

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

ATMOSFĒRAS PIESĀRŅOJUMA RISKĀ NOVĒRTĒJUMS  
A/S „VENTAMONJAKS” IETEKMES ZONĀ

MAĢISTRA DARBS

Autors: Jānis Niedols  
Stud.apl. jn08009  
Darba vadītāja: Iveta Šteinberga  
Dr.Geogr.

RĪGA 2013

## ANOTĀCIJA

Amonjaka piesārņojums atmosfērā pilsētās saistīts ne tikai ar rūpniecisko uzņēmumu aktivitātēm, bet arī atkritumu apsaimniekošanu un autotransportu, tomēr nenoliedzami augstāka bīstamība piemīt tieši rūpnieciskajiem uzņēmumiem, kuri netīši avārijas rezultātā var radīt pat cilvēku dzīvībai bīstamas situācijas. Šādu uzņēmumu apzināšana un avārijriskā novērtēšana ir viens no labas vides pārvaldības prakses pamatprincipiem.

Tik lielā uzņēmumā kā A/S „Ventamonjaks” ir jābūt mobilizētam darīt visu iespējamo, lai pēc iespējas mazinātu ietekmi uz vidi, jo īpaši tādas bīstamas vielas kā amonjaka gadījumā.

Maģistra darbs „Atmosfēras piesārņojuma riska novērtējums A/S „Ventamonjaks” ietekmes zonā tika izstrādāts ar mērķi, novērtēt iespējamās amonjaka avārijnoplūžu scenārijus un potenciālās sekas A/S „Ventamonjaks” ietekmes zonā.

Maģistra darbs sastāv no 81 lapaspusēm, 31 attēliem, 9 tabulām, 65 literatūras avotiem.

Atslēgvārdi: amonjaks, ALOHA, modelēšana, riska analīze

## ANNOTATION

Ammoniacal pollution into the urban atmosphere is not only related to industrial business activities, but also includes waste management and road transport, yet undeniably the higher hazards are inherent to industrial companies which unintentionally in a result of an accident can lead to life-threatening situations for human life. An identification and potential risk evaluation of such companies is one of the best environmental management practice principles.

Company as large as A / S "Ventamonjaks" must be mobilized to make every effort in order to minimize the impact on the environment, particularly hazardous substances such as ammonia.

Master Thesis "Atmospheric Pollution Risk Assessment A / S" Ventamonjaks "sphere of influence was developed with an aim to evaluate the possible ammonia emergency spill scenarios and potential consequences of A / S" Ventamonjaks "zone of influence.

Master's thesis consists of 81 pages, 31 figures, 9 tables, 65 literature sources.

Keywords: ammonia, ALOHA, modeling, risk analysis

# SATURA RĀDĪTĀJS

## Ievads

1. Teorētiskais pamatojums.....	7
1.1. Vides piesārņojuma risks, tā būtība un skaidrojums.....	7
1.2. Riska avotu identifikācija.....	11
1.3. Piesārņojuma riska novērtēšanas koncepcijas un instrumenti.....	13
1.4. Leģitīmo aktu izvērtējums un analīze.....	16
1.5. Gaisa piesārņojuma izplatības zonu novērtēšanas metodes.....	21
1.5.1. Tiešo mērījumu metodes.....	25
1.5.2. Matemātiskās modelēšanas metodes.....	26
1.5.2.1. Modelēšanas metodes - Gausa plūmes modeļa princips.....	26
1.5.2.2. Modelēšanas metodes – domino modeļa princips.....	26
1.6. Pētījuma teritorijas (Ventspils) fizioģeogrāfiskais un klimatiskais raksturojums.....	30
1.7. A/S „Ventamonjaks” raksturojums.....	31
1.8. Amonjaka fizikālo un ķīmisko īpašību raksturojums.....	41
1.9. Vēsturisko avāriju analīze.....	44
2. Materiāli un metodes.....	46
3. Rezultāti un to analīze.....	50
3.1. Amonjaka avārijnoplūdes novērtējums no dzelzceļa cisternas.....	51
3.2. Amonjaka avārijnoplūdes novērtējums no dzelzceļa cisternas.....	59
3.3. Amonjaka avārijnoplūdes novērtējums no rezervuāra.....	66
3.4. Avāriju iespējamības analīze.....	73
Secinājumi.....	75
Pateicības.....	76
Literatūras saraksts.....	77

## APZĪMĒJUMU SARAKSTS

A – austrumi  
A/S – akciju sabiedrība  
ANO – Apvienoto Nāciju Organizācija  
CHE - kravas apstrādes iekārtas  
CO – oglekļa oksīds  
EEK – Eiropas Vides aģentūra  
ES – Eiropas Savienība  
ERPG – normatīvs ar ekspozīcijas laiku līdz vienai stundai strādājošiem cilvēkiem  
GOS – gaistošie organiskie savienojumi  
LR – Latvijas Republikas  
LVĢMC – Latvijas ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs  
MB – masas bilance  
MK – Ministra Kabineta noteikumi  
MPEL - maksimāli pieļaujamo emisiju limits  
NACE – Vispārējās ekonomiski saimnieciskās darbības Eiropas kopienā klasifikācijas sistēma  
NH<sub>3</sub> - amonjaks  
NO<sub>x</sub> – slāpekļa oksīdi  
NOAA - Nacionālais okeānu un atmosfēras administrācijas birojs  
O<sub>3</sub> – ozons  
OHSAS - arodveselības un darba drošības vadības sistēma  
PM - cietās daļiņas  
pptv – emitēto vielu detektēšanas mērvienība  
ppb – 1 biljona daļa grama  
PRTR - Protokols par piesārņojušo vielu un izmešu pārneses reģistru  
PVO – Pasaules Veselības organizācija  
SIA – sabiedrība ar ierobežotu atbildību  
SO<sub>x</sub> – sēra oksīdi  
TM – tiešie mērījumi  
TNMOC – kopējie nemetāna organiskie savienojumi

## IEVADS

Latvijā ir daudz un dažādu objektu, kuri rada būtisku kaitējumu videi un cilvēkam, jo īpaši atmosfērai, kas saistītas ar tajā emitēto vielu daudzumiem. A/S „Ventamonjaks” ir viens no paaugstinātas bīstamības objektiem Ventspilī, kurā tiek veiktas dažādu kaitīgu vielu pārkraušanas un uzglabāšanas operācijas. A/S „Ventamonjaks” piešķirta B kategorijas piesārņojošās darbības atļauja, kurā iekļautas dažādas tehnoloģiskās operācijas – amonjaka pārsūkņēšana, uzglabāšana, transportēšana. Iepriekš minētie procesi tiek skrupulozi plānoti, lai apkārtējai videi nodarītu pēc iespējas niecīgāku kaitējumu, kā arī, lai nepārsniegtu Latvijā noteiktos emisiju ierobežojumus.

Avārijnoplūdes gadījumā nereti kaitējums tiek nodarīts ne tikai atmosfērai, bet arī augsnei, ūdeņiem. Šī darba ietvaros novērtējums veikts tikai atmosfērai, kas saistīts ar to, ka grunts piesārņojums tiek mazināts uzņēmuma teritoriju nobetonējot, savukārt ūdens piesārņojums ir salīdzinoši maz varbūtīgs amonjaka augstās iztvaikošanas spējas dēļ.

**Darba mērķis:** ir izstrādāt iespējamās amonjaka avāriju scenārijus un izvērtēt potenciālās sekas A/S „Ventamonjaks” ietekmes zonā, izmantojot modelēšanas metodi.

