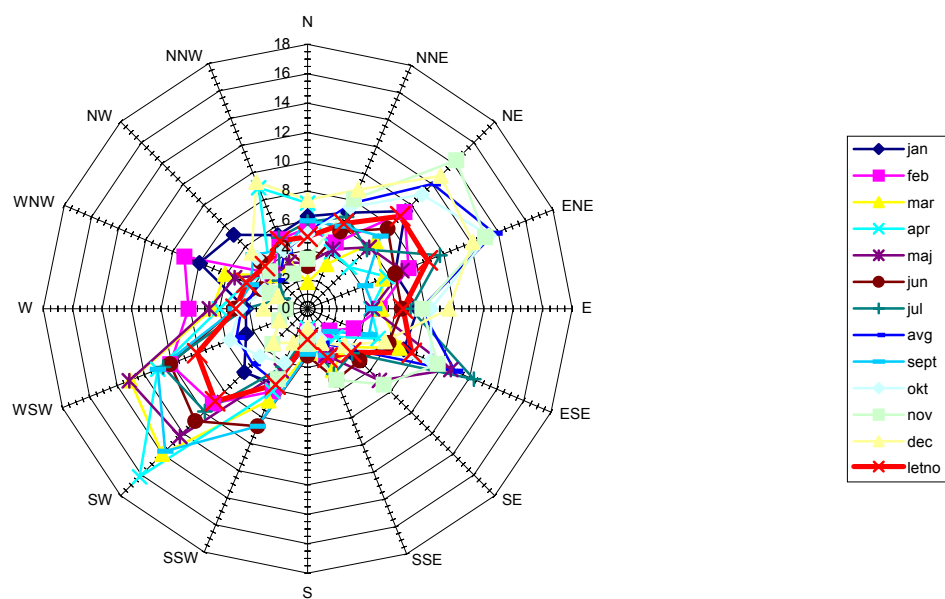


Slika 5: Situacijski načrt v merilu M=1:500 lokacije Butan plin d.d., Verovškova 59, Ljubljana.



Slika 6: Roža smeri in hitrosti vetrov za lokacijo Butan plina (hitrosti pod 3 m/s).

E	Stabilno	Nočni čas
F	Zelo stabilno	Nočni čas



Slika 7: Roža frekvenc za smeri vetrov za lokacijo Butan Plina (hitrosti pod 3 m/s).

3.6. Opis dejavnosti na lokaciji

Dejavnost Butan Plina d.d. je skladiščenje in dobava utekočinjenega naftnega plina (UNP) v cisternah in jeklenkah. V podjetju dela na lokaciji Ljubljana skupaj 88 ljudi. Na Verovškovi 70 dela 42 ljudi – gre za administrative prostore in niso predmet te študije.

Ostali delajo na Verovškovi 59. Delo poteka v dveh izmenah, tako da je maksimalno število delavcev na industrijski lokaciji 27. Na lokaciji je lahko prisotnih do 20 pogodbenih delavcev - partnerjev, običajno pa jih je okoli 5. V eni izmeni (dopoldne) je običajno prisotno okoli 17 delavcev, popoldne okoli 10, čemur pa moramo prišteti še približno 5 pogodbenih delavcev.

Glavna dejavnost je skladiščenje UNP. Skladiščijo lahko do 4.000 m³ UNP. Aktivnosti na lokaciji so dobava UNP z železniškimi cisternami, prečrpavanje plina v vsebnike (rezervoarje), polnjenje manjših jeklenk, dobava plina strankam in prevoz UNP do obrata v Izoli v avto cisternah.

Zmogljivosti skladiščenja na lokaciji so:

- dva horizontalna rezervoarja (2 x 250m³),
- dve bateriji (snopa) po 6 pokončnih rezervoarjev (12 x 250m³),
- šest manjših ležečih rezervoarjev (6 x 60m³),
- skladišče za tehnične pline (kisik, dušik, argon, acetilen) v jeklenkah; gre za majhne količine.

Poleg navedenih objektov je v severo-zahodnem delu lokacije še merilno-regulacijska postaja za zemeljski plin, ki je v lasti podjetja Geoplin d.d., osebje podjetja Butan plin d.d. pa na osnovi dogovora med podjetjema vsak dan pregleduje objekt.

Fotografije objektov na lokaciji so v prilogi 8.

Aktivnosti na lokaciji Butan Plina na Verovškovi 59 so:

- praznjenje železniških cistern (90 m³) na železniškem pretakališču. UNP prečrpajo iz cistern v pokončne vsebnike. Dobava UNP je dva do tri-krat tedensko. Pretakališče lahko sočasno sprejme do 6 železniških cistern.
- Pretakanje UNP iz pokončnih rezervoarjev v vmesne ležeče rezervoarje za polnjenje jeklenk in nadaljnjo distribucijo. Pretakanje se izvaja kot prečrpavanje.
- Polnjenje jeklenk (14.000 ton letno). Jeklenke velikosti 5, 10 in 35 kg polnijo v posebnem obratu, kjer je polnilna miza z dvanajstimi polnilnimi mesti. Jeklenke tehtajo in jim preverjajo tesnost. V obratu dela 10 delavcev; zmogljivost polnjenja je 560 jeklenk

(po 10kg) na uro. Prazne in polne jeklenke skladiščijo na lokaciji in interno prevažajo z viličarji.

- Preverjanje tesnosti jeklenk in zamenjavo ventilov izvedejo v posebni delavnici na lokaciji. Poškodovane jeklenke zavržejo. Večja popravila opravi zunanji partner.
- Distribucija UNP gospodinjstvom in industriji. Distribucija industriji poteka z 20 ali 70 m³ avto cisternami. Letno z avto cisternami prepeljejo 14.000 ton.
- Distribucija tehničnih plinov (300 ton letno).

Skupaj Butan Plin d.d. pretoči in distribuira okoli 28.000 ton UNP letno.



Slika 8: Fotografija vertikalnih rezervoarjev za UNP na lokaciji Butan Plin d.d..

3.7. Surovine in proizvodi

Butan plin d.d. se ukvarja s skladiščenjem in distribucijo utekočinjenega naftnega plina (UNP), ter v manjši meri z utekočinjenim butanom in propanom. Količine drugih snovi na lokaciji (tehnični plini) so minimalne.

UNP je splošno ime za komercialno mešanico nasičenih alifatskih ogljikovodikov propana in butana. Komercialni propan sestavlja predvsem propan (C_3H_8). Komercialni butan sestavljajo ogljikovodiki s štirimi ogljikovimi atomi, predvsem n- in izo- butan (C_4H_{10}). UNP, ki ga skladiščijo in distribuirajo v Butan Plinu, je običajno mešanica 65 ut.% butana in 35 ut.% propana.

UNP je pri normalni temperaturi plin, ki se utekočini pri zmernem pritisku in nizki temperaturi. Propan ima nižje vrelišče kot butan, zato se uplinja pri dokaj nizkih temperaturah. UNP je brezbarven, brez vonja in zelo lahko vnetljiv. Za lažje zaznavanje uhajanj se dodajajo odoranti (etil-merkaptan s pragom vonja 0,1ppb). Nekatere pomembnejše lastnosti obravnavanih snovi so navedene v tabeli 3.

Spodnja eksplozijska meja za UNP je 1,7 vol.%, zgornja pa 9,2 vol.%, kar pomeni, da imajo lahko tudi majhni izpusti za posledico požar in eksplozijo. Hlapi so težji od zraka. Po izpustu se bodo nabirali pri tleh ali v depresijah/kanalih in jih bo težko izpihati. Lahko se vnamejo ali eksplodirajo v kontaktu z ognjem/virom vžiga.

UNP ni strupen, povzroča pa zadušitve, ker izpodriva zrak. Simptomi so oteženo dihanje, slabost, vrtoglavica in izguba zavesti. Izpostavljenost koncentracijam nad 2% lahko vpliva na centralni živčni sistem (CNS), podobno kot anestetiki ali nekatere strupene snovi. Neposreden kontakt z utekočinjenim plinom povzroča omrzline na koži.

Tabela 3: Nekatere snovne lastnosti za UNP in njegovi sestavini.

Snov [CAS št.]	Temperatura (°C)			Parni tlak (bar) pri 20°C	Eksplozijska meja (vol.%)	
	Vrelišča	Tališča	Plamenišča		spodnja	zgornja
Butan [106-97-8]	-1	-135	<-1	2,1	1,5	8,5
Propan [74-98-6]	-42	-186	<-42	8,6	2,1	9,5
UNP (65% butana, 35% propana)	-42	-186	<-42	4,8	1,5	9,5

3.8. Maksimalne količine nevarnih snovi na lokaciji

Za razvrščanje virov tveganja (v skladu z [5]) je potrebno opraviti inventarizacijo nevarnih snovi. Za Butan Plin to pomeni, da je treba sešteti količine UNP v železniških cisternah, stacionarnih rezervoarjih, polnih jeklenkah plina vseh velikosti in količine tehničnih plinov.

V tabeli 4 so prikazane maksimalne možne količine UNP na lokaciji Verovškova 59, to je okoli 4.000 m³, oziroma 2.200 ton. Ker je količina za razvrstitev med vire večjega tveganja za okolje 200 ton, lahko ugotovimo, da je Butan Plin evidentiran kot vir večjega tveganja za okolje (količine za razvrstitev presega s faktorjem približno 12).

Tabela 4: Maksimalne količine nevarnih snovi v Butan Plinu d.d..

#	Objekt, snov in embalaža	Snov	Prostornina (m ³)	Količina (tone)	Spodnja	Zgornja	Relativni kvocient	
					Količina za razvrstitev (tone)		Spodnja skupina	Zgornja skupina
1	Dva ležeča rezervoarja, 2×250 m ³	Propan	500	275	50	200	5,5	1,375
2	Snopa pokončnih rezervoarja, 12×250 m ³	UNP	3.000	1.650	50	200	33	8,25
3	Ležeči rezervoarji, 6×60 m ³	UNP	360	198	50	200	3,96	0,99
4	Polne jeklenke 10kg, 5.000 kom	UNP	123,5	68	50	200	1,36	0,34
5	Prazne jeklenke 10kg, 5.000 kom	UNP	0	0	50	200	0	0
6	Polne jeklenke 35kg, 100 kom	UNP	8,4	4,62	50	200	0,0924	0,0231
7	Jeklenke acetilena, 80 kom	acetilen	0	0,5	5	50	0,1	0,01
8	Železniške cisterne, 6 kom, 40 m ³	UNP	240	132	50	200	2,64	0,66
Vsota:			4.231,90	2.328,12			46,65	11,95

Opombe:

Upoštevano je, da so vsi vsebniki povsem polni; gostota tekočega propana je 541 kg m⁻³, gostota tekoče mešanice propan-butan (UNP) je 550 kg m⁻³.

Dejanske količine se spreminjajo, vendar nikoli niso pod 60 % zmogljivosti vsebnikov.

4. Pregled podatkov o nesrečah na območju Butan Plin d.d.

Pregledali smo razpoložljive podatke o nesrečah pri delu v podjetju Butan Plin d.d v obdobju od leta 1991 do januarja 2002. Kratek opis vseh 84 nesreč v tem obdobju je podan v prilogi 5. Ugotovimo lahko, da se je pripetilo od 2 do 12 nesreč na leto (povprečno okoli 5 do 6). Prevladujejo različne poškodbe na delu zaradi transportiranja različno velikih jeklenk (jeklenka pri ročnem manipuliranju pade delavcu na prste noge, ali mu stisne prste roke), tujki v očesu zaradi različnih mehanskih vzdrževanih del, prometne nesreče, zdrsi, ipd., pregled poškodovanih delov telesa in vzrokov za poškodbe podajamo v tabelah 5 in 6.

Tabela 5: Pregled števila poškodb delavcev glede na poškodovani del telesa v obdobju od leta 1991 do 2002.

poškodovan del telesa	oko	glava	roka	noga	hrbet	rame	trebušna stena	rebra
št. poškodb	7	2	9	29	5	2	1	3

Tabela 6: Pregled števila poškodb delavcev glede na vzrok poškodbe v obdobju od leta 1991 do 2002.

vzrok poškodbe	zdrs/padec	prom. nezgoda	udarec pri transportiranju jeklenk	tujek pri žigosanju jeklenk	polnjenje jeklenk	drugo
št. poškodb	15	9	27	5	3	4

Povzamemo lahko, da gre v vseh zabeleženih primerih za običajne mehanske in transportne poškodbe na delu (ali na poti na delo/z dela). Specifičnih nesreč povezanih z dejavnostjo skladiščenja in distribuiranja vnetljivega utekočinjenega naftnega plina (opekline, ipd.) ali zaradi izpustov utekočinjenega plina (omrzline) ni bilo.

5. Ugotavljanje nevarnosti

Nevarnosti na lokaciji Butan Plin d.d. smo ugotovili po metodi HAZID (Hazard Identification – ugotavljanje nevarnosti), ki zagotavlja deduktivno in sistematično ugotavljanje nevarnosti [6], [7], [8]. Pred izvedbo HAZID smo opravili potrebne študije HAZOP (Hazards and Operability Study – študija delovanja sistema in virov nevarnosti) za tehnološke sklope, oziroma, dejavnosti na lokaciji, za katere smo ocenili, da imajo potencial za pojavljanje večjih nesreč [9].

Delo je bilo opravljeno v skupini, v kateri so poleg izdelovalcev ocene tveganja sodelovali še strokovnjaki iz Butan Plina d.d.

Tabela 7: Sodelujoči pri HAZID in HAZOP študijah.

Ime in priimek	Funkcija

Poleg uporabe navedenih metod smo pregledali in upoštevali še obstoječe študije, ki so kakorkoli povezane z izdelavo ocene tveganja.

5.1. Obstoječe študije in dokumenti povezani z izdelavo ocene tveganja

Za obravnavane dejavnosti podjetja Butan Plin d.d. je bila leta 2001 že izdelana študija za ugotavljanje nevarnosti in oceno tveganja [10, 3]. Omenjeni študiji sta ugotovili in podrobneje opisali scenarije za nevarnosti večjih nesreč, ki jih (ponovno) podajamo v tabeli 8:

Tabela 8: Ugotovljene nevarnosti za večje nesreče (stanje leta 2001).

Št.	Nevarnosti večje nesreče
1.	Praznjenje železniške cisterne - pretrganje gibke cevi in izpust UNP
2.	Pretakanje v rezervoarje - pretrganje cevovoda in izpust UNP
3.	Pretakanje med rezervoarji - pretrganje cevovoda in izpust UNP
4.	Polnjenje avto cisterne - pretrganje gibke cevi in izpust UNP
5.	Polnjenje avto cisterne - cisterna odpelje med polnjenjem in izpust UNP

Obdelani smo bili naslednji trije scenariji (glede na pričakovano težo posledic in verjetnost dogodka) za izpuste pri manipuliranju UNP:

Najtežji možni dogodek:

Obravnavan je bil popoln izpust UNP iz vertikalnega 250 m³ vsebnika. Verjetnost takšnega dogodka je bila ocenjena kot skrajno malo verjetna, zaradi varnostnih ukrepov da do takšnega dogodka ne pride:

- pregled notranjosti posod se izvede kot inšpekcijski nadzor vsakih 5 let (inšpekcijski nadzor tlačnih posod).
- Tlačni testi se izvajajo vsakih 10 let.
- Preverjanje debeline sten vsebnikov se izvaja na dve leti.
- Zunanji pregled posod se izvaja vsakega pol leta.
- Posebna dovoljenja za delo na teh napravah.
- Nadzor pri opravljanju del in redno usposabljanje.

Dodatno k tem ukrepom se s posebnimi ovirami in z razporeditvijo dejavnosti preprečujejo poškodbe zaradi morebitnega naleta vozil.

Najtežji pričakovani dogodek:

Obravnavan je bil izpust celotne vsebine približno 50 ton ali 90 m³ UNP iz železniške cisterne med postopkom prečrpavanja v stabilne cisterne. Kot začetni dogodek je bilo upoštevano

možno pretrganje (poškodbe) gibljive cevi med žel. cisterno in stabilno armaturo črpališča ter izpust tekoče faze UNP, prisotni operaterji pa niso uspeli aktivirati protilomni ventil na železniški cisterni.

V primeru izpusta UNP lahko pričakujemo iztekanje s hitrostjo okoli 30 kg s^{-1} , nastanek luže, intenzivno izhlapevanje, nastanek vnetljivega oblaka, prenos in redčenje oblaka, v primeru vžiga oblaka (predvsem izven lokacije) njegovo eksplozijo, prenos vžiga na razlito lužo, vžig iztekajočega UNP, ter možno verižno nesrečo - pregrevanje in eksplozijo UNP v požaru ujete žel. cisterne (BLEVE - eksplozija hlapov vrele tekočine) v primeru da odpove stabilni protipožarni sistem. Povzetek rezultatov za obravnavani scenarij je podan v tabeli 9 (upoštevana je bila meteorološka situacija B1: stabilnostna kategorija B, hitrost vetra 1 m/s , temperatura $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Tabela 9: Povzetek rezultatov za scenarij izpusta celotne količine UNP iz žel. cisterne (ocena iz leta 2001).

Parameter	Enota	Vrednost
Razdalja do 50% spodnje eksplozijske meje (0,85 vol.%)	m	165
Razdalja za topl. sevanje $4,5 \text{ kW/m}^2$ v primeru BLEVE	m	530
Razdalja za topl. sevanje $12,5 \text{ kW/m}^2$ v primeru BLEVE	m	320
Razdalja za topl. sevanje $37,5 \text{ kW/m}^2$ v primeru BLEVE	m	180
Razdalja za nadtlak eksplozije $2,1 \text{ kPa}$ v primeru ekspl. oblaka	m	700
Razdalja za nadtlak eksplozije $13,8 \text{ kPa}$ v primeru ekspl. oblaka	m	300
Razdalja za nadtlak eksplozije $20,7 \text{ kPa}$ v primeru ekspl. oblaka	m	270

Najtežji verjetni dogodek:

Kot najbolj verjeten scenarij je bil obravnavan izpust UNP iz žel. cisterne (podobno kot najtežji pričakovani dogodek) v primeru, da operaterja uspeta obvladati (deblokirati protilomni ventil) izpust v času do 1 minute. V tem primeru pride do manjšega izpusta UNP. Obravnavani so bili tudi drugi možni scenariji, na primer, poškodbe cevi pri polnjenju avto cistern, vendar je bilo ocenjeno da posledice takšnega izpusta ne morejo biti težje od eno minutnega izpusta iz žel. cisterne.

5.2. Izvedeni ukrepi za zniževanje tveganja

Omenjena študija podaja tudi spisek priporočil za izboljšanje varnosti, ki jih podajamo v tabeli 10.

Tabela 10: Pregled priporočil za izboljšanje varnosti podanih v [10].

Ukrep
1. Razmisliti o namestitvi samozapornih priključkov na vsebnikih, ki so na lokaciji
2. Razmisliti o namestitvi dodatnih ventilov poleg obstoječih protilomnih ventilov na prečrpovalnih mestih za železniške cisterne
3. Dopolniti navodila glede čiščenja opazovalnih okenc na skladiščnih rezervoarjih
4. Predvideti namestitev rezervnega dizelskega napajanja za sistem hlajenja z vodo
5. Razmisliti o postopku aktiviranja protilomnih ventilov na železniški cisterni pred prečrpavanjem iz cisterne v skladiščni rezervoar

Butan Plin d.d. je izvedel naslednje varnostne ukrepe:

- tehnologija prečrpavanja UNP iz železniških cistern preko gibljivih cevi je bila zamenjana z popolnoma novimi sistemi gibljivih mehanskih pretakalnih rok. Shema gibljivih pretakalnih rok je prikazana v prilogi 3. Pretakalne roke so izdelane iz nerjavnega jekla, gibljivost pa je izvedena preko drsnih ležajev/spojev in podpornih vzmeti, ki omogočajo enostavno premikanje sklopa. Pretakalna roka je bistveno bolj mehansko odporna napram gibljivim cevem. Predhodna ocena tveganja [3] podaja tudi primerjavo med ocenjenima frekvencama za izpust in vžig/eksplozijo oblaka UNP v primeru odpovedi gibljive cevi ($f=1,09 \times 10^{-5}$ leto⁻¹), ali gibljive mehanske pretakalne roke ($f=1,89 \times 10^{-7}$ leto⁻¹). Ocenjeno je torej bilo, da so sedanje pretakalne roke zanesljivejše za faktor približno 60 ×. Upoštevati pa moramo še uvedbo lomno zapornih ventilov, ki zmanjšajo količino potencialno izpuščenih snovi.
- Prečrpavanje poteka sedaj tako, da pretakalno roko s prirobnicami pritrdijo na priključke na žel. cisterni, blokirajo njen protilomni ventil (za tekočo fazo), blokirna žica je pritrjena na železniški tir pod cisterno (v primeru nenadnega premika cisterne bi se žica sprostila in zaprla protilomni ventil), prav tako pa jo lahko še vedno ročno deblokira operater v primeru potrebe. Po odprtju ročnih zapornih ventilov na žel. cisterni se lahko pretoči UNP

preko črpališča (tekočo fazo izčrpava centrifugalna črpalka, v nasprotni smeri pa potiska plinsko fazo kompresor).

- Vsi priključki na prečrpovalnih mestih so opremljeni z lomno-zapornimi ventili (break away couplings), kar obsega vse tri pretakalne roke na železniškem črpališču, ter obe mesti za polnjenje avto cistern. Shema lomno zapornega ventila je prikazana v prilogi 2. Omeniti velja, da so lomno zaporni ventili izdelani tako, da v primeru zmerne mehanske obremenitve na tlak ali poteg spoji lomno zapornega ventila razpadejo, obe polovici ventila pa se vsaka posebej zapreta (delujeta kot dva proti povratna ventila) in preprečita iztekanje UNP. Izteče le manjša količina UNP iz skupnega dela ventila (ocenjeno na približno 0,1 L).
- Aktiviranje protipožarnega sistema na vertikalnih cisternah se lahko izvede v požarnem črpališču, ali na omari na steni objekta distribucije, ali v kabini varnostnika na vstopu na lokacijo. Aktiviranje je torej možno tudi na daljavo v primeru požara na lokaciji.

5.3. Izvedba HAZOP študij

Ogledali smo si proizvodne objekte, skladišča surovin in proizvodov, procesne sklope, ter opise tehnoloških postopkov.

V študijah HAZOP smo pretežno uporabili vodilne besede, ki so podane v tabeli [8, 11].

Na osnovi pregleda aktivnosti na lokaciji in obstoječe ocene tveganja, smo pregledali naslednje tehnološke sklope (tabela 11):

Tabela 11: Seznam obravnavanih tehnoloških sklopov na lokaciji v okviru študij HAZOP.

št.	Dejavnost
1.	Prečrpavanje UNP iz žel. cistern preko gibljivih mehanskih pretakalnih rok
2.	Polnjenje UNP v avto cisterne
3.	Horizontalni rezervoar in izstopni cevovod

Tabela 12: V HAZOP študijah uporabljene vodilne besede (osnovni nabor, predvsem za kontinuirane procese).

Vodilna beseda	Možna stanja
Pretok	ni pretoka pretok v napačni smeri prevelik pretok prenizek pretok
Tlak	prevelik tlak prenizek tlak/vakuum
Temperatura	previsoka temperatura prenizka temperatura
Viskoznost	previsoka viskoznost prenizka viskoznost
Nivo	visok nivo nizek nivo
pH	pod 7 nad 7
Mešanje	izpad mešanja pospešeno mešanje
Sestava	sprememba/kontaminacija mešanje/reakcija koncentracija vdor kisika
Oprema	varnostni ventili blokade in alarmi merilno regulacijske opreme ventil v napačnem položaju redundantnost (pomnogoterjenost opreme) vzorčevanje korozija razlitje/izpust izpad podpornih sistemov (el. napajanje, para voda) vzdrževanje/čiščenje statične razelektritve nadomestna oprema varnost šolanje/izobraževanje požar/eksplozija varovanje okolja

5.4. Rezultati HAZOP študij

Med izvajanjem študij smo upoštevali navedene vodilne besede, v poročilih (glej prilogo 4, kjer so podana podrobna poročila), pa smo zapisali tiste, ki imajo vsaj minimalne posledice. Ostale vodilne besede smo v poročilu izpustili.

V poročilu v stolpcu "SedANJI varnostni ukrepi" navajamo obstoječe in nove varnostne ukrepe, v stolpcu "Priporočila", pa sodelujoči pri HAZOP študijah navajamo nove predlagane varnostne ukrepe in priporočila (nekatera priporočila se že izvajajo).

Odgovornost za izvajanje in spremljanje celovitosti in ustreznosti priporočil je podana v stolpcu "Odgov.". Odgovorni za izvajanje priporočil naj bi poskrbeli za njihovo izvajanje in poročali varnostnemu inženirju.

5.5. Razvrščanje nevarnosti

Uredba o ukrepih za zmanjševanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami [5], obravnava le večje nesreče. Skladno s tem smo ugotovljene nevarnosti za večje nesreče na osnovi HAZOP študije in podatkov o preteklih izrednih dogodkih/nesrečah preliminarno ocenili glede pogostnosti pojavljanja in teže/resnosti posledic, torej obeh sestavin tveganja. Za razvrščanje je bila uporabljena matrika tveganja z namenom, da se ugotovijo nevarnosti najtežjih pričakovanih nesreč - glej tabele 13, 14 in 15.

Tabela 13: Kategorije frekvenc v okviru razvrščanja nevarnosti.

Kategorija	Opis
Visoka (V)	Dogodek se je že pojavil na obravnavani lokaciji
Srednja (S)	Dogodek se lahko pojavi na lokaciji
Nizka (N)	Dogodek se ne pričakuje na lokaciji
Zelo nizka (ZN)	Dogodek se ne pričakuje kjerkoli v svetu v podobnih obratih pri obstoječih varnostnih ukrepih

Tabela 14: Kategorije posledic v okviru razvrščanja nevarnosti.

Kategorija	Definicija
Katastrofalne (K)	Smrtne žrtve, uničenje postrojenja
Težje (T)	Težje telesne poškodbe, večja gospodarska škoda
Srednje (S)	Manjše telesne poškodbe, manjša gospodarska škoda
Manjše (M)	Manjša (omejena) gospodarska škoda

Posamezne dogovorjene kategorije pogostnosti in posledic, ki so bile pripisane vsaki od ugotovljenih nevarnosti, so bile nato združene z namenom razvrstitve nevarnosti.

Tabela 15: Matrika za razvrščanje nevarnosti.

		Posledice			
Pogostnost		Katastrofalne (K)	Težje (T)	Srednje (S)	Manjše (M)
	Visoka (V)	1	1	2	3
	Srednja (S)	1	1	2	3
	Nizka (N)	1	2	3	3
	Zelo nizka (ZN)	2	3	3	3

Kjer so kategorije razvrščene:

- 1 - predstavlja prvo kategorijo nevarnosti (ker so pričakovana tveganja največja).
- 2 - predstavlja drugo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega srednje velikega tveganja).
- 3 - predstavlja tretjo kategorijo nevarnosti (zaradi pričakovanega nizkega tveganja).

Rezultati ugotavljanja nevarnosti so zbrani v prilogi 6.

5.6. Ugotovljene nevarnosti za večje nesreče

V prilogi 6 je podan spisek 17 ugotovljenih nevarnosti za večje nesreče. Večina ugotovljenih nevarnosti spada 2. ali 3. kategorijo, ostale pa so tri nevarnosti 1. kategorije (mehanska poškodba cevovoda med stacionarnimi rezervoarji, zmes zraka in plina v cevovodu ali rezervoarju, ter poškodba gibljive cevi pri polnjenju avtocisterne). Navedenim nevarnostim moramo dodati še nevarnost nenadnega izpusta UNP iz največjega (npr. vertikalnega) 250 m³ rezervoarja (najtežji možni dogodek).

Ob primerjavi obravnavanih nevarnosti, lahko primerjalno ugotovimo (napram predhodni oceni tveganja [3], glej tudi poglavje 5.1 Obstoječe študije in dokumenti povezani z izdelavo ocene tveganja), da se je pomen možnega izpusta UNP pri manipulaciji iz železniških cistern zmanjšal zaradi zamenjave gibljivih cevi z robustnimi mehanskimi pretakalnimi rokami in spremljajočih varnostnih ukrepov. Izpust UNP zaradi potencialnih poškodb pretakalnih rok je zelo malo verjeten (glej predhodno oceno pogostnosti [3]).

Na tej osnovi smo izbrali za nadaljnjo obravnavo naslednje tri ugotovljene nevarnosti:

- Najtežji možni dogodek: nenadni izpust celotne količine vnetljivega UNP iz enega ali več 250 m³ vertikalnih rezervoarjev (obstajata dva snopa, vsak ima 6 vertikalnih rezervoarjev).
- Najtežji pričakovani dogodek: izpust UNP ali tekočega propana iz poškodovane gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne.
- Najtežji verjetni dogodek: prenapolnitev stacionarnega rezervoarja prostornine 250 m³ (št. 7 ali 8) med polnjenjem iz železniških cistern z UNP ali tekočim propanom, sledi izpust tekoče faze preko varnostnih ventilov na rezervoarju v zrak.

5.7. Scenariji pojavljanja večjih nesreč

V tem poglavju podajamo podrobnejši opis posameznih obravnavanih scenarijev za večje nesreče.

1. Najtežji možni dogodek: obravnavani nenadni izpust celotne količine vnetljivega UNP iz 250 m³ vertikalnega rezervoarja (obstajata dva snopa, vsak ima 6 vertikalnih rezervoarjev) predstavlja najtežje možne posledice zaradi dejavnosti na lokaciji, saj gre za enega od največjih rezervoarjev. V primeru nenadnega izpusta celotne količine UNP, lahko

pričakujemo oblikovanje vnetljivega oblaka hlapov UNP v zraku, mesto izpusta ali preloma rezervoarja pa je lahko dokaj visoko od tal (rezervoarji imajo premer 3,2 m in višino 30 m). V primeru da vnetljivi oblak pred redčenjem pod spodnjo eksplozijsko mejo sreča vir vžiga, lahko pričakujemo eksplozijo oblaka (posledica je nadtlak eksplozije in toplotno sevanje zaradi gorečega oblaka), ter možne poškodbe ljudi in opreme znotraj in izven lokacije.

2. Najtežji pričakovani dogodek: izpust UNP ali tekočega propana iz gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne (AC) je možen v primeru, da pred začetkom dela operaterji spregledajo poškodbo cevi ali da do te pride med postopkom pretakanja. V primeru večje poškodbe gibljive cevi, lahko zaradi obstoječih varnostnih ukrepov pričakujemo naslednje:

- največjo količino razlitega UNP lahko pričakujemo v primeru poškodbe cevi za tekočo fazo (pesimistična predpostavka);
- v primeru razlitja bi se takoj aktiviral proti-povratni ventil v AC (iztekanje iz AC ni možno), ter proti-povratni ventil na strani črpališča. V primeru obremenitev gibljive cevi ali priključkov, bi se aktiviral tudi lomno-zaporni ventil na priključku gibljivih cevi na črpališče, zato lahko pričakujemo le izpust vsebine iz poškodovane gibljive cevi.
- Kot najbolj pesimistično oceno privzamemo izpust tekočega propana iz gibljive cevi notranjega premera 60 mm in dolžine okoli 5 m (okoli 14 L tekočega propana).
- Nastal bo vnetljivi oblak hlapov propana v zraku. V primeru, da vnetljivi oblak pred redčenjem pod spodnjo eksplozijsko mejo sreča vir vžiga, lahko pričakujemo eksplozijo oblaka (posledica je nadtlak eksplozije in toplotno sevanje zaradi gorečega oblaka), ter možne poškodbe ljudi in opreme znotraj in izven lokacije.

3. Najtežji verjetni dogodek: prenapolnitev horizontalnih rezervoarjev št. 7 ali 8 (prostornina vsakega je 250 m³). Najtežje količine/posledice izpusta lahko pričakujemo pri naslednjem poteku dogodkov:

- Direktno polnjenje tekočega propana v oba horizontalna rezervoarja poteka približno 100× na leto, od tega poteka polnjenje v rezervoar št. 7 okoli 30× na leto (ostala polnjenja potekajo v rezervoar št. 8).
- V primeru, da operater med polnjenjem rezervoarjev prenapolni ciljni rezervoar (ni samodejnega izklopa črpalke zaradi doseženega visokega nivoja v rezervoarjih -

potreben je ročni izklop s strani operaterja), bi tekoča faza zalila cevovod do kompresorja za plinasto fazo v črpališču, nakar bi zaščita kompresorja zaprla cevovod.

- Posledično bi naraščal tlak v ciljnem rezervoarju, nakar bi se varnostni ventil na tlačni strani centrifugalne črpalke pri nastavljenem tlaku 12 barov (ali več) odprl in omogočil sprostitve tlaka po posebnem cevovodu v rezervoar št. 7. V primeru da je potekalo črpanje v ciljni rezervoar št. 7, takšno varovanje ne bi imelo smisla (tedaj bi bili odprti dve cevni povezavi v rezervoar št. 7, izstopa pa ne bi bilo). Omenjeni scenarij se lahko pripeti le pri črpanju v rezervoar št. 7 (rezervoar št. 8 bi se sprostil v rezervoar št. 7, ki zelo verjetno ni popolnoma poln, saj znaša dovoljena stopnja polnitve rezervoarjev 85% prostornine).
- V tem primeru ostane le še zadnja stopnja zaščite pred nadtlakom, to so štirje varnostni ventili na rezervoarju, ki se odprejo pri tlaku 16,7 bara, nakar lahko pričakujemo izpust tekoče faze propana skozi saj enega od varnostnih ventilov na vrhu rezervoarja. Na osnovi razpoložljivih tehničnih podatkov ni bilo možno zanesljivo ugotoviti ali obravnavana črpalka dejansko lahko doseže tudi delovni tlak večji od 13 barov, oziroma potrebnih 16,7 bara za odprtje varnostnih ventilov.
- V primeru prenapolnitve sistema in izpusta propana skozi varnostne ventile, lahko pričakujemo, da bo prišlo do emisije pri pogojih odprtega varnostnega ventila (ocenjeni najdaljši reakcijski čas operaterja, da ročno izklopi črpalko je 15 sekund).
- Nastal bo vnetljivi oblak hlapov propana v zraku. V primeru, da vnetljivi oblak pred redčenjem pod spodnjo eksplozijsko mejo sreča vir vžiga, lahko pričakujemo eksplozijo oblaka (posledica je nadtlak eksplozije in toplotno sevanje zaradi gorečega oblaka), ter možne poškodbe ljudi in opreme znotraj in izven lokacije.

6. Ocenjevanje posledic in pogostnosti pojavljanja večjih nesreč

6.1. Ocenjevanje posledic

V tem poglavju podajamo izhodišča za ocenjevanje posledic za ugotovljene nevarnosti večjih nesreč (navedene v predhodnih dveh poglavjih). Pri ocenjevanju posledic smo izhajali iz tistih nevarnosti, ki izhajajo iz lastnosti obravnavanih snovi. Zato gre v vseh primerih izdelanih scenarijev nesreč za požare, eksplozije ali širjenje vnetljivih snovi v zraku zaradi nenadzorovanega izpusta. Kot glavne posledice obravnavanih scenarijev lahko obravnavamo toplotno sevanje nastalih požarov in nadtlake - udarne valove zaradi eksplozije plinskih oblakov snovi v zraku, ter širjenje vnetljivih snovi v zraku (kot posledica razlitja, izhlapevanja in potovanja oblaka hlapov vnetljive snovi).

Namen ocenjevanja posledic je določiti prostorski obseg vplivnih območij požarov in eksplozij, ter nato oceniti možne posledice.

6.1.1. Modeliranje posledic

Pri modeliranju posledic smo obravnavali posledice požarov in eksplozij. V nadaljevanju podajamo nekatere referenčne vrednosti za posledice toplotnega sevanja in posledice udarnih valov.

Referenčne vrednosti za posledice toplotnega sevanja so prikazane v tabeli [6, 7].

Tabela 16: Nekateri referenčne vrednosti toplotnega sevanja in posledic.

Toplotna obremenitev (kW m^{-2})	Posledice-učinki
37,5	Zadošča za poškodbe procesne opreme
25	Minimalna potrebna energija za vžig lesa pri dolgi izpostavljenosti (brez inicialnega plamena)
12,5	Minimalna energija potrebna za vžig lesa z inicialnim plamenom, taljenje plastike, ipd.
4,5	Zadošča za povzročanje bolečine ljudem, če se v 20 sekundah ne uspejo zaščititi, mehurji na koži (opekline tretje stopnje) niso pogostne
1,6	Povzroča neugodje pri dolgotrajni izpostavljenosti

Referenčne vrednosti za posledice nadtlaka za ljudi in zgradbe podajamo v tabelah in [6, 7].

Tabela 17: Nekatero referenčne vrednosti nadtlaka in posledic na zdravje ljudi.

Referenčne vrednosti nadtlaka (kPa)	Posledice
2,1	Ni posledic ("varna razdalja")
35	Poškodbe bobničev
70	Poškodbe pljuč
300	Smrtne poškodbe

Tabela 18: Nekatero referenčne vrednosti nadtlaka in posledic na zgradbe in procesno opremo.