Mērķa sasniegšanai tiek izvirzīti sekojoši **uzdevumi:**

- 1) Zinātniskās literatūras analīze un apkopojums;
- 2) A/S „Ventamonjaks” darbības specifikas novērtējums, emisijas avotu apzināšana un emisiju apjomu atmosfērā novērtējums;
- 3) A/S „Ventamonjaks” apkārtējo situāciju identifikācija, kuru rezultātā sagaidāma amonjaka avārijas noplūde gaisā;
- 4) Amonjaka emisiju izplatības modelēšana, scenāriju atgadīšanās varbūtību novērtējums;
- 5) Amonjaka piesārņojuma skarto zonu kartēšana, rezultātu izvērtējums un interpretācija.

# 1. TEORĒTISKAIS PAMATOJUMS

## 1.1. Vides piesārņojuma risks, tā būtība un skaidrojums

Mūsdienās būtiska ir cilvēku un apkārtējas vides drošība, tāpēc tiek aizvien vairāk domāts un darīts viss iespējamais, lai uzlabotu vides kvalitāti ar vides riska novērtēšanas metodēm. Tiek izstrādātas un pētītas aizvien jaunākas tehnoloģijas, lai samazinātu iespējamos riskus. Ventspils pilsētās gadījumā viens no lielākajiem riskiem ir osta un dzelzceļkravu pārvadājumi.

Pasaules pieredze pierāda, ka vides risks lielākā mērā izriet no ārējiem notikumiem, tas ir, notikumiem, kuru cēlonis ir dabisku plūsmu mijiedarbība. Tipisks piemērs šādiem negadījumiem ir zemestrīces, plūdi, stiprs vējš un negadījumi.

Riska analīze ir nepieciešama, lai novērstu draudus no cilvēka, kas var rasties ķīmisku vielu noplūdes gadījumos. Riska analīze ar dažādu modeļu palīdzību spēj pasargāt no teroristu draudiem, kļūdām iekārtās, ģeoloģiskām izmaiņām (Hong et al., 2012).

Bieži var saskatīt sakarību starp iekārtu funkcionēšanu un dabas katastrofām, kur šo divu lietu mijiedarbība var izraisīt katastrofālas nelaimes. Jo ķīmisko vielu noplūšana, degšana, sprāgšana var izraisīt dominoefektu, kas var nodarīt būtisku kaitējumu cilvēkam un videi (Fabbrocino et al., 2005).

Lielam riskam par pamatu kalpo atklātas noplūdes jūrā vai ostās, kur pēc tam ar matemātisku modeļu palīdzību vērojama emisiju iztvaikošana. Šādas atklātas noplūdes veicina vides stāvokļa pasliktināšanos. Aizdeģšanās šādos gadījumos notiek reti. Pēc Itālijas zinātnieku pieredzes, būtiski ir rīkoties ātri, jo dispersijas un izplatīšanās ātrums ir liels (Curro et al., 2004).

Risku novērtēšana ir stūrakmens Eiropā, lai novērstu radītos veselības traucējumus un negadījumus darbā. Katru gadu miljoniem cilvēku ES ir ievainoti darbā vai arī viņu veselība nelabvēlīgi tiek ietekmēta strādājot neatbilstošā darba vidē. Tas ir iemesls, kāpēc riska novērtēšana ir tik svarīga. Risku novērtēšana ir dinamisks process, kas ļauj uzņēmumiem un organizācijām ieviest aktīvu darba vides pārvaldības politikas plānu (Riska novērtēšana, 2013).

Šo iemeslu dēļ ir svarīgi uzņēmumā novērtēt visa veida riska iespējamību. Atbilstoši riska novērtēšanai jāietver visi drošības pasākumi, lai pārliecinātos, ka visi iespējamie riski tiek ņemti vērā (ne tikai tiešie vai acīmredzami), bet pārbaudot un dokumentējot rezultātus, kas pieņemti, jāatkārto, jāpārbauda un jāatjauno regulāri (Riska novērtēšana, 2013).

Būtisks ostās ir būvniecības periods, kad tiek mainītas tehnoloģiskā iekārtas vai veikti tehnoloģiskie uzlabojumi. Šādos ekspluatāciju gadījumos var rasties neparedzēti gadījumi, kas var radīt sprādzienbīstamas situācijas, emisiju noplūdes, kā arī ugunsgrēkus. Vides riska novērtējums ir svarīgs, lai izvirzītu preventīvos, ārkārtas un seku mazināšanas pasākumus. Vides riska novērtējums ir galvenais dokuments, kas ļauj veikt ostas uzlabojumus, lai tie tiktu paveikti pēc iespējas precīzāk (Liu et al., 2011; Manolis et al., 2006).

Pēdējos gadu desmitos gaisa piesārņotāju emisijas ir cieši saistīta ar ekonomisko aktivitāti, ar nelabvēlīgo vielu sadegšanu un ķīmisko vielu izplūšanas procesiem, jo uzņēmumi izvēlas iet vieglāko un ekonomiskāko ceļu, neieviešot jaunas tehnoloģijas. Šādu vielu izplūšana var radīt un rada nopietnu kaitējumu cilvēku veselībai, kā arī videi.

Nelabvēlīgais gaisa piesārņojums ne tikai veicina mirstības palielināšanos, bet arī dod iegānu, lai palielinātos, piemēram, ar hronisku bronhītu, astmu, un apakšējo elpceļu simptomiem slimojošo skaits. Visaugstākās koncentrācijas Eiropā tiek konstatēts piesārņojums gaisā ar cietajām daļiņām (PM) un piezemes ozonu (O<sub>3</sub>). Vissmagākā ietekme un hroniska ietekme rodas no smalkajām daļiņām (PM<sub>2,5</sub>), kas saīsina dzīves ilgumu cilvēku vidū. Ir palielinājusies mirstība, tiek paaugstināts risks vecāku gadagājuma cilvēku grupām, kuri cieš no elpceļa slimībām. Turklāt Pasaules Veselības organizācija (PVO) arī nesens deva pierādījumus ilgtermiņa hroniskajām sekām (Consultation, 2013).

Par vienu no lielākajiem draudiem ekosistēmām uzskata sēra oksīdus (SO<sub>x</sub>), slāpekļa oksīdus (NO<sub>x</sub>), kā arī amonjaka (NH<sub>3</sub>) piesārņojumu. Galvenā SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> ietekme redzama kā vides paskābināšanās un eutrofikācija (pārmērīgi nogulsņējas NO<sub>x</sub> un NH<sub>3</sub>). Tādejādi tiek radīti tiešie zaudējumi augu fizioloģijai (ieskaitot meža un pārtikas kultūrām) (Consultation, 2013).

Seulā, Korejā, piemēram, ir liela problēma ar amonjaku koncentrāciju pārvaldību, jo urbāna vidē tās vasarā un pavasarī ir ļoti augstas un rada draudus cilvēku veselībai. Šajā gadījumā lielās amonjaka koncentrācijas rada lielais transportlīdzekļu skaits (Jeon et al., 2013).

Līdzīga problēma ir Īrijas ostas pilsētās, ja notiek intensīvi kravu pārvadājumi, tad palielinās arī emisiju daudzums gaisā. Organiskā oglekļa, amonjaka un sulfātu izplūdes palielinās, ja ostās ienāk veci un jau nokalpojuši kuģi (Allanic et al., 2009).

Riska iespējamība jānovērtē ne tikai ostu infrastruktūrās, bet arī uz pašiem kuģiem, kas ienāk ostās (kuģu tehniskais stāvoklis), jo gadiem ejot noveco kuģi, kā arī ajos izmantojamās tehnoloģijas. Pārvadājot bīstamas kravas ar veciem kuģiem, būtiski tiek apdraudēta vide, kas nozīmē, ka būtu jāpieņem stingrāka riska politika attiecībā uz kuģiem.