Nadtlak (kPa)	Posledice za zgradbe in opremo
0,3	Zelo glasen pok, ekvivalentno hrupu 143 dB; poškodba stekla zaradi valovanja
2,1	"Varna razdalja", pri kateri s 95 % verjetnostjo ne pride do težjih posledic; občasno počena (10 %) okenska stekla.
2,8	Manjša škoda na konstrukciji objektov
4,8	Omejene poškodbe objektov
6,9	Poškodbe hiš (nekatero lahko neprimerne za bivanje)
13,8	Delna porušitev sten in streh hiš
15,9	Spodnja meja hujših poškodb nosilne konstrukcije objektov
20,7	Poškodovane/iz temeljev izruvane jeklene konstrukcije; pretrganje skladiščnih rezervoarjev
34,5 – 48,3	Zlom lesenih tramov; skoraj popolna porušitev hiš
48,2 – 55,1	Deformacija ali prelom zidov iz opeke debeline 20 do 30 cm
68,9	Verjetna popolna porušitev stavb; težki delovni stroji premaknjeni in težje poškodovani.

Na podlagi navedenih nadtlakov lahko ugotovimo, da so potrebni nadtlaki za poškodbe ljudi bistveno višji od nadtlakov, potrebnih za poškodbe stavb. Bolj verjetne so torej poškodbe ljudi zaradi sekundarnih vplivov, kot so na primer poškodovane stavbe ali leteče razbitine.

V okviru modeliranja posledic požarov in eksplozij običajno izračunamo razdalje za naslednje obremenitve s toplotnim sevanjem ali zaradi nadtlakov:

- Toplotno sevanje:
 - 37,5 kW/m² - zadošča za poškodbe procesne opreme,
 - 12,5 kW/m² - zadošča za vžig lesa, taljenje plastike, ipd.,
 - 4,5 kW/m² - zadošča za povzročanje bolečine ljudem, če se v 20 sekundah ne uspejo zaščititi, mehurji na koži (opekline tretje stopnje) niso pogostni.

- Nadtlaki:
 - 20,7 kPa - poškodovane/iz temeljev izruvane jeklene konstrukcije; pretrganje skladiščnih rezervoarjev; hujše poškodbe stavb in opreme.
 - 13,8 kPa - Delna porušitev sten in streh hiš.
 - 2,1 kPa - "Varna razdalja" – 95 % gotovost, da ne bo težjih posledic. 10 % okenskih stekel počenih.

Značilnosti izpustov nevarnih snovi, razlitih luž, širjenja in redčenja nastalih hlapov, vplive požarov in eksplozij, smo izračunali s pomočjo računalniškega programa PHAST verzija 6.1 (proizvajalec je Det Norske Veritas, <http://www2.dnv.com/software/>). Program že vsebuje bazo podatkov o snoveh.

Poleg referenčnih vrednosti za posledice nesreč smo na osnovi razpoložljivih podatkov o meteorološki situaciji (glej poglavje 3.5 Meteorološka situacija) pri izračunih širjenja vplivov uporabili naslednje tri značilne meteorološke situacije za obravnavano lokacijo Butan Plin d.d. za pričakovane najslabše poletne pogoje temperature okoli 25 °C (glej [3]). Pregled uporabljenih situacij podajamo v tabeli 19.

Tabela 19: Pregled uporabljenih meteoroloških podatkov.

Parameter	Enota	Ime situacije		
		Vreme F2, 25°C	Vreme D5, 25°C	Vreme B1, 25°C
Hitrost vetra	m s ⁻¹	2	5	1
Stabilnost po Pasquillu	-	F	D	B
Temperatura zraka	°C	25	25	25
Temperatura tal	°C	25	25	25
Relativna vlažnost	-	0,7	0,7	0,7
Parameter površinske hrapavosti	-	0,17	0,17	0,17

6.1.2. Rezultati modeliranja posledic

6.1.2.1. Izpust celotne vsebine UNP iz vertikalnega rezervoarja

Do nenadnega izpusta celotne količine UNP lahko pride na določeni višini vertikalnega rezervoarja (dimenzije so 3,2×30 m).

Pregled vstopnih podatkov za modeliranje izpusta in redčenja hlapov podajamo v tabeli 20.

Tabela 20: Pregled vstopnih podatkov za izračun izpusta in redčenja hlapov UNP iz vertikalnega rezervoarja.

Parameter	Enota	Vrednost
Količina UNP	tone	137,5
Agregatno stanje	-	nasičena tekočina
Temperatura izpusta	°C	20
Tip izpusta	-	katastrofalni izpust
Višina izpusta (nad tlemi)	m	15
Obravnavane meteorološke situacije		vse tri
Pričakovana razdalja do vira vžiga	m	100
Zaključek izračunov redčenja hlapov	vol. %	0,8
Časovno povprečenje koncentracij v zraku	s	18,5 *
Vrsta tal pod mestom izpusta	-	suha zemlja

Opombe: * - vrednost za vnetljive snovi.

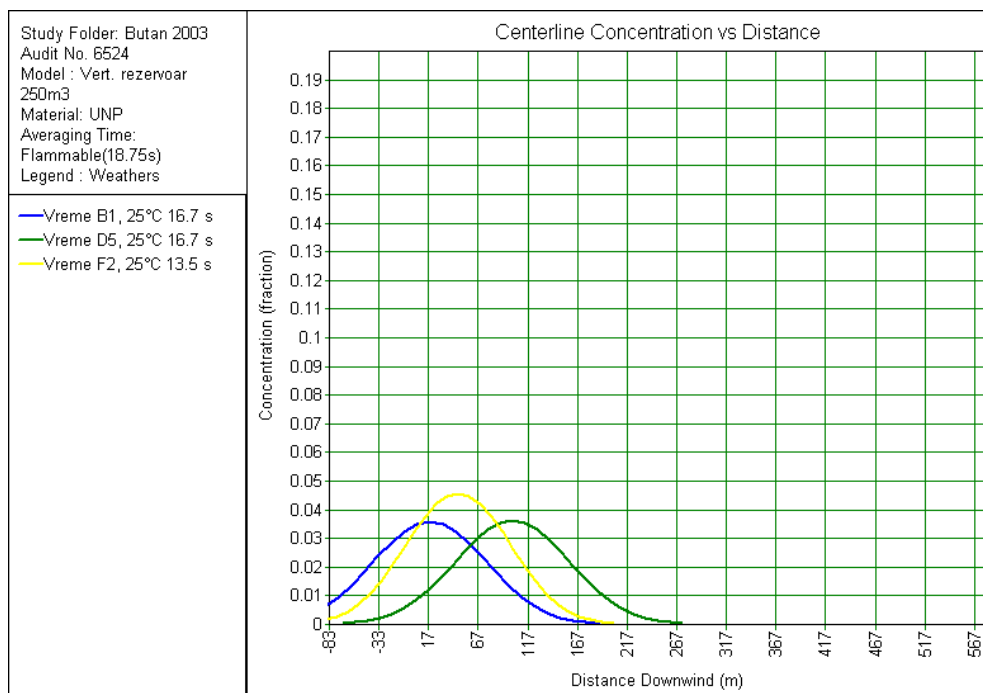
Rezultate izračunov prikazujemo v tabeli 21, ter grafično na slikah 9, 10, 11, 12, 13, 14 in 15. Ugotovimo lahko, da v primeru takšnega izpusta pričakujemo redčenje vnetljivega oblaka UNP do polovice spodnje eksplozijske meje (okoli 0,84 vol.%) v primeru najbolj neugodnih meteoroloških razmer (v tem primeru je to situacija "Vreme D5, 25°C) na razdalji do približno 550 m. Realno mesto vžiga oblaka lahko pričakujemo na razdalji približno 100 m in več (lokacija Lek d.d., vozila na Verovškovi cesti, ipd.), zato lahko posledice zaradi vžiga/eksplozije oblaka (UVCE) in prenosa vžiga nazaj na mesto iztekanja - ognjene krogle (in nato BLEVE) pričakujemo znotraj lokacije Butan Plin in izven nje na razdaljah do okoli

1700 m (varna razdalja). Poškodbe procesne opreme lahko pričakujemo na razdaljah do približno 400 m.

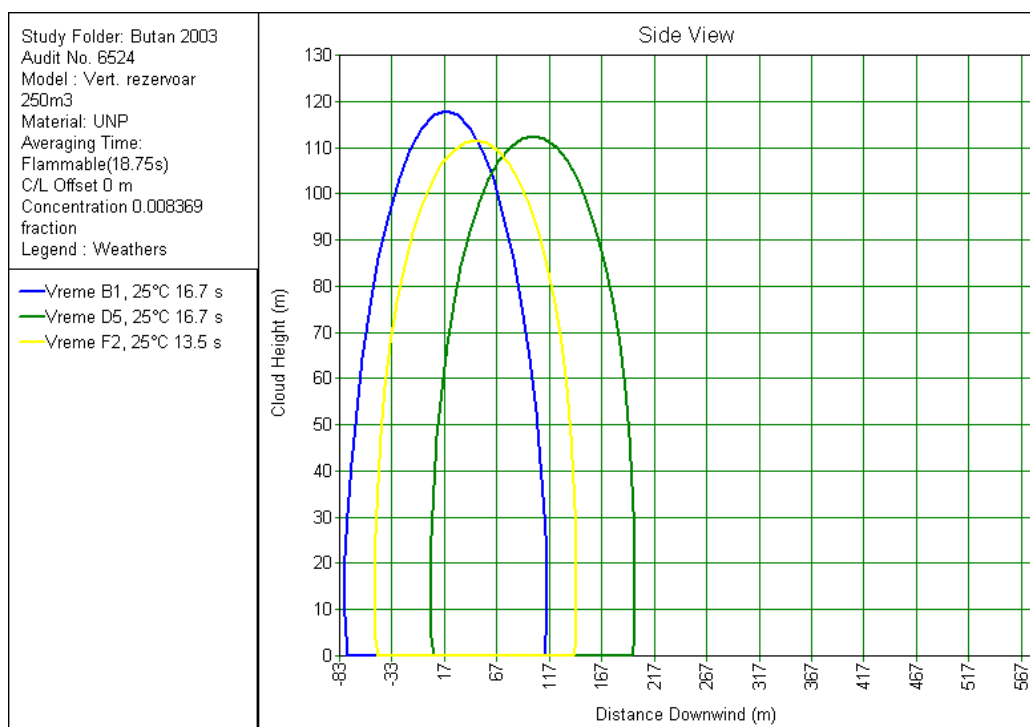
Tabela 21: Pregled pomembnejših rezultatov za izračun izpusta in vžiga UNP iz vertikalnega rezervoarja.

		Vrednost za meteor. situacijo		
Parameter	Enota	F2	D5	B1
Razdalja do zgornje eksplozijske konc. (9,2 vol.%) [*]	m	43,9	50,1	39,0
Razdalja do spodnje eksplozijske konc. (1,7 vol.%) [*]	m	158	237	85
Razdalja do 50% spodnje eksplozijske konc. (0,84 vol.%) [*]	m	434	556	185
BLEVE - razdalja za toplotno sevanje 4 kW/m ²	m	823	823	823
BLEVE - razdalja za toplotno sevanje 12,5 kW/m ²	m	481	481	481
BLEVE - razdalja za toplotno sevanje 37,5 kW/m ²	m	269	269	269
Najdaljši radij gorečega oblaka hlapov (za 0,84 vol.%)	m	434	556	184
Najdaljši radij gorečega oblaka hlapov (za 1,7 vol.%)	m	158	237	85
Razdalja od vira zgodnjega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 2068 Pa	m	1700	1700	1700
Razdalja od vira zgodnjega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 13790 Pa	m	440	440	440
Razdalja od vira zgodnjega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 20680 Pa	m	341	341	341
Razdalja od vira zakasnelega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 2068 Pa	m	1587	1527	1491
Razdalja od vira zakasnelega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 13790 Pa	m	485	470	460
Razdalja od vira zakasnelega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 20680 Pa	m	398	386	379

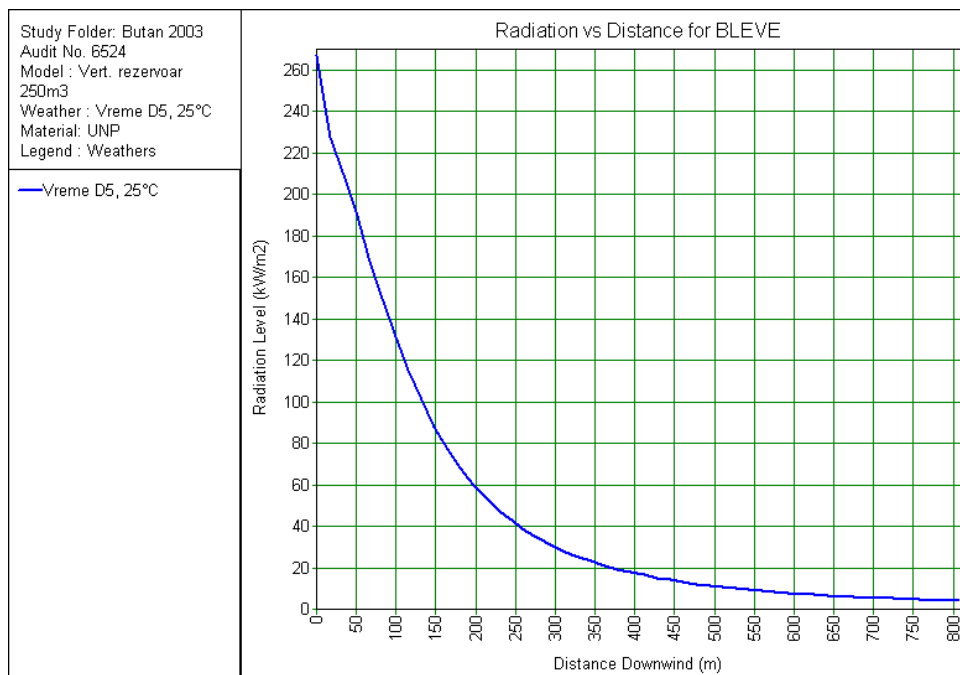
Opombe: * - v smeri z vetrom.



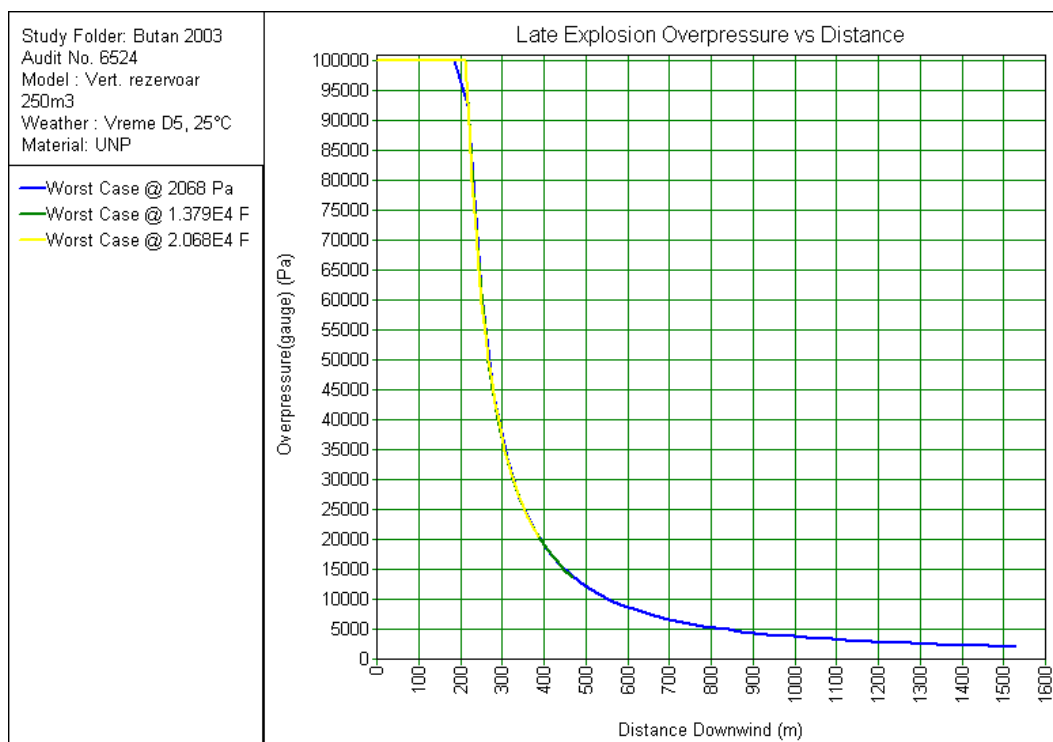
Slika 9: Odvisnost središčne koncentracije hlapov UNP v zraku od razdalje vzdolž vetra (scenarij trenutnega izpusta iz vertikalnega rezervoarja) za tri meteorološke situacije.



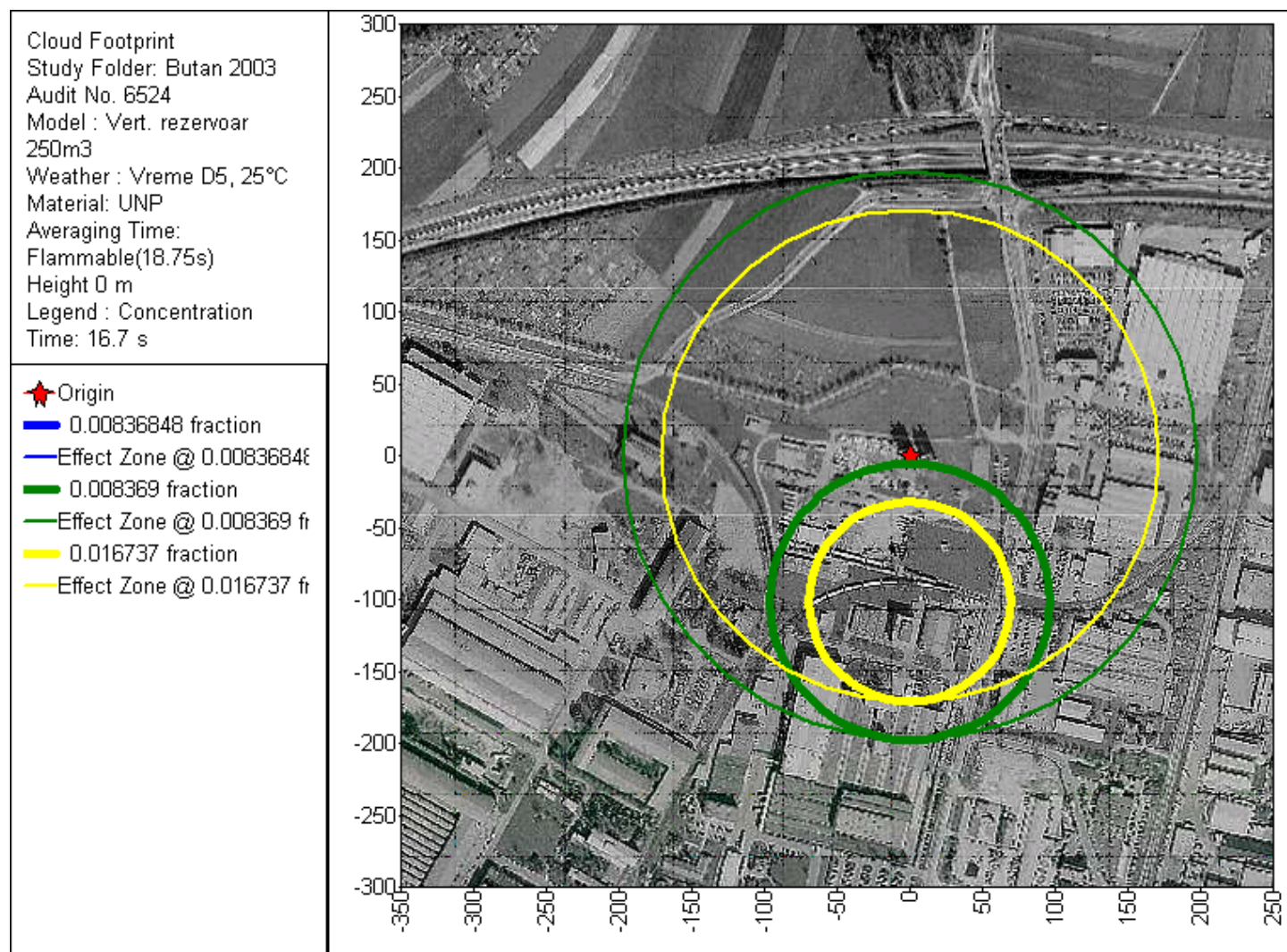
Slika 10: Odvisnost koncentracije hlapov UNP v zraku od razdalje vzdolž vetra (scenarij trenutnega izpusta iz vertikalnega rezervoarja) za tri meteorološke situacije.



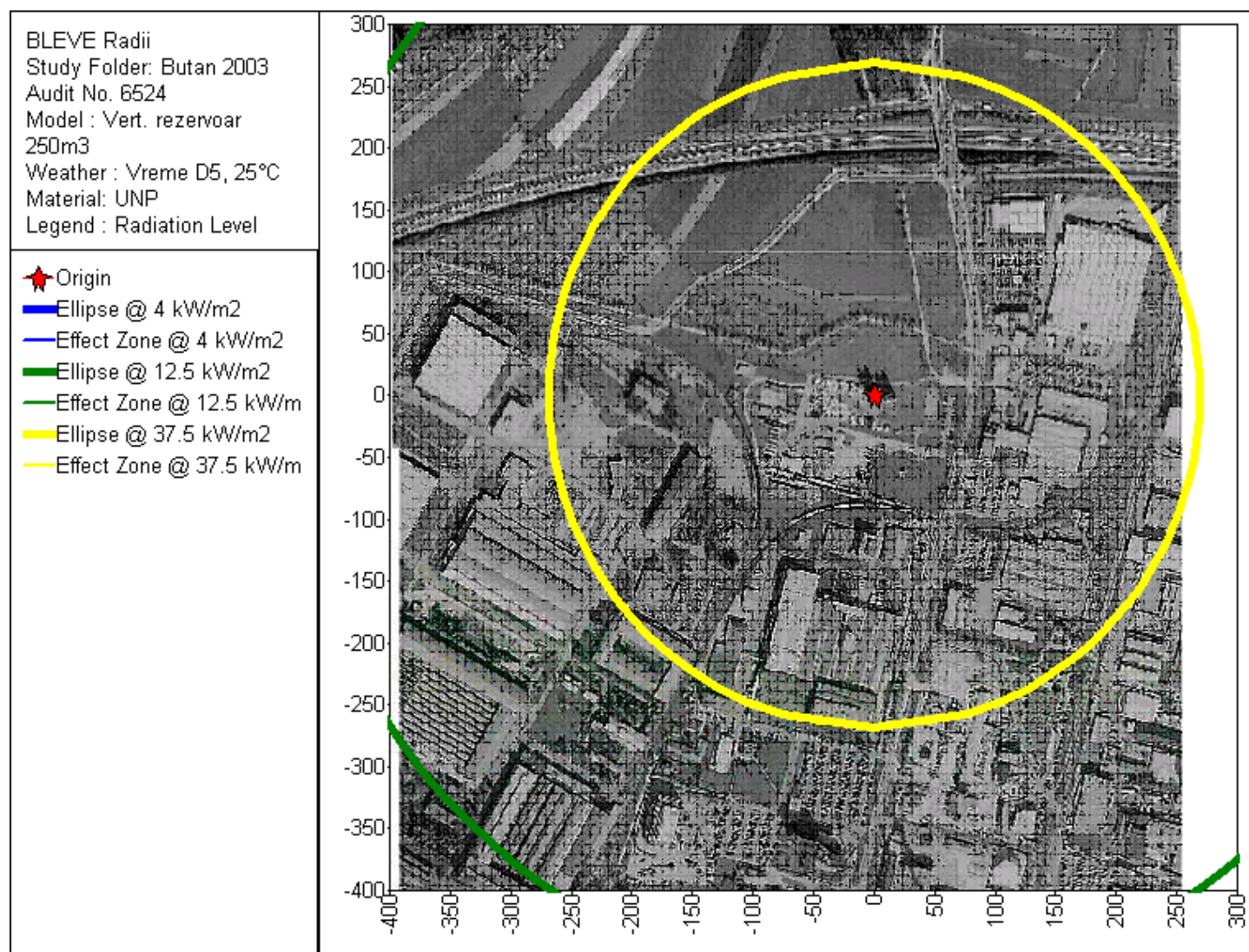
Slika 11: Odvisnost toplotnega sevanja od razdalje zaradi ognjene krogle - BLEVE (scenarij trenutnega izpusta iz vertikalnega rezervoarja) za meteorološko situacijo "Vreme D5, 25°C".



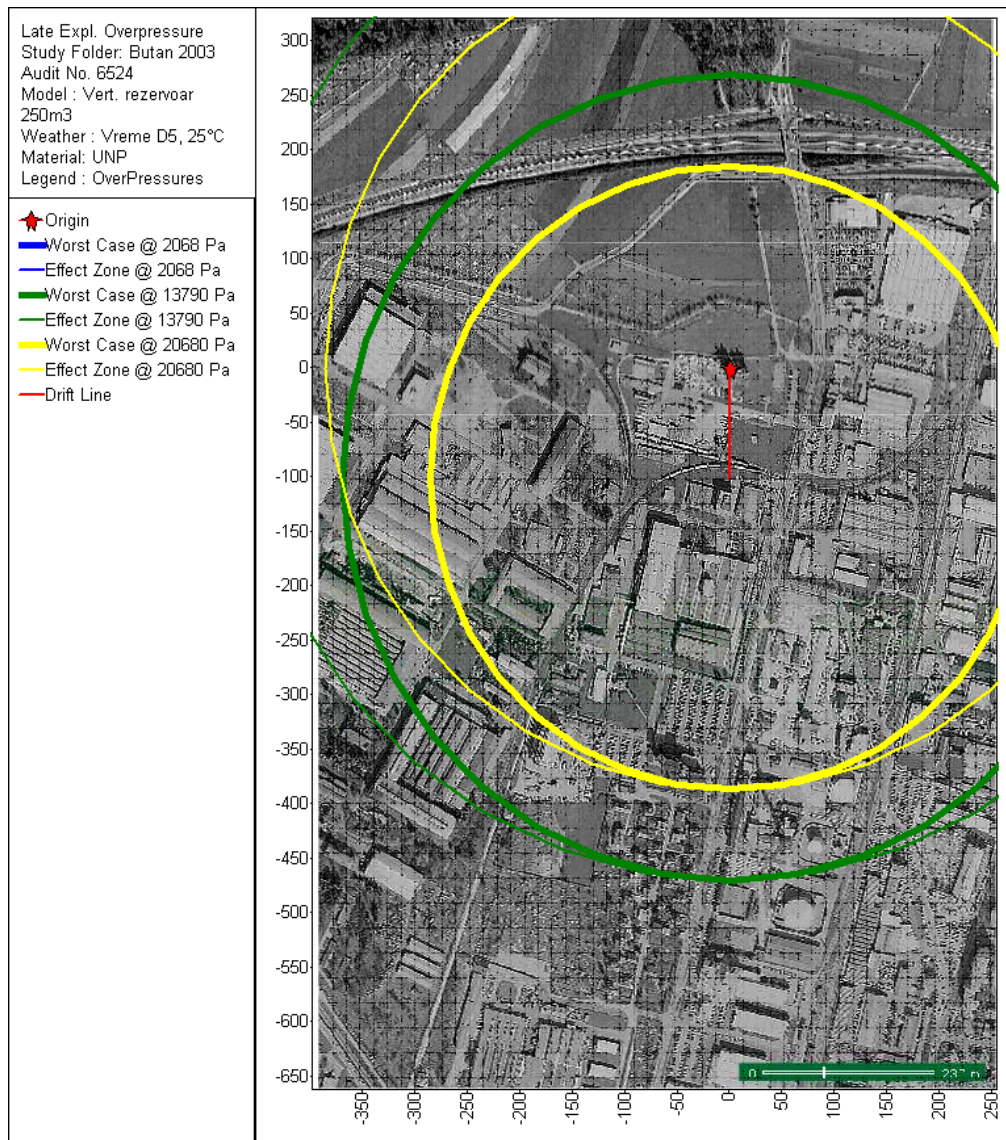
Slika 12: Odvisnost nadtlaka od razdalje zaradi eksplozije oblaka - UVCE (scenarij trenutnega izpusta iz vertikalnega rezervoarja) za meteorološko situacijo "Vreme D5, 25°C".



Slika 13: Radiji in vplivna območja za koncentracije hlapov UNP v zraku (za 50% in 100% spodnje eksplozijske meje; scenarij trenutnega izpusta iz vertikalnega rezervoarja) za meteorološko situacijo "Vreme D5" napram situaciji lokacije.



Slika 14: Radiji in vplivna območja za toplotno sevanje zaradi ognjene krogle - BLEVE (scenarij trenutnega izpusta iz vertikalnega rezervoarja) za meteorološko situacijo D5 napram situaciji lokacije.



Slika 15: Radiji in vplivna območja za nadtlake kasnejše eksplozije oblaka - UVCE z vrisano rdečo črto pomika oblaka do možnega vira vžiga

6.1.2.2. Izpust propana iz poškodovane gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne

Do izpusta tekočega propana lahko pride pri poškodovanju gibljive cevi za prečrpavanje (prostornine 14 L oziroma vsebuje 7,7 kg propana). Upoštevamo, da se tekoči propan takoj po izpustu upari. Pregled vstopnih podatkov za izračun širjenja izpusta propana podajamo v tabeli 22.

Tabela 22: Pregled vstopnih podatkov za izračun izpusta in redčenja hlapov propana iz gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne.

Parameter	Enota	Vrednost
Pretok propana	kg s ⁻¹	7,7
Trajanje izpusta	s	1
Agregatno stanje	-	plin
Temperatura izpusta	°C	20
Tip izpusta	-	kontinuirani izpust
Višina izpusta (nad tlemi)	m	1
Obravnavane meteorološke situacije		vse tri
Pričakovana razdalja do vira vžiga	m	ni podana
Zaključek izračunov redčenja hlapov	vol.%	1,0
Časovno povprečenje koncentracij v zraku	s	18,5 *
Vrsta tal pod mestom izpusta	-	suha zemlja

Opombe: * - vrednost za vnetljive snovi.

Pregled rezultatov podajamo v tabeli 23 in na slikah od 16 do 24.

Ugotovimo lahko, da bi se izpuščena količina tekočega propana razredčila v zraku pod polovico spodnje eksplozijske meje (1 vol.%) v primeru najbolj neugodne meteorološke situacije D5 na razdalji do približno 28 m od mesta izpusta v smeri z vetrom. Kot mesto izpusta moramo upoštevati polnilni mesti iz C-7 in C-8 (glej prikaza na slikah 23 in 24), pri čemer je izpust na mestu C-7 neugodnejši (zelo blizu glavnega črpališča in črpališča za železniške cisterne). Ugotovimo lahko, da lahko pričakujemo redčenje izpusta znotraj območja lokacije Butan Plina, kjer načeloma ni pričakovati virov vžiga. V primeru vžiga, pa lahko pričakujemo poškodbe procesne opreme na razdaljah do približno 20 m (zaradi nadtlaka kasnejše eksplozije oblaka hlapov propana), poškodbe osebja na lokaciji do razdalje približno

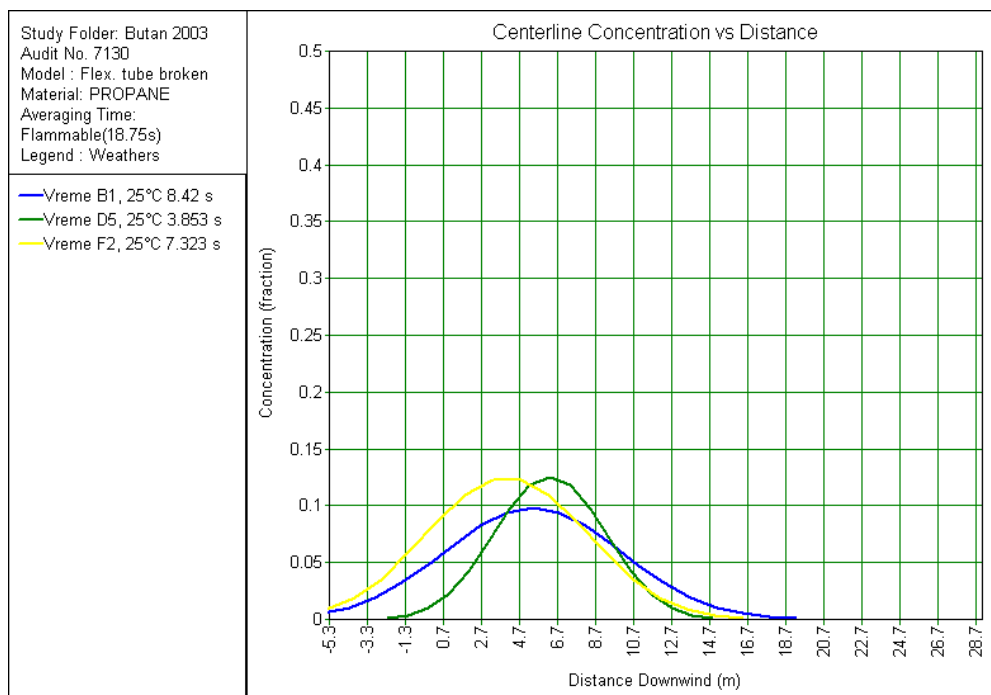
65 m (zaradi nadtlaka zgodnje eksplozije oblaka hlapov propana). Težje posledice izven lokacije ne pričakujemo, oziroma so možne le tik ob meji (npr., sprehajalna pot severno od lokacije, železniška proga med lokacijo Butan Plin /lokacija Litostroj /lokacija Lek).

V primeru izpusta in eksplozije oblaka hlapov propana na polnilnem mestu iz C-7 so možne nadaljnje poškodbe in odpovedi procesne opreme (verižna nesreča) v območju, ki zajema polnilnico jeklenk, železniško pretakališče, glavno črpališče UNP in večino horizontalnih rezervoarjev; v primeru izpusta in eksplozije hlapov propana na polnilnem mestu iz C-8 so možne nadaljnje poškodbe in odpovedi procesne opreme (verižna nesreča) v območju, ki zajema lokalno črpališč in del rezervoarja C-8 (glej sliki 23 in 24).

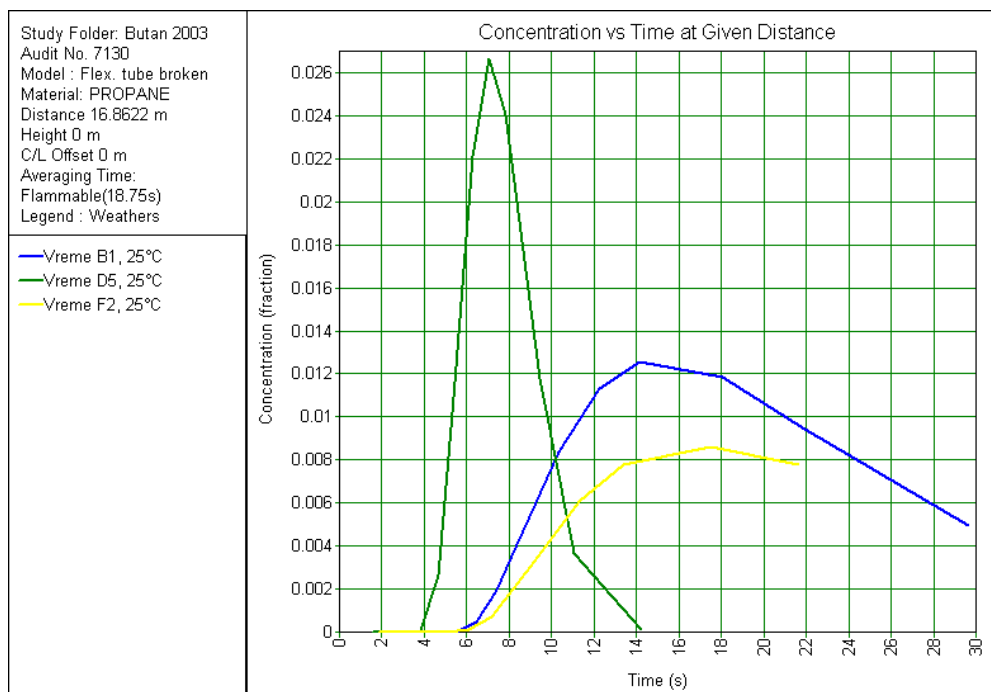
Tabela 23: Pregled pomembnejših rezultatov za izračun izpusta in vžiga propana iz gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne.