Riska novērtēšana tiek izmantota arī ostu satiksmē. Visplašāk izmanto borta sadursmes novērtēšanu, kur tiek izmantots Probit-funkcijas modelis, pēc kura tiek pētīts sadursmes risks. Šādu modeli izmanto Singapūras ostā, kur šie regresijas modeļi tiek ilustrēti. Rezultāti liecina, ka sistēma balstās uz varbūtības riska novērtēšanas modeli, kuru izmanto, lai sniegtu labāku izpratni pilotiem par sadursmes risku (Chin, Debnath, 2009).

Tā kā vides kvalitāte ir galvenā, ir jāuzlabo ostu kvalitāte, lai novērstu riskus un noteikt prioritāros aizsardzības pasākumus. Galvenā problēma ir, ka trūkst piemērotu metodoloģiju un vērtēšanas paņēmieni, lai uzlabotu kvalitatīvu darbību. Lai ostu darbību uzlabotu, ir jāveido kopēja informācijas bāze, tādejādi veidojot lēmumu atbalstu sistēmu, kas tiks izmantota, lai veiktu riska novērtējumu. Vislabāk veidot ilustratīvu lēmumu atbalstu sistēmu, ko vieglāk būtu uztvert ostas operatoriem un kuģa vadībai (Mokhtari et al., 2012).

Tāpēc attīstoties rūpniecībai un sabiedrībai vajadzība pēc dažādām ugunsgrēka riska novērtēšanas metodēm ir pieaugusi. Ir nepieciešami kompleksi aprēķini, lai ar maksimāli iespējamu precizitāti noteiktu ugunsgrēka varbūtību un sekas. Nav vispārīgas metodes, kā novērtēt ugunsgrēka varbūtību un sekas, kā arī, kā novērtēt risku katrai celtni un visām darbībām. Pieejamas ir vairākas metodes. Dažas no tām var pielietot, lai riska līmenī parādītu dažādu preventīvo pasākumu efektu. Ugunsgrēka riska pētījumi ir ārkārtīgi svarīgi rūpniecības uzņēmumiem, noliktavām, slimnīcām, skolām, viesnīcām un sabiedriskām celtnēm (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

Drošības prasību ieviešana rūpnieciskajos procesos ir saistīta ar sarežģītu iekārtu izmantošanu. Briesmu analīzes nolūks ir radīt labāku izpratni par dažādu sistēmu mijiedarbību un to, kā sarežģītu notikumu gaita ar cilvēku pieļautām kļūdām var novest pie nopietna nelaimes gadījuma. Šādas detalizētas analīzes rezultātus var izmantot:

- Lemjot par piemērotu vietu izvēli bīstamām ražotnēm;
- Lemjot par ieguldījumiem nelaimes gadījumu preventīvajos pasākumos un nelaimes gadījumu seku ierobežošanā;
- Plānojot ražošanā izmantojamā tehnoloģiskā aprīkojuma piemērotību un kontroles sistēmas;
- Aprēķināt tādas drošības sistēmas kā drošības vaļņi, smidzinātāji, aizturošie vaļņi utt.;
- Nosakot ekspluatācijas un apkopes režīmus;
- Sastādot darba drošības dokumentus;
- Nosakot strādājošo skaitu un štatu vienības (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

Ir nepieciešams apgūt dažādas metodes, lai varētu kvalitatīvi modelēt dažādu vielu plūsmu virzienus pilsētās. Viena no galvenajām pilsētu piesārņojuma devējiem ir autotransports, dzelceļpārvadājumi pilsētas zonās. Tiek modelēti dažādas avārijas situācijas, pēc scenārija, kas notiktu, ja notiktu. Ar vien biežāk satiksmes negadījumos iekļūst bīstamo vielu pārvadātāji, kas var radīt bīstamas noplūdes blīvi apdzīvotās teritorijās. Tāpat kvalitatīvai riska novērtēšanai ir nepieciešama avāriju modelēšana un vielu plūsma pie tās (Bernatik et al., 2008).

Vides aizsardzība un risku novēršana ir attīstījusies, tāpēc ir nepieciešams palielināt visu ieinteresēto personu līdzdalību arī lēmumu pieņemšanas procesā.

Piemēram, Francijā, lai attīstītos riska pārvaldības sistēma iesaistās gan valdība, gan privātais sektors. Aizvien vairāk tiek domāts par vides kvalitāti un iespējamiem riskiem, kas saistīti ar cilvēku darbību. Tiek izgudrotas un ieviestas aizvien jaunākas tehnoloģiskas iekārtas. Lēmums par vides riska vērtēšanu ir viskritiskākais, jo pēc tā tiek dots vai netiek dots atbalsts antropogēnai darbībai (Merad et al., 2005).

Vides politika un apsaimniekošana pieprasa, lai zinātnieki dod pamatotu lēmumu. Tāpēc izvērtēšanas process parasti ir ļoti ilgs, jo ir nepieciešams izvērtēt visus potenciālos riskus, kas var izraisīt kaitējumu videi dati (Barcel et al., 2008).

Lai risks tiktu izvērtēts pienācīgi, parsti tiek ņemti vērā iepriekšējā darbībā iegūti vides kvalitātes dati, kas parasti tiek apstrādāti kā statistiskie rādītāji, lai aprēķinātu atgadīšanās varbūtības (Barcel et al., 2008).

Parasti tiek uzskatīts, ka jānovērtē ir tikai lieli uzņēmumi, ka tie tikai spēj dot emisijas videi kaitīgu emisiju izplūdi, bet bieži tiek novērots, ka mazie avoti arī var dot būtisku izplūdes daudzumu, lai tiktu degradēts vides stāvokli. Protams, noplūdes var rasties nejauši un cilvēki arī saskaras ar kaitīgām vielām nejauši, tāpēc ir nepieciešama toksisku vielu modelēšana, kas pasargātu abas iesaistītās puses no neveiksmīgām situācijām (Egan, Murphy, 2007).

Ir daži vienkāršoti instrumenti, kura mērķis ir kvantitatīva risku analīze rūpnieciskajām iekārtām, kur tiek parādīta iekārtu trausluma līkne. Ar šādu līkni var noteikt nejaušas avārijas iespējamības un sekas ( Fabbrocino et al. 2005; Bernatik, Lisibova, 2004).

## 1.2. Riska avotu identifikācija

Riska avotus parasti klasificē pēc vairākiem parametriem. A/S „Ventamonjaks” gadījumā noteicošais būtu vēja ātrums, tā biežums, kas var dot riska lieluma pakāpi uzņēmumā. Darba vide avāriju cēlonis parasti ir rūpnieciska rakstura, t.sk. transporta negadījumi, kuru rezultātā cilvēki tiek pakļauti riskam un sekas var būt dažādas.

Avārijas riskam ir raksturīgs lokāls briesmu avots (toksisku vielu noplūdes vai ugunsgrēks) ar avārijas centru, kura radīto briesmu lielums ir atkarīgs no attāluma līdz tam. Tā kā avārijās bieži vien cieš liels cilvēku daudzums, tad var runāt gan par individuālo, gan sociālo risku, gan ekonomisko risku.

Lieli rūpniecības kompleksi ir pakļauti riskiem, kas var ietekmēt nodarbināto drošību un apkārtējo iedzīvotāju, kā arī ietekmēt rūpniecību vispār. Iedzīvotājus, tautsaimniecības objektus un citus objektus var apdraudēt vētra ar vēja ātrumu 25 m/s un vairāk, kas var radīt elektronisko sakaru līniju un elektrolīniju pārrāvumus, kontaktu un kabeļu bojājumus pilsētu elektrotransporta un elektrovilcienu līnijās. Var tikt sagrautas vai bojātas dzīvojamās mājas un ražošanas ēkas, izraisītas transporta avārijas, mežu postījumi, autoceļu un ielu aizsprostojumi (nogāzti koki, konstrukcijas) (Barraulta et al., 2012).