Parameter	Enota	Vrednost za meteor. situacijo		
		F2	D5	B1
Razdalja do zgornje eksplozijske konc. (9,5 vol.%) [*]	m	7,7	8,5	8,6
Razdalja do spodnje eksplozijske konc. (2,0 vol.%) [*]	m	12,8	19,4	14,5
Razdalja do 50% spodnje eksplozijske konc. (1,0 vol.%) [*]	m	15,9	27,9	18,3
BLEVE - razdalja za toplotno sevanje 4 kW/m ²	m	39,2	39,2	39,2
BLEVE - razdalja za toplotno sevanje 12,5 kW/m ²	m	22,3	22,3	22,3
BLEVE - razdalja za toplotno sevanje 37,5 kW/m ²	m	12,4	12,4	12,4
Najdaljši radij gorečega oblaka hlapov (za 1,0 vol.%)	m	15,9	27,9	18,3
Najdaljši radij gorečega oblaka hlapov (za 2,0 vol.%)	m	12,8	19,4	14,4
Razdalja od gorečega curka za toplotno sevanje 4 kW/m ²	m	52,9	48,6	56,6
Razdalja od gorečega curka za toplotno sevanje 12,5 kW/m ²	m	41,0	35,1	44,7
Razdalja od gorečega curka za toplotno sevanje 37,5 kW/m ²	m	33,0	28,8	/
Razdalja od vira zgodnjega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 2068 Pa	m	65,3	65,3	65,3
Razdalja od vira zgodnjega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 13790 Pa	m	16,9	16,9	16,9
Razdalja od vira zgodnjega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 20680 Pa	m	13,1	13,1	13,1
Razdalja od vira zakasnelega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 2068 Pa	m	54	54	54
Razdalja od vira zakasnelega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 13790 Pa	m	21,4	21,4	21,4
Razdalja od vira zakasnelega vžiga/eksplozije oblaka za nadtlak 20680 Pa	m	18,8	18,8	18,8

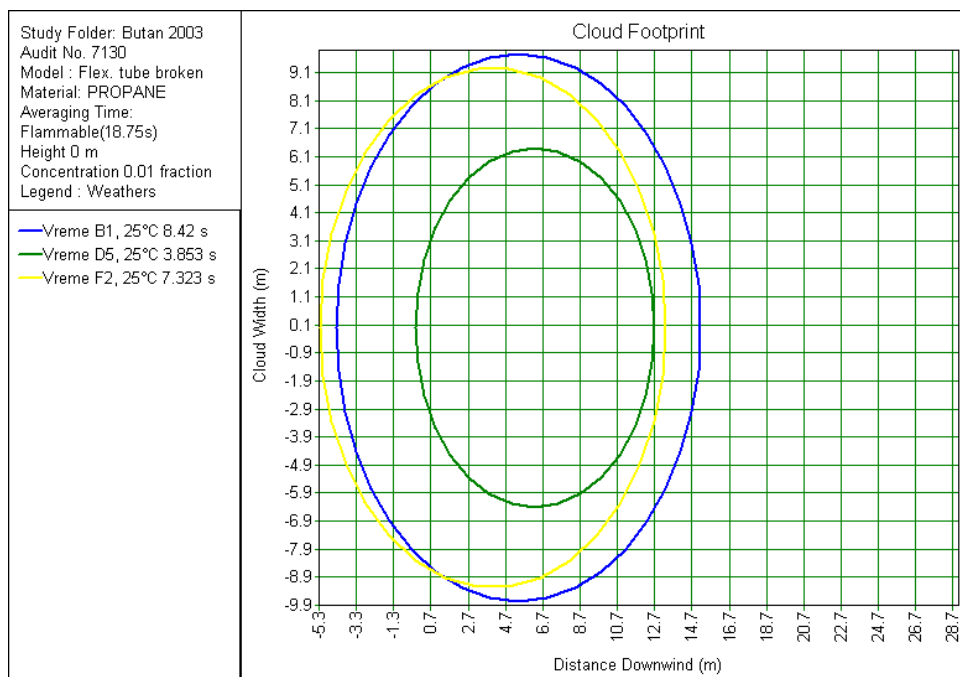
Opombe: * - v smeri z vetrom.



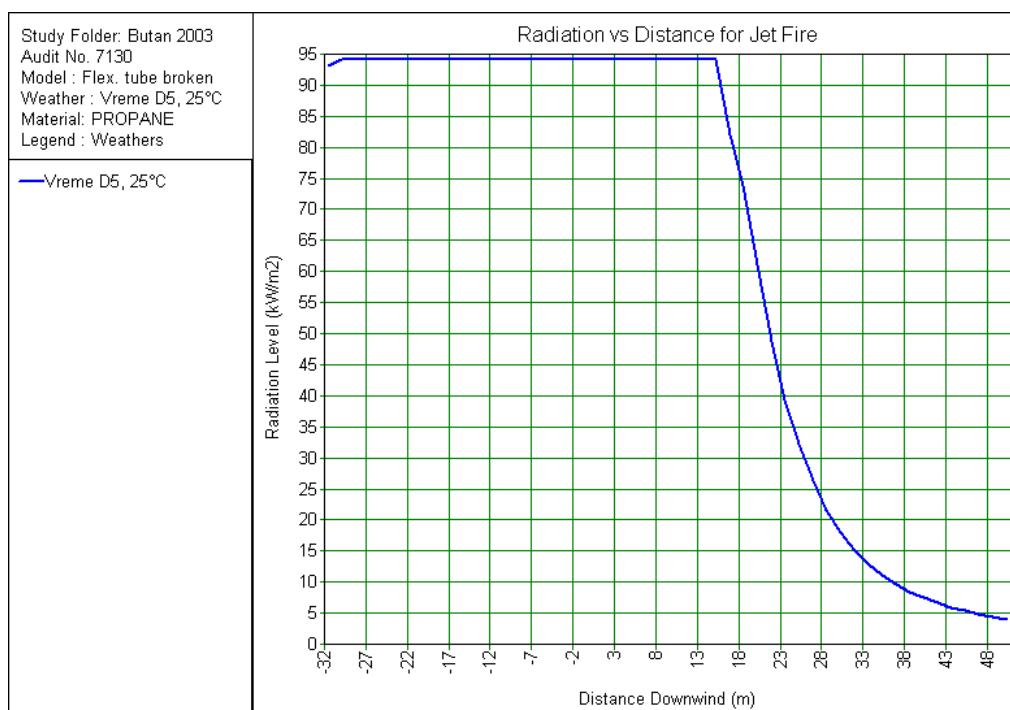
Slika 16: Odvisnost središčne koncentracije propana v zraku od razdalje vzdolž vetra (scenarij izpusta iz gibljive cevi za polnjenje AC) za tri meteorološke situacije.



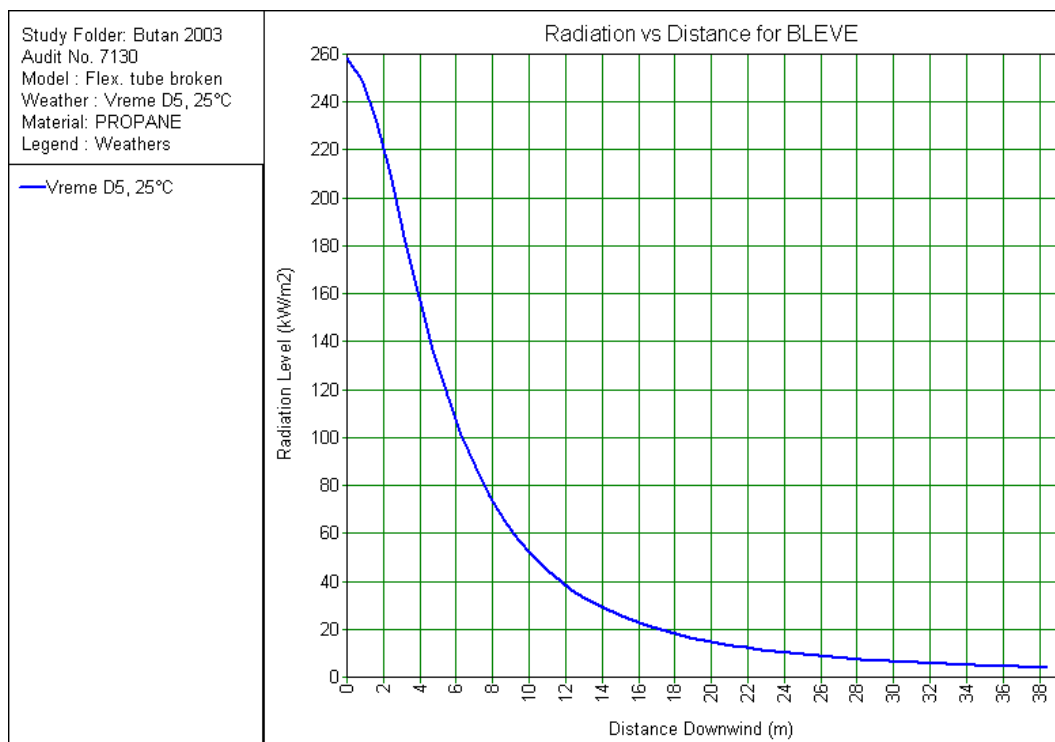
Slika 17: Časovna odvisnost koncentracije propana v zraku od na razdalji 16,9 m vzdolž vetra (scenarij izpusta iz gibljive cevi za polnjenje AC) za tri meteorološke situacije.



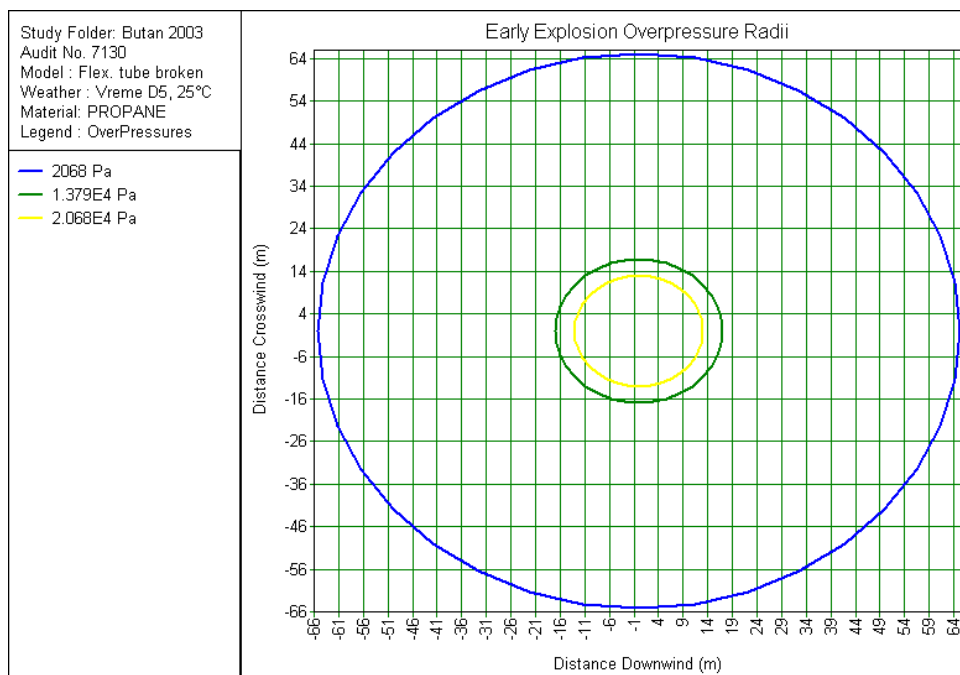
Slika 18: Odvisnost koncentracije propana v zraku 1 vol.% od razdalje vzdolž vetra - tloris (scenarij izpusta iz gibljive cevi za polnjenje AC) za tri meteorološke situacije.



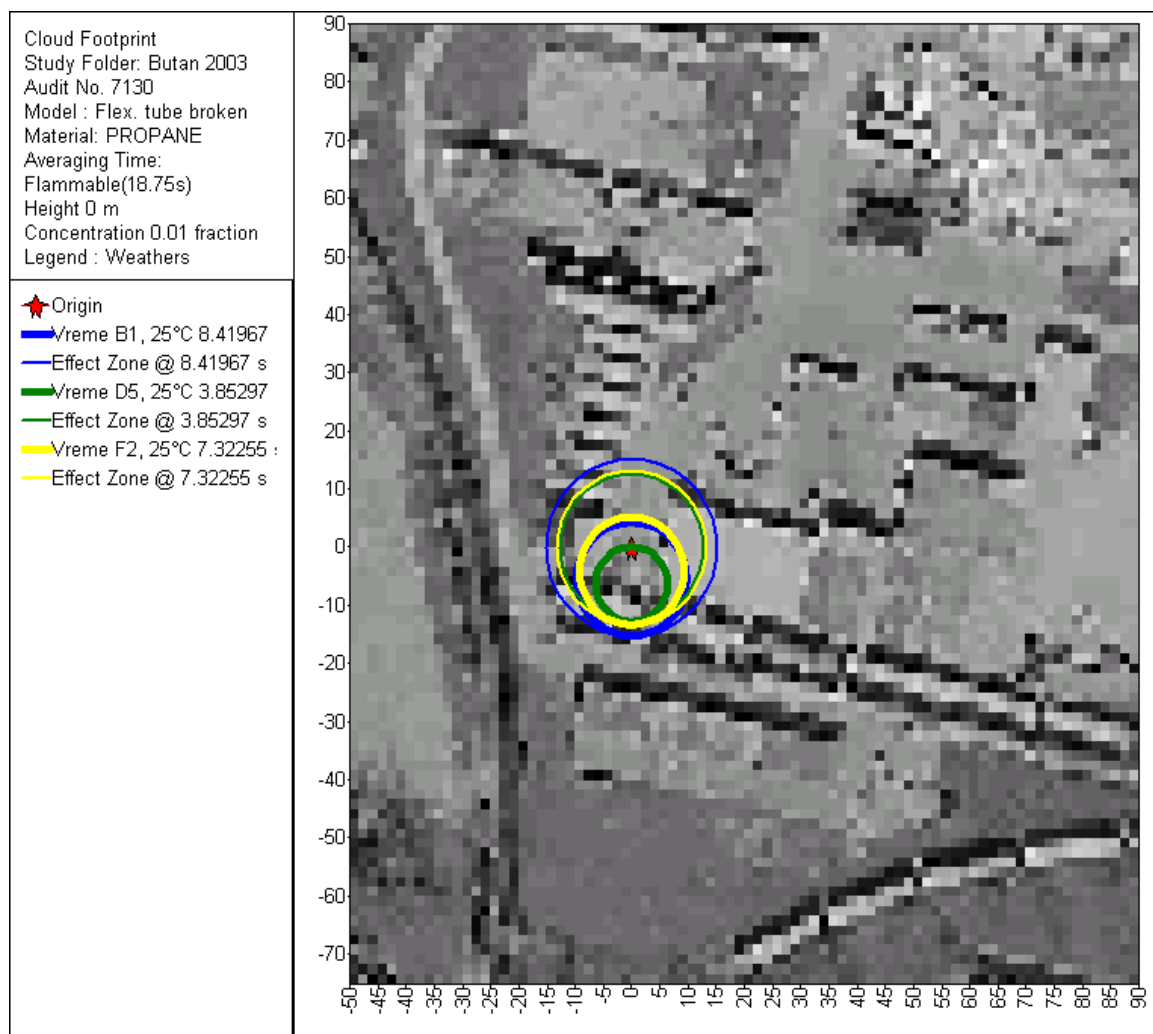
Slika 19: Odvisnost toplotnega sevanja zaradi gorečega curka od razdalje (scenarij izpusta iz gibljive cevi za polnjenje AC) pri meteorološki situaciji D5.



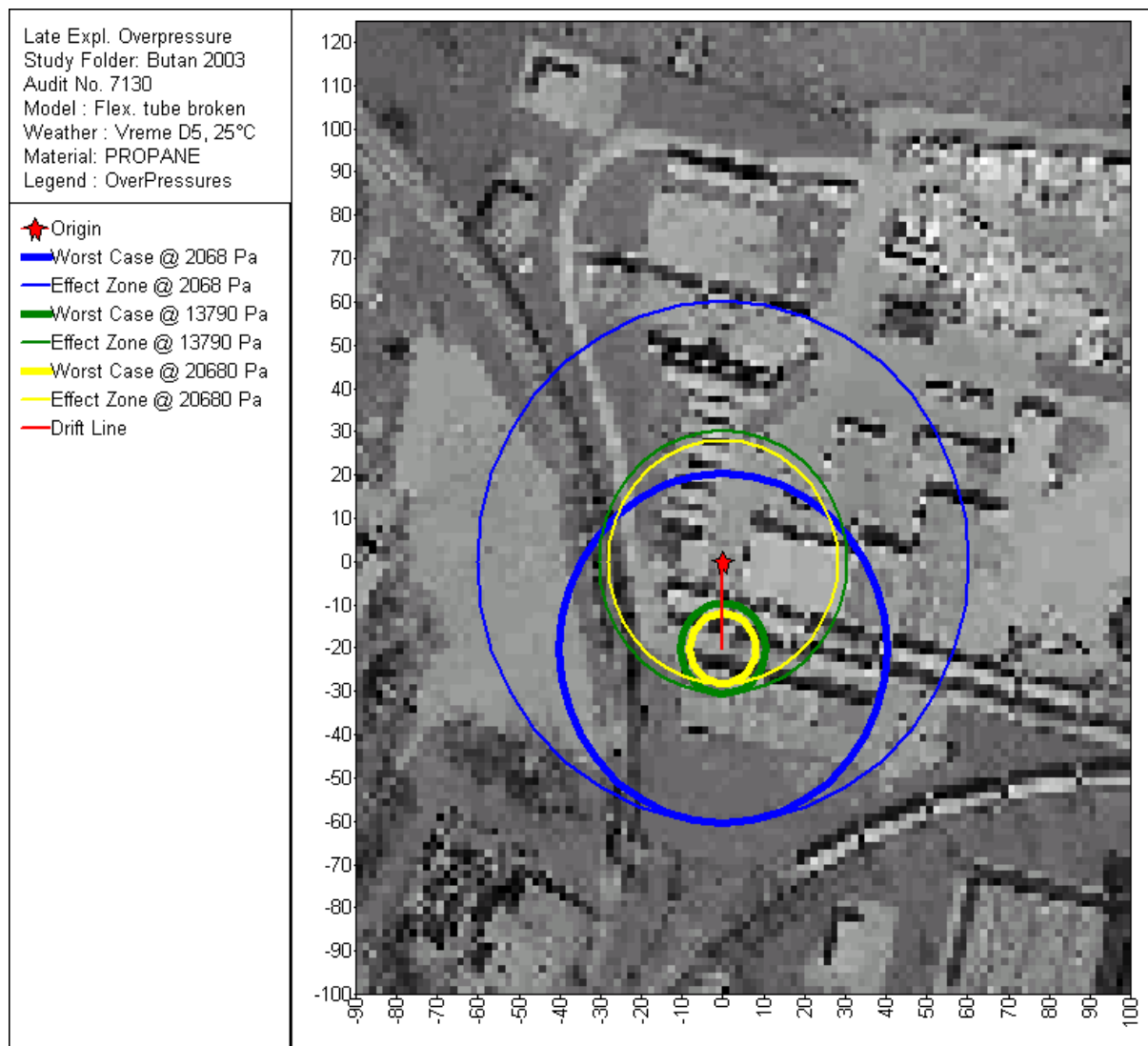
Slika 21: Odvisnost toplotnega sevanja zaradi ognjene krogle (BLEVE) od razdalje (scenarij izpusta iz gibljive cevi za polnjenje AC) pri meteorološki situaciji D5.



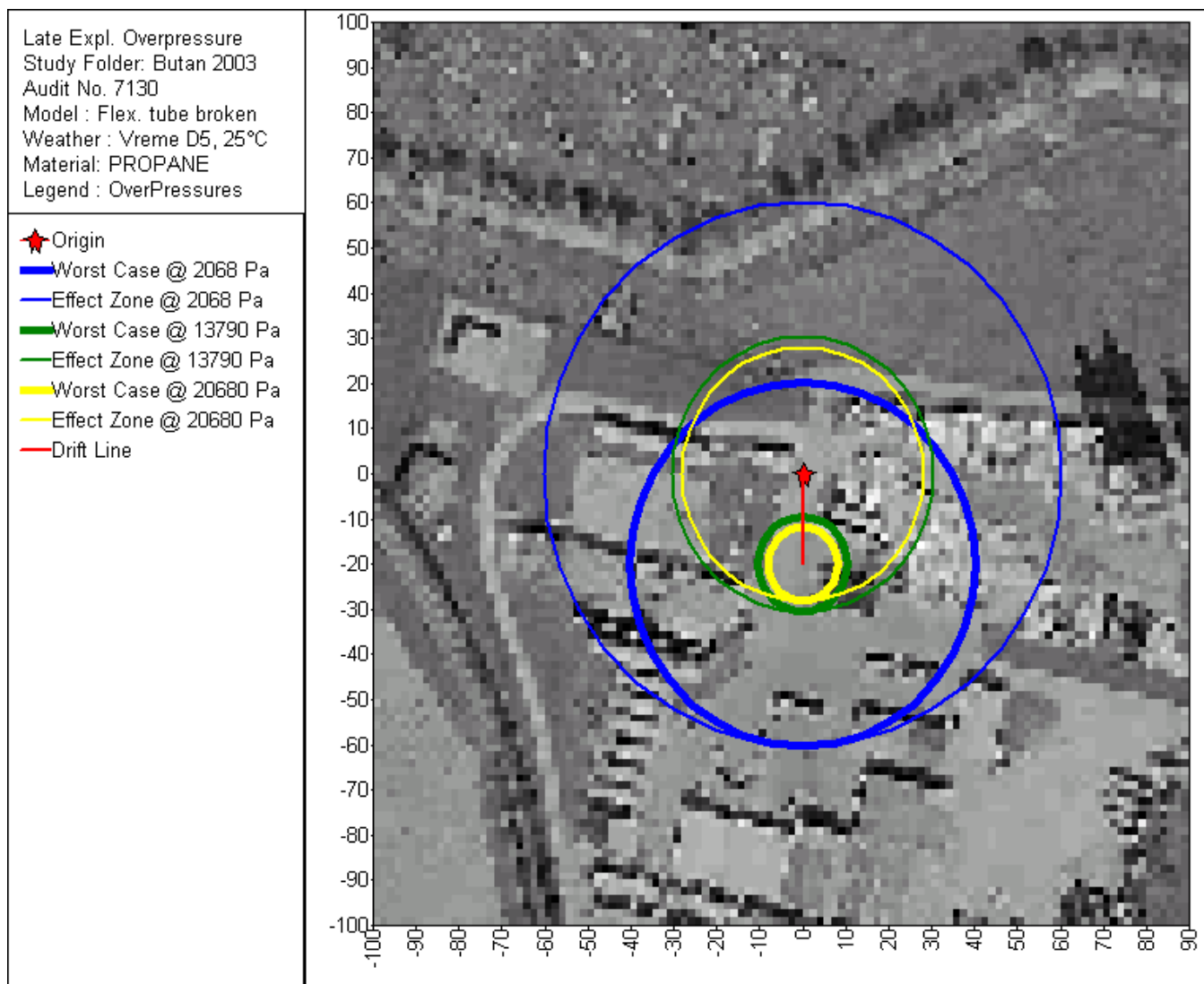
Slika 20: Odvisnost nadtlaka zaradi zgodnje eksplozije propana v oblaku od razdalje (scenarij izpusta iz gibljive cevi za polnjenje AC) pri meteorološki situaciji D5.



Slika 22: Radiji in vplivna območja za koncentracijo propana v zraku 50%spodnje ekspl. meje (scenarij izpusta iz gibljive cevi za polnjenje AC) za tri meteorološke situacije napram situacije lokacije (mesto izpusta v primeru polnjenja iz C-7).



Slika 23: Radiji in vplivna območja za nadtlake kasnejše eksplozije propana v zraku (scenarij izpusta iz gibljive cevi za polnjenje AC) pri meteorološki situaciji D5, napram situacije lokacije (mesto izpusta v primeru polnjenja iz C-7).



Slika 24: Radiji in vplivna območja za nadtlake kasnejše eksplozije propana v zraku (scenarij izpusta iz gibljive cevi za polnjenje AC) pri meteorološki situaciji D5, napram situacije lokacije (mesto izpusta v primeru polnjenja iz C-8).

6.1.2.3. Izpust propana zaradi prenapolnitve rezervoarja C-7

Do izpusta tekoče faze propana preko odprtega varnostnega ventila na rezervoarju C-7 pride, ko se tlak dvigne na vsaj 16,7 bara. Realno lahko pričakujemo, da se najprej odpre prvi varnostni ventil, nato pa še ostali (skupno so štirje). Ocenjeni reakcijski čas operaterja, da ustavi črpanje, je največ 15 sekund (trajanje izpusta).

Vstopne podatke za izračun izpusta podajamo v tabeli 24.

Tabela 24: Pregled vstopnih podatkov za izračun izpusta in redčenja hlapov tekočega propana pri prenapolnitvi rezervoarja C-7.

Parameter	Enota	Vrednost
Tlak za odprtje varnostnega ventila	bar	16,7
Trajanje izpusta	s	15
Količina propana v rezervoarju	tona	137
Agregatno stanje	-	tekočina (dve fazi)
Temperatura izpusta	°C	20
Tip izpusta	-	varnostni ventil
Premer odprtine kanala v varnostnem ventilu	mm	42
Višina izpusta (nad tlemi)	m	7
Obravnavane meteorološke situacije		vse tri
Pričakovana razdalja do vira vžiga	m	ni podana
Zaključek izračunov redčenja hlapov	vol. %	1,0
Časovno povprečenje koncentracij v zraku	s	18,5 *
Vrsta tal pod mestom izpusta	-	suha zemlja

Opombe: * - vrednost za vnetljive snovi.

Pregled rezultatov podajamo v tabeli 25 in na sliki 25.

Zaključimo lahko, da bo med odprtjem varnostnega ventila pretok propana znašal okoli 38 kg/s, kar pomeni da bo varnostni ventil deloval pulzirajoče, oziroma prekinjajoče (pretok črpalke je le okoli 6 kg/s). Na omenjeni sliki je prikazan vertikalni koncentracijski profil propana v zraku (polovica spodnje eksplozijske meje, 1 vol.%; v bočnem pogledu), na osnovi katere lahko ugotovimo, da bo izpust (v vseh obravnavanih meteoroloških situacijah) potekal izrazito v vertikalni smeri, nastali oblak propana v zraku pa se bo zanesljivo razredčil, ne da

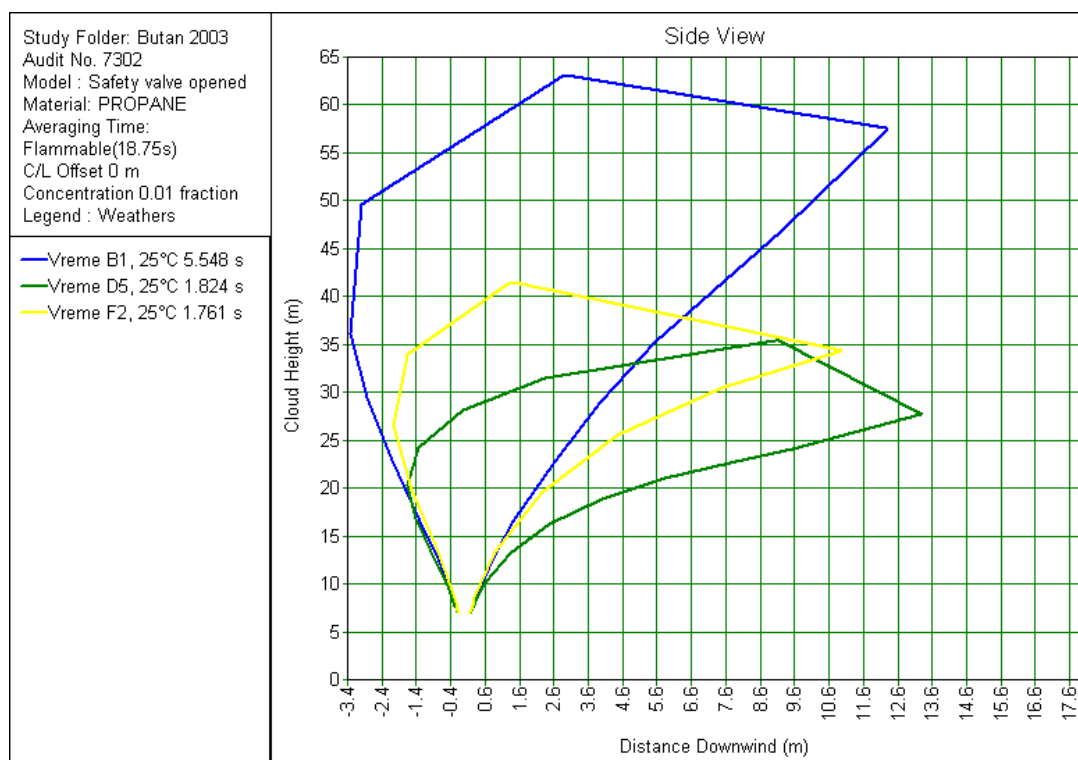
bi se dotaknil tal. Najvišja višina oblaka znaša okoli 65 m, horizontalni pomik pa do okoli 15 m.

Pričakujemo lahko torej varno redčenje nastalega oblaka propana v zraku, drugih posledic (zaradi vžiga in eksplozije) zaradi odsotnosti virov vžiga v zraku ni pričakovati. Časovno trajanje dogodka je primerljivo z časom izpusta preko varnostnega ventila.

Tabela 25: Pregled pomembnejših rezultatov za izračun izpusta tekočega propana ob prenapolnitvi rezervoarja C-7.

		Vrednost za meteor. situacijo		
Parameter	Enota	F2	D5	B1
Pretok iztekajočega propana	kg s ⁻¹	38,5		
Razdalja do zgornje eksplozijske konc. (9,5 vol.%)*	m	ne doseže tal (vertikalni izpust)		
Razdalja do spodnje eksplozijske konc. (2,0 vol.%)*	m			
Razdalja do 50% spodnje eksplozijske konc. (1,0 vol.%)*	m			

Opombe: * - v smeri z vetrom.



Slika 25: Odvisnost koncentracije propana v zraku 1 vol.% - pogled z boka (scenarij prenapolnitve rezervoarja C-7) za tri meteorološke situacije.

6.1.3. Ocena nezanesljivosti pri izračunih

Pri uporabi rezultatov ocene posledic obravnavanih scenarijev nesreč moramo poznati predpostavke, poenostavitve in nezanesljivosti, ki smo jih uporabili. V nadaljevanju podajamo najpomembnejše negotovosti v predstavljenih izračunih:

- Vse omenjene pesimistične predpostavke vnašajo v izračune določeno stopnjo "varnosti" (slabše skoraj ne more biti), po drugi strani pa prikažejo najslabše posledice. Rezultati so zato pretirani. Značilen primer takšne predpostavke je izpust maksimalne količine UNP v vertikalnem rezervoarju, kjer nismo upoštevali, na primer, izpusta le delno polnega rezervoarja.

Na drugi strani smo pri upoštevanju meteorološke situacije uporabili tri značilne primere, od katerih nobena situacija ni najslabša možna (vse so dokaj realne). Izkazalo se je, da je izmed treh obravnavanih, najbolj neugodna meteorološka situacija D5, zato smo pri prikazu izračunov uporabili samo omenjeno.

- Pri izračunih razdalj za ustrezne vplive (nadtlaki eksplozij, intenzitete toplotnega sevanja, redčenje hlapov v atmosferi), ter referenčne vrednosti vplivov za določene posledice, smo uporabili literaturne podatke in uveljavljene modele, ki so bili izdelani in izbrani na osnovi izkušenj. V tem smislu so izračuni dokaj zanesljivi.
- V obravnavanih scenarijih za večje nesreče smo upoštevali le ugotovljene večje nevarnosti. To pomeni da so lahko prisotne tudi druge nevarnosti in možne nesreče, ki jih v tem poročilu nismo obravnavali, vendar pričakujemo, da ne morejo imeti težjih posledic kot v tem poročilu opisani scenariji.
- Poleg že omenjenih nezanesljivosti moramo upoštevati še nezanesljivosti pri uporabi primerjanih (referenčnih) vrednosti npr., za uporabljene stopnje toplotnega sevanja ali nadtlake eksplozije, ki jih prejme prejemnik tveganja. Predlagane splošne primerjalne vrednosti so običajno primerne za splošno človeško populacijo (otroci, starejše osebe, astmatiki, ipd., so bolj občutljivi), prav tako primerjalne stopnje toplotnega sevanja in nadtlaki eksplozij veljajo dovolj dobro le za povprečno močne konstrukcije, opremo, objekte in splošno človeško populacijo.

6.1.4. Ocena možnosti za verižno nesrečo (domino vplivi)

Na osnovi izračuna posledic za obravnavane scenarije večjih nesreč, podajamo oceno možnosti za verižne nesreče na lokaciji Butan plin in izven lokacije:

- V primeru izpusta tekočega propana preko varnostnih ventilov na rezervoarju C-7 lahko pričakujemo varno razredčitev hlapov pod spodnjo eksplozijsko mejo v zraku v atmosferi nad rezervoarjem, hlapi ne dosežejo tal, zato lahko pričakujemo, da do vžiga oblaka ne bo prišlo. Verižnih nesreč v tem primeru ni pričakovati, saj lahko ocenimo, da bi se podobni izpusti na vseh varnostnih ventilih na rezervoarjih končali z varno razredčitvijo.
- V primeru izpusta propana (ali tudi UNP) bodisi v tekočem ali plinastem agregatnem stanju ob poškodbi gibljive cevi ob polnjenju avtocisterne lahko pričakujemo redčenje pod polovico spodnje eksplozivne meje v zraku na razdaljah do približno 28 m od mesta izpusta. Upoštevati moramo, da sta na lokaciji dve polnilni mesti za avtocisterne (glede na polnjenje bodisi iz rezervoarja C-7 ali C-8).

Izpust na mestu C-7 je neugodnejši, ker je blizu glavnega črpališča in črpališča za železniške cisterne. Ugotovitev je, da lahko pričakujemo varno redčenje izpusta znotraj območja lokacije Butan plina, kjer načeloma ni pričakovati virov vžiga. V primeru vžiga, pa lahko pričakujemo poškodbe procesne opreme na razdaljah do približno 20 m (zaradi nadtlaka kasnejše eksplozije oblaka hlapov propana), poškodbe osebja na lokaciji do razdalje približno 65 m (zaradi nadtlaka zgodnje eksplozije oblaka hlapov propana). Težje posledice iz izven lokacije ne pričakujemo, oziroma so možne le tik ob meji (npr., železniška proga med lokacijo Butan Plin /lokacijo kompleksa Litostroj /lokacijo Lek d.d.). V primeru izpusta in eksplozije oblaka hlapov propana na polnilnem mestu iz C-7 so možne nadaljnje poškodbe in odpovedi procesne opreme (verižna nesreča) v območju ki zajema polnilnico jeklenk, železniško pretakališče, glavno črpališče UNP in večino horizontalnih rezervoarjev.

V primeru izpusta in eksplozije hlapov propana na polnilnem mestu iz C-8 so možne nadaljnje poškodbe in odpovedi procesne opreme (verižna nesreča) v območju, ki zajema lokalno črpališče in del rezervoarja C-8, ter bližnje črpališče hladilne vode za rezervoarje, ter delno še sprehajalno pot severno tik ob lokaciji Butan Plina. V primeru širjenja vplivov na rezervoar C-8, ter potencialnega izpusta in požara/explozije, lahko pričakujemo v nadaljevanju tudi poškodbe bližnje merilno regulacijske postaje za zemeljski plin, ki je v lasti podjetja Geoplin.

- V primeru scenarija izpusta celotne vsebine UNP iz vertikalnega rezervoarja lahko pričakujemo redčenje oblaka UNP v zraku do polovice spodnje eksplozijske meje na razdalji do okoli 550 m, kar pomeni, da vnetljivi oblak zanesljivo zaide izven območja lokacije, ter bo dokaj zanesljivo kmalu srečal vir vžiga. V primeru vžiga oblaka lahko pričakujemo posledice za ljudi zaradi eksplozije oblaka na razdaljah do približno 1700 m. Poškodbe opreme zaradi ognjene krogle (toplotno sevanje) in nadtlaka eksplozije lahko pričakujemo na razdaljah do približno 400 m. To pomeni, da so v tem primeru možne verižne nesreče (domino vplivi) na celotnem območju lokacije Butan Plin d.d., ter v sosednjih industrijskih objektih, kamor spadajo:
 - lokacija Lek d.d. proti jugu,
 - del objektov na lokaciji kompleksa Litostroj (v severnem delu),
 - severno preko prometne povezave Litostrojska in Verovškova cesta, preko avtoceste - Ljubljanske obvoznice (ki je vkopana v teren), ter mosta preko obvoznice do začetka gozda (v katerem je vodno črpališče Kleče, ki pa je že izven predvidenega območja vplivov).
 - drugi objekti v območju od obvoznice skoraj do Dunajske ceste, ter jugo-vzhodno v območju do objektov JP Energetika Ljubljana, sektorja daljinsko ogrevanje, (Verovškova 62) - toplarna Šiška.

6.1.5. Ocena števila potencialno ogroženih hiš in prebivalcev

Oceno števila potencialno prizadetih stanovanjskih objektov (hiš) in števila prebivalcev za obravnavane scenarije smo izvedli s programom ProVal 2000 (GIS). Oceno smo izvedli na osnovi maksimalnih vplivnih razdalj (glej tretji del poročila - prilogo 1), ter uporabili GIS podatke o gostoti poselitve v okolici virov tveganja.

Rezultati ocene so grafično prikazani na sliki 26, ter zbrani v tabeli 26. Gostota poselitve prebivalstva je prikazana v obliki različno obarvanih kvadratov glede na število prebivalcev znotraj celic dimenzij 100×100 m.

Tabela 26: Pregled rezultatov ocene potencialno prizadetih hiš in prebivalcev znotraj pričakovanih vplivnih območij za obravnavane vire tveganja in scenarije večjih nesreč.

Objekt/scenarij	Radij (m)	Število potencialno prizadetih	
		hiš	prebivalcev
trenutni izpust vsebine iz vertikalnega rezervoarja *	481	1	13
izpust UNP pri prečrpavanju iz žel. cisterne *	324	-	0
2 min. izpust UNP pri prečrpavanju iz žel. cisterne *	220	-	0
trenutni izpust vsebine iz vertikalnega rezervoarja **	481	1	13
izpust iz gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne **	41	-	0

Opombe: * povzeto iz ocene tveganja v letu 2001

** povzeto iz ocene tveganja v letu 2003



Slika 26: Grafični prikaz vplivnih območij za Butan Plin d.d.. Podlaga je ortofoto posnetek lokacije, nad njim je prikazana gostota poselitve prebivalstva znotraj potencialno vplivnih območij.

6.2. Ocenjevanje pogostnosti pojavljanja večjih nesreč

6.2.1. Uvod

Analiza frekvenc se uporablja za določitev pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov, v obravnavanih primerih večjih nesreč.

Osnovni metodi za analize sta:

1. Drevo odpovedi/napak.
2. Drevo dogodkov.

Obe metodi uporabljata kombinacijo okoliščin (ali odpovedi), ki bi lahko pripeljale do določenega dogodka in izračunata frekvenco ali verjetnost, s katero se dogodek pripeti. Obe metodi uporabljata diagram za predstavitev logičnega poteka.

V okviru te študije je bila uporabljena metoda "analiza drevesa odpovedi/napak", ki opisuje najverjetnejše načine za pojavljanje večjih nesreč [6, 7, 8, 9].

Drevo odpovedi je deduktivna metoda, pri kateri se osredotočimo na nesrečo in njene vzroke. Analiza se prične z glavnim nezgodnim dogodkom in nadaljuje do ugotovitve osnovnih vzrokov za njegovo pojavljanje. Vzroki obsegajo osnovne dogodke, ki so lahko odpoved kosa opreme, človeška napaka ali odpoved komponent v sistemu, in tako imenovane posledične ali odvisne odpovedi. Analiza drevesa napak/odpovedi se ne uporablja, da bi se analizirale vse možne odpovedi sistema, ampak se nanaša na posamezno obravnavano odpoved, ki nas zanima.

Metode ocenjevanja posledic in pogostnosti slonijo na predpostavkah in so zato negotove (nezanesljive). Zanesljivost je treba obravnavati in razumeti v okviru "velikostnega razreda".

Najpomembnejše nezanesljivosti pri oceni pogostnosti so:

- neustreznost generičnih, posplošenih modelskih podatkov za rabo v lokalnih specifičnih situacijah.
- Odsotnost najnovejših statističnih podatkov o odpovedih opreme.

6.2.2. Rezultati ocene pogostnosti za obravnavane scenarije

6.2.2.1. *Ocena pogostnosti za scenarij izpusta celotne vsebine UNP iz vertikalnega rezervoarja*

Skladišča ali rezervoarji so statičen sistem in so že zaradi tega manj podvrženi napakam, oziroma izrednim dogodkom. Verjetnost izrednega dogodka je bila ocenjena kot skrajno malo verjetna, zaradi varnostnih ukrepov da do takšnega dogodka ne pride:

- pregled notranjosti posod se izvede kot inšpekcijski nadzor vsakih 5 let (inšpekcijski nadzor tlačnih posod).
- Tlačni testi se izvajajo vsakih 10 let.
- Preverjanje debeline sten vsebnikov se izvaja na dve leti.
- Zunanji pregled posod se izvaja vsakega pol leta.
- Posebna dovoljenja za delo na teh napravah.
- Nadzor pri opravljanju del in redno usposabljanje.

Dodatno k tem ukrepom se s posebnimi ovirami in razporeditvijo dejavnosti preprečujejo poškodbe zaradi morebitnega naleta vozil.

Glede na navedeno ostaja dodaten možen vzrok za izredni dogodek na vertikalnem rezervoarju sabotaza ali teroristično dejanje. Teh dogodkov pa v okviru teh ocen tveganja ne obravnavamo, zato lahko zaključimo, da je pogostnost pojavljanja izrednega dogodka v skladiščih zelo nizka.

6.2.2.2. *Ocena pogostnosti za izpust propana iz poškodovane cevi pri polnjenju avto cisterne*

Razvoj dogodkov v obliki drevesa odpovedi, ki lahko pripeljejo do izpusta, je prikazan na sliki 27.

Frekvence odpovedi za začetne in vmesne dogodke smo določili na osnovi naslednjih podatkov:

- Odpoved gibljive cevi med postopkom: pogostnost odpovedi gibljive cevi smo določili na osnovi literaturnega podatka o frekvenci, ki znaša $5 \times 10^{-3} \text{ leto}^{-1}$ [12] in časa pretakanja v

avto cisterno (45 minut ali $1,14 \times 10^{-4}$ leta). Izračunana pogostnost odpovedi cevi med postopkom je torej $5 \times 10^{-3} \text{ leto}^{-1} \times 8,56 \times 10^{-4} \text{ leta} = 4,28 \times 10^{-7}$.

- Frekvenca izvajanja pretakanja propana ali UNP v avtocisterne (vseh kapacitet) je približno 1650 leto^{-1} .
- V primeru izpusta iz gibljive cevi je za vžig potreben vir vžiga. Glede na rezultate ocene posledic izpusta lahko pričakujemo, da oblak ne bo odneslo v območje, kjer viri vžiga niso nadzorovani (npr., izven lokacije), zato privzamemo (ocena), da je pogostnost vira vžiga enaka $p=0,01$ (en vžig na vsakih sto primerov izpustov).

V primeru vžiga in eksplozije oblaka propana (glej drevo odpovedi, vmesni dogodek "Požar/eksplozija UNP) obstaja nevarnost, da požar zajame avto cisterno ter jo čez čas raznese (t.i. BLEVE - eksplozija hlapov vrele tekočine). Varnostni ukrep je v tem primeru aktiviranje stabilnega gasilnega sistema za hlajenje avto cisterne, pri čemer mora najprej operater uspešno ukazati aktiviranje gasilnega sistema (ocenjena pogostost, da mu to ne uspe $p=0,01$), gasilni sistem pa se tudi mora uspešno aktivirati. Literaturni podatki o frekvenci odpovedi stabilnih gasilnih sistemov navajajo vrednost okoli $8,46 \times 10^{-2} \text{ leto}^{-1}$, kar ob mesečnem preverjanju delovanja sistema pomeni pričakovano pogostnost odpovedi $p=7,05 \times 10^{-3}$.

Rezultati kažejo, da lahko pričakujemo nenadzorovan izpust propana s frekvenco $7,06 \times 10^{-4} \text{ leto}^{-1}$, posledični požar/eksplozijo propana s frekvenco $7,06 \times 10^{-6} \text{ leto}^{-1}$ (1x v 140.000 let), razvoj do verižne nesreče z izidom BLEVE pa s frekvenco okoli $1,2 \times 10^{-7} \text{ leto}^{-1}$ (1x v 8,3 milijona let).

6.2.2.3. Ocena pogostnosti za izpust propana iz varnostnega ventila zaradi prenapolnitve rezervoarja C-7

Razvoj dogodkov v obliki drevesa odpovedi, ki lahko pripeljejo do izpusta, je prikazan na sliki 28.

Frekvence in pogostnosti odpovedi za začetne in vmesne dogodke smo določili na osnovi naslednjih podatkov:

- Odpoved indikacije nivoja na rezervoarju C-7 med postopkom prečrpavanja: literatura [13], stran 6.55, navaja povprečno frekvenco odpovedi senzorjev nivoja, ki znaša $6,9 \times 10^{-7} \text{ ure}^{-1}$ ($6 \times 10^{-3} \text{ leto}^{-1}$) kar ob povprečnem trajanju prečrpavanja okoli 1,5 ure (ocenjeni maksimalni čas za polnjenje rezervoarja od 1/2 polnega = 125 m^3 do 250 m^3 pri pretoku

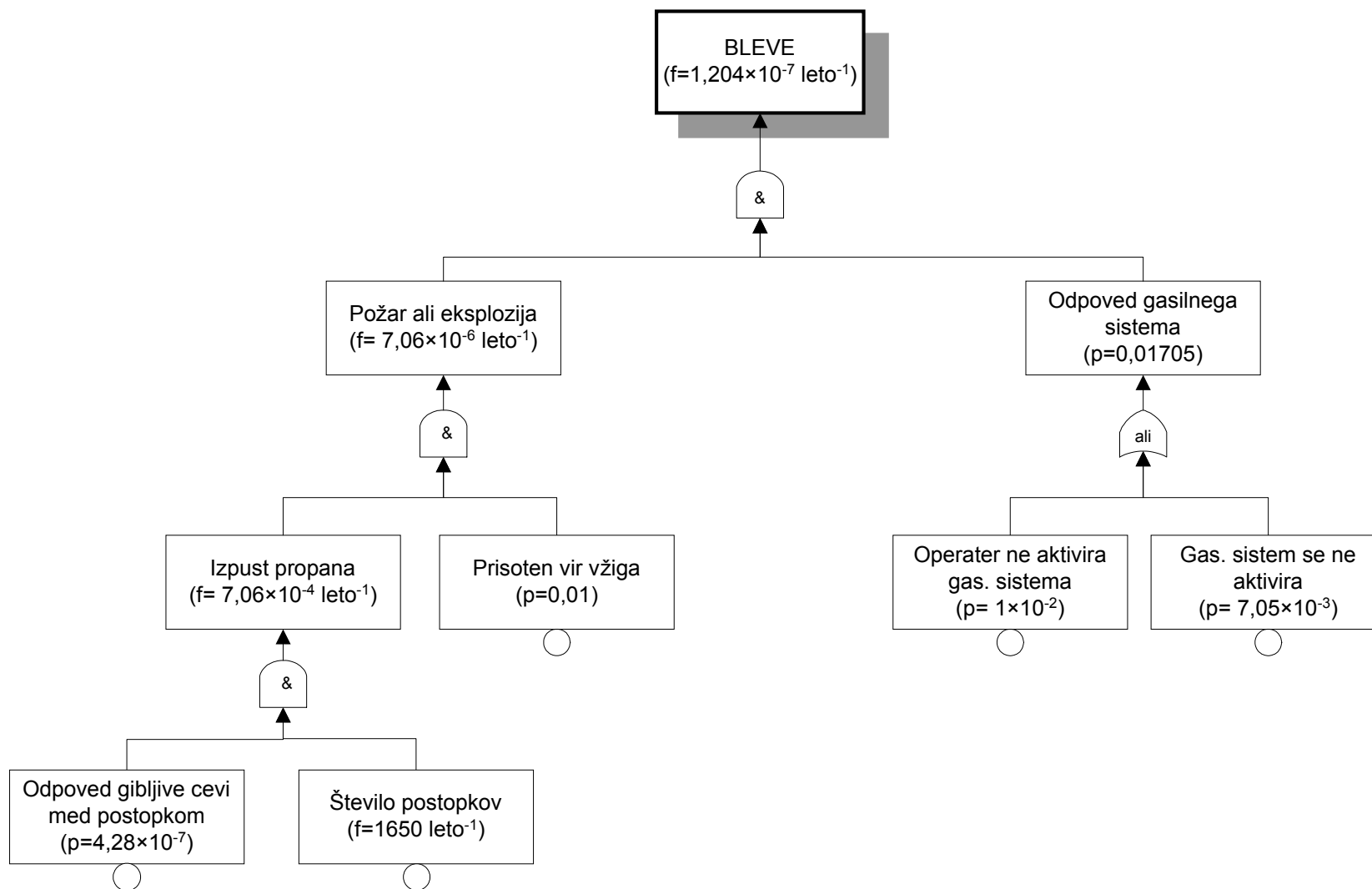
okoli $110 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) pomeni pogostnost odpovedi indikacije nivoja med operacijo $p=1,04 \times 10^{-6}$.

- Frekvenca izvajanja pretakanja propana v rezervoar C-7 je približno 30 leto^{-1} .
- Ocenjeni pogostnosti, da operater ne ugotovi napake da je prenapolnil rezervoar C-7 do 100% (dovoljena polnitev je 80% prostornine, oziroma 200 m^3) in da je črpalka dosegla delovni absolutni tlak 13 barov (8 barov tlaka črpalke in okoli 5 barov parnega tlaka propana), znašata $p=0,01$ (operater ne ugotovi napake povprečno v enem od sto primerov ko bi moral ukrepati).
- V primeru da je rezervoar C-7 poln 100%, lahko zanesljivo pričakujemo da se bo aktiviral lovilec tekoče faze na plinskem kompresorju v cevovodu za plinsko fazo ($p=1$).
- Pri polnem rezervoarju C-7 in vseh cevovodih, ter aktiviranem varnostnem ventilu na tlačni strani črpalke, le-ta lahko le še potiska tekočo fazo v rezervoar C-7. Maksimalni delovni tlak črpalke ni znan, zato smo s pesimistično predpostavko ocenili, da se to zanesljivo zgodi ($p=1$).

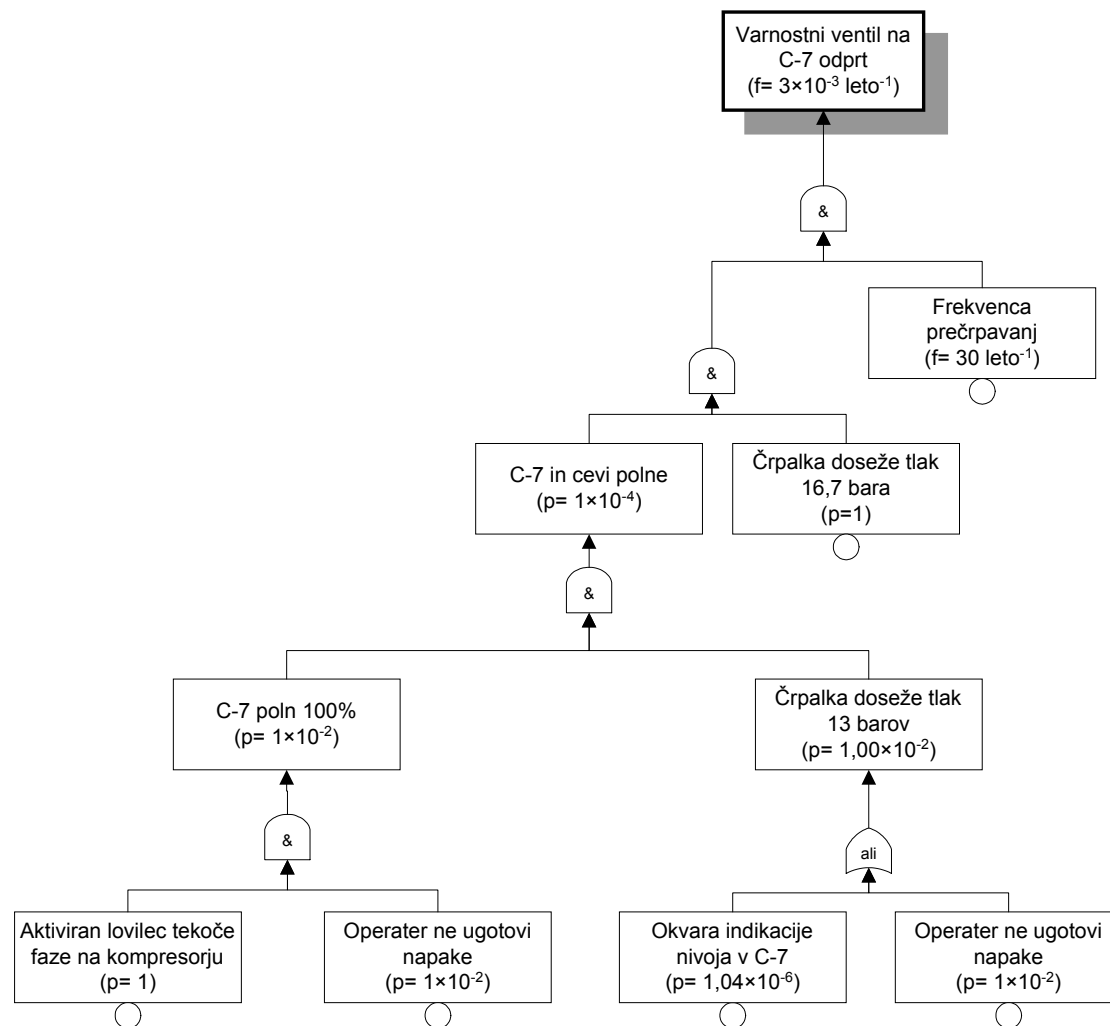
Rezultati kažejo, da lahko pričakujemo prenapolnitev rezervoarja predvsem v primeru napake operaterja, ki je spregledal polnjenje rezervoarja do 100% kapacitete, polnjenje cevovodov za plinsko fazo do plinskega kompresorja, aktiviranje lovilca tekoče faze, odprtje varnostnega ventila na tlačni strani črpalke, nakar je črpalka (predvidoma) dosegla tlak 16,7 bara ter je sledilo odprtje varnostnega ventila.

Pričakovana pogostnost popolne zapolnitve prostornine rezervoarja in cevovodov $p=0,0001$ ($1 \times$ vsakih 10.000 operacij), ocenjena frekvenca izpusta $f=3 \times 10^{-3} \text{ leto}^{-1}$ (približno $1 \times$ v 330 letih).

Izboljšanje varnosti pred izpustom lahko dosežemo bodisi z vgradnjo alarma za visok nivo in povezavo na delovanje črpalke, zamenjavo kompresorja (ki ne zapre vstopnega cevovoda v primeru vdora tekoče faze), napeljavo izpusta varnostnega ventila v posebno (ločeno) posodo, ali z uporabo črpalke, ki zanesljivo ne doseže potrebnega tlaka za odprtje varnostnih ventilov.



Slika 27: Drevo odpovedi za scenarij izpusta propana iz gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne.



Slika 28: Drevo odpovedi za scenarij izpusta propana preko varnostnega ventila, zaradi prenapolnitve rezervoarja C-7.

6.2.3. Povzetek ocene pogostnosti obravnavanih scenarijev

V tabeli 27 podajamo pregled ocen pogostnosti za obravnavane scenarije.

Tabela 27: Pregled ocenjenih frekvenc ali pogostnosti za izide obravnavanih scenarijev.

št.	Obravnavani scenarij	Izid	Frekvenca (f , leto ⁻¹) ali verjetnost (p) za izid
1.	Izpust celotne UNP iz vertikalnega rezervoarja	vžig, eksplozija, BLEVE	nismo ocenili (zelo nizko)
2.	Izpust propana iz gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne	vžig, eksplozija	$f = 1,2 \times 10^{-7}$
3.	Izpust propana iz varnostnega ventila zaradi prenapolnjenja rezervoarja C-7	izpust propana (varno redčenje)	$f = 3 \times 10^{-3}$

7. Razvrščanje tveganja z metodo SPIRS

7.1. Splošno

Metodo SPIRS (Seveso Plant Information Retrieval System), ki so jo razvili v biroju za nevarnosti večjih nesreč skupnega raziskovalnega centra evropske komisije (Major Hazards Accidents Bureau, European Commission - Joint Research Centre) v Ispri, Italija, uporabljajo predvsem kot orodje za inventarizacijo (baza podatkov) industrijskih objektov, oziroma podjetij, ki so zavezanci v smislu določil evropske direktive Seveso II (96/82/EC) – virov tveganja.

Splošni nameni uporabe baze podatkov SPIRS so naslednji:

- Podatki o vseh podjetjih z nevarnimi snovmi na območju evropske unije so na razpolago evropski komisiji in ustreznim lokalnim oblastem v državah članicah, kot podpora v procesu odločanja, posredovanju podatkov javnosti, upravljanju z lastnimi podatki in za primerjalno razvrščanje posameznih virov nevarnosti (tveganja).
- Omogočiti grafični prikaz pomembnejših podatkov o posameznih virih tveganja na zemljevidih.
- Iskanje podatkov o posameznih virih tveganja (industrijska dejavnost, lokacija, količine in vrste nevarnih snovi, ipd.).

V bazo podatkov SPIRS je vgrajena metoda za oceno indeksov nevarnosti in indeksa tveganja za posamezne vire tveganja. Potrebni podatki so navedeni v *PRILOGA 1 – obrazec za vnos podatkov v bazo podatkov SPIRS* v poročilu *Prvi del - Opis uporabljenih metod*. Metodo za izračun indeksov nevarnosti in tveganja so razvili na osnovi analize podatkov o nesrečah zbranih v bazi MARS (Major Accidents Reporting System) in splošnih podatkov v virih tveganja. Podrobnejši opis kvalitativnega modela za vrednotenje možnega tveganja je podan v [14], ter v poročilu "Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje ob izrednih dogodkih, Prvi del", v nadaljevanju pa povzemamo najpomembnejše sestavine postopka izračuna indeksov nevarnosti in indeksa tveganja.

Metoda SPIRS izračuna potencial za tveganje (RI) brez upoštevanja specifičnih varnostnih/sanacijskih ukrepov na ali zunaj območja vira tveganja, ker takšni podatki na splošno niso na razpolago za večino virov tveganja.

Potencial za tveganja metoda izračuna za posamezne nevarnosti (ki jih določajo posamezne nevarne snovi na lokaciji vira tveganja) in za posamezne tipe prejemnikov tveganja:

$$RI_{\alpha,\beta} = HI_{\alpha} \times \frac{1}{r_{\beta}^2} \quad (1)$$

kjer α predstavlja tip nevarnosti (glede na vrste nevarnih snovi), β predstavlja prejemnika tveganja (zaposleni na območju vira tveganja, okoliško prebivalstvo, občutljiva območja – deli okolja, vodna telesa, itd.), r je razdalja med virom nevarnosti in prejemniki tveganja.

Skupni indeks nevarnosti HI_{α} za določeno vrsto nevarnosti je podan kot:

$$HI_{\alpha} = \sum_{vse\ snovi} HI_{\alpha,snov} \quad (2)$$

Indeks nevarnosti $HI_{\alpha,snov}$ je v splošnem podan kot:

$$HI = Am \times HP \quad (3)$$

Kjer je Am količina nevarne snovi v tonah, HP pa nevarnostni potencial. Indeks nevarnosti $HI_{\alpha,snov}$ izračunamo kot vsoto posameznih nevarnostnih indeksov za onesnaženje vode, izpuste strupenih plinov in požare/eksplozije.

Nevarnostni indeks za onesnaženje vode HI_w je podan kot:

$$HI_w = Am \times Tox \times \left(\frac{Sol}{Vol} + Con + BD + BA \right) \quad (4)$$

Nevarnostni indeks za izpuste strupenih plinov HI_T je podan kot:

$$HI_T = Am \times Tox \times (Vol + VD + BD + BA) \quad (5)$$

Nevarnostni indeks za požare in eksplozije HI_F je podan kot:

$$HI_F = Am \times Tox \times FEP \times (Sol + Con + VD + Vol + SG + FP) \quad (6)$$

kjer *Tox* predstavlja indeks strupenosti (za določeno nevarno snov), *Sol* predstavlja indeks topnosti v vodi, *Con* predstavlja indeks fizične oblike snovi ali viskoznosti (za tekočine), *Sur* predstavlja indeks lastnosti (ranljivosti) okolice vira tveganja, *Vol* je indeks hlapljivosti snovi (v povezavi ustreza parnemu tlaku snovi), *BD* je indeks biološke (ne)razgradljivosti snovi, *BA* je indeks biološke akumulacije strupenih snovi v okolju (na primer, v prehrambeni verigi), *VD* je indeks gostote hlapov snovi (težji ali lažji od zraka), *FEP* je indeks za gorljivost ali eksplozivnost snovi (glede na tip nesreče), *SG* je indeks za specifično gostoto snovi, *FP* pa je indeks za lastnosti plamena (glede na hitrost plamena, smer širjenja, temperaturo samovžiga/razpada in točko plamenišča snovi).

7.2. Potrebni podatki o viru tveganja za vnos v bazo podatkov SPIRS

Splošni podatki

Splošni podatki o viru tveganja, ter o tem kdo je vnesel podatke.

Ime podatka v poročilu:	Podatek
• Šifra vira tveganja	
• Datum poročila	24.3.2003
• Pristojni lokalni organ:	MOP
Opis vira tveganja:	
• Ime vira tveganja	Butan plin d.d
• Naslov vira tveganja	Verovškova 70, 1000 Ljubljana
• Dejavnosti vira tveganja	distribucija UNP, naftna industrija
• Razvrstitev vira tveganja	vir večje tveganja za okolje
Geografski položaj vira tveganja	
• Dolžina in širina	Y= 461650, X= 104230 (Gauss-Krueger)
• Država	Slovenija
• Regija	Ljubljanska
• Pokrajina	
• Občina	Ljubljana mesto

Podatki o viru tveganja

Za analizo tveganja (razvrščanje virov tveganja) so potrebni naslednji podatki

• Povprečno število ljudi na območju vira tveganja	25
• Razdalja do najbližjega biotopa	0,5
• Razdalja do najbližjega vodnega telesa	1
• Število prebivalcev znotraj območja z radijem 5 km	204190

• Število prebivalcev znotraj območja z radijem 10 km	337280
---	--------

Inventar nevarnih snovi

#	Snov	CAS No.	R-stavki	Simboli	Maksimalna količina (t)
1.	UNP	-	R12	F+	2327,6
2.	acetilen	74-86-2	R12	F+	0,5

Dodatne opombe

Podane so maksimalne količine snovi

7.3. Rezultati metode

V tabeli 28 podajamo pregled rezultatov izračuna točkovanja po metodi SPIRS za različne prejemnike tveganja in različne vrste nevarnosti.

Tabela 28: Pregled rezultatov izračuna potencialov nevarnosti in tveganj po metodi SPIRS.

Vrsta nevarnosti	Točkovanje	Prejemnik tveganja			
	Potencial	Okoliško prebivalstvo	Prebivalstvo na lokaciji	Vodno telo	Biotop
Onesnaženje vode	Nevarnost	1344		1344	1344
	Tveganje	40320		26880	26880
Strupeni plini	Nevarnost	1552	1552		
	Tveganje	46560	38800		
Požari in eksplozije	Nevarnost	4640	4640		
	Tveganje	139200	116000		

Na osnovi prikazanih rezultatov (točk) ne moremo direktno sklepati o obsegu potencialnih nevarnosti in tveganj. Rezultati so uporabni le za primerjavo različnih virov tveganja med seboj (razvrščanje po prioritetah), kar je izvedeno za vse obravnavane vire tveganja v tretjem delu poročila.

8. Ocena tveganja z metodo IAEA

8.1. Opis postopka ocenjevanja

Ocenjevanje posledic in pogostnosti pojavljanja izrednih dogodkov se izvaja z uporabo modelov. Ti so pripravljeni v obliki tabel, kjer so vrednosti kategorizirane po vrstah snovi, izrednih dogodkih in lastnostih lokacije. Odvisno od obravnavanega primera izbiramo ustrezne vrednosti faktorjev iz tabel in jih vnašamo v ustrezne enačbe, da z izračunavanjem dobimo končen rezultat: potencialno število smrtnih žrtev s kvantitativno oceno pogostnosti dogodka. Ko rezultate za več virov tveganja primerjamo medsebojno ali z izbranimi merili, lahko določimo prioritete nadaljnjega ravnanja.

Ocena posledic poteka po enačbi (podrobna navodila so podana v [2]):

$$C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_A \cdot f_d \cdot f_m \quad (7)$$

kjer je:

$C_{a,s}$ število smrtnih žrtev pri dogodku, v katerem je udeležena določena snov (s)

A območje vpliva - glej tabeli 4 in 5, ha

δ gostota poseljenosti v območju vpliva, št.ljudi/ha (tabela 6)

f_A korekcijski faktor za poseljena območja – razporeditev (tabela 7)

f_d korekcijski faktor za poseljena območja – oddaljenost (tabela 7)

f_m korekcijski faktor za blažilne ukrepe (tabela 8)

Podrobnosti o izračunih so podane v poročilu Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje ob izrednih dogodkih - Prvi del.

8.2. Izračun in rezultati ocene tveganja za posamezne objekte

8.2.1. Skladiščenje UNP na lokaciji

Podatki vrednosti iz tabel:

- referenčna številka 7 (tabeli 2 in 3)
- kategorija vpliva "X" (tabela 4)
- območje vpliva: **ni možno določiti.**
- namesto gostote prebivalstva upoštevamo število zaposlenih na lokaciji ($17 + 5 = 22$).

Obrazložitev:

UNP spada v tabeli 4a in po podrobnejši razlagi v Prilogi 1 pod referenčno številko 7 (vnetljivi plini utekočinjeni s tlakom; za dejavnosti železniškega ali cestnega prevoza, ali nadzemnega skladiščenja). Referenčna številka 7 ima za količine snovi med 1000 in 5000 ton (na lokaciji je približno 2300 ton UNP) namesto kategorije posledic navedeno le "X", za kar je v opombah tabele 4a (nadaljevanje) pojasnjeno kot "X - pomeni, da ta kombinacija omenjene snovi in njene količine ne obstaja v praksi". Nadaljnja ocena posledic in pogostnosti torej ni možna, zato lahko ugotovimo, da uporabljena metoda v obravnavanem primeru odpove.

8.2.2. Skladiščenje jeklenk z acetilenom

Podatki vrednosti iz tabel:

- referenčna številka 13 (tabeli 2 in 3; glej prilogo 1)

- kategorija vpliva "-" (tabela 4)
- območje vpliva: **ni možno določiti.**
- namesto gostote prebivalstva upoštevamo število zaposlenih na lokaciji ($17 + 5 = 22$).

Obrazložitev:

Jeklenke z acetilenom spadajo pod referenčno številko 13, za katero pa je za kategorijo količin 0,2 do 1 tona (na lokaciji je največ 0,5 tone acetilena v jeklenkah) podan rezultat "-" kar v opombah k tabeli 4a (nadaljevanje) pomeni "zanemarljive posledice".

Zaključimo torej lahko, da obravnavana metoda zaradi premajhnih količin ne ocenjuje tveganja.

9. Zaključki

Butan Plin d.d. skladišči in distribuira utekočinjeni naftni plin - UNP. Skupne skladiščne zmogljivosti so preko 2.300 t. Ocena tveganja s tremi metodami je pokazala naslednje:

- Kvantitativna metoda edina omogoča spremljanje izboljšav zaradi izvedenih varnostnih ukrepov. Namreč, v letu 1991 smo izdelali oceno tveganja pri drugačni opremi za izvedbo pretakanja UNP iz železniške cisterne kot je sedaj. Zaradi visokega tveganja smo takrat priporočili zamenjavo opreme oziroma vgraditev fiksne pretakalne roke namesto uporabe gibljive cevi. Vodstvo Butana je izvedlo to zamenjavo in ponovna ocena tveganja je pokazala, kolikšne so pridobitve z vidika varnosti, interpretirane z velikostjo vplivnega območja za posamezne najtežje pričakovane, verjetne in možne dogodke. Spremembe so, da niti za najtežji pričakovani, niti najtežji verjetni dogodek vplivno območje ne presega več območja lokacije. Le za najtežji možen dogodek, ki je ostal nespremenjen (ker zamenjava opreme na pretakališču ni vplivala na skladiščene količine UNP), je ostal identičen. Vplivno območje za ta scenarij, to je eksplozijo oblaka hlapov po izpustu celotne količine UNP iz pokončnega rezervoarja in referenčni nadtlak, pri katerem lahko poči steklo na oknih, je okoli 1700 m. Poškodbe opreme, hiš in posledično ljudi, je pričakovati na razdaljah do nekaj sto metrov.
- Metode IAEA nismo uporabili, ker je bil presežen "prag" njene uporabnosti (zmogljivost Butana je večja). Tako ni bilo možno ugotoviti razlik v tveganju pred in po zamenjavi opreme na pretakališču.
- Metoda SPIRS je uporabna za primerjalno oceno tveganja; pomensko tolmačenje rezultatov v absolutnem smislu ni možno.

Ker smo pri oceni posledic s kvantitativno metodo uporabili GIS sloje o gostoti poseljenosti v vplivnem območju so rezultati podcenjeni, saj v teh slojih ni upoštevana "poseljenost" industrijskih podjetij in servisov, ampak samo stanovalci. Butan Plin d.d. leži v industrijski coni in bi bilo nujno podatke o morebitnem številu žrtev ustrezno novelirati; pridobiti bi morali podatke o številu zaposlenih v dopoldanskem in popoldanskem času po posameznih podjetjih.

10. Priloge

PRILOGA 1 - PROCESNA MERILNO REGULACIJSKA SHEMA

PRILOGA 2 -
SHEMA LOMNO - ZAPORNIH VENTILOV

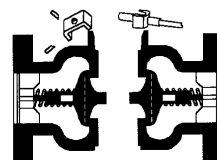
»13« Filler Valves - Vapour Equalizing Valves - Nozzles
Quick-Acting Shut-Off Valves - Couplings- Unloading
Adapters - Safety Breakaway Couplings - Accessories



Safety Breakaway Coupling PN 40, for loading arms, flanges to DIN 2635, entirely of stainless steel, no welds, both valves sealed when separated, disconnecting over pull cable and shear pin mechanism, with inspection certificate 3.1.B to EN 10 204 (DIN 50.049-3.1B)

Type:	A = Viton O-rings for propane / butane (LPG)					
Type:	B = O-rings (PTFE encapsulated) for ammonia (NH ₃)					
Order No.	Order No.	Type	Connection	Length	Material	Weight (kg)
Type A	Type B		DN			
13 171	13 173	ERC 2"	50	200	stainless steel	18,0
13 172	13 174	ERC 3"	80	360	stainless steel	30,0

13 130 Extra charge for TÜV pressure and function test.



Pull Cable Activating Mechanism with Fastening Elements

Order No.	Type
13 181	pull cable length in accordance to project specifications

Spare Parts Kit with Shear Pins and O-Rings

Order No.	Order No.	Type
Type A	Type B	
13 191	13 193	for DN 50
13 192	13 194	for DN 80

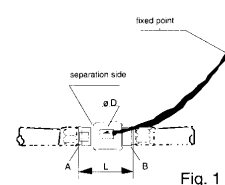


Models with seals suitable for other products are available on request.

Safety Breakaway Coupling for Hoses PN 25, threaded connection with cable release system, breakaway protection for high-pressure LPG hoses used in terminal-side pipework and for loading or off-loading rail and road tankers, both halves sealed when separated, with test report 2.2 to EN 10 204 (DIN 50.049-2.2)

Order No.	Type	Connection A+B	Length L	Material	Weight	Fig.
13 132	A2141A6L	3/4" NPT female	98	steel	0,6	1
13 133	A2141A8L	1" NPT female	115	steel	1,4	1
13 134	A2141A10	1 1/4" NPT female	142	alu	2,2	1
13 135	A2141A16	2" NPT female	363	alu	11,3	1
13 208 ¹⁾	FAS	3/4" NPT female	155	steel	1,2	like 1

13 129 Extra charge for TÜV pressure and function test.



Safety breakaway coupling for hoses LPG 19 with TÜV-type approval

13 105	Walther	3/4" NPT fem.	163	stainless steel	1,3	like 1
--------	---------	---------------	-----	-----------------	-----	--------

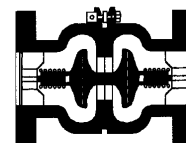
¹⁾ under duty pressure possibility to couple after separation of both halves

Safety Breakaway Coupling for Hoses PN 25, type approval¹⁾, flanges to DIN 2635, entirely of stainless steel, no pressure-containing welds, Viton O-Rings, breakaway protection for high-pressure LPG hoses used for loading or offloading rail and road tankers, both halves sealed when separated, disconnects using 3 breakspades, max. angle of traction 90°, with inspection certificate 3.1.B to EN 10 204 (DIN 50.049-3.1B)

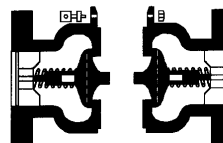
Order No.	Type	Connection DN	Length	Material	Standard breakload ¹⁾	Weight
13 150	APC 1 1/2"	25	163	stainless steel	*	4,0
13 151 ¹⁾	APC 1 1/2"	32	163	stainless steel	6.990 N	5,0
13 152	APC 1 1/2"	40	163	stainless steel	*	6,0
13 153 ¹⁾	APC 2 1/2"	50	200	stainless steel	14.980 N	12,0
13 154 ¹⁾	APC 2 1/2"	65	200	stainless steel	14.980 N	13,0
13 156 ¹⁾	APC 3"	80	360	stainless steel	30.620 N	24,0
13 157	APC 4"	100	340	stainless steel	*	38,0
13 158	APC 4"	125	340	stainless steel	*	45,0
13 159	APC 6"	150	480	stainless steel	*	100,0
13 160	APC 8"	200	640	stainless steel	*	195,0

13 130 Extra charge for TÜV pressure and function test.

13 140 steel safety cable with fastening elements



Both halves mated



Both halves separated

Breakspade Kit with Viton O-Rings

13 161	for DN 25, DN 32 and DN 40 (1 1/2")
13 162	for DN 50 and DN 65 (2 1/2")
13 164	for DN 80 (3")
13 163	for DN 80 (4"), DN 100 and DN 125 (4")
13 165	for DN 150 (6")
13 166	for DN 200 (8")

13 197 Torque wrench with 2 nuts, setting range 4 - 12 Nm

¹⁾ Type approval is only valid during standard pull-off strength (standard breakload) operation, other pull-off strengths are available on request.