Lielās ostās ir būtiski lielāks risks avārijām, jo tiek pārkrauti lieli daudzumi bīstamo kravu. Parasti ir tendence, ka šādās ostas var palielināt ietekmi uz cilvēku veselību. Būtiski ir konstatēt kuģu negadījumus ostās un ostu negadījumu veidus. Pēc tam tos publiskot, lai ostu iestādēs varētu paredzēt dažādus riskus turpmāk (Kim, Kim, 2009).

Honkongas ostā dažādos nelaimes gadījumos no 2001. – 2005. gadam bojā gājuši 94 cilvēki. Pēc datu analīzes kuģu sadursme pietauvošanās laikā ir biežākais avāriju veids. Bieži negadījumi tiek konstatēti pasažieru kuģos. Šie konstatētie fakti ir nozīmīgi, lai pilnveidotu pārvaldību ostās (Yip, 2008).

Bieži negadījumi notiek tumsā (naktīs), kad netiek ievērota darba drošība. Pēc Nīderlandes, Zviedrijas un Norvēģijas datiem ir konstatēts, ka darbinieku nelaimes gadījumu risks nakts laikā pilsētās pieaug par gandrīz 30 %, lauku apvidos par gandrīz 50 %. Būtiski ir uzlabot darba apstākļus darbiniekiem izvēloties pareizu darba režīmu vai pareizu apgaismojumu, lai izvairītos no darba riska naktīs (Elvik et al., 2009).

A/S „Ventamonjaks” kā rūpnieciskās avārijas riska avoti varētu būt (1) dzelzceļa cisternu noliekšanas estakādes; (2) spiedientvertnes; (3) cauruļvadi un armatūra; (4) amonjaka uzglabāšanas rezervuāri, kas ietver arī amonjaka kompresijas sistēmu un savienojošos cauruļvadus; (5) amonjaka tankuģu uzpildīšanas piestātnes Nr.34 un Nr.36 (Qualitative, 2004).

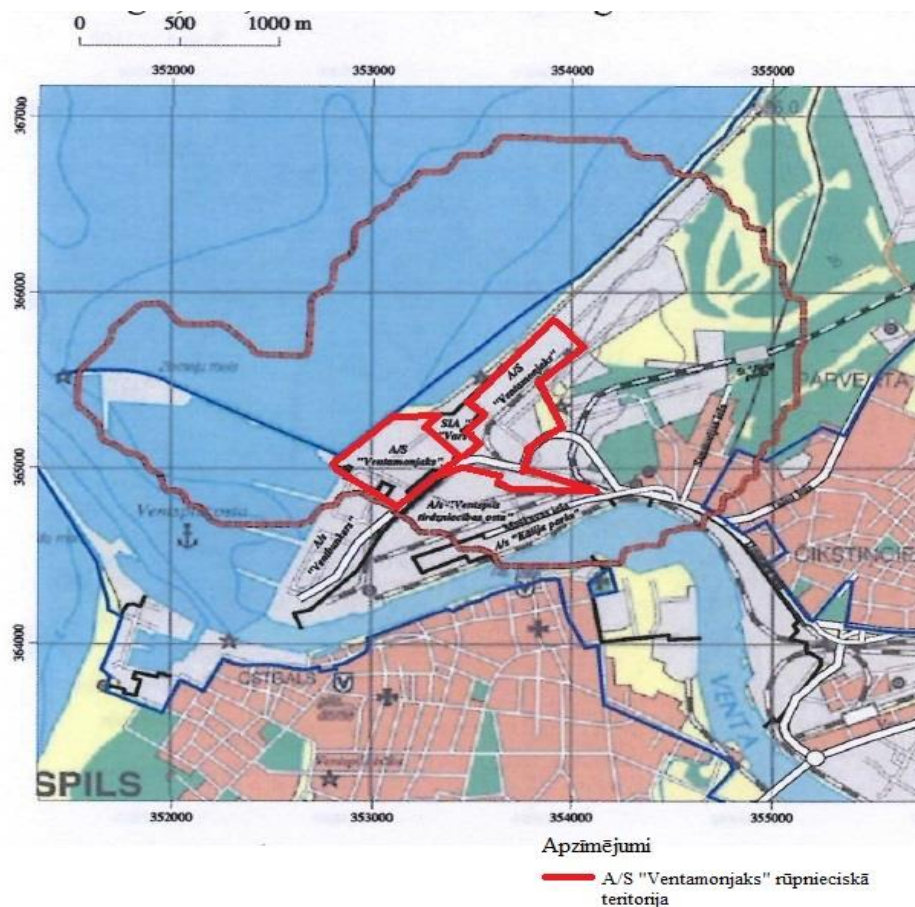
Savukārt riska izpausmes uzņēmumā varētu būt šādas:

- ilgstoša amonjaka tvaiku noplūde,
- ilgstoša šķidrā amonjaka noplūde,
- acumirkīga noplūde – izplūst viss esošais daudzums (Qualitative, 2004).

Novērtējot avārijas sekas, kā būtisks faktors ir amonjaka noplūdes ilgums, kas ir atkarīgs no:

- izplūdes vietas,
- atvēruma diametra,
- amonjaka daudzuma tvertnē vai cauruļvadā,
- pasākumiem, kurus veic pēc noplūdes konstatēšanas, lai samazinātu noplūdes sekas (Qualitative, 2004).

Pašlaik saskaņā ar vēsturisko riska novērtējumu uzņēmumā, maksimāli sliktākie iespējamie avārijas scenāriji ir amonjaka uzglabāšanas rezervuāra un spiedientvertnes D-10 pilnīga sabrukšana, kuras atgadīšanās biežums gan nav augsts. Potenciālā ietekmes zona šīs avārijas rezultātā dota 1.2.1.attēlā (Qualitative, 2004).



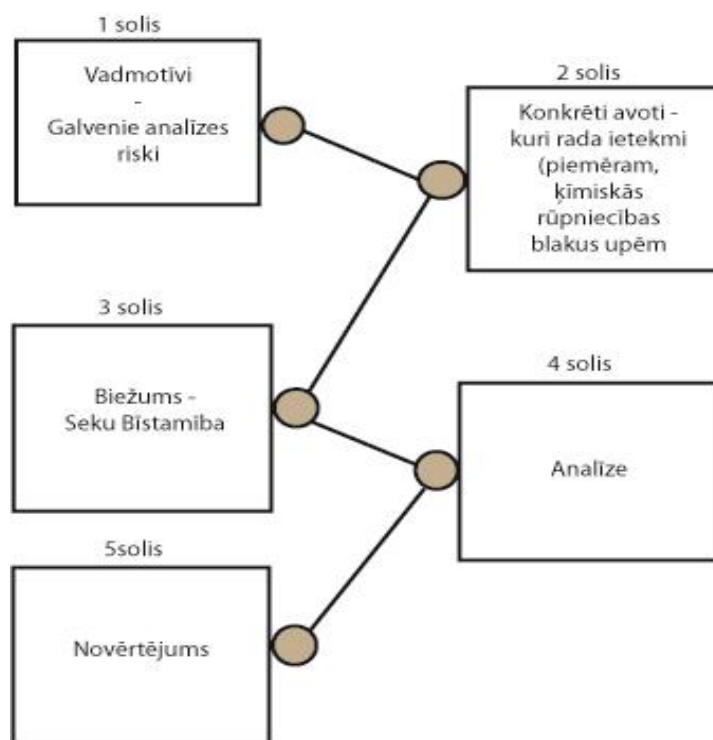
1.2.1.attēls. A/S „Ventamonjaks” potenciālā ietekmes zona avārijnoplūdes gadījumā, vēsturiskais izvērtējums (Qualitative, 2004).

### 1.3. Piesārņojuma riska novērtēšanas koncepcijas un instrumenti

Riska pārvaldībā ir process, kurā tiek pieņemti lēmumi vai novērtētais risks jāpārvalda. Riska pārvaldībā riska novērtēšana ir labākais zinātniskais pamatojums konkrētās darbības veikšanai un parāda tikai to, ka ir pieejama visa nepieciešamā informācija konkrētas lietas izpētei, lai tiktu pasargāta un attīstīta vides kvalitāte.

Risku var definēt, kā kombināciju starp bīstamību un neaizsargātību; bīstamība apzīmē varbūtību, kas ir potenciāli kaitīga vai potenciāli bīstami kaitīga ietekme, kas tiek konstatēta kāda apgabalā (teritorijā) konkrētā laikā; savukārt neaizsargātību var raksturot ar vājuma pazīmi konkrētjāā sistēmā (Barrault et al., 2012).

Zinātnes loma riska novērtējumā ir nodrošināt, kā vislabāk īstenot riska analīzi un izpēti, lai tiktu sasniegts kvalitatīvs mērķis Kvalitatīva mērķa sasniegšanai izvirzīti pieci secīgi soļi (skat. 1.3.1. attēlu).



1.3.1.attēls. **Riska analīzes realizācijas shēma** (Barcel et al., 2008; izveidojis autors, izmantojot Adobe Illustrator CS4, 2013)

Pirmais solis ir izveidot vadmotīvus, kurus vides riskus uzskatīt par galvenajiem un kurus analizēt pēc tam. Otrais solis ir nepieciešams noteikt konkrētus avotus, kuri rada būtisku ietekmi vai arī nosaka potenciāli bīstamos riska objektus., piemēram, ķīmiskās rūpnīcas, kas atrodas blakus upēm. Trešajā solī nosakāms cik bieži var atgadīties bīstamas situācijas jeb prognozes biežums, kā arī seku bīstamība. Ceturtais solis atspoguļo iegūtos rezultātus analizē. Piektajā solī tiek dots gala novērtējums. Kad galīgais riska novērtējums ir paveikts un vides riska plāns izstrādāts, iekļaujot mērķi, līdzekļu sadali un termiņu īstenošanu.

Visbeidzot, kad plāns īstenots, tas jāpārskata vai tas darbojas kvalitatīvi un pareizi dati. Neskatoties uz neapšaubāmu atbilstīgu riska novērtējumu var gadīties, ka tas nedarbojas precīzi, tā ir daļa no visa riska pārvaldības procesa. Tādējādi ieviešot grūtības, rodas kļūdas, jo nekas nav noteikts, jo nevar paredzēt visus dabas procesus un tehniskus trūkumus dati (Barcel et al., 2008).

Zinātnē riska novērtējumu uzskata par lietderīgu vides pārvaldības instrumentu, lai sasniegtu viegli izmantojamu un viegli pārskatāmus rezultātus, toties vienmēr jāpatur prātā nenoteiktības varbūtība. Kaut arī riska novērtējuma mērķis ir novērst darba risku, tas ne vienmēr būs sasniedzams praksē. Ja praksē nav iespējams likvidēt risku, tad riski jāsamazina un atlikušais risks jākontrolē. Iespējams vēlāka tehnoloģijām attīstoties reorganizēt riska pārskatu, izvērtēt to ar jaunām zināšanām.

Risku novērtēšana ir ļoti svarīgs instruments, lai iegūtu tagadnes un nākotnes drošu mijiedarbības statusu. Daudzi uzskata par drošu tagad izveidoto drošības tīklu, bet netiek domāts tālākā nākotnē. Ir jāplāno viss uz priekšu, tāpēc tiek ieteikts jauns riska modelis, kas saucas „Markova spēļu teorija”. „Markova spēļu teorijas” modelī galvenais akcents tiek likts uz informācijas iegūvi tagadnē, kas var ietekmēt darbību nākotnē. Tiek izmantota Markova ķēde, lai izskaidrotu izplatības procesu, iespējamus draudus, novērtētu sitēmas risku. Izmantojot šo ķēdi, mēs varam simulēt draudu izplatīšanos un atklāt slēpto risku (Hongsheng et al., 2008).

Riska analīzē jāpievērš vērība arī domino efektam, var teikt, ka tas ir būtiskākais lielu katastrofu cēlonis daudzās valstīs. Domino efekts riska analīzē parāda lielu katastrofālu seku iespējamību.

Jau 1947. gadā tiek dokumentēts, ka negadījumi izraisa domino efektu un rada katastrofālākās sekas. Sekas domino efektam ir dažādos līmeņos un var ietekmēt ne tikai ražošanas vietas, bet arī cilvēkus, vidi un ekonomiku (Chatelet et al., 2011).

Domino efektu definē, kā avāriju, kur no negadījuma avota, galvenā avārija izplatās uz tuvējām iekārtām, izraisot vienu vai vairākus sekundārus notikumus, kas rada lielākas sekas, nekā tās bija sākumā (Chatelet et al., 2011).

Nenoteiktība raksturo to, ka trūkst datu vai zināšanu par pētāmo objektu vai par patieso vērtību, ko analizē. Šāds jēdziens parādās vides modelēšanā, kur parasti rodas precīzu mērījumu iztrūkums. Riska novērtēšana ir kļuvusi par būtisku lēmumu noteicēju procesu vadībā.

Riska novērtēšanā būtībā ir divi nenoteiktības parametri:

1. Nejausības, kur visi faktori, kas ietekmē noteikto pārādību nav iespējams modelēt;
2. Nepilnīgums, kur vienkārši trūkst vai nav iespējams iegūt informāciju par parametru vērtībām (Hongsheng et al., 2008).

Labākais veids, kā risināt nenoteiktības ir vākt datus un veikt statistikas analīzi. Ja informācija ir nepilnīga vai arī statistikas dati nav pieejami, nepieciešams pieaicināt attiecīgās jomas ekspertus, kuri ar savām zināšanām var papildināt iztrūkstošos datus (Hongsheng et al., 2008).

Neskaidrības klasificē divās lielās kategorijās:

Stohastiskās – varbūtības teorija, kurās iekļautas nejaušības;

Kognitīvajās – iespēju teorija, kurās iekļautas neskaidrības (Hongsheng et al., 2008).

Varbūtības metodi izmanto, lai aprakstītu izlases parametru mainīgumu. Varbūtības teoriju izmanto, ja ir pieejama pietiekama informācija, lai novērtētu varbūtības sadalījumu. Savukārt kognitīvo teoriju izmanto, ja ir maz vai nepietiekamas informācijas (Hongsheng et al., 2008).

Vides riska novērtējumā, – neatrisināmu problēmu, nevar atstāt kā parametru, tam ir savs raksturs jeb kurā vides sistēmā. Vides parametriem ir jābūt iekļautiem vides riska analīzē, arī ar visām neskaidrībām, kas ar tām saistītas (Hongsheng et al., 2008).

#### 1.4. Legitīmo aktu izvērtējums un analīze

Vissvarīgākais Eiropas tiesību akts par riska novērtējumu, ir padomes direktīva 1989. gada jūnija rezolūcija par pasākumu ieviešanu, lai veicinātu drošību un veselības aizsardzību darbā „Direktīvu 89/391/EEK”.