* Application form for special installations or customer's specifications are available on request.
Other equipment like fixing with microswitch, respectively mechanical limit switch for supervision of safety breakaway coupling for hoses are available on request. Couplings with ANSI flanges are available on request.

PRILOGA 3 -
SHEMA PRETAKALNE ROKE ZA TEKOČO FAZO

**PRILOGA 4 -
HAZOP ZAPISNIKI**

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
Prečrpavanje plinske faze iz železniške cisterne po gibljivi pretakalni roki za plin	Ni/prenizek pretok	1. Zaprt ventil za polnjenje	1. Ni pretoka v skladiščni rezervoar	1. Predpisan postopek za delo, ročno vodena operacija, nameščeni so lomno zaporni ventili		
				2. Usposabljanje operaterjev, protilomni ventil je blokiran in pripet na tir pod cisterno, možno je še ročno deblokiranje		
				3. Opazovalno okno na cevovodu za tekočo fazo		
				4. Dihalni aparat je na razpolago		
				5. Ventili za plinsko fazo so locirani blizu		
		2. Poškodovana povezava - pretakalna roka, oziroma aktiviran lomno zaporni ventil ali protilomni ventil	1. Izpust vnetljive snovi na tla, možen vžig/eksplozija ali poškodba operaterja (le v primeru poškodbe pretakalne roke)	1. skrajno malo verjetno zaradi robustne izvedbe pretakalnik rok in vgrajenih lomno zapornih ventilov		
				2. Zaporni ventili so locirani zelo blizu		
				3. Predpisan postopek dela, enako kot za vzrok 1		
		3. Odprt ventil na vzporedni cevi za polnjenje	1. Izpust vnetljive snovi na tla, možen vžig/eksplozija ali poškodba operaterja	1. lomno zaporni ventil pri vzporedni polnilni cevi		
				2. Ročna operacija, enako kot za vzrok 1		
		4. Odpoved kompresorja	1. kot za vzrok 1	1. Vzdrževanje kompresorjev		
				2. Kot za vzrok 1		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
		5. Železniška cisterna je prazna	1. Zelo malo verjetno			
		6. Zamašen cevovod	1. Kot za vzrok 1	1. V UNP ni trdnih snovi, zelo malo verjetno		
	Pretok v obratni smeri	1. Odprta vzporedna povezava za polnjenje, enako kot za operacijo 1	1. Izpust vnetljive snovi na tla, možen vžig/eksplozija ali poškodba operaterja	1. Predpisan postopek za delo, ročno vodena operacija in usposabljanje operaterjev. Vedno priključena samo ena pretakalna roka		
				2. Ventili so blizu (medseboj), vizuelni in slišni nadzor		
		2. Povišan tlak v žel. cisterni	1. Sistem se lahko prazni skozi kompresor			
	Večji pretok	1. Istočasno delujeta dva kompresorja	1. Hitrejše praznenje vsebine žel. cisterne	1. Zaradi ustreznega načrtovanja opreme ni povečanega tlaka		
	Večji tlak	1. Med obratovanjem kompresor-ja/jev je zaprt ventil do žel. cisterne	1. Možen previsok tlak	1. Varnostni ventil pri kompresorju		
				2. Nazivni pritisk na varnostnem ventilu žel. cisterne je večji kot za varnostni ventil pri kompresorju		
				3. Ročna operacija, predpisan postopek dela		
		2. Povišana temperatura okolice	1. Cevovod je pod zemljo, pregrevanje ni verjetno	1. Operaterji preverjajo pritisk v posodah. V primeru da pritisk naraste nad 12 barov, se uporablja hlajenje z vodo		
			2. Kot za vzrok 1	2. Kot za vzrok 1		
		3. Zamašen cevovod, kot za operacijo 1, zelo malo verjetno				

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
	Nizek tlak	1. Podtlak (sesanje) se uporablja za končno praznjenje cisterne	1. Možen podtlak v cisterni	1. Kompressor lahko sesa največ do tlačne razlike 2 bara (plin), operater ga nadzira, tudi ob daljšem sesanju zaradi varne konstrukcije ne bo ustvaril vakuumu		
	Povišana temperatura	1. Visoka temperatura okolice ali požar	1. Možen previsok tlak	1. Varnostni izpust na žel. cisterni upošteva povišano temperaturo okolice in požar		
	Nizka temperatura	1. Nizka temperatura okolice	1. Obratovanje ni ogroženo, možno zmrzovanje v hladilnem sistemu z vodo. V primeru požara ni vode.	1. Protipožarni sistemi so v pripravljenosti, cevi so suhe (prazne)		
	Kontaminacija	1. Voda v plinu	1. Nizke temperature lahko povzročijo zmrzovanje v ventilih	1. Dodajajo lahko propilen glikol za preprečevanje zmrzovanja		
	Vdor kisika	1. Zrak v gibljivi cevi pred začetkom prečrpavanja	1. Vdor kisika, možen požar/eksplozija	1. Manjša količina zraka se razredči z večjo količino plina		
				2. Ni virov vžiga - na lokaciji je prepovedano kajenje; oprema je eksplozijsko varna (Ex)		
	Korozija	1. Kontaminacija plina (voda, kovinski prah in umazanija)	1. Korozija cevovodov	1. Periodično preverjanje debeline sten cevovodov		
				2. Preizkusi (na tlak in puščanje) podzemnih cevovodov vsakih 5 let		
	Izpust vsebine	1. Poškodovana pretakalna roka, ali pomotoma odprt ventil, glej enako kot da ni pretoka				
	Izpad podpornih sistemov	1. Izpad vodovoda	1. Izpad hladilne in gasilne vode	1. Lokacija je priključena na vodovod mesta, izpad ni verjeten		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
		2. Izpad el. energije	1. Zaustavitev kompresorjev in pretakanja	1. Razmisliti o rezervnem dizelskem napajanju za potrebe hlajenja z vodo	Razmisliti o rezervnem dizelskem napajanju za potrebe hlajenja z vodo	Butan
			2. Izpad črpalk za vodno hlajenje vertikalnih rezervoarjev			
	Statične razelektritve	1. Praznjenje električnih nabojev	1. Možen požar/eksplozija	1. Cevovod je ozemljen in ozemljitev preverjena vsako leto		
	Varnost pri delu	1. Delo s plinom je potencialno nevarno	1. Možna nesreča, če zaposleni niso usposobljeni za svoje delo	1. Vsako leto se izvajajo medicinski pregledi delavcev ki delajo pri pretovarjanju plina, z namenom preverjanja zmožnosti/primernosti za delo		
				2. Usposabljanje in delovni postopki		
	Usposabljanje	1. Tvegana dejavnost, operaterji morajo biti usposobljeni	1. Možna nesreča/poškodba, če zaposleni niso ustrezno usposobljeni	1. Operaterji imajo zunanja ponovitvena usposabljanja in preverjanja o raztovarjanju tlačnih posod vsakih 5 let		
				2. Interna usposabljanja operaterjev se izvajajo vsaki 2 leti, kar vsebuje splošne varnostne ukrepe, delo z nevarnimi snovmi in gašenje požarov		
				3. Novo zaposleni morajo praviti usposabljanje pred začetkom dela s plinom		
	Požar/ eksplozija	1. Obdelano v študiji o tveganjih za večje nesreče na lokaciji				
	Vplivi na okolje	1. Izpusti butana med natovarjanjem/ raztovarjanjem plina	1. Izpusti plina v atmosfero nimajo večjih vplivov na okolje			

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
		2. Delo na lokaciji povzroča hrup	1. Možne motnje na okolico zaradi hrupa	1. Industrijska cona, v bližini ni stanovanjskih objektov. Bližnji industrijski objekti povzročajo hrup.		
		3. Poškodovane jeklenke za UNP, ki niso več uporabne	1. Nastajanje odpadkov	1. Izvržene jeklenke odvažajo trgovec s starim železom za recikliranje		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
Prečrpavanje tekoče faze iz železniške cisterne v skladiščni rezervoar (vertikalni ali horizontalni)	Ni/prenizek pretok	1. Zaprt ventil za polnjenje	1. Ni pretoka v skladiščni rezervoar	1. Predpisan postopek za delo, ročno vodena operacija		
			2. Povišan tlak v žel. cisterni, kot za operacijo 1	2. Usposabljanje operaterjev		
				3. Opazovalno okno na cevovodu za tekočo fazo		
		2. Izpad črpalke	1. Ni pretoka v skladiščni rezervoar, kot za operacijo 1	1. Opazovalno okno, osebni nadzor, predpisan postopek za delo		
		3. Zaprt ventil na črpalci	1. Kot za vzrok 1	1. Kot za vzrok 1		
		4. Poškodba cevovoda/pretakalne roke, ali aktiviran lomno zaporni ventil, ali protilomni ventil	1. Izpust vnetljive snovi na tla ali v atmosfero (le v primeru poškodbe pretakalne roke)	1. zelo malo verjetno zaradi mehanskih lastnosti pretakalne roke in vgrajenega lomno zapornega ventila		
		5. Odpoved kompresorja	1. Enako kot za "ni pretoka" za operacijo 1			
		6. Delno odprt ventil za plinsko fazo	1. Nizek pretok v rezervoar, daljši čas			

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
			polnjenja. Ni težav.			
		7. Zamašen filter/cedilo	1. Kot za vzrok 1	1. Filter se redno čisti in preverja		
		8. Zamašitev cevovoda ni verjetna				
	Pretok v obratni smeri	1. Odprta vzporedna povezava za polnjenje	1. Izpust vnetljive snovi, možen vžig/eksplozija	1. Ročno nadzorovan postopek, kot za operacijo 1		
				2. Vgrajen protilomni ventil, vgrajeni lomno zaporni ventili		
				3. Vse linije so blokirane/izolirane za vzdrževanje		
		2. Žel. cisterna je prazna	1. Plinska faza v cevovodu za tekočo fazo, možna kavitacija črpalke in poškodbe	1. Ročno nadzorovan postopek, operaterji opazujejo okenca glede prisotnosti plinskih mehurjev		
		3. Odprt ventil do napačne posode-rezervoarja	1. Polnjenje napačne posode	1. Ročno voden postopek. Operater odpre ventil pred ustrezno posodo. Usposabljanje operaterjev.		
				2. Vse linije so blokirane/izolirane za vzdrževanje		
	Prevelik pretok	1. Istočasno vklopljena oba kompresorja, kot za operacijo 1				
		2. Istočasno vklopljeni obe črpalke	1. Črpalke so ustrezno zalite na sesalni strani			
	Prevelik tlak	1. Zaporedno vklopljeni obe črpalke	2. Povišan tlak v sistemu	1. Črpalke se ne da vezati zaporedno, le vzporedno		
		2. Povišana temperatura okolice	3. Povišan tlak v cevovodu	1. Cevovod ima varnostne ventile med vstopno/izstopnimi ventili		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
		3. Črpalka deluje ob popolnoma zaprtem izstopnem ventilu	4. Povišan tlak v črpalki	1. Poskrbljeno za ustrezno varovanje (najvišji tlak črpalke je vsaj 13 barov)		
			5. Ob prenapolnitvi kateregakoli rezervoarja ali previsokem tlaku se odpre varnostni ventil na tlačni strani črpalke; izpust pa je napeljan v rezervoar 7	ročno preverjanje nivoja v rezervoarjih	razmisliti o varovanju pred visokim nivojem (izklop črpalke), o največjem tlaku črpake (preveriti karakteristiko), o napeljavi izpusta varnostenga ventila na črpalki v poseben rezervoar	Butan
	Nizek tlak	1. Okvara črpake, kot za "ni pretoka"	1. Daljši čas prečrpavanja, ni drugih posledic			
	Višja temperatura	1. Tekoča faza ujeta v črpalki	1. Pregrevanje črpalke lahko povzroči pregrevanje tekočine, poškodbe črpalke in izpust medija skozi varnostni ventil	1. Ročno nadzorovana operacija, navodila za delo, usposabljanje operaterjev		
				2. Opazovalno okno		
	Nizka temperatura	1. Nizka temperatura okolice, kot za operacijo 1				
	Varnostni ventili ne delujejo	1. Vzdrževanje varnostnih ventilov	1. Možen previsok tlak, če odpovejo varnostni ventili	1. Varnostni ventili se pregledujejo vsako leto na posodah, na cevovodih pa vsakih 5 let. Varnostni ventili so poceni in se redno zamenjujejo		
	Instrumentacija	1. Črpalke so opremljene z manometri				
	Redundantnost	1. Odpoved črpalke	1. Odpoved večkratne opreme	1. Za prečrpavanje so na razpolago tri črpalke		
	Korozija	1. Korozija, kot za operacijo 1				

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
	Vzdrževanje /čiščenje	1. Osamitev (blokada) cevovodov pred vzdrževanjem /čiščenjem	1. Možen izpust vnetljive snovi, poškodba operaterja, požar v primeru vžiga	1. Prepihanje linije z dušikom po osamitvi za vzdrževanje, prav tako pred ponovnim polnjenjem linije z UNP		
	Statične razelektritve	1. Iskrenje	1. Možen požar/eksplozija	1. Oprema in cevovodi so ozemljeni		
	Varnost pri delu	1. Vzdrževanje črpalke v jami na terenu	1. Nabiranje plina v jami, možne poškodbe operaterjev, vnetljiv in zadušljiv plin	1. Koncentracijo plina preverjajo z ročnimi detektorji		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
Horizontalni skladišni rezervoar in cevovod do njega	Ni/prenizek pretok	1. Rezervoar-posoda je prazna	1. Ni pretoka do črpalke, polnitev jeklenk ni možna	1. Postopek polnjenja je ročen in predpisan. Operaterji lahko ročno ustavijo postopek v obratu za polnjenje.		
			2. Vdor plina v črpalko za tekočo fazo, možne poškodbe črpalke. V preteklosti ni bilo težav s kavitacijo črpalk zaradi praznega cevovoda.			
		2. Zaprt izstopni ventil	1. Izstopni ventil na tlačni strani črpalke popolnoma zaprt, možno pregrevanje črpalke	1. Cevovod mimo črpalke		
		3. Odpoved črpalke	1. Ni pretoka iz črpalke, polnjenje jeklenk ni možno			
		4. Poškodba cevovoda	1. Kot pri operaciji 1	1. Cevovod je speljan pod zemljo, poškodbe niso verjetne		
			2. Izpust vnetljive snovi na tla, možen			

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
			požar/eksplozija v primeru vžiga			
		5. Zamašitev v cevovodu, zelo malo verjetno				
		6. Ventil ni popolnoma odprt	1. Počasnejše polnjenje, ni problema			
	Pretok v obratni smeri	1. Prenapolnjen rezervoar/posoda	1. Možen vdor tekoče faze v cevovod za plinsko fazo vezan na kompresorje	1. Kompresorji imajo lovilce tekoče faze. Kompresorji bi se v primeru vdora tekoče faze izklopili		
	Prevelik pretok	1. Polnilni vrtiljak za jeklenke je odprt, vstop v posodo zaprt med polnjenjem posode	1. Prečrpavanje tekoče faze direktno v stroj za polnjenje jeklenk, mimo vmesnega rezervoarja	1. Ventili na polnilni liniji so zaprti, razen med delovanjem		
				2. Ročno vodena operacija, operaterji bi hitro opazili napako		
	Povišan tlak	1. Povišana temperatura okolice ali požar	1. Možen previsok tlak v posodi	1. Varnostni ventil na posodi		
				2. Posoda ima manometer		
	Povišana temperatura	1. Visoka temperatura okolice ali požar, kot za povišan tlak	1. Možen previsok tlak v posodi	1. Posoda ima varnostni ventil		
				2. Posode imajo manometer		
				3. Posode lahko hladimo s hladilno ali požarno vodo. Hladilni sistem vklopijo ročno, ko osebje opazi previsok tlak		
	Visok nivo	1. Zaprt ventil na steklenem nivokazu, napačno odčitano nivo	1. Možna prenapolnitev posode	1. Ventili na steklenih nivokazih so vedno odprti		
				2. Ročno voden postopek, predpisan postopek preverjanja		
			2. Možno aktiviranje varnostnih ventilov (izpust tekoče faze)	2. Ročno voden postopek, predpisan postopek preverjanja		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
	Varnostni ventili	1. Prevelik tlak v posodi	1. Potrebna razbremenitev (posoda napolnjena nad 85% prostornine)	1. Posode imajo tri varnostne ventile, kar omogoča vzdrževanje, ipd.		
			2. Možno aktiviranje varnostnih ventilov (izpust tekoče faze)	2. Ročno voden postopek, predpisan postopek preverjanja		
	Izpust vsebine	1. Katastrofalni izpust celotne vsebine posode	1. Izpust vnetljive/eksplozivne snovi	1. Preverjanje stanja tlačnih posod (rezervoarjev) glede korozije in korozijske zaščite vsakih 5 let, kar izvaja inšpekcija v okviru Ministrstva za gospodarske dejavnosti		
				2. Med pregledi stanja posod preverjajo tudi debelino sten		
				3. Vsakih 6 mesecev se pregleduje izgled zunanjih površin		
	Vzdrževanje /čiščenje	1. Nabiranje umazanije na steklenih nivokazih	1. Možno napačno odčitavanje nivoja tekoče faze v posodi in njena prenapolnitev	1. Ventili na steklenih nivokazih omogočajo čiščenje in vzdrževanje	Dodati med predpisane postopke vzdrževanja tudi čiščenje nivokazov	Butan
	Varnost	1. Vstop osebja v posode med pregledovanjem	1. Možno izpostavljenost osebja z zadušljivim plinom ali možen požar/eksplozija	1. Predpisan je postopek za pričetek in zaključek dela pri začasnih zaustavitvah in vstopanju v posode, ipd.		

Operacija	Odstopanje	Vzrok	Posledice	Sedanji varnostni ukrepi	Ukrepi-priporočila	Odgovornost
Polnjenje avtocisterne	Ni/prenizek pretok	1. Zaprt ventil za polnjenje	1. Ni pretoka v avtocisterno (AC)	1. Predpisan postopek za delo, ročno vodena operacija		
			2. Povišan tlak v AC, kot za operacijo 1	2. Usposabljanje operaterjev		
				3. Opazovalno okno na cevovodu za tekočo fazo		
		2. Izpad črpalke	1. Ni pretoka v AC, kot za operacijo 1	1. Opazovalno okno, osebni nadzor, predpisan postopek za delo		
		3. Zaprt ventil na črpalci	1. Kot za vzrok 1	1. Kot za vzrok 1		
		4. Poškodba gibljive cevi (bodisi za tekočo ali plinasto fazo), ali aktiviran lomno zaporni ventil, ali protilomni ventil	1. Izpust vnetljive snovi na tla ali v atmosfero (le v primeru poškodbe gibljive cevi)	1. malo verjetno zaradi vgrajenega lomno zapornega ventila in protilomnega ventila	Preveriti možnosti za zamenjavo gibljivih cevi s pretakalnimi rokami	Butan
		5. Odpoved kompresorja	1. Enako kot za "ni pretoka" za operacijo 1			
		6. Delno odprt ventil za plinsko fazo	1. Nizek pretoka v AC, daljši čas polnjenja. Ni težav.			
		7. Zamašen filter/cedilo	1. Kot za vzrok 1	1. Filter se redno čisti in preverja		
		8. Zamašitev cevovoda ni verjetna				
	Pretok v obratni smeri	1. Odprta vzporedna povezava za polnjenje	1. Izpust vnetljive snovi, možen vžig/eksplozija	1. Ročno nadzorovan postopek, kot za operacijo 1		
				2. Vgrajen protilomni ventil, vgrajeni lomno zaporni ventili		
				3. Vse linije so blokirane/izolirane za vzdrževanje		
		2. Izvorni rezervoar je prazen	1. Plinska faza v cevovodu za tekočo fazo, možna kavitacija črpalke in	1. Ročno nadzorovan postopek, operaterji opazujejo okenca glede prisotnosti plinskih		

			poškodbe	mehurjev		
		3. Odprt ventil do napačne posode-rezervoarja	1. AC se ne polni	1. Ročno voden postopek. Operater odpre ventil pred ustrezno posodo. Usposabljanje operaterjev.		
	Prevelik pretok	1. Istočasno vklopljena oba kompresorja, kot za operacijo 1	1. Črpalke so ustrezno zalite na sesalni strani			
		2. Istočasno vklopljeni obe črpalke				
	Prevelik tlak	1. Zaporedno vklopljeni obe črpalke	1. Povišan tlak v sistemu	1. Črpalke se ne da vezati zaporedno, le vzporedno		
		2. Povišana temperatura okolice	1. Povišan tlak v cevovodu	1. Cevovod ima varnostne ventile med vstopno/izstopnimi ventili		
		3. Črpalke deluje ob popolnoma zaprtem izstopnem ventilu	1. Povišan tlak v črpalke	1. Poskrbljeno za ustrezno varovanje (najvišji tlak črpalke je 16 barov)		
	Nizek tlak	1. Okvara črpalke, kot za "ni pretoka"	1. Daljši čas prečrpavanja, ni drugih posledic			
	Višja temperatura	1. Tekoča faza ujeta v črpalke	1. Pregrevanje črpalke lahko povzroči pregrevanje tekočine, poškodbe črpalke in izpuščaji medija skozi varnostni ventil	1. Ročno nadzorovana operacija, navodila za delo, usposabljanje operaterjev		
				2. Opazovalno okno		
	Nizka temperatura	1. Nizka temperatura okolice, kot za operacijo 1				
	Varnostni ventili ne delujejo	1. Vzdrževanje varnostnih ventilov	1. Možen previsok tlak, če odpovejo varnostni ventili	1. Varnostni ventili se pregledujejo vsako leto na posodah, na cevovodih pa vsakih 5 let. Varnostni ventili so poceni in se redno zamenjujejo		

	Instrumentacija	1. Črpalke so opremljene z manometri				
	Redundantnost	1. Odpoved črpalke	1. Odpoved večkratne opreme	1. Za prečrpavanje so na razpolago tri črpalke		
	Korozija	1. Korozija, kot za operacijo 1				
	Vzdrževanje /čiščenje	1. Osamitev (blokada) cevovodov pred vzdrževanjem /čiščenjem	1. Možen izpust vnetljive snovi, poškodba operaterja, požar v primeru vžiga	1. Prepihanje linije z dušikom po osamitvi za vzdrževanje, prav tako pred ponovnim polnjenjem linije z UNP		
	Statične razelektritve	1. Iskrenje	1. Možen požar/eksplozija	1. Oprema in cevovodi so ozemljeni		
	Varnost pri delu	1. Vzdrževanje črpalke v jami na terenu	1. Nabiranje plina v jami, možne poškodbe operaterjev, vnetljiv in zadušljiv plin	1. Koncentracijo plina preverjajo z ročnimi detektorji		

PRILOGA 5 -
PREGLED PODATKOV O NESREČAH PRI DELU

Zap. št.	Priimek ime datum rojstva	Poklic	Datum in ura nezgode	Kraj nezgode Doba zaposlitve na tem delu	Kdaj je nezgoda prijavljena zdravniku	Kratek opis nezgode vir poškodbe vzrok poškodbe	Izguba delovnih dni zaradi nezgode	Pripombe
1.		Transp.del.	23.1.1991 12.00	Prod. mesto Dol pri Ljubljani	24.1.1991 H. Gvardjančič urgentni blok	Pri nakladanju jeklenk, se je jeklenka zakotalila in pri tem poškodovala sredinec leve roke.	24.1.1991 Bolniška	
2.		Transp.del.	18.2.1991 10.30	Verovškova 59	urgentni blok	Pri nakladanju 10 kg jeklenke, je delavcu spodrsnilo in jeklenka je padla na levo stran boka ter poškodovala rebra.		
3.		Polnilec jeklenk	20.4.1991 8.00	Verovškova 59		Pri žigosanju 35 jeklenke je odletel kos žiga in poškodoval desno golen.		
4.		Transp.del.	29.4.1991 10.00	Verovškova 59	ZD Železniški dom	Pri nakladanju 10 kg TNP jeklenke, je ta padla in poškodovala desno nogo – gleženj.		
5.		Del. v preizkš.	22.5.1991 16.45	Verovškova ulica	23.5.1991 Urgentni blok UKC	Pri vožnji z dostavnim avtomobilom je pri parkiranju zadela z glavo v prgradno steno.		
6.		Transp.del.						
7.		Polnilec TNP	6.7.1991 11.00	Verovškova 59		Pri polnjenju 10 kg TNP jeklenke, je po odvitju ventila odletel kovinski delec v levo oko.		
8.		Prodaja TNP in AP	19.7.1991 16.30	Verovškova 70	19.7.1991 UKC - Lj	Pri vožnji z roč. mot. Viličarjem z prod. mesta v skladišče je viličar delavcu stisnil levo nogo (mavec)		
9.		Delavec v polnilnici	9.1. 1992 5.30	Pot v službo, Zg. Log pri Litiji.	10.1.1992 ZD Litija Dr. Ptičel Tanja	Na poti v službo zablokiralo zadnje levo kolo.		
10.		Kontrola polnjenja	15.6.1992 8.00	Verovškova 59	15.6.1992 Urgenti blok KC	Pri mimohodu v delavnici, je od brušenja padel tujek v levo oko.	16.6.1992- 19.6.1992 Bolniška	
11.		prod. TNP	14.7.1992 8.30	Trgovina Verovškova 70	14.7.1992 UKC - urgencia	Pri popravljanju roč. viličarja je udarila ročka za dvig tovora, pošk. gleženj leve noge.	14.7.1992 Bolniška	
12.		Polnilec TNP	25.9.1992 13.00	Polnilnica Verovškova 70	Ž.G. Železniška ambulantna	Pri nakladanju jeklenke je prišlo do poškodbe hrbtenice		
13.		Prodajalec teh.	5.10.1992	Trgovina Verovškova	UKC – urgentni	Pri vzemanju materiala v skladišču		

Zap. št.	Priimek ime datum rojstva	Poklic	Datum in ura nezgode	Kraj nezgode Doba zaposlitve na tem delu	Kdaj je nezgoda prijavljena zdravniku	Kratek opis nezgode vir poškodbe vzrok poškodbe	Izguba delovnih dni zaradi nezgode	Pripombe
		<i>materiala</i>		<i>70</i>	<i>blok</i>	je delavcu na lestvi spodrsnilo, je padel in si poškodoval hrbtenico		
14.		Transp.del.	26.11.1992	<i>Obrat Verovškova</i>	Obisk zdravnika obratu nato ortopedska klinika	Pri nakladanju jeklenk na kamion, delavca zagrabilo v križu, blokada hrbtenice.		
15.		<i>Sam. kont. b. p.</i>	26.11.1992 13.00	<i>Servis Verovškova 70</i>	UKC – urgentni blok	Pri iztopu iz služ. vozila je delavcu spodrsnilo in poškodoval si je nogo – gleženj (mavec).		
16.		<i>Voznik kamiona (II) voznik mot. vozil</i>	24.2.1993 11.00	<i>11 let</i>	<i>dr. Marinko Grzanič bolnišnica Izola 26.2.93</i>	Pri nakladanju polnih jeklenk na kamion se je jeklenka zvrnila, delavec je padec jeklenke skušal preprečiti, pri tem pa si je poškodoval dlan.		
17.		Transp.del. II	5.8.1993 8.30	<i>22 let</i>	<i>dr. Puš Helena ZD ZG Ljubljana</i>	Poškodba je nastala pri postavljanju kontejnerja TNP, vsled premočnega pritiska na vzvod.		
18.						Pri sestopu z nakladalne rampe si je delavec poškodoval koleno.		
19.			30.9.1993 13.40	<i>Loka, občina Sevnica</i>	<i>dr. Grabeljšek Božidar</i>	Nezgoda je posledica prometne nezgode pri čemer je tovornjak zapeljal s cestišča in se prevrnil na železniško progo.		Vzrok nezgode še ni pojasnjen
20.		<i>Voznik kamiona</i>	30.9.1993 13.40	Loka, občina Sevnica	dr. Grabeljšek Božidar	Nezgoda je posledica prometne nezgode pri čemer je tovornjak zapeljal s cestišča in se prevrnil na železniško progo.		Vzrok nezgode še ni pojasnjen
21.		<i>Trans. delavec</i>	15.10.1993 10.00	<i>20 let</i>	dr. Nevenka Dolenc ZD Kamnik 19.10.1993	Pri razkladanju jeklenk je delavec skočil iz kamiona in si pri tem poškodoval levo koleno.		
22.		<i>Vodilni monter</i>	25.10.1993 10.00	<i>Dolgi most (tenis center) LJ</i>				
23.		Vodilni monter	29.10.1993 11.00	<i>Hruševo p. Dobrova</i>				
24.		<i>Voznik kamiona</i>	22.11.1993 8.30	<i>Vodice nad Ljubljano</i>				

Zap. št.	Priimek ime datum rojstva	Poklic	Datum in ura nezgode	Kraj nezgode Doba zaposlitve na tem delu	Kdaj je nezgoda prijavljena zdravniku	Kratek opis nezgode vir poškodbe vzrok poškodbe	Izguba delovnih dni zaradi nezgode	Pripombe
25.		Vodja obrata Kranj	24.12.1993 14.30	Trboje				
26.		Voznik kamiona	29.12.1993 10.30					
27.		Voznik kamiona I	12.1.1994 11.30	Logatec				
28.		Delavec na vzdrževanju	27.1.1994 8.30	Ljubljana Verovškova				
29.		Delavec v polnilnici	15.2.1994 15.30					
30.		Sam. monter						
31.		Voznik kamiona						
32.		Voznik kamiona						
33.		Prod. TNA						
34.		Sam. monter						
35.		Prečlp. TNA	7.3.1995 17.00	Obrat Verovškova 59 15 let	Urgentni blok KC	Pri dviganju palete je delavcu spodrsnilo in paleta je padla na tla in delavcu poškodovala levo nogo.		
36.		Del. v preiz.	2.8.1995 12.40	Preizkušanje jeklenk	Urgentni blok KC	Pri odvijanju ventila na gasilniku S6 je na pripravi ventila aktiviral ročico in si pri tem poškodoval kazal. in sred. na desni roki.		
37.		Blagajnič. v obratu Kranj	28.10.1995	Obrat Kranj	ZD Ljubljana dr. Tišar Vida	Delavka je hotela zapreti vhodna vrata, pri tem pa so jo vrata udarila v desno nogo.		
38.		Vodja avtoparka	5.12.1995	Distribucija v Zalogu	ZD Železniški dom	Pri izstopanju iz službenega avtomobila, je delavcu spodrsnilo in poškodoval si je desno nogo.		
39.		Vodja proizvodnje	13.12.1995 6.00	Obrat Verovškova 59	ZD Železniški dom dr. Helena Puš	Delavcu je na parkirišču spodrsnilo, je padel in si poškodoval levo koleno.		
40.		Delavec v polnilnici	5.3.1996 4.55	Avtobusna p. LPP Fužine	6.3.1996 Urgenca UKC	Na poti v službo je delavcu spodrsnilo, poškodoval si je gleženj desne noge.	Od 6.3.1996 dalje v bolniškem staležu.	
41.		Voznik viličarja	19.3.1996	Brinje	19.3.1996	Na poti v službo z avtomobilom	Od 19.3.1996	

Zap. št.	<i>Priimek ime datum rojstva</i>	Poklic	<i>Datum in ura nezgode</i>	Kraj nezgode Doba zaposlitve na tem delu	Kdaj je nezgoda prijavljena zdravniku	<i>Kratek opis nezgode vir poškodbe vzrok poškodbe</i>	Izguba delovnih dni zaradi nezgode	<i>Pripombe</i>
					Urgenca UKC	zadel drug avto in si poškodoval desno roko.	dalje v bolniškem staležu.	
42.		Trans. delavec	21.5.1996 12.00	Šmartno pri Litiji	22.5.1996 Žel. ZD dr. Puš Helena	Pri sestopu iz kamiona si je delavec poškodoval desni gleženj.	Od 8.7.1996 dalje v bolniškem staležu.	
43.		Delavec v polnilnici	4.7.1996 11.00	Polnilnica Verovškova 59	3.7.1996 ZD Litija	Pri odklapanju jeklenke je delavcu stisnilo desno stopalo med paletu in napravo.		
44.		Trans. delavec	10.7.1996 10.00	Kvedrova 5, Lj.	10.7.1996 Žel. ZD dr. Puš Helena	Pri sestopu po stopnicah si je delavec poškodoval desni gleženj.	Od 10.7.1996 dalje v bolniškem staležu.	
45.		Preiz. jeklenk	5.8.1996 9.00	Verovškova 59 testirnica	5.8.1996 Urgenca Ukc	Pri žigosanju jeklenk je odletel drobec in delavcu poškodoval levo oko.	Od 5.8.1996 dalje v bolniškem staležu.	
46.		Pred. TNP in TP	13.9.1996 10.30	Sava Kranj	Bolnica Jesenice 15.9.1996 dr. Terčan	Pri razkladanju jeklenke kisika, je ta padla delavcu na desno nogo in mu poškodovala tri prste.	Bolniška od 16.9.1996	
47.		Sam. komercialist	8.10.1996 13.00	Celovška križišče	9.10.1996 ZD Kranj enota Stražišče	Na poti iz službe je delavec vozil os.avto, neznani voznik mu je zaprl pot, da pa se mu je ognil se je zaletel v avtobus LPP.	8.11 1996 Bolniška	
48.		Dost. jeklenk	12.11.1996 13.00	Petrol, Dolenjska cesta 70	13.11.1996 Žel. ZD dr. Puš Helena	Pri nakladanju jeklenk na kamion, je padla jeklenka in delavcu poškodovala levo nogo.	13.11.1996 bolniška	
49.		Preiz. jeklenk	20.11.1996 11.00	Verovškova 59 Preizkuševalnica	20.11.1996 KC – očesna klinika	Pri žigosanju jeklenk je odletel drobec in delavcu poškodoval desno oko.	V bolniškem staležu 20 dni.	
50.		Voznik mot. vozil	13.2.1997 13.00	ul. Majde Vrhovnik Šiška	14.2.1997 Ukc – urgentni blok	Pri izstopu iz kabine vozila padel in si zlomil 6,7 rebro.	14.2.1997 dalje bolniška	
51.		Trans. delavec						
52.		Kontrola polnjenja	21.4.1997 6.30	Polnilnica Verovškova 59	21.4.1997 ZD Škofljica	Pri popravilu polnilnega avtomata je prišlo do poškodbe palca na desni roki.		
53.		Pokl. gasilec	5.5.1997 12.30	Račje selo	12.5.1997 ZD Vodice	Pri sestopu z lestve se je delavcu zasadil lesen tujek v palec desne	Bolniška 12.5.1997	

Zap. št.	Priimek ime datum rojstva	Poklic	Datum in ura nezgode	Kraj nezgode Doba zaposlitve na tem delu	Kdaj je nezgoda prijavljena zdravniku	Kratek opis nezgode vir poškodbe vzrok poškodbe	Izguba delovnih dni zaradi nezgode	Pripombe
						roke.		
54.		Voznik mot. vozil	1.7.1997 13.00	Petrol Moravče	2.7.1997 Ukc – urgentni blok	Pri raztovarjanju jeklenk TNP je 10 kg jeklenka padla in poškodovala prst leve noge.	2.7.1997 bolniška	
55.		Delavec na preiz. jeklenk	25.7.1997 9.30	Polnilnica Lj. Verovškova	25.7.1997 Ukc – urgentni blok	Pri dvigovanju palete za jeklenke je prišlo do odpusta letve, jeklenka je padla in delavcu poškodovala palec leve noge.	25.7.1997 bolniška	
56.		Voznik mot. vozil	14.1.1998 8.00	Petrol Tržaška c.	14.1.1998 ob 14.53 KC-urgentni blok	Pri razkladanju jeklenk z kamiona se je ena od jeklenk prevrnila in delavcu poškodovala prstanec desne roke	15.1.1998 bolniška	
57.		trgovec	24.12.1998 17.30 redni del. čas	Butan plin trgovina 5-9 let	24.12.1998 KC-urgentni blok	Pri prevozu vozička z jeklenko tehn. Plinov je delavcu na poledeneli podlagi spodrsnilo in jeklenka mu je padla na levo nogo.	Bolniška 29.12.1998- 23.1.1999	
58.		trgovec				Kasnejša operacija zaradi iste nezgode.	Bolniška 7.6.1999- 12.6.1999 Izraba dopusta 13.6.1999- 30.6.1999 Bolniška 1.7.1999- 31.8.1999	
59.		Voznik kamiona poklicni šofer (IV)	12.2.1999 10.00 redni del. čas	Obrat Kranj 10 let	12.2.1999 OE ZD Kranj dr. Alenka Pegam (4656)	Predmet: jeklenka m=80 kg. Pri razkladanju jeklenk je prišlo do poškodbe desnega ramena. Nezgoda pri delu.	40 Bolniški stalež od 12.2.1999 - 10.4.1999	
60.		Ključavničar (vzdrževalec)	18.2.1999 10.00 redni del. čas	Obrat LJ cca. 10 let	19.2.1999 osebni zdravnik Spl. amb. Podpeč, Jezero 1 dr. Igor Gabriel (5733)	Predmet: etui za očala. Z etuijem očal si je ponesreči poškodoval oko.	15 Bolniški stalež od 19.2.1999 - 12.3.1999	
61.		Voznik	19.5.1999	Obrat Kranj	21.5.1999 osebni	Padec predmeta: pri ročnem	24	