Riska analīzes, vadības un novērtēšanas pamatnostādnes tiek iekļautas arī šādos starptautiskajos standartos: vides vadības standartā ISO 14001 („Environmental management systems standards”), kvalitātes standartā ISO 9001 („Quality systems: Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing”), arodveselības un darba drošības vadības sistēmā OHSAS 18001 („Occupational Health and Safety Assessment series — 18001”) (Darba, 2003).

Šī direktīva paredz vispārējus principus, kas attiecas, lai novērstu darba risku. Tas padara darba devēju atbildīgu par drošību un veselības aizsardzību visos aspektos, saistībā ar darbu un riska novērtējumu. Saskaņā ar direktīvu, riska novērtējums ir jābūt sākumā visaptverošā procesā. Tā ir galvenais, jo tas ļauj darba devējiem ieviest pasākumus, kas nepieciešami, lai aizsargātu veselību un sniegtu drošību saviem darbiniekiem. Riska novērtēšanu veikšanas mērķis ir ļaut darba devējam veikt vajadzīgos pasākumus, lai drošības un veselības aizsardzības uzlabošanai darbiniekiem. Šie pasākumi ietver:

- novērtēt darba risku;
- sniegt informāciju darbiniekiem;
- nodrošināt apmācību darbiniekiem;
- nodrošināt un apgādāt organizāciju ar līdzekļiem, lai īstenotu nepieciešamos pasākumus.

Darba devēja uzdevums, saskaņā ar LR Darba aizsardzības likumu (20.06.2001), ir nodrošināt uzņēmumā vai organizācijā strādājošo veselību un drošību, kā arī veikt darba vides sakārtošanu atbilstoši MK noteikumiem Nr.379 "Darba vides iekšējās uzraudzības kārtība" (23.08.2001) (Darba, 2003).

Riska novērtējums jāizstrādā un jāpiemēro tā, lai darba devējs varētu noteikt apdraudējumus, kādi rodas darbā un novērtēt riskus, kas saistīti ar šiem apdraudējumiem. Jānosaka, kādi pasākumi jāveic, lai aizsargātu veselību un drošību saviem darbiniekiem un citiem darba ņēmējiem, ņemot vērā normatīvo aktu prasības.

Izvērtēt riskus, lai izvēlētos pareizu darba aprīkojumu, ķīmiskās vielas vai preparātus; pareizi aprīkot darba vidi ārpus darba telpām; pareizi veidot darba organizāciju; pārbaudīt vai veiktie pasākumi ir pietiekami (Riska novērtēšana, 2013)

Vairāki starptautiskie un nacionālie vides aizsardzības mērķi, kas saistīti ar ilgtspējīgu attīstību ir minēti plānošanas dokumentā - Vides pārskats Ventspils pilsētas attīstības programma 2007. – 2013. gadam. Starptautiskie vides aizsardzības mērķi ir noteikti Eiropas 6. vides aizsardzības rīcības programmā “Vide 2010: mūsu nākotne, mūsu izvēle” un uz šo plānošanas dokumentu ir attiecināmi šādi mērķi:

- klimata izmaiņu jomā: stabilizēt siltumnīcas efekta gāzu koncentrāciju atmosfērā līmenī, kas neizraisa klimata izmaiņas;
- dabas un bioloģiskā daudzveidības jomā: aizsargāt un atjaunot dabiskās ekosistēmas un apturēt bioloģiskās daudzveidības samazināšanos Eiropas un globālā mērogā;
- vides, veselības un dzīves kvalitātes jomā: sasniegt tādu vides kvalitāti, ka cilvēka radītais piesārņojums, tai skaitā dažādi starojumi, nepalielina ietekmi vai risku sabiedrības veselībai;

Dabas resursu un atkritumu jomā: nodrošināt, ka atjaunojamo un neatjaunojamo dabas resursu patēriņš nerada papildus slodzi videi, un panākt, ka ekonomisko izaugsmi nosaka nevis resursu izmantošanas, bet gan izmantošanas efektivitātes (Ventspils pilsētas attīstības programmas 2007. – 2013. gadam, 2008; Vides aizsardzības licences, 2004).

Viens no funkcionāliem protokoliem Latvijā ir Kijevas protokols (ANO un EEK Protokols par piesārņojušo vielu un izmešu pārnese reģistriem – PRTR protokols) par piesārņojošo vielu pārnesei iesaistītajām pusēm uzliek vairākas prasības.

Latvijā PRTR protokola prasību izpildi nodrošina Latvijas Vides, ģeoloģijas un Meteoroloģijas centrs (atbildības sfērā ietilpst datu bāžu izveide, uzturēšana, administrēšana un atjaunošana). Datubāzē tiek sniegti monitoringa dati par gaisa un ūdens kvalitāti, kā arī par augsnes un bioloģisko daudzveidību Latvijā.

Uzņēmumu (operatoru) līmenī emisiju apjomu noteikšanu, regulāras atskaites un nodokļu samaksu par atmosfērā emitētiem vielu daudzumiem regulē MK 200-22.04.2003. „Noteikumi par stacionāru piesārņojuma avotu emisijas limitu projektu izstrādi”. „Minētie noteikumi nosaka prasības projektu izstrādei, emisiju robežvērtības no dažāda tipa iekārtām. Bez tam, atkarībā no katra uzņēmuma saimniecisko aktivitāšu apjoma, uzņēmumi tiek iedalīti kategorijās – A, B, C, kur katrai no kategorijām tiek noteiktas augstāka vai zemāka līmeņa vides aizsardzības prasības. Atskaites par atmosfērā emitēto vielu apjomiem un iekārtu tehniskos parametrus, kā arī darbības dinamiku gada griezumā uzņēmumi sagatavo ikgadēji, tās ieviejojot 2- Gaiss datu bāzē, kur tās ir brīvi pieejamas jebkuram interesentam. MPEL projektu apstiprināšanas procedūra un 2-Gaiss datu kvalitātes pārbaude ir Valsts vides dienesta kompetence. MPEL projektu izstrādes periodiskums parasti ir 5 gadi, ja uzņēmumā nav nekādas citas būtiskas izmaiņas saimnieciskā darbībā.

Nacionālā līmenī ziņas par atmosfērā emitēto vielu daudzumiem dažādu kategoriju klasēs atbilstoši t.s. NACE klasifikatoram (piemēram, rūpniecība, transports, mājsaimniecība) apkopo un Eiropas Komisijai sniedz Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs. Diemžēl apkopotā informāciju uzņēmumu līmenī un nacionālā līmenī ir atšķirīga, kas skaidrojams ar dažādām metodoloģiskām nostādnēm un novērtēšanas principiem.

#### *A/S „Ventamonjaks” saistošie normatīvie akti riska jomā*

Valsts civilās aizsardzības plānā noteikts, lai panāktu sistēmas mērķu sasniegšanu un uzdevumu izpildi, nepieciešams organizēt un veikt sistēmas nodrošināšanas pasākumus, kas ietver sistēmas vadību, valsts institūciju un iedzīvotāju apziņošanas kārtību katastrofās, apzinot iespējamo katastrofu veidus, plānošanas procesu, institūciju un pašvaldību savstarpējo sadarbību preventīvo, gatavības, reaģēšanas un seku likvidēšanas neatliekamo pasākumu veikšanā, kā arī sistēmas finansēšanu un materiāltechnisko nodrošinājumu (Valsts, 2011).

19.07.2005. MK noteikumi Nr.532. „Noteikumi par rūpniecisko avāriju riska novērtēšanas kārtību un riska samazināšanas pasākumiem” („LV”, 121 (3279), 03.08.2005.) [stājas spēkā 04.08.2005.] ar grozījumiem:

- 25.03.2008. MK noteikumi Nr.221 („LV”, 52 (3836), 03.04.2008.);
- 13.10.2009. MK noteikumi N.1180 („LV”, 166 (4152), 20.10.2009.);
- 20.09.2011.MK noteikumi Nr.718 („LV”, 154 (4552), 29.09.2011.) (Riska novērtēšanas kārtība, 2005).

Šo MK noteikumu kārtībā A/S „Ventamonjaks” ir saistošas sekojošas prasības:

- Jāizstrādā rūpniecisko avāriju novēršanas programma;
- Drošības pārskats;
- Domino efekta novērtēšana un prasības objektiem, kuri var izraisīt domino efektu vai kurus tas var ietekmēt;
- Objekta civilās aizsardzības plāns;
- Informēšana par aizsardzības un drošības pasākumiem;
- Pasākumi rūpniecisko avāriju seku un avārijas risku izvērtēšanai un samazināšanai pēc rūpnieciskās avārijas ( Riska novērtēšanas kārtība, 2005).

1.4.1. tabulā redzams reģionālas nozīmes paaugstinātas bīstamības objektu saraksts, kuros ražo, lieto, apsaimnieko vai uzglabā bīstamās vielas un kuriem saskaņā ar normatīvo aktu prasībām par rūpniecisko avāriju riska novērtēšanas kārtību un riska samazināšanas pasākumiem jāizstrādā rūpniecisko avāriju novēršanas programmas. Pavisam šādi uzņēmumi ir 30 Latvijas reģionā. Ventspilī šādi uzņēmumi ir divi SIA „Ventamonjaks serviss” un A/S

„Baltic Coal terminal”. Rīgā šādi uzņēmumi ir visvairāk, tie ir astoņi. Pārējā Latvijas reģionā tie ir divdesmit.

1.4.1. tabula

**Reģionālas nozīmes paaugstinātas bīstamības objektu saraksts (Valsts, 2011).**

<b>Nr. p.k.</b>	<b>Objekts nosaukums</b>	<b>Objekta adrese</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1.	A/S „Olainfarm”	Rūpnīcu iela 5, Olaine, Olaines novads
2.	SIA „OKTĀNS”, naftas bāze	Uzvaras iela 52, Dobeles novads
3.	SIA „A un C”, sašķidrinātās gāzes noliktava un degvielas uzpildes stacija	Melnšila iela 2, Zvejniekiems, Saulkrastu novads
4.	LSEZ SIA „ELME MESSER METALURGS”	Brīvības iela 92b, Liepāja
5.	SIA „RDz Energy”	Jūrkalnes iela 10, Jūrmala
6.	SIA „Ventamonjaks serviss”	Dzintaru iela 66, Ventspils
7.	SIA „EAST – WEST TRANSIT”, Rēzeknes naftas bāze	Komunālā iela 6, Rēzekne

1.4.1. tabulas turpinājums

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
8.	SIA „AGA”, Valmieras Gaisa sadales rūpnīca	Cempu iela 9, Valmiera
9.	SIA „MAN-TESS”	Tvaika iela 7a, Rīga
10.	SIA „OMEGA HOLDING”, Daugavpils naftas bāze	Jelgavas iela 2a, Daugavpils
11.	SIA „PRO GĀZE SNGB”	Aplokciema iela 3, Rīga
12.	A/S „GRINDEKS”	Krustpils iela 53, Rīga
13.	SIA „WOODISON TERMINAL”	Tvaika iela 39, Rīga
14.	SIA „Ziemeļu Nafta”, Madonas naftas bāze	Saules iela 62, Madona, Madonas novads
15.	SIA „DANFORT”, Jelgavas naftas bāze	Aviācijas iela 10, Jelgava
16.	SIA „VL Bunkerings”,	Tvaika iela 68, Rīga
17.	SIA „AGA”, Bolderājas gāzes uzpildes stacija	Flotes iela 9, Rīga
18.	SIA „LDZ ritošā sastāva serviss” Lokomotīvu remonta centra Daugavpils ražotne	2.Preču iela 30, Daugavpils
19.	LSEZ SIA „GLEN OIL”	Pulvera iela 7, Liepāja
20.	SIA V.Biļuka komercfirma „EVIJA”	Upmalas iela 12/16, Liepāja

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
21.	A/S „Latvenergo” objekts Rīgas TEC-1	Viskaļu iela 16, Rīga
22.	A/S „VIRŠI-A”, degvielas noliktava „Avoti”	Druvas iela 8, Aizkraukles pagasts, Aizkraukles novads
23.	SIA „TĪNE”, Valkas naftas bāze	Tālavas iela 35a, Valka, Valkas novads
24.	SIA „EAST-WEST TRANSIT”, Cēsu naftas bāze	Birzes iela 2, Cēsis, Cēsu novads
25.	SIA „NPK Terminālis”	Grīzupes iela 8, Liepāja
26.	A/S „BALTIC COAL TERMINAL”, gāzes apgādes saimniecība	Dzintaru iela 39, Ventspils
27.	SIA „LDz ritošā sastāva serviss”, Lokomotīvu remonta centra Rīgas iecirknis, naftas bāze (dīzeļdegvielas rezervuāru laukums/naftas bāze)	Krustpils iela 24 un 71a, Rīga
28.	SIA „Ziemeļu nafta” naftas produktu glabātuve	Mūrmuižas iela 15a, Valmiera
29.	SIA „Jāņa centrs”	„Torņi”, Saldus pagasts, Saldus novads
30.	SIA „TENACHEM”	Spodrības iela 3, Dobeles novads

## 1.5. Gaisa piesārņojuma izplatības zonu novērtēšanas metodes

Zviedrijas inspekcijas iestādes izmanto vienotu identificēto metodi, kura vērsta, lai atrisinātu riska jautājumus. Tiek iegūta informācija no uzņēmējiem un dažādām iestādēm par to, kā tiek veiksmīgi galā ar risku novēršanu un to izstrādi (Draft, bez datuma).

Riska analīze palīdz ierobežot resursus, lai maksimāli varētu panākt videi kvalitatīvāku iznākumu. Pēc iespējas vairāk ir jākoncentrējas uz riska būtību, tā cēloņiem, nevis uz priekšrakstiem un noteikumiem (Risk based, 2013).

### *Tipiski riska modeļi*

Novērtējot tipiskākos un raksturīgākos riskus, šādi faktori tiek uzskatīti:

- Uzstādīšanas veids;
- Nozares specifika;
- Iekārtas sarežģītība (tās izmērs, funkcijas, apstrādes ātrums);
- Veids un izmešu apjoms;
- Ietekme uz vidi (lielums);
- Elektroenerģijas patēriņš
- Vides īpašības;
- Īpaši noteikumi (Draft, bez datuma).

### *Pieredzes modelis*

Izvērtējot iespējamo pieredzi, tiek uzskaitīti šādi faktori, kas saistīti ar operatora darba riskiem:

- Individuālais uzņēmēja sniegums;
- Iepriekšējā darba pieredze;
- Operators paškontroles ieraksti;
- Ziņošana ieraksti;
- Atbilstības ieraksti
- Vides pārvaldības sistēma;
- Attiecīgās sūdzības;
- Iepriekšējo pārbaužu rezultāti (Draft, bez datuma).