Zap. št.	Priimek ime datum rojstva	Poklic	Datum in ura nezgode	Kraj nezgode Doba zaposlitve na tem delu	Kdaj je nezgoda prijavljena zdravniku	Kratek opis nezgode vir poškodbe vzrok poškodbe	Izguba delovnih dni zaradi nezgode	Pripombe
		<i>tovornjaka - skladiščnik</i>	11.00 redni del. čas	<i>cca. 4 leta</i>	<i>zdravnik ZD Kranj, Zdr. Postaja- Stražišče dr. Jožefa Jeraj (4458)</i>	prevozu jeklenk za gospodinjstvo so se delavcu le te prevrnile na hrbet in vrat. Vzrok: prehitel premik roč. viličarja z maso 480 kg.	<i>Bolniški stalež od 21.5.1999 - 19.6.1999</i>	
62.		<i>Delavec- skladiščnik</i>	3.6.1999 10.00 redni del. čas	<i>Polnilnica Lj. cca. 4 leta</i>	<i>8.6.1999 os. zdr. ga. dr. Puš ŽZD</i>	Predmet: jeklenka m=23 kg. Pri razkladanju jeklenke se je le ta prevrnila na sprednji del stopala leve noge. Vzrok: nepazljivost	14 Bolniški stalež od 8.6.1999 - 26.6.1999	
63.		Delavec v proizvodnji	16.6.1999 8.00 redni del. čas	Polnilnica Ljubljana cca. 1 leto	16.6.1999 os. zdr. ga. dr. Puš ŽZD	Predmet: jeklenka m=23 kg. Pri raztovarjanju jeklenk s tekočega traku si je delavec poškodoval zapestje leve roke.	10 Bolniški stalež od 16.6.1999 - 30.6.1999	
64.		<i>Avtomehanik voznik tovornjaka</i>	9.7.1999 13.00 redni del. čas	<i>Distributivno mesto LJ cca. 15 let</i>	<i>12.7.1999 doc.dr.med. Vane Andolčič KC LJ, Njegoševa ul. 4</i>	Predmet: jeklenka m=23 kg. Pri razkladanju jeklenk je prišlo do padca plinske jeklenke na palec desne noge. Vzrok: nepazljivost	24 Bolniški stalež od 12.7.1999 - 12.8.1999	
65.		Delavec v proizvodnji	16.8.1999 6.30 redni del. čas	Polnilnica Ljubljana cca. 1 leto	17.8.1999 os. zdr. ga. dr. Puš ŽZD	Predmet: transportni voziček Vzrok: nepazljivost Pri premikanju trans. Vozička si je poškodoval ahilovo tetivo stopala leve noge.	15 Bolniški stalež od 17.8.1999 - 07.09.1999	
66.		<i>Transportni delavec voznik tov. vozila</i>	9.7.1999 12.00 redni del. čas	Distributivno mesto LJ 5 – 9 let	<i>13.7.1999 Zasebni zdravnik dr.med. Zlatka Kralj, Trubarjeva 51 a, LJ</i>	Predmet: jeklenka m=75 kg. Vzrok: nepazljivost, pri nakladanju jeklenke, jo je delavec hotel zadržati, pri tem pa si je poškodoval mišično plast trebušne stene.	24 Bolniški stalež od 13.7.1999 - 13.8.1999	
67.		Ključavničar (vzdrževalec)	14.9.1999 7.30 redni del. čas	Polnilnica LJ cca. 10 let	19.2.1999 osebni zdravnik Spl. amb. Podpeč, Jezero 1 dr. Igor Gabriel (5733)	Predmet: ventilator. Pri popravljanju viličarja se je ponesreči zadel ob vrtečo eliso ventilatorja. Poškodba prstov desne roke.	13 Bolniški stalež od 15.9.1999 - 1.10.1999	
68.		<i>Delavec v</i>	13.10.1999	Polnilnica LJ	<i>19.10.1999</i>	Predmet: jeklenka m=22 kg. Pri	17	

Zap. št.	Priimek ime datum rojstva	Poklic	Datum in ura nezgode	Kraj nezgode Doba zaposlitve na tem delu	Kdaj je nezgoda prijavljena zdravniku	Kratek opis nezgode vir poškodbe vzrok poškodbe	Izguba delovnih dni zaradi nezgode	Pripombe
		<i>proizvodnji</i>	17.30 redni del. čas	(30 let) cca. 1 let	KC LJ, Zaloška c. 7 dr. med. Janez Prinčič, Nada Prešeren, ZD Črnuče	natovarjanju jeklenk na tekoči trak se je le ta prevrnila in delavcu poškodovala gleženj leve noge. Vzrok: nepazljivost	Bolniški stalež od 15.10.1999 - 12.11.1999	
69.		Trgovec-delavec na izdaji jeklenk	26.11.1999 9.30 redni del. čas	Polnilnica Ljubljana- oddelek trgovina	26.11.1999 ob 10.00 KC Lj. Travmat. Odd. Zaloška 2 dr. Martin Tonin	Pri razkladanju jeklenk s transportne palete, ga je jeklena prečka udarila po glavi (zaradiledu se ni zaskočila v primerni položaj. Vzrok: nepazljivost	Butan 37 Loren 11 Bolniški stalež 26.11.1999- 17.1.2000	
70.		Avtoličar- skladiščnik	16.12.1999 10.15 redni del. čas	Polnilnica Ljubljana skladišče	20.12.1999 ŽZD Celovška c.4 dr. med. Puš Helena	Pri prenosu bremena je delavcu spodrsnilo. Poškodba kolena desne noge. Vzrok: nepazljivost	15 Bolniški stalež od 20.12.1999 10.1.2000	
71.		Delavec – polnilec plina	21.1.2000 12.15 redni del. čas	Polnilnica plina Ljubljana 16 let	24.1.2000 ŽZD ga. dr. Puš Helena, Celovška c. 4	Polnilni avtomat: Pri polnjenju jeklenk mu je zaradi zakasnjene izklopa naprave plin brizgnil v obraz (poškodba l. očesa). Vzrok: motnja v tehnol. procesu	0 Delavec ni bil na bolniškem staležu	
72.		voznik dost. vozila	28.3.2000 12.15 redni del. čas	Prušnikova 70, Šentvid 4 leta	28.3.2000 UKC urgentni blok LJ, Zaloška c. 7, Said al Maved dr. med.	Predmet: jeklenka Pri delu z jeklenko za gosp. Plin se je delavcu le ta zvrnila na zapestje leve roke.	12 Bolniški stalež od 28.3.2000 - 16.4.2000	
73.		voznik dost. vozila	6.4.2000 redni del. čas	/	6.4.2000 KC LJ, Njegoševa ul. 4	Pred letom dni si je poškodoval palec desnega stopala. Poškodba leta 1999, posledica nepravilno vračanje nohta.	15 Bolniški stalež od 6.4.2000 - 30.4.2000	
74.		Dostavljač jeklenk osn. šof. izobrazba	6.4.2000 8.30 redni del. čas	LJ – mesto 5 let	6.4.2000 KC LJ, Urgentni blok, dr. Borut Pompe Njegoševa ul. 4	Pri dostavi jeklenk je delavec imel prometno nezgodo. Voznica nasprotnega vozila izsilila prednost.	53 Bolniški stalež od 6.4.2000 - 24.6.2000	
75.		voznik dost. vozila	6.4.2000 redni del. čas	/	3.7.2000 KC LJ, Njegoševa ul. 4	Pred letom dni je delavcu padla jeklenka za gospodinjjski plin na stopalo desne noge. Poškodba leta	21 Bolniški stalež od 3.7.2000 –	

Zap. št.	Priimek ime datum rojstva	Poklic	Datum in ura nezgode	Kraj nezgode Doba zaposlitve na tem delu	Kdaj je nezgoda prijavljena zdravniku	Kratek opis nezgode vir poškodbe vzrok poškodbe	Izguba delovnih dni zaradi nezgode	Pripombe
						1999, posledica nepravilno vračanje nohta.	31.7.2000	
76.		Monter - kontrolor	20.11.2000 redni del. čas	Obrat Kranj 5-9 let	OE ZD Kranj, Gospodsvetska c. 10 Kranj	Jeklenka za plin (35 kg) se je prevrnila. Poškodovanec jo je poskušal zadržati, pri tem si je poškodoval desno ramo.	30 Bolniški stalež od 6.11.2000 – 15.1.2001	
77.		Delavec v polnilnici	8.12.2000 redni del. čas	Polnilnica Ljubljana 1-4 let	10.12. 2000 KC LJ Zaloška c. 7	Predmet: Pri raztovarjanju jeklenk s tekočega traku si je delavec poškodoval sredinec desne roke.	26 Bolniški stalež od 11.12.2000 – 27.01.2001	
78.		Voznik avtocisterne	26.2.2001 10.30 redni del. čas	Cesta relacija Brezovica – Bevke 10 – 19 let	28.2.2001 Dr. Puš Helena	Pri izogibanju nasproti vozečem vozilu je delavec zapeljal na neutrjeno bankino. Posledica: Prevrmitev avtocisterne Vzrok: nepazljivost.	82 Bolniški stalež od 1.3.2001 –	
79.		Delavec v proizvodnji	3.4.2001 15.10 redni del. čas	Obrat polnilnica	3.4.2001 KC LJ, Urgentni blok	Vzrok: Delavec se je zaradi slabega počutja kmalu po prihodu v službo onesvestil. Pri padcu si je poškodoval rebro D. Opomba: poškodba v zvezi z delom.	Bolniški stalež od 3.4.2001 –	
80.		Komercialist na terenu trg. tehnik	17.4.2001 10.30 redni del. čas	Cesta relacija Prebold- Trbovlje do 1 leta	17.4.2001 splošna bolnica Trbovlje, Ladislav Jazbec dr. med	Na spolzkem cestišču ga je zaneslo v desnem ovinku – zlet s ceste Vzrok: nepazljivost.	31 Bolniški stalež od 17.4.2001 – 1.6.2001	
81.		Upravni tehnik Knjigovodja OD	11.5.2001 izven dela ! 5.30	Doma – Rakitna 114	11.5.2001 KC Urgentni blok, dr. Robert Beden	Nerodno je stopila na stopnico in si poškodovala levi gleženj. Vzrok: nepazljivost.	21 Bolniški stalež od 11.5.2001 – 8.6.2001	
82.		Delavec v proizvodnji	22.08.2001 8.10 redni del. čas	Obrat polnilnica LJ	22.8.2001 Urgentni blok KC	Pri delu z jeklenkami si je poškodoval zunanji živec (brez zunanjega vira).	65 Bolniški stalež od 22.8.2001 – 26.11.2001	
83.		Gasilec	27.10.2001	Doma	Zdravstvena postaja	Pri hoji je padel in si poškodoval	34	

Zap. št.	<i>Priimek ime datum rojstva</i>	Poklic	<i>Datum in ura nezgode</i>	Kraj nezgode Doba zaposlitve na tem delu	Kdaj je nezgoda prijavljena zdravniku	<i>Kratek opis nezgode vir poškodbe vzrok poškodbe</i>	Izguba delovnih dni zaradi nezgode	<i>Pripombe</i>
		prečrpovalec	4.40 izven del. časa		<i>Vodice, Kopitarjev trg</i>	levo koleno in levo zapestje. Opomba: poškodba v zvezi z delom.	Bolniški stalež od 27.10.2001 – 17.12.2001	
84.		<i>Delavec – monter kontrolor</i>	31.1.02 redni del. čas	<i>Pri stranki 5 let</i>		Pri popisovanju plinskih števecv pri strankah ga je ugriznil pes (poškodba leve goleni).	Bolniški stalež od 31.1.2001 –	

PRILOGA 6 -
ZAPISNIK POSTOPKA RAZVRŠČANJA NEVARNOSTI VEČJIH NESREČ (HAZID)

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Splošne nevarnosti	Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost: vžiga razlitega UNP – goreča luža, eksplozije hlapov, gorečega curka, ob prisotnem viru vžiga. Možnost omrzlin operaterja.	Ročno upravljanje, predpisani postopki, izučeni operaterji, prepoved kajenja na lokaciji, klasifikacija nevarnega območja, oprema in napeljava v S-izvedbi, posebno dovoljevanje za vroča dela, protipožarni sistem (voda) na prečrpališču, načrt zaščite in reševanja, poklicni gasilci na lokaciji, postopki rednega vzdrževanja.						
Poškodba sklopa pretakalne roke pri žel. cisterni	Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost: vžiga razlitega UNP – goreča luža, eksplozije hlapov, gorečega curka, ob prisotnem viru vžiga. Možnost omrzlin operaterja.	Nameščene so masivne pretakalne roke z lomno zapornimi ventili za tekočo in plinasto fazo. Protilomni ventili na cisterni.	ZN	Večji izpust UNP praktično ni več mogoč	K	Do eksplozije lahko pride izven lokacije. Požar/eksplozija na lokaciji.	2	Pregledati protipožarni sistem na ravni podjetja in uvesti avtomatično sproženje v sili.
Odperta sosednja prečrpovalna zanka	Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost: vžiga razlitega UNP.	Protilomni ventili	N	Pomota operaterja redka. Dogodek se zazna takoj.	T	Protilomni ventil zmanjša količino izlitega UNP	2	Razmisliti o zamenjavi protilomnega ventila z zapornim.
Poškodba tesnila na črpalki	Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost: vžiga razlitega UNP.	Redno vzdrževanje črpalk	S	Tesnilo ne drži – izraba, poškodba	S	Izlite količine so majhne.	2	

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Poškodba cevovoda med stacionarnimi rezervoarji	Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost: vžiga razlitega UNP.	Periodični pregledi (tlačni testi in preverjanje puščanj). Protilomni ventil na rezervoarju.	ZN	Cevovod je le občasno v rabi. Cevovod je vkopan in le na nekaj mestih izpostavljen zunanjim poškodbam.	K	Možnost eksplozije hlapov. Možnost razvoja do BLEVE sosednjega rezervoarja. Vžig znotraj rezervoarja je malo verjeten zaradi pomanjkanja zraka v notranjosti cevovoda. Brizgajoč plamen je bolj verjeten.	1	Preveriti možnost zunanje poškodbe cevovoda.
Prenapolnjen stacionarni rezervoar zaradi nepravilnega položaja ventila, ali napake operaterja, izpust UNP	Varovanje rezervoarja 7 ni funkcionalno (osnovna povezava in izpust varnostnega ventila iz črpalke potekata vzporedno v ta rezervoar). Motnje pri uporabi sistema, izpust tekoče faze vnetljive snovi skozi varnostne ventile.	Varnostni ventil na rezervoarju, navodila za delo	N	Prečrpavanje nadzirata dva operaterja. Operater potrebuje največ 15 sekund da ustavi črpalke.	T	Izpust tekoče faze utekočinjenega plina z vrha rezervoarja, nastal bi oblak vnetljivega plina, možna eksplozija in požar	2	Preveriti smiselnost povezave črpalke z alarmom za visok nivo, izpust iz varnostnega ventila črpalke napeljan v posebno posodo, maksimalni tlak črpalke.

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Poškodba rezervoarja ali povezovalnega sklopa	Izpust vnetljive snovi (UNP) in možnost: vžiga razlitega UNP.	Ventili na rezervoarjih.	ZN	Pregled notranjosti rezervoarjev se izvaja na 5 let – inšpektor za pregled tlačnih posod. Tlačni preizkusi se izvajajo na 7 let. Debelina sten rezervoarjev se izvaja na 2 leti. Vizualni pregledi zunanosti se izvajajo na 6 mesecev. Rezervoarji v katere se ne vstopa, se tlačno preizkušajo vsakih 5 let.	K	Eksplodizija hlapov izven lokacije.	2	
Požar ob skladiščnem rezervoarju	BLEVE	Varnostni ventil na rezervoarju. Ročni zagon protipožarnega sistema.	ZN	Varnostni ventili se pregledujejo enkrat letno. Trije ventili so na ležečih in štirje na pokončnih rezervoarjih. Mesečni pregledi protipožarne instalacije na rezervoarjih.	K	Eksplodizija na lokaciji in možnost žrtev/poškodovanih izven lokacije.	2	

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Polnjenje rezervoarja/cevovoda	Mešanica zrak/UNP v rezervoarju ali cevovodu in možnost eksplozije	Prepihanje sistema z dušikom. Ročno upravljanje. Predpisani postopki. Izučeno osebje. Prepoved kajenja na lokaciji. Klasifikacija nevarnega območja. Oprema in napeljava v S-izvedbi. Posebno dovoljevanje za vroča dela. Poklicni gasilci na lokaciji. Postopki rednega vzdrževanja	ZN	Cevovode vedno prepihajo z dušikom pred ponovnim polnjenjem. Rezervoarji se prepihajo s plinom pred priključitvijo na sistem polnjenja. Ni virov vžiga.	K	Možnost eksplozije	2	Preveriti ustreznost prepihovanja rezervoarjev s plinom
Poškodba cevovoda	Mešanica zrak/UNP v rezervoarju ali cevovodu in možnost eksplozije	Periodično testiranje integritete cevovoda (tlačni preizkusi in testi puščanja). Regulacijski ventili na rezervoarjih.	N	Cevovodi niso v stalni uporabi. Cevovod je vkopan in le na nekaj mestih izpostavljen zunanjim poškodbam.	K	Eksplozija hlapov izven lokacije. Požar/eksplozija na lokaciji, možnost zajema sosednjega rezervoarja in BLEVE. Vžig znotraj rezervoarja malo verjeten zaradi pomanjkanja zraka; možen vžig ob iztekanju – goreči curek.	1	Preveriti zaščito pred zunanjo poškodbo cevovoda
Možna prenapolnitev rezervoarjev zaradi napačne pozicije ventila	Obratovalne motnje	Razbremenitev z ventili						

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
Poškodba cevi v polnilnici jeklenk	Izpust vnetljive snovi in možnost požara/eksplozije	Cevi redno menjajo. Gasilni aparati v delavnici.	S	Cev za polnjenje še ni bila poškodovana v življenjski dobi obrata (25 obratovalnih let)	S	Izpuščene količine so majhne glede na majhen premer cevi	2	Razmisлити o uvedbi protipožarne vode - sistema v polnilno postajo
Poškodba jeklenke zaradi povečanega tlaka ali udarca	Izpust vnetljive snovi in možnost požara/eksplozije	Nove jeklenke so testirane na padec s strani proizvajalca. Vse jeklenke se tlačno preizkušajo in tehtajo vsakih 10 let na lokaciji	ZN	Ventili so mehansko zaščiteni	T	Možnost vpliva izven lokacije je majhna	3	
Poškodba jeklenk pri padcih in prevrnitvah ali zaradi udarca viličarja	Izpust vnetljive snovi in možnost požara/eksplozije.	Usposobljeni vozniki viličarjev. Ventili so mehansko zaščiteni. Jeklenke se zlagajo največ dve v višino. Gasilni aparati v bližini	N	Poškodba jeklenke ni bila zabeležena v življenjski dobi obrata – 25 let	S	Velikost jeklenk je majhna. Lahko pa v primeru poškodbe in izpusta iz več jeklenk pride do požara in eksplozij ter nastanka projektilov	2	
Poškodba gibke cevi pri polnjenju AC	Izpust vnetljive snovi in možnost požara/eksplozije	Preverjanje integritete cevi. Protipovratni ventili na avto cisternah. Protilomni ventili v črpališču, cevovod ima lomno zaporne ventile za tekočo in plinasto fazo.	N	Gibke cevi se testirajo vsakih 6 mesecev. Avto cisterna nima prižganega motorja med polnjenjem	K	Eksplorzija hlapov izven lokacije. Požar/eksplozija na lokaciji	1	Razmisлити o smiselnosti zamenjave gibljivih cevi z mehanskimi pretakalnimi rokami.

Dogodek	Možne posledice	Preventivni/nadzorni ukrepi	Verjetnost	Razlaga	Posledice	Razlaga	Tveganje	Pripombe/ukrepi
AC odpelje med polnjenjem	Izpust vnetljive snovi in možnost požara/eksplozije	Operater vedno nadzira polnjenje. Voznik cisterne je prisoten (kadar ne ureja odpreme dokumentacije). Protikomni ventil na cisterni. Protikomni ventil na polnilni postaji, lomno zaporni ventili na gibljivih povezavah.	V	Dogodek se je že zgodil na lokaciji. Postopek polnjenja določa stalno prisotnost operaterja med polnjenjem, voznik cisterne pa mora biti zraven kolikor je le mogoče.	K	Eksplodacija hlapov izven lokacije. Požar/eksplozija na lokaciji.	1	Obnoviti navodila za polnjenje avto cistern tako, da so jasno določene individualne odgovornosti
Prenapolnitev cisterne	Ni izpusta zaradi zaprte zanke pri polnjenju							
Merno-regulacijska postaja naravnega plina	Požar v okviru Butana (UNP) se lahko razširi in zajame merno-regulacijsko postajo – eskalacija dogodka do eksplozije. Puščanje plina iz merno-regulacijske postaje, razširjanje po lokaciji in eskalacija do požara in eksplozije		ZN	Ključ merilno-regulacijske postaje pri varnostniku. Varnostna službe dnevno registrira pretoke v merilno-regulacijski postaji. Če ugotovi puščanje takoj obvesti lastnika.	T	Zaporni ventil v merilno-regulacijski postaji je lahko dostopen. Lastnik plinovoda nudi 24-urno tehnično pomoč. Zaporni ventil v merilno-regulacijski postaji je lahko dostopen. Lastnik plinovoda nudi 24-urno tehnično pomoč.	2	Dogovoriti se je treba z lastnikom glede dovoljenja za zapiranje ventila na plinovodu.

PRILOGA 7 -
SPISEK PRIPOROČIL IN UKREPOV

Št.	Priporočilo ali ukrep
1.	Razmisliti o rezervnem dizelskem napajanju za potrebe hlajenja z vodo
2.	Razmisliti o varovanju pred visokim nivojem (samodejni izklop črpalke). Preveriti največji tlak črpalke (preveriti karakteristiko). Razmisliti o napeljavi izpusta varnostnega ventila na tlačni strani črpalke v poseben rezervoar.
3.	Dodati med predpisane postopke vzdrževanja tudi čiščenje nivokazov na horizontalnih rezervoarjih.
4.	Razmisliti o zamenjavi gibljivih cevi na črpališčih za avto cisterne z robustnimi mehanskimi pretakalnimi rokami.
5.	Razmisliti o smiselnosti prestavitve enega ali obeh črpališč za polnjenje avto cistern na bolj samotno interno lokacijo.
6.	Pregledati proti požarni sistem na ravni podjetja in uvesti samodejno proženje sistema v primeru požara. Velja tudi za polnilnico jeklenk.
7.	Preveri možnosti za zunanje poškodbe stacionarnih cevovodov.
8.	Preveriti ustreznost prepihovanja rezervoarjev z inertnim plinom.
9.	Redno aktualizirati navodila o individualni odgovornosti pri polnjenju avto cistern.

**PRILOGA 8 -
FOTOGRAFSKI POSNETKI SITUACIJE NA LOKACIJI**

11. Literatura

- 1 A. Suarez in C. Kirchsteiger, "A qualitative model to evaluate the risk potential of major hazardous industrial plants", EU JRC Ispra, MAHB, ISIS, EUR 18128EN, (1998).
- 2 "Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries", IAEA-TECDOC-727 (Rev.1), November 1996.
- 3 Butan Plin - ugotavljanje nevarnosti in ocena tveganja, Poročilo 36006-23-RP-106, Naloga 2a, PHARE Regional Environmental Accession Project, Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, 27. november 2002.
- 4 Dopis Borisa Zupančiča, ARSO MOP RS, z dne 29.8.2001.
- 5 Uredba o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi snovmi, Ur.l. RS št. 46/2002.
- 6 Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja, Poročilo 36006-23-RP-101, Naloga 1a, PHARE Regional Environmental Accession Project, Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, 27. november 2002.
- 7 Guidelines for chemical process quantitative risk analysis, Second Edition, Center for chemical process safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2000, ISBN: 0-8169-0720-X.
- 8 Integrated Regional Risk Assessment, Vol. II, Consequence Assessment of Accidental Releases, Adrian V. Gheorghe, Michel Nicolet-Monnier, Kluwer Academic Publishers, 1995, ISBN 0-7923-3719-0.
- 9 Hazop and Hazan - Identifying and Assessing Process Industry Hazards, Trevor Kletz, Third Edition, 1993, Institution of Chemical Engineers, Hemisphere Publishing Corporation, ISBN 0 85295 285 6.
- 10 Butan Plin - Praznjenje železniške cisterne, študija HAZOP, Poročilo 36006-23-RP-107, Naloga 2b, PHARE Regional Environmental Accession Project, Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, 27. november 2002.
- 11 F. Mushtaq, P.W.H. Chung, A systematic Hazop procedure for batch processess, and its application to pipeless plant, Journal of loss prevention in Process Industries 13 (2000), 41-48.
- 12 Guidelines for Process Equipment Reliability data, Centre for Chemical Process Safety (CCPS) of AIChE, 1989.
- 13 Methods for determining and processing probabilities "Red Book", CPR 12E, J. C. H. Schueller, Committee for Prevention of Disasters, Second Edition 1997, ISBN 90 12 08543 8.
- 14 A qualitative model to evaluate the risk potential of major hazardous industrial plants, A. Suarez, C. Kirchsteiger, EC Joint Research Centre, Institute for systems, informatics and safety, Major accidents Hazards Bureau (MAHB), 21020 Ispra (VA), Italy, 1998, EUR 18128EN.

**Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene
tveganja za okolje ob izrednih dogodkih**

**Tretji del
Rezultati študije**

(skrajšana verzija - pripravljena na MOP)

Ljubljana, maj 2003

VSEBINA

1. UVOD	3
1.1. Definicija naloge.....	3
1.2. Izhodišča	3
1.3. Namen primerjalne študije	4
1.4. Opis izbora virov tveganja	5
2. Povzetek.....	6
3. Pregled rezultatov študije.....	8
3.1. Rezultati kvantitativne ocene tveganja	8
3.1.1. Povzetek rezultatov faze ugotavljanja nevarnosti	8
3.1.2. Povzetek faze razvrščanja nevarnosti za večje nesreče	10
3.1.3. Povzetek faze ocene posledic in pogostnosti za izdelane scenarije večjih nesreč.....	11
3.1.4. Ugotavljanje možnih domino vplivov.....	14
3.1.5. Uporabnost kvantitativne ocene tveganja za ugotavljanje znižanega tveganja	16
3.2. Rezultati metode SPIRS	18
3.3. Rezultati metode IAEA.....	21
4. Prikaz rezultatov kvantitativne ocene tveganja z orodjem ARIPAR...23	
4.1. Uvod	23
4.2. Kaj lahko pričakujemo od orodja ARIPAR ?.....	23
4.3. Uporaba orodja ARIPAR.....	25
4.4. Prikaz uporabe orodja ARIPAR	28
5. Zaključki	34
6. Priloge.....	Error! Bookmark not defined.
PRILOGA 1 - Pregled rezultatov kvantitativnih ocen posledic in pogostnosti.....	Error!
Bookmark not defined.	
7. Literatura	35

1. UVOD

1.1. Definicija naloge

Ministrstvo za okolje, prostor in energijo je razpisalo projektno nalogo za izdelavo "Primerjalne študije uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje zaradi nesreč z nevarnimi kemikalijami za različne vire tveganja v Sloveniji". Razpis je izšel v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP) "Konkurenčnost Slovenije 2001 - 2006" leta 2002. V okviru študije naj bi ob predpostavki večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami pri izbranih industrijskih virih tveganja v Sloveniji ocenili, kako kompletno in zanesljivo je mogoče oceniti možnosti za pojavljanje teh nesreč ter njihove posledice (tveganja) z izbranimi metodami. Rok za izdelavo študije je bil šest mesecev, uporabljene metode pa so bile naslednje:

1. kvantitativna varnostna analiza (referenčna metoda),
2. metoda SPIRS (Seveso Plant Information Retrieval System), ki so jo izdelali v biroju za nevarnosti večjih nesreč skupnega raziskovalnega centra evropske komisije,
3. metoda IAEA (tako imenovana metoda RRA - Rapid Risk Assessment), ki je nastala v sodelovanju IAEA, UNEP, UNIDO in WHO.

Organizacije, za katere so bile izdelane ocene tveganja v okviru projekta, so:

1. KIK Group d.d., Fužine 9, 1240 Kamnik.
2. Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje - PE Kemična industrija, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje.
3. Butan Plin d.d., Verovškova 70, 1000 Ljubljana.

1.2. Izhodišča

Gospodarske družbe, ki uporabljajo ali kako drugače ravnaajo z nevarnimi kemikalijami v večjih količinah, so vir tveganja za ljudi in okolje. Predvsem gre za nevarnost, da pride do izrednih dogodkov oziroma večjih nesreč in njihovih posledic (npr. požari, eksplozije, večji izpusti nevarnih kemikalij v okolje).

Z uvajanjem predpisov o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami se tudi v Sloveniji uvaja obveznost za vire tveganja, da ocenijo svojo dejavnost z vidika tveganja in skladno z ugotovitvami v oceni storijo vse, da tveganje znižajo

na najnižjo praktično, še racionalno raven (princip ALARP – As Low As Reasonably Practicable). Gre za prenos evropske smernice SEVESO II (96/82/EC) v obliki dveh uredb na osnovi Zakona o varstvu okolja, Ur.l. RS št. 32/93 in Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami, Ur.l.RS št. 64/94, in sicer:

- Uredbo o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami, Ur.l. RS št. 46/2002, in
- Uredbo o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja, Ur.l.RS št. 3/02 in 17/2002.

Ker je metod za ocenjevanje tveganj več, bodo rezultati pričujoče študije pomagali pri izboru tistih, ki bodo za posamezne industrije najprimernejše, to je metod, ki so dovolj praktične, celostne in dajejo rezultate, ki izpolnjujejo zahteve pristojnih nadzornih institucij.

1.3. Namen primerjalne študije

Namen primerjalne študije je bil raziskati uporabnost različnih metod za izdelavo ocen tveganja za različne (v tehničnem smislu) vire tveganja v Sloveniji. Rezultate ocene tveganja je bilo treba medsebojno primerjati in jih oceniti z vidika zanesljivosti in uporabnosti ter opisati primernost posamezne metode glede na cilje specifične ocene tveganja in vrsto vira tveganja.

1.4. Opis izbora virov tveganja

Viri tveganja - industrijski obrati oziroma organizacije, so bile izbrane ob upoštevanju naslednjih značilnosti/kriterijev:

- da gre za večje vire tveganja (po Uredbi o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami, Ur.l. RS št. 46/2002),
- da so pripravljeni za sodelovanje pri študiji
- da gre za primerjalno različne industrijske dejavnosti.

Izbrane organizacije KIK Group d.d. Kamnik, Melamin d.d., Kočevje in Butan Plin d.d., Ljubljana izpolnjujejo vse navedene lastnosti oziroma pogoje. Pripravljalna dela so bila opravljena v letu 2002, posamezne ocene tveganja pa v obdobju od decembra 2002 do aprila 2003.

Pri študiji so sodelovali naslednji strokovnjaki iz navedenih organizacij:

Organizacija	Strokovnjak
KIK Group d.d., Fužine 9, 1240 Kamnik	Matjaž Novak, univ.dipl.inž.kem., direktor KIK Explo d.o.o. Mag.Marko Matoh, univ.dipl.inž., direktor KIK Smodniki d.o.o.
Melamin - kemična tovarna d.d. Kočevje - PE Kemična industrija, Tomšičeva 9, 1330 Kočevje.	mag. Mateja Aljaž-Rožič, vodja razvoja, Rudi Adamič, univ.dipl.inž.kem.tehnol., vodja obrata Smole II, Mojca Dejak, univ. dipl. inž. kem. tehnol., tehnolog, Jože Kozina, dipl.varnostni inž., varnostni inženir, Marjan Kozinc, univ.dipl.inž. kem. tehnol., svetovalec direktorja
Butan Plin d.d., Verovškova 70, 1000 Ljubljana	Norman Osrečki, univ.dipl.inž., varnostni inženir Janez Oblak, univ.dipl.inž.stroj., tehnični direktor

2. Povzetek

KIK Group d.d. proizvaja komercialna razstreliva, črni smodnik in pirotehnična sredstva. Za tovrstno dejavnost sta glavna tipa izrednih dogodkov eksplozija (detonacija) in požar. Ker gre za preprosto tehnologijo, ki poteka šaržno in se ni spremenila že več kot 150 let - proizvodnja črnega smodnika, je varnostna obravnava z vsemi tremi uporabljenimi metodami ustrezna. To je utemeljeno z vidika uporabljenega merila za ocenjevanje posledic, ki je pričakovano število smrtnih žrtev pri eksploziji. Pri tem metodi IAEA in SPIRS ne omogočata podrobnejše razdelave vzrokov za pojavljanje izrednih dogodkov in tudi ne njihove pogostnosti. Metoda IAEA upošteva povprečne podatke o gostoti poseljenosti v okolici, medtem ko je pri kvantitativni metodi (QRA) mogoče uporabiti dejanske podatke. Dejanske podatke je sicer mogoče uporabiti tudi pri metodi IAEA, vendar bi to potem bila nekakšna "prirejena" IAEA metoda. Ocenjevanja drugačnih posledic razen smrtnih žrtev metoda IAEA ne omogoča.

Melamin d.d. proizvaja večinoma sečninske in melaminske formaldehidne smole. Za tovrstno dejavnost so glavni tipi izrednih dogodkov požar, eksplozija in izpust škodljivih snovi v okolje. Metoda IAEA omogoča ocenjevanje zgolj smrtnih žrtev v primeru izrednega dogodka, in sicer od določenega "praga" obsega dejavnosti naprej. Za proizvodnjo, kot poteka v Melaminu, je prag za IAEA metodo najmanj 10 t določenih nevarnih snovi v reaktorju/šarži, kar pa v Melaminu ni primer. Zato metode IAEA tukaj nismo uporabili, razen pri oceni tveganja zaradi skladiščenja formalina in UNP. Drugi dve metodi omogočata ocenjevanje različnih posledic, pri čemer metoda SPIRS, kot kaže, ima vgrajeno sistematično napako, ki jo trenutno poskušajo odpraviti strokovnjaki Evropske Komisije Joint Research Centre - MAHB v Ispri. Metoda namreč daje v primeru Melamina "čudne" rezultate (očitno preveč pesimistične v primerjavi s KIK Kamnik in tudi Butan Plinom). S kvantitativno metodo je bilo mogoče natančno obdelati vse proizvodne dele (faze, operacije, postrojenja), določiti nevarnosti, jih medsebojno primerjati, opisati izredne dogodke in njihove posledice, ter kvantificirati pogostnosti pojavljanja. Rezultati opravljene analize s kvantitativno metodo so številna priporočila za izboljšanje stanja, česar pa metoda SPIRS ne omogoča.

Pri Butan Plinu d.d. tudi nismo uporabili metode IAEA, ker zmogljivosti skladiščenja in pretovora UNP presegajo prag za uporabo metode. Metoda SPIRS je v primerjavi s kvantitativno oceno tveganja groba. Na njeni osnovi ni mogoče opredeliti ukrepov za

zmanjšanje tveganja. Kvantitativna ocena je med drugim pokazala, kolikšno zmanjšanje tveganja je doseženo s postavitvijo fiksnih pretakalnih rok na železniškem pretakališču namesto gibkih cevi. Ta rezultat je tudi pokazal, da kot najtežji možen dogodek ostaja izpust UNP iz pokončnega rezervoarja in da je skladno s tem treba prilagoditi obstoječi načrt zaščite in reševanja.

Podrobnejši pregled rezultatov je v nadaljevanju.

3. Pregled rezultatov študije

V tem poglavju podajamo povzetke skupnih ugotovitev za obravnavane vire tveganja po posameznih uporabljenih metodah za oceno tveganja.

3.1. Rezultati kvantitativne ocene tveganja

V drugem delu poročila smo v posameznih ocenah tveganja za vire tveganja KIK Group d.d., Melamin d.d. in Butan Plin d.d. podali rezultate v skladu s fazami, ki so opisane v prvem delu poročila (glej Opis uporabljenih metod, poglavje 2.1.1. Splošno), ter jih na kratko ponavljamo na tem mestu:

1. ugotavljanje nevarnosti (predvsem nevarnosti za večje nesreče v smislu direktive Seveso II).
2. Razumevanje vrste nevarnosti.
3. Oceno možnih posledic izrednih dogodkov (trenutnih, zakasnelih in možnosti verižnega širjenja dogodkov - tako imenovane domino nesreče).
4. Ocena pogostnosti, da pride do izrednih dogodkov.
5. Kombinacija pogostnosti in posledic izrednih dogodkov - ocena tveganja.

V nadaljevanju podajamo pregled vmesnih rezultatov za obravnavane vire tveganja.

3.1.1. Povzetek rezultatov faze ugotavljanja nevarnosti

V fazi ugotavljanja nevarnosti smo se najprej spoznali z lokacijo, dejavnostmi, maksimalnimi količinami in vrstami nevarnih snovi, ter tehnološkimi postopki na območju vsakega obravnavanega vira tveganja. Posebej velja omeniti, da smo pred izvedbo faze ugotavljanja nevarnosti pregledali tudi dosegljive podatke o zgodovini nesreč pri delu na območju obravnavanega vira tveganja. Ti podatki smo nam v splošnem služili kot prva informacija o možnih virih nevarnosti in kot dodatno izhodišče za izvedbo študij HAZOP.

Pregled podatkov o nesrečah pri delu podajamo v tabeli 1. Primerjalno lahko ugotovimo, da so se pripetile v preteklosti v Melaminu d.d. in Butan Plinu d.d. nesreče z bistveno lažjimi posledicami za delavce (lažje poškodbe; za podrobnosti glej ustrezne priloge z opisi nesreč pri delu v posameznih ocenah tveganja v drugem delu poročila) kot v KIK Group d.d..

Tabela 1: Povzetek dosegljivih podatkov o nesrečah pri delu na območju obravnavanih virov tveganja.

Vir tveganja	Časovno obdobje (leta)	Število delavcev		
		mrtvih	težje ranjenih	lažje ranjenih
KIK Group d.d.	1852 - 2002	35	39	0
Melamin d.d.	1990 - 2002	0	0	161
Butan Plin d.d.	1991 - 2002	0	0	84

Študije HAZOP (Hazard and Operability Study - študija delovanja sistema in virov nevarnosti) smo izbrali kot primerno metodo za ugotavljanje nevarnosti zato, ker omogoča transparentno in deduktivno iskanje možnih virov nevarnosti, v tem procesu pa številni udeleženci prispevajo svoje izkušnje in znanje za poglobljen opis možnih virov nevarnosti v procesu (zato je ta metoda dokaj razširjena), na drugi strani pa je potrebnega veliko časa za izvedbo študij za obsežnejše tehnološke procese.

V tabeli 2 podajamo povzetek najpomembnejših rezultatov izvedenih študij HAZOP.

Tabela 2: Povzetek najpomembnejših rezultatov izvedenih študij HAZOP za obravnavane vire tveganja.

Vir tveganja	Število pregledanih tehnoloških sklopov	Število ugotovljenih nevarnosti v študijah HAZOP*	Število priporočil na osnovi študij HAZOP	Ocena porabljenega časa za izvedbo študij HAZOP (človek×ure)**
KIK Group d.d.	7	68	9	80
Melamin d.d.	7	45	27	210
Butan Plin d.d.	4	25	10	30

Opombe:

* : običajno ima določeno število težjih posledic skupne vzroke.

** : za sodelavca IJS.

Pri razlagi povzetih rezultatov študij HAZOP naj omenimo, da smo za vsak obravnavani vir tveganja na osnovi ugotovljene situacije na lokaciji, značilnosti dejavnosti in tehnoloških procesov najprej razdelili dejavnosti na smiselne sklope, na katerih je bilo možno izvesti posamezne študije (pregledani tehnološki sklopi). Na sestankih so člani HAZOP ekipe (avtorja ocen tveganja in vodstveno/tehnično osebje vira tveganja) skupno ugotovili določeno število potencialnih nevarnosti in izdelali spisek priporočil za izboljšanje stanja (priporočeni varnostni ukrepi).

Ugotovimo lahko naslednje:

- člani HAZOP ekip so v splošnem ugotovili večje število potencialnih nevarnosti, kar je osnova za zaupanje v celovitost rezultatov študij (upoštevati pa moramo stanje znanja in izkušenj članov ekipe).
- Število ugotovljenih potencialnih nevarnosti, podanih priporočil in porabljen čas za izvedbo študij HAZOP so odvisni predvsem od značilnosti dejavnosti vira tveganja (konkretni tehnološki postopki, obstoječi varnostni ukrepi, obstoječe znanje o nevarnostih, ipd.). Omeniti velja, da je bila dodatna olajševalna okoliščina pri izvedbi HAZOP študije v Butan Plin d.d. to, da smo obravnavali stanje na osnovi predhodne ocene tveganja v okviru projekta PHARE v letu 2001 [1], zato smo porabili relativno malo časa.

3.1.2. Povzetek faze razvrščanja nevarnosti za večje nesreče

Ugotovljene potencialne nevarnosti je potrebno razvrstiti po prioritetah, oziroma glede na pričakovano (kvalitativno ocenjeno tveganje). Ob podrobnejšem pregledu HAZOP zapisnikov lahko ugotovimo, da imajo posamezne nevarnosti vsaj enega ali več vzrokov, zato je smiselno izdelati (obratni) spisek potencialnih začetnih dogodkov, ki lahko vodijo ob določeni pogostnosti pojavljanja do določenih posledic (v tej fazi oboje ocenimo kvalitativno).

Pregled rezultatov razvrščanja nevarnosti za večje nesreče podajamo v tabeli 3.

Tabela 3: Povzetek rezultatov razvrščanja nevarnosti za večje nesreče.

Vir tveganja	Število vseh obravnavanih potencialno nevarnih dogodkov	Število obravnavanih potencialno nevarnih dogodkov s težjimi posledicami *	Število obravnavanih scenarijev za večje nesreče
KIK Group d.d.	22	5	5
Melamin d.d.	24	12	7
Butan Plin d.d.	17	4	3

Opomba:

* : dogodki za katere je bilo kvalitativno ocenjeno, da predstavljajo tveganja prve ali druge kategorije.

Običajno se izkaže, da je število obravnavanih potencialno nevarnih dogodkov preveliko za nadaljnjo obravnavo, zato obdržimo v obravnavi le dogodke z primerjalno težjimi posledicami, oziroma le tiste, za katere smo v tej fazi ocenili, da predstavljajo tveganje prve ali druge kategorije (za podrobnosti glej prvi del poročila, poglavje 2.1.3. Razvrščanje nevarnosti - prioritete, stran 10).

Na osnovi tako izbranih dogodkov, ki lahko vodijo do težjih posledic, izberemo za izdelavo scenarijev nesreč le tiste, za katere ocenjujemo, da lahko vodijo do najtežjih posledic (izberemo le najbolj pesimistične). Razdelimo jih v tri kategorije: najtežje možne dogodke, najtežje verjetne dogodke in najtežje pričakovane dogodke na osnovi dogovorjenih kriterijev za vsak vir tveganja specifično.

3.1.3. Povzetek faze ocene posledic in pogostnosti za izdelane scenarije večjih nesreč

Za 15 podrobneje izdelanih scenarijev možnih večjih nesreč smo kvantitativno ocenili potencialne posledice in pogostnosti za dogodke (za podrobnosti glej prvi del poročila, Opis uporabljenih metod, poglavje 2.1.5. Ocenjevanje posledic, stran 13; ter [2], [3],[4]).

Pregled rezultatov ocene posledic in pogostosti podajamo v prilogi **Error! Reference source not found.**, kjer podajamo za posamezne vire tveganja in obravnavane scenarije naslednje rezultate:

- Gauss-Kruegerjeve koordinate lokacije, kjer se lahko pripeti dogodek.
- Navedba udeležene nevarne snovi, njena količina in tip začetnega dogodka.

- Tip izida začetnega dogodka (na primer, eksplozija, požar, goreč curek, goreča luža, ognjena krogla, izpust strupene snovi).
- Kvantitativno ocenjena frekvenca (podana v leto^{-1}) ali verjetnost pojavljanja izida obravnavanega dogodka.
- Razdaljo od mesta izpusta do koncentracije, ki ustreza polovici spodnje eksplozijske meje, znotraj katere je možen vžig oblaka.
- Razdaljo od mesta izpusta do spodnje eksplozijske meje znotraj katere lahko pričakujemo v primeru vžiga – goreč oblak.
- V primeru eksplozije kot izida dogodka so podani radiji od središča eksplozije do ustreznih referenčnih vrednosti nadtlakov (v kPa).
- V primeru požarov (goreča luža, goreč curek, ognjena krogla-BLEVE) so podani radiji od središča dogodka do ustreznih referenčnih vrednosti toplotnega sevanja (v kW/m^2).
- V primeru izpusta strupenih snovi v zrak, so podani radiji od mesta izpusta do razredčitve snovi do ustrezne referenčne koncentracije, oziroma doze. Uporabili smo Emergency Response Planning Guideline (ERPG) vrednosti za formaldehid, ki znašajo 1, 10 in 25 ppm za nezaščiteno izpostavljenost ljudi do 1 ure.
- Na osnovi podanih maksimalnih razdalj bodisi za ustrezen nadtlak eksplozije (13,8 kPa), ali toplotno sevanje požarov ($12,5 \text{ kW/m}^2$), ali ERPG3 (redčenje strupene snovi) smo določili število potencialno ogroženih oseb znotraj lokacije vira tveganja (zaposleni) in zunaj lokacije (okoliško prebivalstvo).

Na osnovi prikazanih rezultatov lahko ugotovimo, da znaša največja razdalja znotraj katere je prisotno potencialno ogroženo okoliško prebivalstvo za posamezne vire tveganja:

- KIK Group d.d. : 472 m (scenarij eksplozije 90 ton razstreliva na osnovi TNT v skladiščnem objektu št. 91; "tesno mu sledita" še podobna skladiščna objekta št. 112 in 132).
- Melamin d.d. : 60 m (scenarij 120 sekund trajajočega izpusta 40 % razt. formalina iz gibljive cevi pri prečrpavanju iz avto cisterne; sledi mu scenarij izpusta in vžiga gorečega curka izpuščenega UNP iz gibljive cevi pri prečrpavanju iz avto cisterne ob sosednjem objektu - 49 m; za tem je še scenarij goreče luže razlitega metanola pri prečrpavanju iz avto cisterne - 25 m). Vsa območja so znotraj lokacije Melamina.

- Butan Plin d.d. : 481 m (scenarij najtežje možnega dogodka za izpust celotne količine 137 ton UNP iz vertikalnega rezervoarja - ognjena krogla; ostali scenariji imajo bistveno manjša vplivna območja).

Največji vplivni območji za Butan Plin d.d. in KIK Group d.d. sta torej skoraj enaki.

Prikazane razdalje, oziroma vplivna območja, so le pripomoček, da lahko ocenimo tudi število potencialno ogroženih oseb. Ugotovimo lahko, da je v primeru Butan Plin d.d. potencialno smrtno ogroženih okoli 13 okoliških prebivalcev, ter vsi zaposleni na lokaciji (največ 32 oseb), saj vplivno območje pokriva vso lokacijo. V primeru KIK Group d.d. je potencialno ogroženo okoli 8 zaposlenih na lokaciji (ki pa se v obravnavanem objektu ali njegovi bližini nahajajo le občasno), ter največ 78 okoliških prebivalcev, ki bi utrpeli materialno škodo na stanovanjskih objektih - ne gre za njihovo življenjsko ogroženost, pri čemer je potrebno omeniti, da so obravnavani objekti (predvsem skladiščni) dodatno zaščiteni z zaščitnimi nasipi in konfiguracijo terena (med objekti in stanovanjskimi objekti okoliških prebivalcev so hribi in gozd). Tudi pri Melaminu d.d. ni potencialno smrtno ogroženih razen zaposlenih v obratu (največ 18 oseb).

Posebej moramo omeniti, da ocene o potencialno ogroženih osebah izven lokacij ne vsebujejo zaposlenega osebja v sosednjih industrijskih/servisnih objektih znotraj vplivnih območij, ker GIS sloj o gostoti prebivalstva teh podatkov ne upošteva (te podatke bi bilo potrebno pridobiti posebej, verjetno s pomočjo ankete). Problem je aktualen pri Butan Plinu d.d., katerega obkrožajo številna podjetja.

Pri obravnavanih scenarijih izrednih dogodkov ne prihaja do pomembnih izpustov nevarnih snovi v okolje - vode, zrak, tla. Zato v okviru modeliranja posledic v okolju izven lokacij virov tveganja ni bilo potrebno zbirati podatkov o sestavinah okolja in njihovih značilnostih, razen o poselitvi in stanovanjskih objektih, ki bi lahko bili prizadeti ob obravnavanih eksplozijah.

3.1.4. Ugotavljanje možnih domino vplivov

Na osnovi predhodno izvedenih faz ugotavljanja nevarnosti in razvrščanja nevarnosti za večje nesreče po prioritetah, ter opravljene kvantitativne ocene posledic in verjetnosti za večje nesreče, lahko povzamemo naslednje ugotovitve:

- Možnosti za nastanek sekundarnih in nadaljnjih večjih nesreč na območju vira tveganja ali njegovi bližini zaradi primarnih večjih nesreč (gre predvsem za požare in eksplozije) lahko ocenimo glede na ocenjena vplivna območja, znotraj katerih so vplivi primarnega dogodka (nadtlak eksplozije, toplotno sevanje) tako izraziti, da lahko direktno povzročijo takojšnje ali zakasnele posledice (poškodbe) za sicer še nepoškodovano procesno opremo (rezervoarji, ventili, cevovodi, črpalke, ipd.), ter tako povzročijo naknadne dodatne izpuste nevarnih snovi, ki imajo lahko škodljive posledice za ljudi, procesno opremo (nadaljnje širjenje vplivov) ali okolje. Za oceno možnih vplivnih območij običajno uporabljamo referenčne vrednosti za obravnavane vplive, za katere je znano, da realno lahko povzročijo verižne nesreče.
- Ocena možnosti za domino vplive znotraj vira tveganja KIK Group d.d. (glej drugi del poročila, Ocena tveganja za KIK Group d.d., poglavje 6.1.4. Ocena možnosti za verižno nesrečo (domino vplivi) podaja, da ni pričakovati prenosa eksplozije z objekta na objekt, saj so že pri zasnovi lokacij za objekte znotraj vira tveganja upoštevali določila o gradnji tovrstnih objektov (minimalni razmiki med objekti), maksimalne količine nevarnost snovi v posameznih objektih so predpisane, izvajajo se pasivni varnostni ukrepi (zaščitni nasipi okoli najbolj ogroženih objektov, trdna in usmerjena konstrukcija objektov, konfiguracija terena), okolica je očiščena gorljivih snovi (preprečevanje možnosti za širjenje požarov), gozdnati teren pa zmanjšuje verjetnost za prenos detonacije zaradi izstrelkov.
- Ocena možnosti za domino vplive znotraj vira tveganja Melamin d.d. (glej drugi del poročila, Ocena tveganja za Melamin d.d., poglavje 6.1.4. Ocena možnosti za verižno nesrečo (domino vplivi)) podaja spisek možnih scenarijev za verižne nesreče znotraj lokacije. Za vse obravnavane primere smo podali tudi priporočila za preprečevanje možnosti za razvoj domino vplivov, ter priporočila za izboljšanje zanesljivosti napovedi možnih domino vplivov (posodobitev zastarelih načrtov za procesno opremo).
- Ocena možnosti za domino vplive znotraj vira tveganja Butan Plin d.d. (glej drugi del poročila, Ocena tveganja za Butan Plin d.d., poglavje 6.1.4. Ocena možnosti za verižno

nesrečo (domino vplivi)) podaja, da je v primeru najtežjega možnega scenarija (izpust celotne količine UNP iz vertikalnega rezervoarja) pričakovati nadaljnje poškodbe procesne opreme na celotnem območju vira tveganja in na evidentiranih sosednjih industrijskih objektih (na razdalji do približno 400 m). V primeru izpusta tekočega propana iz gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne, lahko glede na dve pretakališči znotraj lokacije vira tveganja v primeru vžiga pričakujemo domino vplive (poškodbe glavnega črpališča, železniškega pretakališča, horizontalnih rezervoarjev, črpališča za hladilno vodo, merilno regulacijske postaje za zemeljski plin, itd.). Ocenjeno je tudi bilo, da prenapolnitev rezervoarja C-7 in izpust tekočega propana preko varnostnega ventila, ne bi imela težjih posledic, oziroma ne bi povzročil domino vplive.

Zaključimo torej lahko, da so možnosti za razvoj primarnih nesreč nadalje do verižnih nesreč v Melaminu d.d. in Butan Plinu d.d..

3.1.5. Uporabnost kvantitativne ocene tveganja za ugotavljanje znižanega tveganja

Za vir tveganja Butan Plin d.d. smo lahko opravili primerjavo uspešnosti nekaterih izvedenih ukrepov za zniževanje tveganja. Na osnovi ugotovitev ocene tveganja v letu 2001 (glej [5] in poglavje 5.1. Obstoječe študije in dokumenti povezani z izdelavo ocene tveganja, v drugem delu poročila Ocena tveganja za Butan Plin d.d.) so za tehnološko fazo pretakanja UNP iz železniških cistern v stabilne vertikalne rezervoarje opravili zamenjavo prejšnjih gibljivih cevi za priključitev železniških cistern z novejšimi, bolj zanesljivimi in robustnimi mehanskimi pretakalnimi rokami. Lotili so se torej zniževanja tveganja za najtežji verjetni in najtežji pričakovani dogodek (tveganje v primeru najtežjega možnega dogodka bi lahko znižali le, če bi zmanjšali maksimalne količine UNP v stabilnih rezervoarjih). Ocenjeno je bilo, da je verjetnost za odpoved sedanjih pretakalnih rok okoli 60× nižja napram gibljivim cevem, zaradi namestitve lomno zapornih ventilov pa je potencialno izpuščena količina UNP majhna (pričakovani izpust znaša okoli 0,1 L tekočega UNP). Tveganje je torej še bistveno nižje kot prej.

Primerjava rezultatov ocene posledic in pogostnosti za tedanji in sedanji najtežji pričakovani scenarij je razvidna v prilogi **Error! Reference source not found.**, v tabeli 4 pa podajamo primerjavo razdalj od mesta vžiga oblaka hlapov UNP do ustreznih referenčnih nadtlakov.

Tabela 4: Sprememba razdalj - radijev vplivnih območij zaradi uvajanja dodatnih varnostnih ukrepov (primerjava za najtežje pričakovane dogodke) v Butan Plin d.d..

Radiji vplivnih območij (m)	Ocena tveganja v letu 2001 *	Ocena tveganja v letu 2003 **
Eksplozija oblaka hlapov; razdalja do nadtlaka 20,7 kPa	270	19
Eksplozija oblaka hlapov; razdalja do nadtlaka 13,8 kPa	300	21
Eksplozija oblaka hlapov; razdalja do nadtlaka 2,1 kPa	700	54

Opombe:

* = scenarij odpovedi gibljive cevi za pretakanje UNP iz žel. cisterne v stabilne rezervoarje (leta 2003 nepomembno zaradi dodatnih varnostnih ukrepov).

** = scenarij odpovedi gibljive cevi pri polnjenju avto cisterne z UNP ali propanom.

Ugotovimo torej lahko, da so se vplivne razdalje za obravnavane najtežje pričakovane dogodke bistveno znižale, zato lahko izvedene varnostne ukrepe (namestitve mehanskih pretakalnih rok in lomno-zapornih ventilov) ocenimo zelo pozitivno. Nadaljnje zniževanje tveganja predvideva Butan Plin d.d. z namestitvijo mehanskih pretakalnih rok tudi za postopek polnjenja avto cistern.

3.2. Rezultati metode SPIRS

V drugem delu poročila smo v okviru posameznih ocen tveganja izračunali tudi točke za nevarnosti in tveganja za različne prejemnike tveganja po metodi SPIRS. V tem poglavju podajamo pregled števila prebivalcev znotraj radija 5 in 10 km (radija 5 in 10 km določa metoda SPIRS. Za obravnavane vire tveganja so ti radiji neustrezni, uporabili pa smo jih zaradi doslednosti uporabe metode) okoli treh obravnavanih virov tveganja (glej tabelo 5; podatke smo izračunali na osnovi GIS podatkov o številu prebivalcev znotraj 100×100 m območij), pregled maksimalnih količin nevarnih snovi znotraj posameznega vira tveganja, ter vsoto kvocientov za razvrstitev vira večjega tveganja za okolje (glej tabelo 6; osnova je bila prijava vira tveganja). Pregled vseh rezultatov izračunov po metodi SPIRS podajamo v tabeli 7.

Tabela 5: Število prebivalcev znotraj radija 5 in 10 km v okolici obravnavanih virov tveganja.

Vir tveganja	Število prebivalcev znotraj radija	
	5 km	10 km
KIK Group d.d.	23730	63360
Melamin d.d.	14630	17030
Butan Plin d.d.	204190	337280

Tabela 6: Podatki o maksimalnih količinah nevarnih snovi in kvocientih za razvrščanje virov večjega tveganja za okolje (na osnovi prijave vira tveganja).

Vir tveganja	Maksimalna količina nevarnih snovi (tone)	Vsota kvocientov q/Q
KIK Group d.d.	636	13,3
Melamin d.d.	962	1,25
Butan Plin d.d.	2338	12,0

Tabela 7: Pregled rezultatov točkovanja po metodi SPIRS za obravnavane vire tveganja.

KIK Group d.d.	Točke	Prejemnik tveganja			
Tip nevarnosti	Potencial	Okoliško prebivalstvo	Zaposleni na lokaciji	Vodna telesa	Biotopi
Onesnaženje vode	Nevarnost	321		321	321
	Tveganje	9630		6420	6420
Strupeni plini	Nevarnost	361	361		
	Tveganje	10830	9025		
Požari in eksplozije	Nevarnost	1004	1004		
	Tveganje	30120	25100		

Melamin d.d.	Točke	Prejemnik tveganja			
Tip nevarnosti	Potencial	Okoliško prebivalstvo	Zaposleni na lokaciji	Vodna telesa	Biotopi
Onesnaženje vode	Nevarnost	1344		1344	1344
	Tveganje	40320		26880	26880
Strupeni plini	Nevarnost	1552	1552		
	Tveganje	46560	38800		
Požari in eksplozije	Nevarnost	4640	4640		
	Tveganje	139200	116000		

Butan Plin d.d.	Točke	Prejemnik tveganja			
Tip nevarnosti	Potencial	Okoliško prebivalstvo	Zaposleni na lokaciji	Vodna telesa	Biotopi
Onesnaženje vode	Nevarnost	91		91	91
	Tveganje	2720		1813	1813
Strupeni plini	Nevarnost	140	140		
	Tveganje	4200	3500		
Požari in eksplozije	Nevarnost	320	320		
	Tveganje	9600	8000		

Na osnovi prikazanih rezultatov lahko primerjamo izračunane točke. Na primer, potencial požarne in eksplozijske nevarnosti za vir tveganja KIK Group d.d. proti Melamin d.d. proti Butan Plin d.d. znaša 1004 proti 4640 proti 320, kar ni v skladu z vstopnimi podatki prikazanimi v tabeli 6, prav tako to ni v skladu z rezultati kvantitativne ocene tveganja (glej zbrane rezultate v prilogi **Error! Reference source not found.**). Ostale primerjave glede drugih prejemnikov tveganja in drugih tipov nevarnosti niso v tako očitnem neskladju s pričakovani glede na vstopne podatke.

Ocenjujemo, da gre za določena neskladja v metodi SPIRS v privzetih uporabljenih enačbah za točkovanje nevarnosti, ki jih v tej študiji nismo spreminjali (torej smo vedno uporabili privzete enačbe v aktualni verziji programskega orodja SPIRS 3.0).

Omenjene enačbe, ter klasificiranje vstopnih podatkov lahko uporabniki programa pri izračunih spreminjajo, ter na ta način verjetno odpravijo opažena neskladja, vendar tega v okviru te študije nismo izvajali.

Ocenjujemo, da je metoda SPIRS uporabna za evidentiranje osnovnih podatkov o prijavljenih virih tveganja, maksimalnih količinah nevarnih snovi, sledenje sprememb, ter za sporočanje podatkov Evropski komisiji.

Ob primernih korekcijah enačb in klasificiranja za izračun točkovanja nevarnosti in tveganja za primerjalno razvrščanje virov tveganja, je metoda lahko uporabna za prvo razvrščanje po prioritetah med prijavljenimi viri tveganja.

Poudariti pa velja, da več od omenjenih zmožnosti od metode SPIRS ne smemo pričakovati, saj metoda gradi na osnovi skopih, osnovnih podatkov o posameznih virih tveganja. Prav tako metoda ni primerna za izvajanje ocen tveganja v okviru obveznosti, kot jih nalaga virom tveganja direktiva 96/82/EC, oziroma Uredba o ukrepih za zmanjšanje tveganja za okolje zaradi večjih nesreč z nevarnimi kemikalijami, Ur.l. RS št. 46/2002, in Uredba o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja, Ur.l.RS št. 3/02 in 17/2002.

3.3. Rezultati metode IAEA

Metoda IAEA je bila zaradi omejitev, ki jih ima, uporabljena le pri oceni za KIK Group d.d. in pri Melaminu d.d. za oceno tveganja zaradi skladiščenja UNP in razlitja/skladiščenja formalina. Metoda je "groba" in je uporabna predvsem za medsebojno, izhodiščno primerjavo različnih virov tveganja z namenom ugotovitve, katerim virom tveganja je treba v prihodnosti posvetiti več pozornosti (presejalna metoda - screening).

V drugem delu poročila smo v okviru posameznih ocen tveganja izračunali tudi posledice in frekvence dogodkov po metodi IAEA.

Splošne ugotovitve ob primerjavi rezultatov metode IAEA z rezultati kvantitativne ocene tveganja so naslednje:

- Metoda IAEA podaja posledice le za ocenjeno število človeških smrtnih žrtev, drugih vrst posledic ne obravnava.
- Napram kvantitativni oceni tveganja metoda IAEA po našem mnenju v obravnavanih primerih podaja pretirano oceno števila smrtnih žrtev.
- Za nekatere obravnavane scenarije, za katere je kvantitativna ocena tveganja podala rezultate, metode IAEA ni bilo možno uporabiti, saj so bile količine nevarnih snovi bodisi prenizke.
- V enem primeru metode IAEA ni bilo mogoče uporabiti, saj so bile obravnavane količine prevelike.
- Ocenjene frekvence dogodkov so si primerjalno za nekatere primere relativno (preveč) podobne. Takšen primer so na primer scenariji št. 1, 2 in 4 ($f = 3 \times 10^{-5} \text{ leto}^{-1}$) napram št. 5 in 6 ($f = 1 \times 10^{-6} \text{ leto}^{-1}$), torej je pričakovana frekvenca eksplozije v skladiščnih objektih le $3,3 \times$ nižja od pričakovane frekvence eksplozije za značilno predelovanje/manipuliranje razstreliva ali črnega smodnika.
- Oceni posledic in frekvence za dogodek izpusta formalina v cisternskem skladišču sta si presenetljivo podobni. Metoda IAEA ocenjuje da ne bo smrtnih žrtev, frekvenca dogodka (izpust vseh ton formalina v cisternskem skladišču) je $3 \times 10^{-4} \text{ leto}^{-1}$, kvantitativna ocena tveganja pa ocenjuje, da bo potencialno ogroženo od 2 do 18 zaposlenih znotraj lokacije (ki še vedno lahko uporabijo obstoječa osebna zaščitna sredstva), frekvenca dogodka (2 minutni izpust formalina iz gibljive cevi) pa je $3,85 \times 10^{-4} \text{ leto}^{-1}$. Rezultata obeh ocen tveganja sta praktično enaka, res pa je, da obravnavana dogodka nista popolnoma primerljiva.

- Ocena tveganja po metodi IAEA ne podaja konkretnih, tehničnih izhodišč za zmanjševanje tveganja, lahko pa se uporabi ocenjena vplivna območja kot orientacija za izdelavo načrtov zaščite in reševanja (območje ukrepanja).
- Ocena potenciala za domino posledice ni možna, saj upošteva le vplivna območja za oceno smrtnih žrtev med ljudmi.

Metoda IAEA je v splošnem uporabna za hitro oceno tveganja in izdelavo prioritet znotraj skupine obravnavanih virov tveganja (na primer, za kasnejšo podrobnejšo kvantitativno oceno tveganja).

Pri uporabi metode IAEA lahko pričakujemo, da bomo naleteli na primere, ko njena uporaba ni možna ali smiselna (npr., premajhne ali prevelike količine obravnavanih nevarnih snovi). Zavedati pa se moramo, da metoda glede na vstopne podatke in svoje značilnosti ne more podajati vseh rezultatov v pričakovani kvaliteti, kot to običajno pričakujemo od kvantitativne ocene tveganja, na primer, za potrebe izdelave priporočil za zmanjševanje tveganja in izdelavo načrtov zaščite in reševanja.

4. Prikaz rezultatov kvantitativne ocene tveganja z orodjem ARIPAR

4.1. Uvod

Rezultati kvantitativnih ocen tveganja se lahko uporabljajo tudi pri načrtovanju uporabe prostora in obvladovanju tveganj. Rezultati kvantitativne ocene tveganja so lahko dobro izhodišče za omenjena procesa odločanja, pri čemer pa se kmalu pojavi praktično vprašanje, kako na primeren sistematičen način združiti množico podatkov o potencialnih večjih nesrečah, njihovih vplivnih območjih, frekvencah/pogostnostih, vrstah posledic, nevarnih snoveh, virih tveganja (industrijski obrati, skladišča, prometne poti - ceste, železnica, ladje), prejemnikih tveganja, ipd. V ta namen lahko uporabimo različne programske rešitve (podrobnejše izračune individualnega in kolektivnega tveganja za ljudi omogočajo že nekateri zmogljivejši računalniški programi za kvantitativno oceno tveganja), ali pa to izračunamo in prikažemo ročno na klasičen način.

V tem poglavju bomo prikazali osnovne lastnosti programskega orodja ARIPAR (Analisi e controllo dei Rischii Industriali e Portuali dell'Area di Ravenna - analiza in upravljanje s tveganji zaradi industrijskih in pristaniških dejavnosti na področju Ravene), ki ga že od leta 1988 dalje razvija konzorcij, v katerem sodelujejo Evropska Komisija, Joint Research Centre Ispra, Italija - Institute for Systems, Informatic and Safety (ISIS), Snamprogetti, NIER Ingegneria and DAM, ter DICMA - Chemical, Minery and Environmental Technologies Engineering Department of the University of Bologna.

Orodje ARIPAR trenutno uporablja pri svojem delu več kot 50 uporabnikov, med njimi najdemo raziskovalne institucije, univerze, italijanske državne upravne organe, ter organe za zaščito in reševanje (glej <http://www.aripar.it>).

4.2. Kaj lahko pričakujemo od orodja ARIPAR ?

Orodje ARIPAR omogoča kvantitativno vrednotenje tveganj za različne industrijske dejavnosti na določenem območju [6, 7]. Vrednotenje tveganja poteka na osnovi ocene frekvenc in posledic (človeških žrtev) za vse obravnavane dogodke večjih nesreč.

Rezultati vrednotenega tveganja so lahko prikazani na naslednje načine:

- Področno tveganje: znotraj obravnavanega območja lahko za vsako geografsko točko določimo pričakovano frekvenco za referenčno posledico (človeške žrtve v primeru, da se

pričakovane nesreče pripetijo) za osebe, ki se tam nahajajo 24 ur na dan, vse leto, brez možnosti da se skrijejo, zaščitijo ali evakuirajo. Področno tveganje je lahko prikazano na diagramih bodisi kot točke, polja ali krivulje s konstantno frekvenco (podlaga je običajno zemljevid), bodisi kot histogram za izbrano geografsko točko in prikazanim doprinosom tveganja (frekvenc) iz posameznih virov tveganja.

- Individualno tveganje: definicija je podobna kot za področno tveganje, poleg tega pa se upošteva še povprečni čas izpostavljenosti ljudi, in zaščitni ukrepi (npr., znotraj ali izven objektov). Pri izračunih se upošteva prisotnost prejemnikov tveganja (različne skupine ljudi; na primer, zaposleni znotraj/izven virov tveganja, prebivalstvo, ljudje v šolah, bolnišnicah, trgovinah, ipd.). Takšen prikaz je uporaben za vrednotenje tveganja na določenem območju glede na njegovo uporabo. Individualno tveganje je lahko prikazano na diagramih bodisi kot točke, polja ali krivulje s konstantno frekvenco (podlaga je običajno zemljevid).
- Kolektivno tveganje: podaja povezavo med številom potencialno ogroženih ljudi (pričakovano število žrtev) in ocenjenimi frekvencami za obravnavane večje nesreče. Rezultat je običajno podan bodisi kot (tako imenovani F-N diagram) diagram padajoče odvisnosti kumulativne frekvence (F) za vse izide nesreč za vse možne vire tveganja, ki lahko povzročijo enako ali večje število žrtev (N), ali kot histogram kolektivnega tveganja za določeno število ljudi in določeno območje frekvenc (npr., od 10^{-5} do 10^{-6} leto⁻¹). F-N krivulja je običajno uporabna za vrednotenje kolektivnega tveganja, ki ga določene dejavnosti predstavljajo za družbo (prebivalstvo v širšem pomenu). Običajno frekvenca pada, ko število žrtev narašča na diagramu. Takšen prikaz se pogosto uporablja za odločanje o tolerabilnosti tveganja.

Na primernih grafičnih podlagah (različni zemljevidi, fotografski posnetki, sheme, ipd.), lahko nazorno prikažemo sestavine obravnavanih tveganj (frekvence in vplivna območja nesreč), dodatne informacije (komentarji, dodatne povezane datoteke), ter opravljamo različne analize zanimivih situacij (na primer, kateri vir tveganja najbolj ogroža bolnišnico, cesto, stanovanjski objekt, ali obratno, kakšen primerjalni pomen bi lahko imel predvideni novi vir tveganja v bližini).

Na koncu naj omenimo še česa ne smemo pričakovati od orodja ARIPAR:

- Orodje ARIPAR ne omogoča izdelave kvantitativne ocene tveganja (oceno posledic in pogostnosti za nesreče); v ta namen moramo ločeno opraviti predhodne kvantitativne

ocene (za vse obravnavane vire tveganja) ob uporabi drugih metod in programskih orodij, katerih rezultati so eden od potrebnih vstopnih podatkov za uporabo orodja ARIPAR.

- Orodje ARIPAR ne more odločati namesto uporabnika programa glede tolerabilnosti obravnavanih tveganj; program nam bo le olajšal razumevanje urejenih in razpoložljivih podatkov o tveganjih zaradi določenih industrijskih dejavnosti na določenem geografskem območju.
- Prikazane rezultate moramo obravnavati smiselno in poznati vse nezanesljivosti in omejitve podatkov, ki jih obravnavamo (npr., neažurnost zemljevidov, točnost-omejitve podatkov o poseljenosti in časovni prisotnosti ljudi, nezanesljivosti v rezultatih kvantitativnih ocen tveganja, ipd.).

4.3. Uporaba orodja ARIPAR

Orodje ARIPAR sestavljata dva samostojna programa (ARIPAR-DB in ARIPAR-GIS) v katera uporabnik vnese vse potrebne podatke in nato izvede prikaz tveganja na izbranem geografskem območju.