### *Relatīvā grupēšana („Dow and Mond index”)*

„Šo metodi izmanto, lai noteiktu riska avotus un pēc ugunsgrēka un sprādziena riska klasificētu ķīmisko vielu pārstrādes iekārtu dažādus posmus. Lai aprēķinātu riska ietekmi un papildus faktorus, izmantojot informāciju par pārstrādes materiālu, iekārtam, kontroli un drošības sistēmām, tiek izmantota rokasgrāmata un pamācības. Šādus daudzus faktorus izmanto, lai aprēķinātu rādītājus ugunsgrēku un sprādziena riskam. Šie spriedumi balstās uz iepriekšējo nelaiemes gadījumu datu salīdzinājumu. Riska kategorijas parāda, kuri no preventīviem pasākumiem jāapsver. Izskaitļojot rādītājus iekārtas dažādiem posmiem var iegūt risku objektīvu salīdzinājumu. Šī metode ir darbietilpīga, analīzes tehnikas apgūšana prasa vairāk laika (Dow fire, bez datuma).

Dow and Mond indekss tiek izmantots gan Indijā, gan Dānijā, gan arī citur pasaulē, lai noteiktu riska avotus to ietekmi uz augiem. Šādi tiek apskatīts, kā toksiskās vielas iedarbojas uz augiem. Parasti tieši tiek konstatēts, kā amonjaks iedarbojas uz augiem. Pēc šādas riska analīzes ir iespējams veikt analīzi un uzlabot vides kvalitāt (Andreasen, Rasmussen, 1990); (Abbasi et al., 2001).

### *Riska un drošuma analīze („HAZOP”)*

Lieto, lai noteiktu riska faktorus un iespējamās rīcības problēmas, kā arī aprēķinot nelaiemes gadījuma norisi vai ražošanas apstāšanos. Analīze sniedz pamata izpratni par noteiktu kritisku komponentu svarīgumu un cilvēka pieļauto kļūdu efektu iekārtas darbībā un apkopē, kā arī pārskatu par bīstamību un tiem mezgla punktiem, kas varētu novest pie ražošanas apstāšanās. Šai analīzei nepieciešams detalizēts tehniskais pamats. Darbs balstās uz procesa diagrammām un instrumentu sistēmām, tiek izmantota virkne pamata apzīmējumu, lai koncentrētu uzmanību uz iespējamām novirzēm no normāliem stāvokļiem. Riska un drošuma analīzi lieto rūpniecībā. Tā attaisnojas kā sabiedrības kopienas analīzes sastāvdaļa ļoti komplicētām sistēmām, kur nelaiemes gadījumam varētu būt ļoti nopietnas sekas (Hazop, 2013).

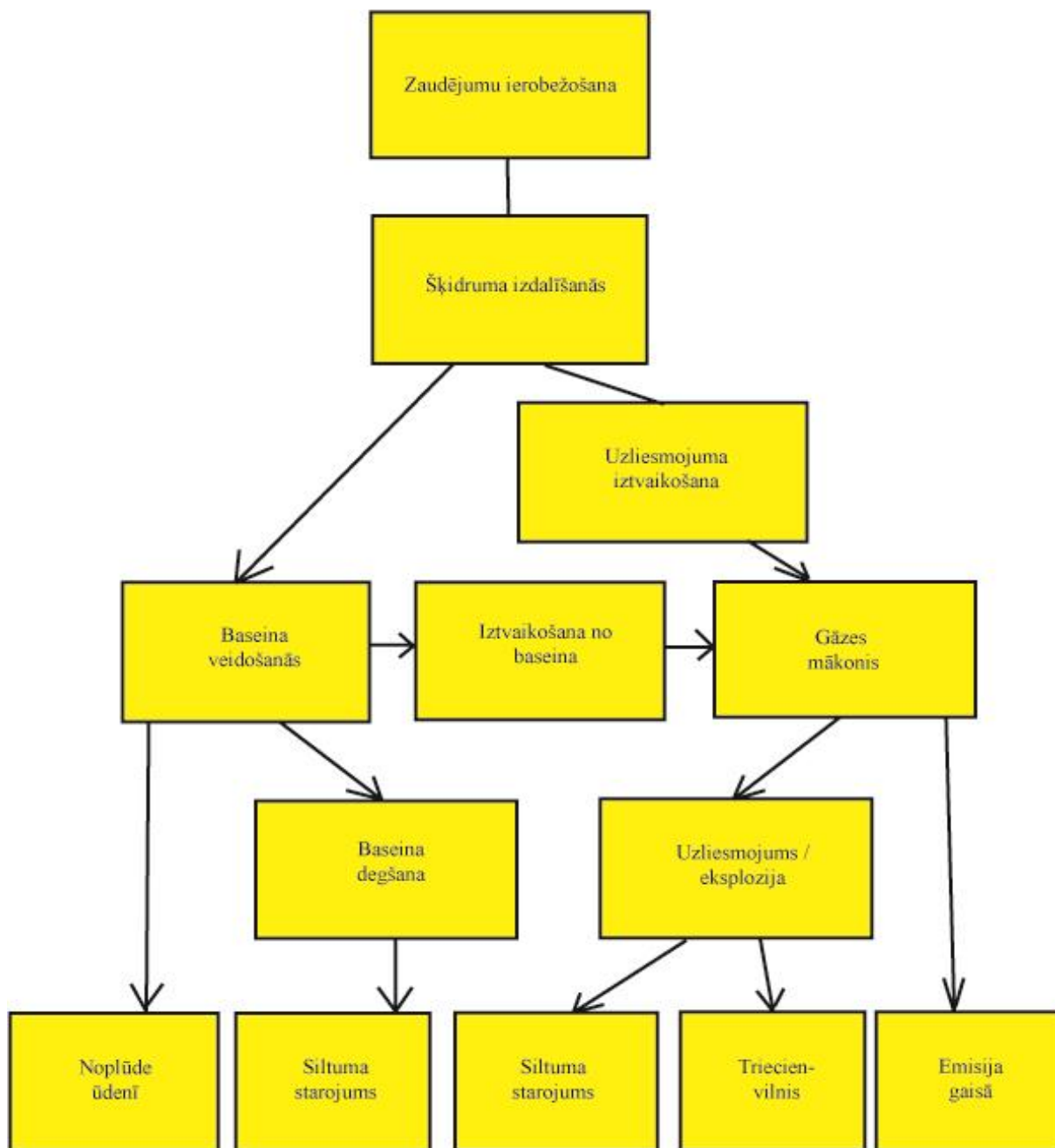
Meksikā šo metodi izmanto valsts līmenī naftas un gāzes nozarē, jo pastāv skaidri izteikti riska kritēriji. Tādejādi Meksikā tiek ietekmēta naftas un gāzes transportēšana, jo pēc HAZOP tiek noteikti prioritārie procesi, lai veicinātu ātru kvalitatīvu darbību (Perez, Rodriguez Toral, 2013).

Ķīnā, Pekinā HAZOP modeli izmanto gāzes turbīnu kļūdu analīzē. Tradicionālā HazOp metode spēj atrisināt nedrošības jautājumus un uzlabot darba kvalitāti, jo pēc modelēšanas iegūtie dati parāda, apdraudējuma iemeslus. Tādejādi var viegli izvairīties no negadījumiem (Hu et al., 2009).

Ar HAZOP matemātiskā modeļa palīdzību var prognozēt dažāda sarežģītība problēmas. HAZOP rezultāta precizitāti prasti pārbauda ar kādu no pagātnes gadījumu izpēti. Ir novērots, ka HAZOP modelis strādā ar precizitāti 90 % līdz 95 % (Abbasi, Faisal, 1997).

*Fiziskas ietekmes modelēšana – uzliesmojošu vielu (šķidrā vai šķidrās) noplūde*

Attēlā 1.5.1. tiek parādīts scenārijs, kā uzliesmo viela šķidrā stāvoklī.