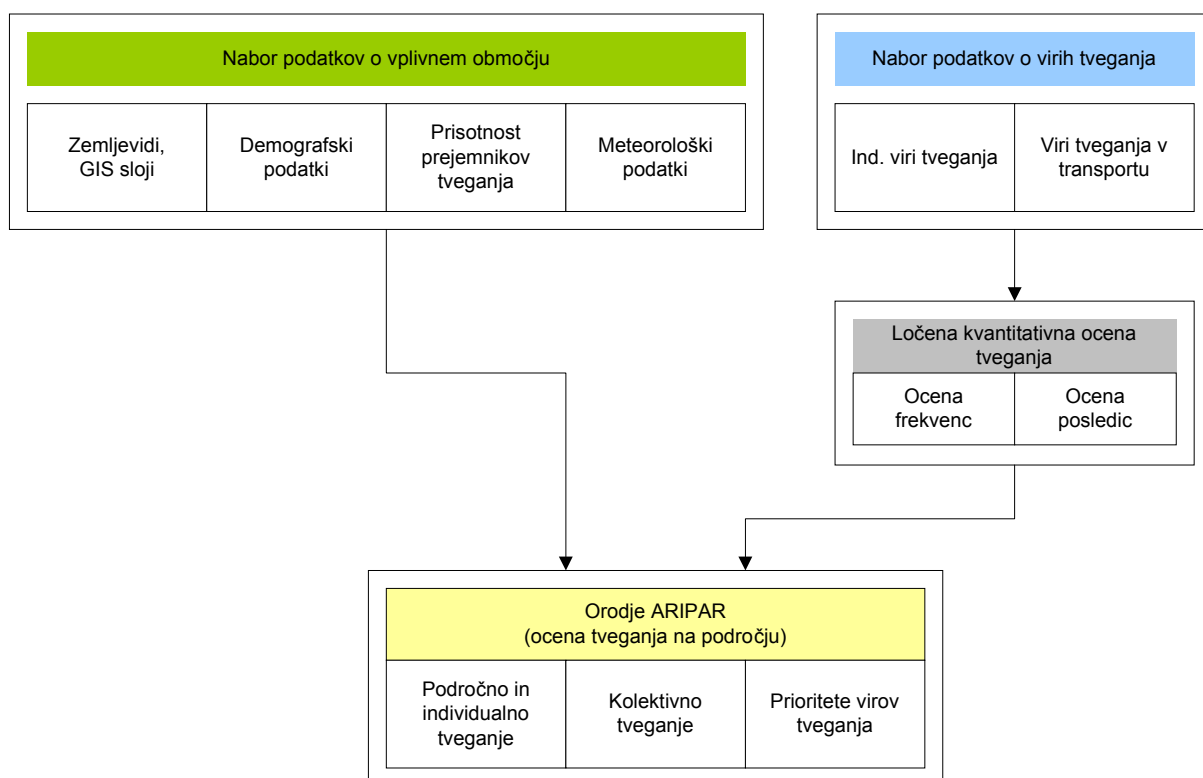
Postopek poteka v štirih glavnih korakih za vnos podatkov in prikaz rezultatov:

- A. Opis obravnavanega geografskega območja: prvi korak je vnos podatkov o področju kjer se nahajajo viri tveganja, o področju, kjer se nahajajo prejemniki tveganja (zemljevidi, GIS-podatki, podatki o poseljenosti prebivalstva, številu zaposlenih v virih tveganja in drugih ind. obratih, šolah, bolnišnicah, trgovinah), transportnih poteh (ceste, železnica, vodne poti) in meteorološki situaciji na območju.
- B. Opis obravnavanih virov tveganja: vnesemo podatke o dejavnostih in količinah nevarnih snovi za vse obravnavane vire tveganja, ter za transportirane nevarne snovi (ceste, železnice, vodne poti).
- C. Predhodna ločena kvantitativna ocena izidov izrednih dogodkov: v okviru kvantitativnih ocen tveganja za vse vire tveganja na obravnavanem geografskem območju moramo ugotoviti relevantne scenarije za večje nesreče (izidi nesreč, ocenjene posledice in frekvenca za dogodke).
- D. Analiza tveganja na obravnavanem območju: program izračuna področno, individualno in kolektivno tveganje na obravnavanem območju ob podani geografski ločljivosti, pri tem pa upošteva:

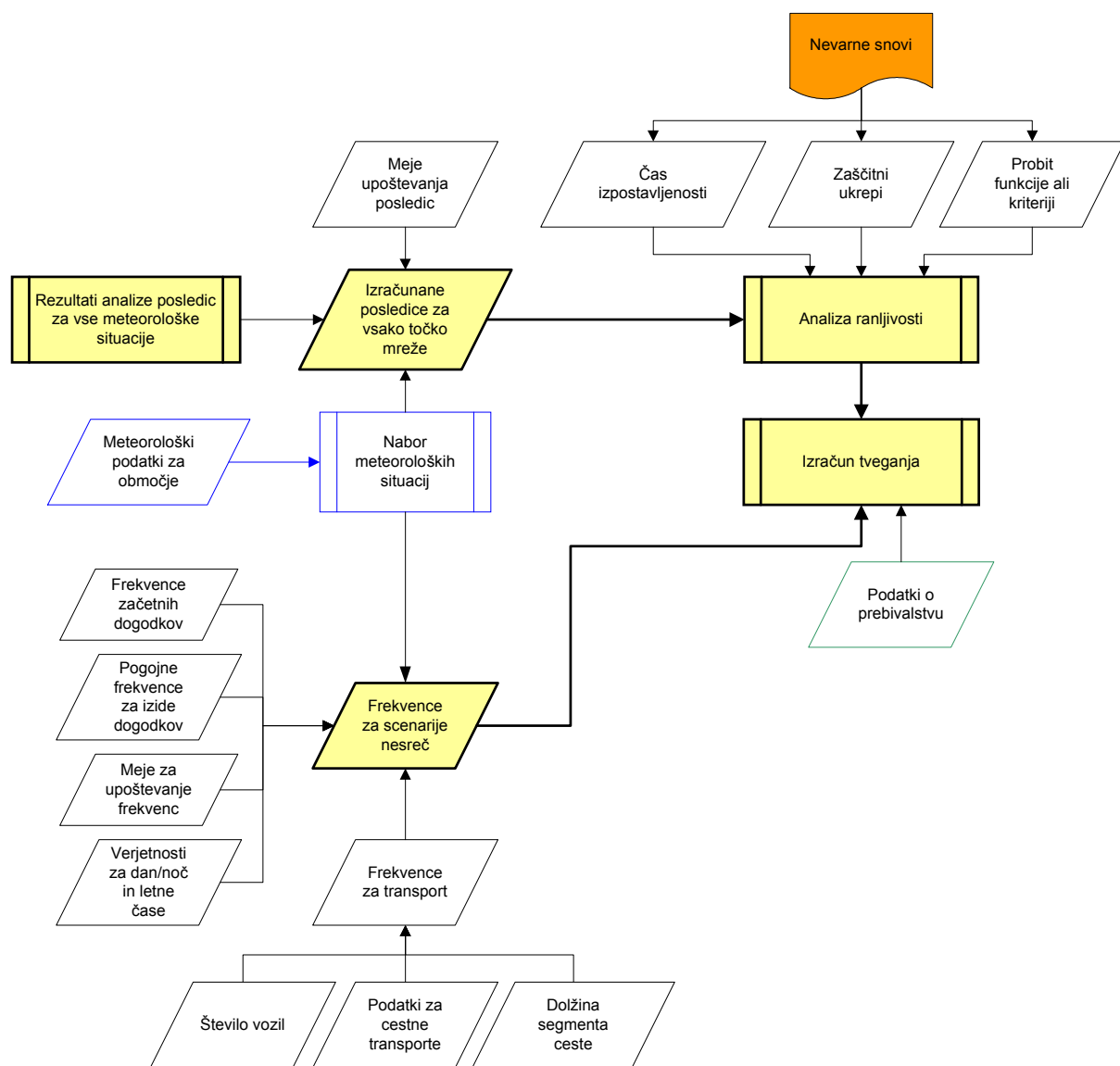
- porazdelitev področnega in individualnega tveganja v okolici virov tveganja ob upoštevanju rože vetrov,
- dano število virov tveganja in obravnavnih scenarijev za večje nesreče,
- prisotnost linijskih virov tveganja (tovornjaki na cestah, železnica, cevovodi).

Program izračuna področno in individualno tveganje v posameznih diskretnih točkah poljubne gostote, vmesne vrednosti pa interpolira.

Na slikah 1 in 2 sta prikazani shemi poteka analize in izračunov področnega tveganja z orodjem ARIPAR.



Slika 1: Shema analize področnega tveganja z orodjem ARIPAR.



Slika 2: Shema poteka izračunov med analizo področnega tveganja z orodjem ARIPAR.

4.4. Prikaz uporabe orodja ARIPAR

Ob sodelovanju s strokovnjaki iz Evropske Komisije, Joint Research Centra Ispra, Major Accident Hazards Bureau, Italija smo na osnovi rezultatov opravljenih kvantitativnih ocen tveganja (glej povzetek rezultatov v prilogi) izbrali za predstavitev uporabnosti orodja ARIPAR rezultate za lokacijo Melamin d.d.

V orodje ARIPAR smo vnesli orto-foto posnetke lokacije Melamin d.d., ustrezne meteorološke podatke (stabilnostne kategorije in hitrosti vetra, frekvence za posamezne smeri vetra, ipd.), bistvene rezultate ocene tveganja (glej nabor scenarijev iz priloge), dodali podatke o poseljenosti prebivalstva v bližnji okolici vira tveganja, ter število potencialno ogroženih zaposlenih na lokaciji (le relevantne podatke). Podatkov o tveganjih zaradi transportnih dejavnosti (bližnja železnica, prevozi po Tomšičevi cesti) nismo vnašali.

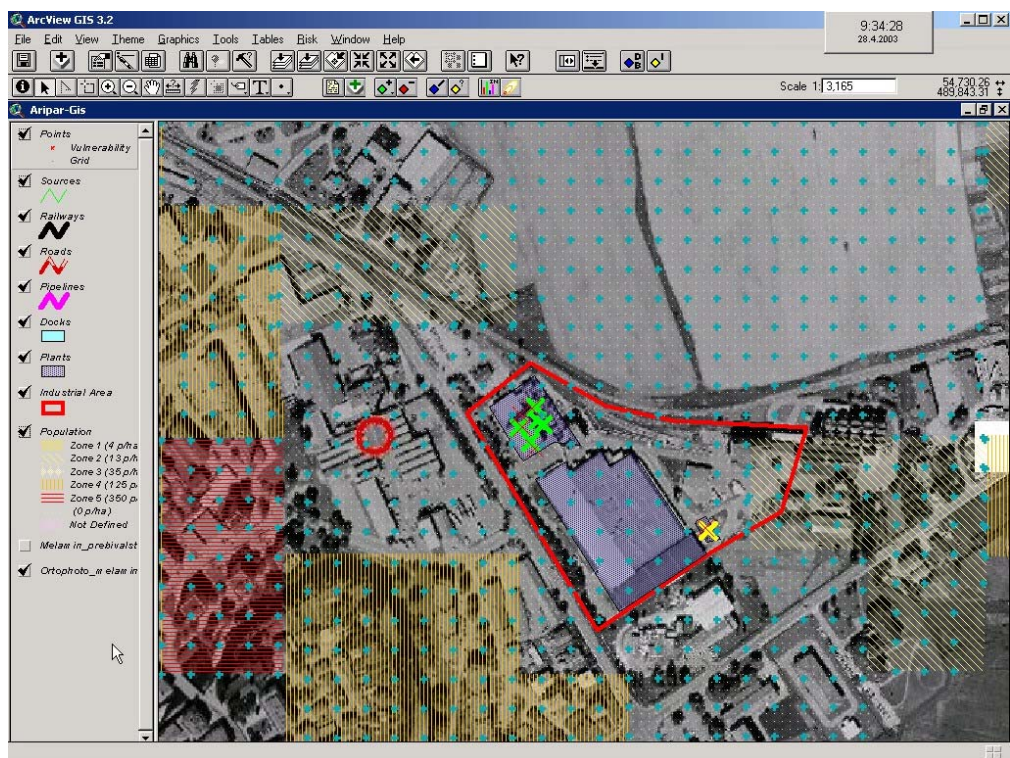
Rezultati analize področnega tveganja so običajno prikazani v ustrezni obliki GIS slojev.

Na sliki 4 je prikazana lokacija vira tveganja z bližnjo okolico, mejo lokacije (debela rdeča črta), točke izpustov nevarnih snovi za obravnavane scenarije večjih nesreč (debeli zeleni križec), relevantne točke kjer se nahaja določeno število zaposlenih znotraj vira tveganja (tanki rdeči križec), ter področja dimenzij 100×100 m v okolici vira tveganja z različno gostoto poselitve prebivalstva (različni grafični vzorci).

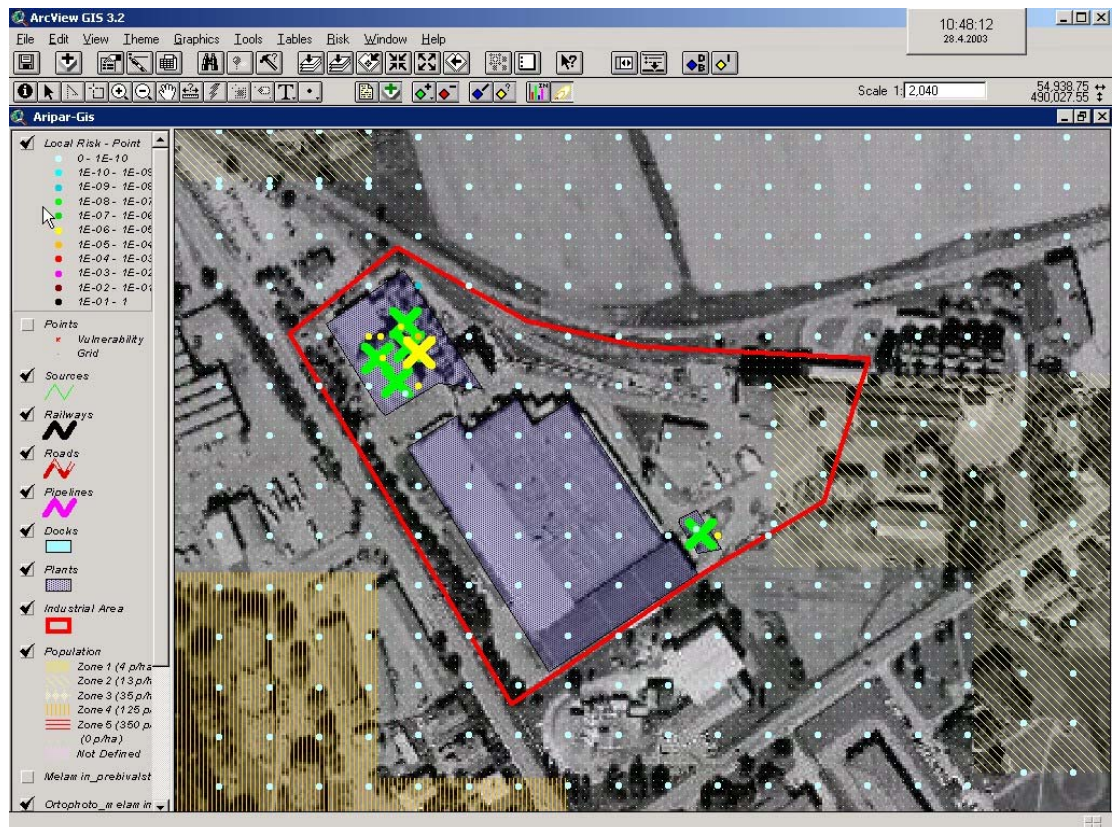
Na slikah 3, 6 in 5 prikazujemo področno tveganje (frekvence) v obliki točk, mreže in krivulj.

Na slikah 7, 8 in 9 prikazujemo individualno tveganje (frekvence) v obliki točk, mreže in krivulj. Na sliki 10 so prikazane krivulje koncentracij (uporabljene so vrednosti za ERPG koncentracije) formaldehida v zraku za primer izpusta formalina.

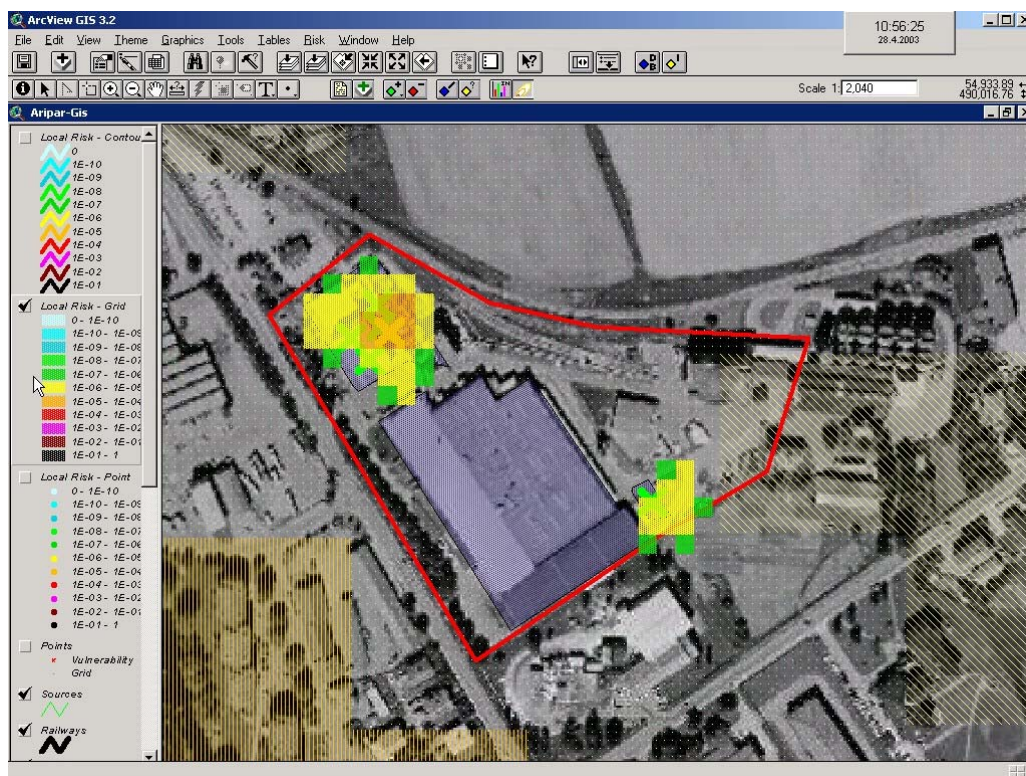
Na sliki 11 je prikazano kolektivno tveganja v obliki F-N krivulje. Na sliki 12 je prikazan primer pomembnosti posameznih scenarijev nesreč glede na vnaprej določene posledice (število smrtnih žrtev).



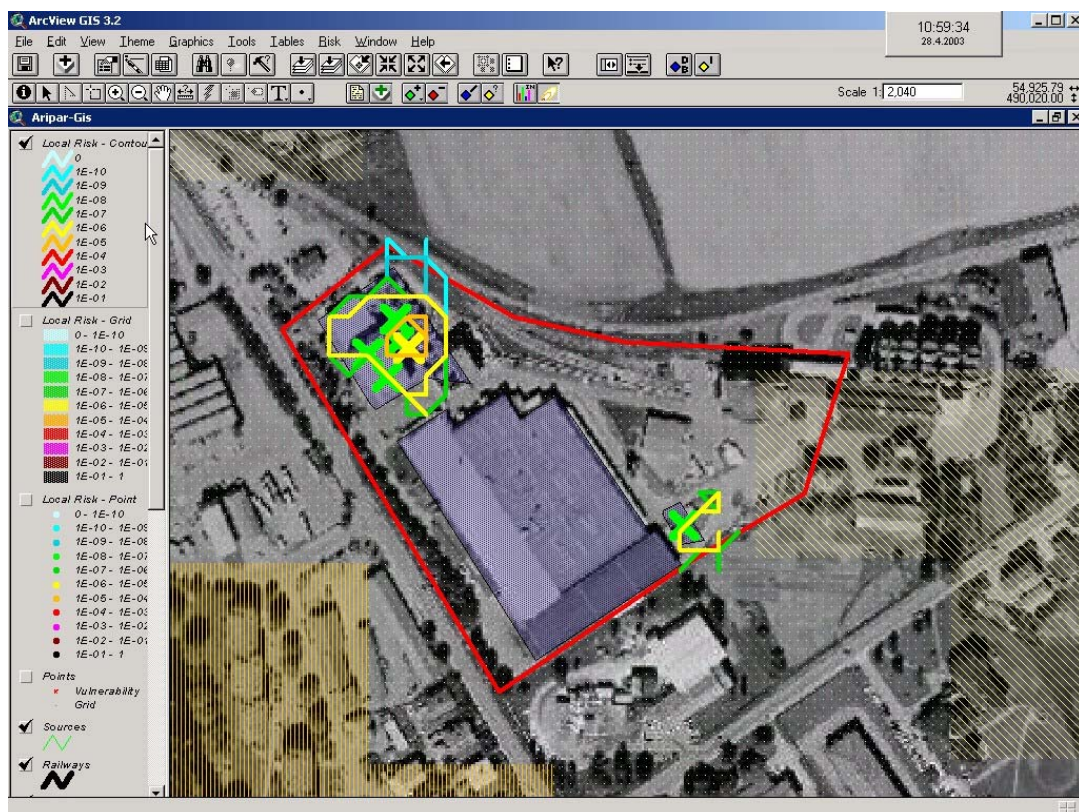
Slika 4: Osnovni prikaz lokacije vira tveganja Melamin d.d. v orodju ARIPAR.



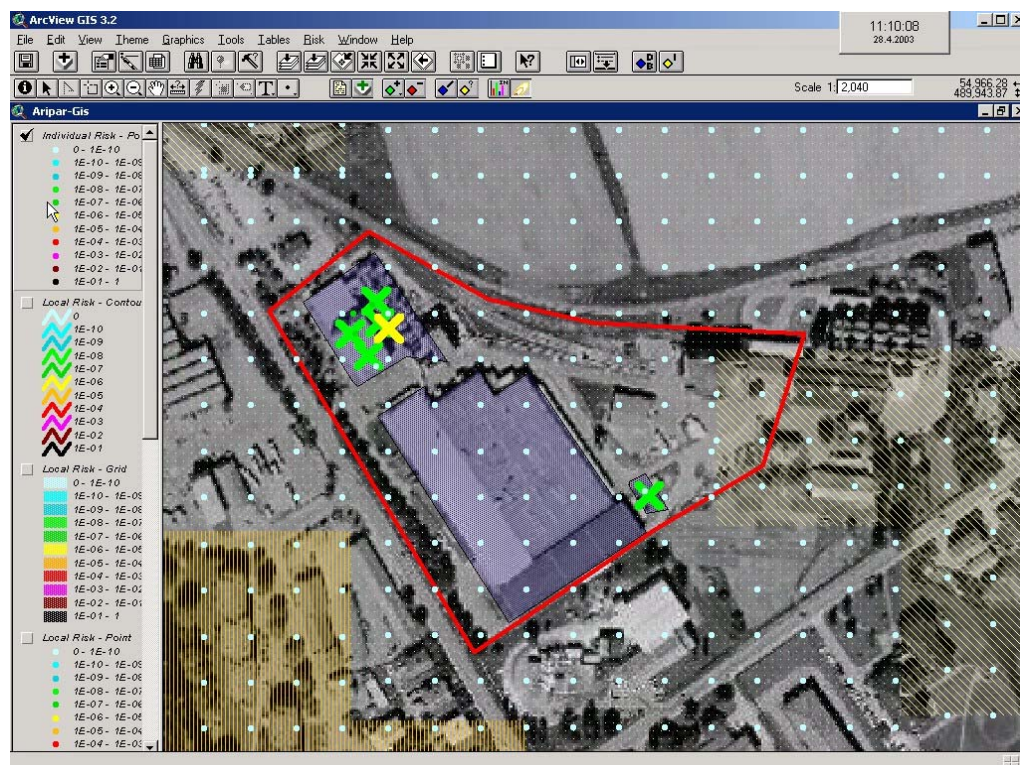
Slika 3: Prikaz vrednosti področnega tveganja (točke).



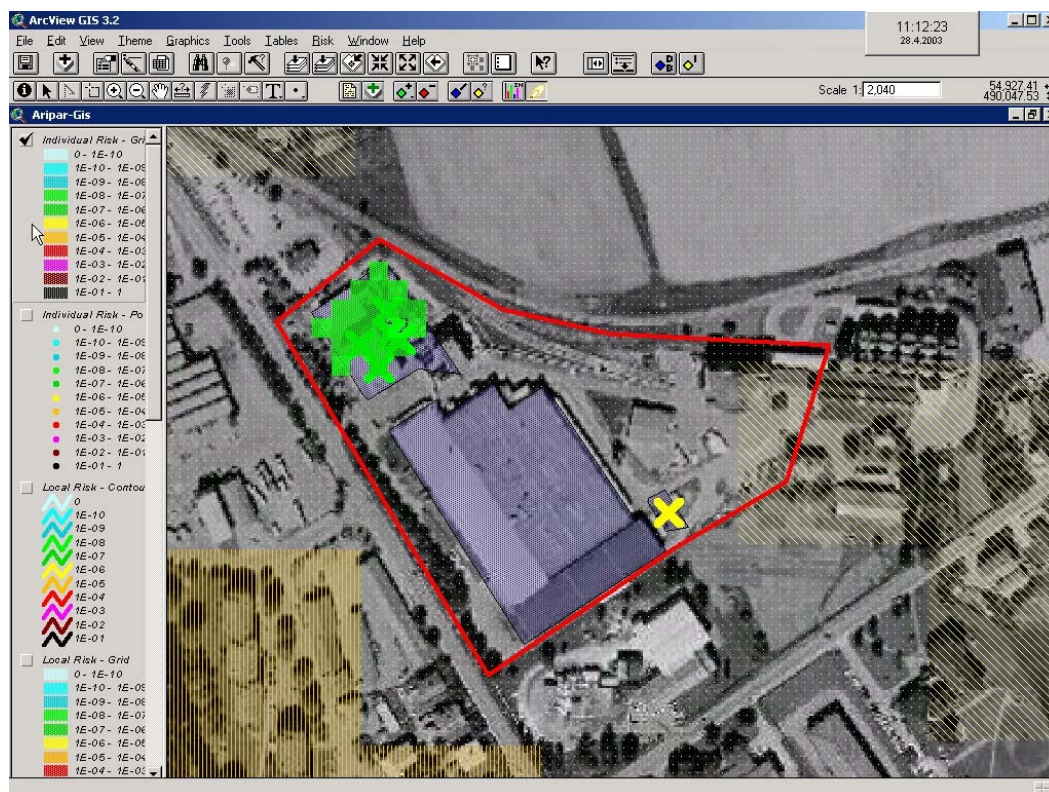
Slika 6: Prikaz vrednosti področnega tveganja (mreža).



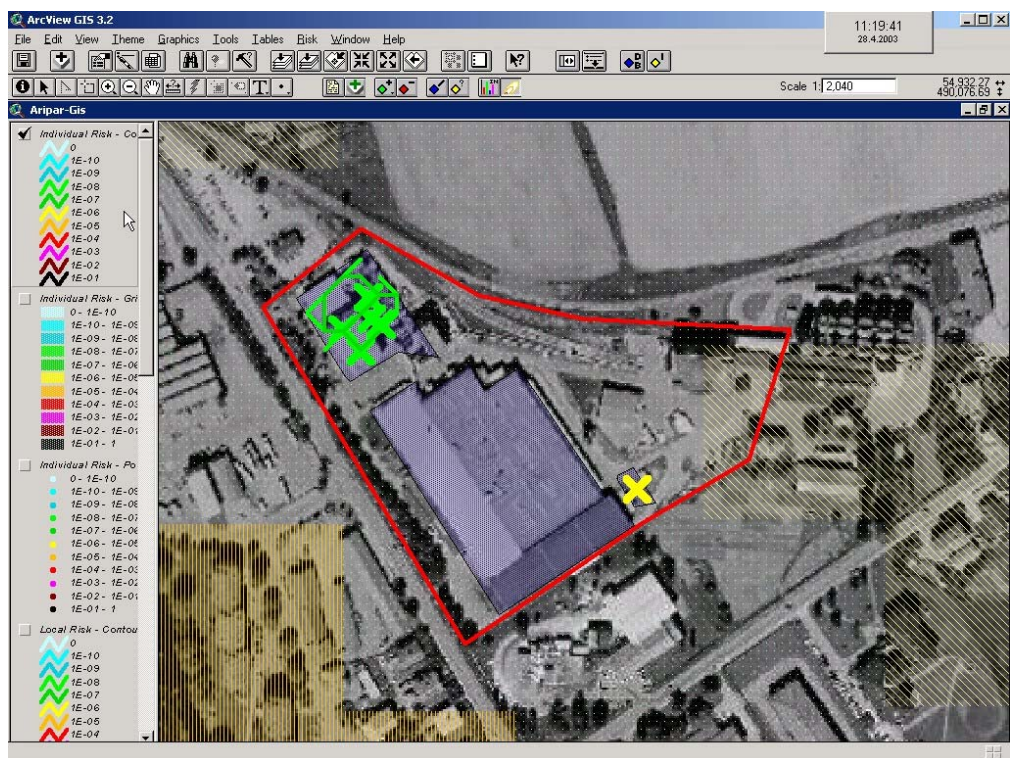
Slika 5: Prikaz vrednosti področnega tveganja (krivulje).



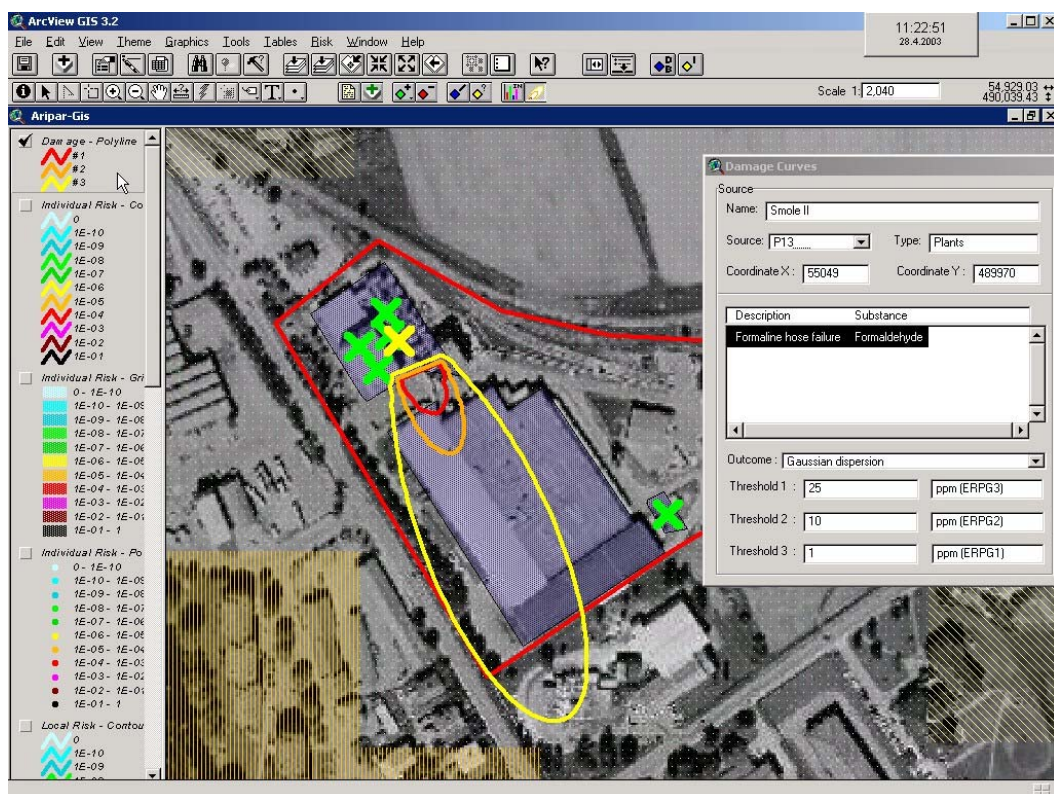
Slika 7: Prikaz vrednosti individualnega tveganja (točke).



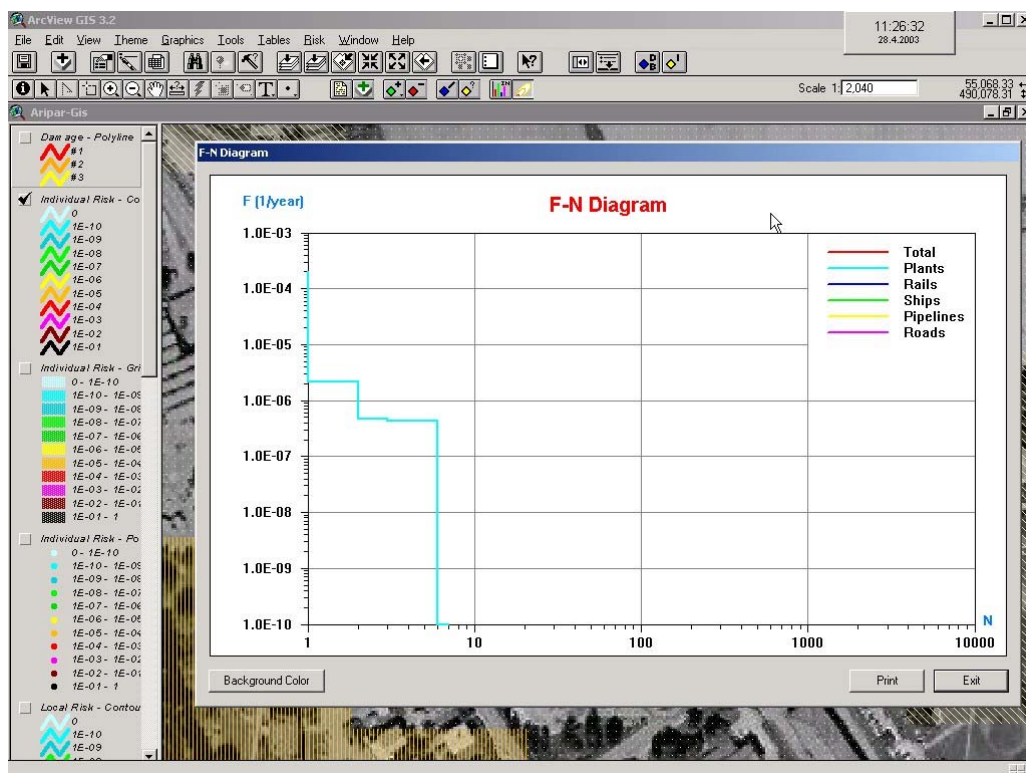
Slika 8: Prikaz vrednosti individualnega tveganja (mreža).



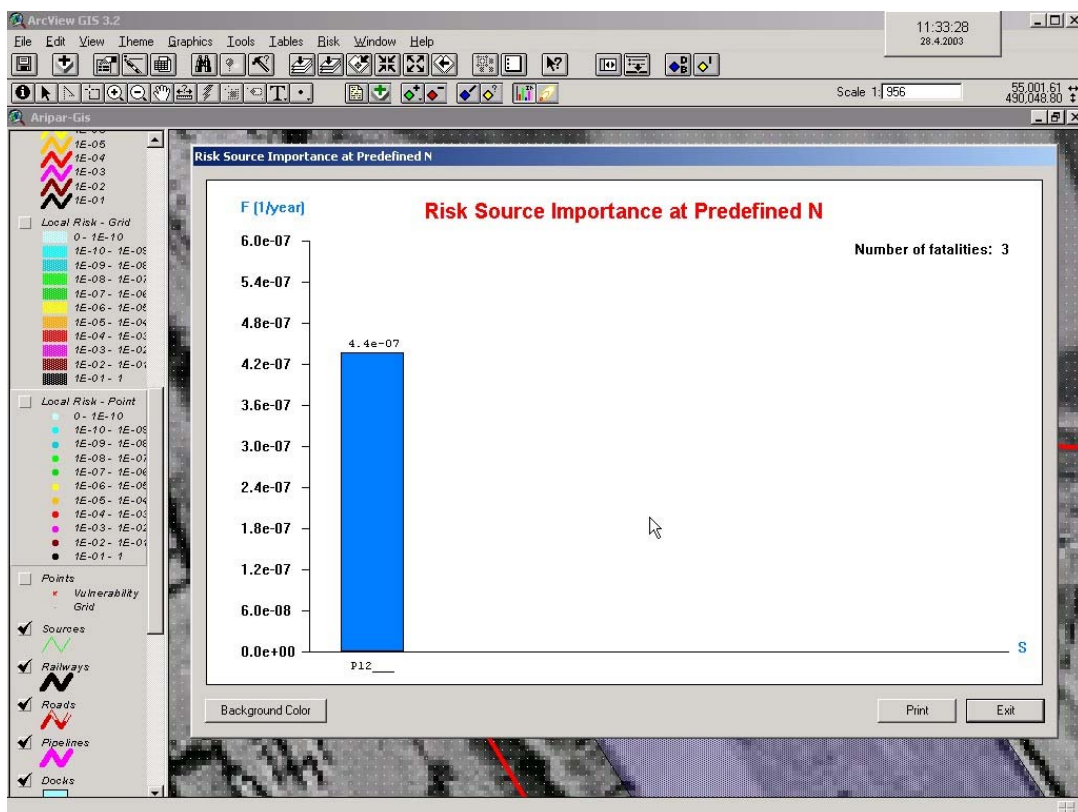
Slika 9: Prikaz vrednosti individualnega tveganja (krivulje).



Slika 10: Prikaz krivulj koncentracij v zraku za scenarij izpusta formalina.



Slika 11: Prikaz kolektivnega tveganja v obliki F-N krivulje (v tem primeru le za obrate).



Slika 12: Prikaz pomembnosti posameznih scenarijev za nesreče za izbrano število žrtev.

5. Zaključki

Primerjalna študija uporabe različnih metod za izdelavo ocene tveganja za okolje zaradi nesreč z nevarnimi kemikalijami za različne vire tveganja v Sloveniji je nedvomno pokazala naslednje:

Kvantitativna analiza tveganja edina izmed obravnavanih metod omogoča pridobivanje rezultatov, ki so uporabni v postopku odločanja o zmanjševanju tveganja, rabi prostora, dovoljevanju posegov v prostor in inšpekcijskega nadzora.

Metoda IAEA je uporabna za medsebojno primerjavo različnih virov tveganja (screening) z namenom, da se določi prioritete nadaljnje obravnave. Kot samostojna metoda za poglobljeno ocenjevanje tveganj ni ustrezna.

Metoda SPIRS ni metoda za aplikativno ocenjevanje tveganja, pač pa orodje za organizirano evidenco o značilnostih virov tveganja.

Predlagamo, da se pri nadaljnjem delu podrobneje preverijo pogoji in koristi združene uporabe orodja ARIPAR in kvantitativne ocene tveganja za potrebe ocenjevanja in nadzora virov tveganja v Sloveniji.

6. Literatura

- 1 Butan Plin - Praznjenje železniške cisterne, študija HAZOP, Poročilo 36006-23-RP-107, Naloga 2b, PHARE Regional Environmental Accession Project, Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, 27. november 2002.
- 2 Smernice za ugotavljanje nevarnosti in ocenjevanje tveganja, Poročilo 36006-23-RP-101, Naloga 1a, PHARE Regional Environmental Accession Project, Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, 27. november 2002.
- 3 Guidelines for chemical process quantitative risk analysis, Second Edition, Center for chemical process safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2000, ISBN: 0-8169-0720-X.
- 4 Methods for determining and processing probabilities "Red Book", CPR 12E, J. C. H. Schueller, Committee for Prevention of Disasters, Second Edition 1997, ISBN 90 12 08543 8.
- 5 Butan Plin - ugotavljanje nevarnosti in ocena tveganja, Poročilo 36006-23-RP-106, Naloga 2a, PHARE Regional Environmental Accession Project, Pripravljenost na nesreče z nevarnimi snovmi v Sloveniji, 27. november 2002.
- 6 Aripas system for area risk analysis and control, Main user's guide, Version 3.0, July 2002, S.P.I.02.103, European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen.
- 7 Aripas - GIS, Reference guide, Version 3.0, July 2002, S.P.I.02.104, European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen.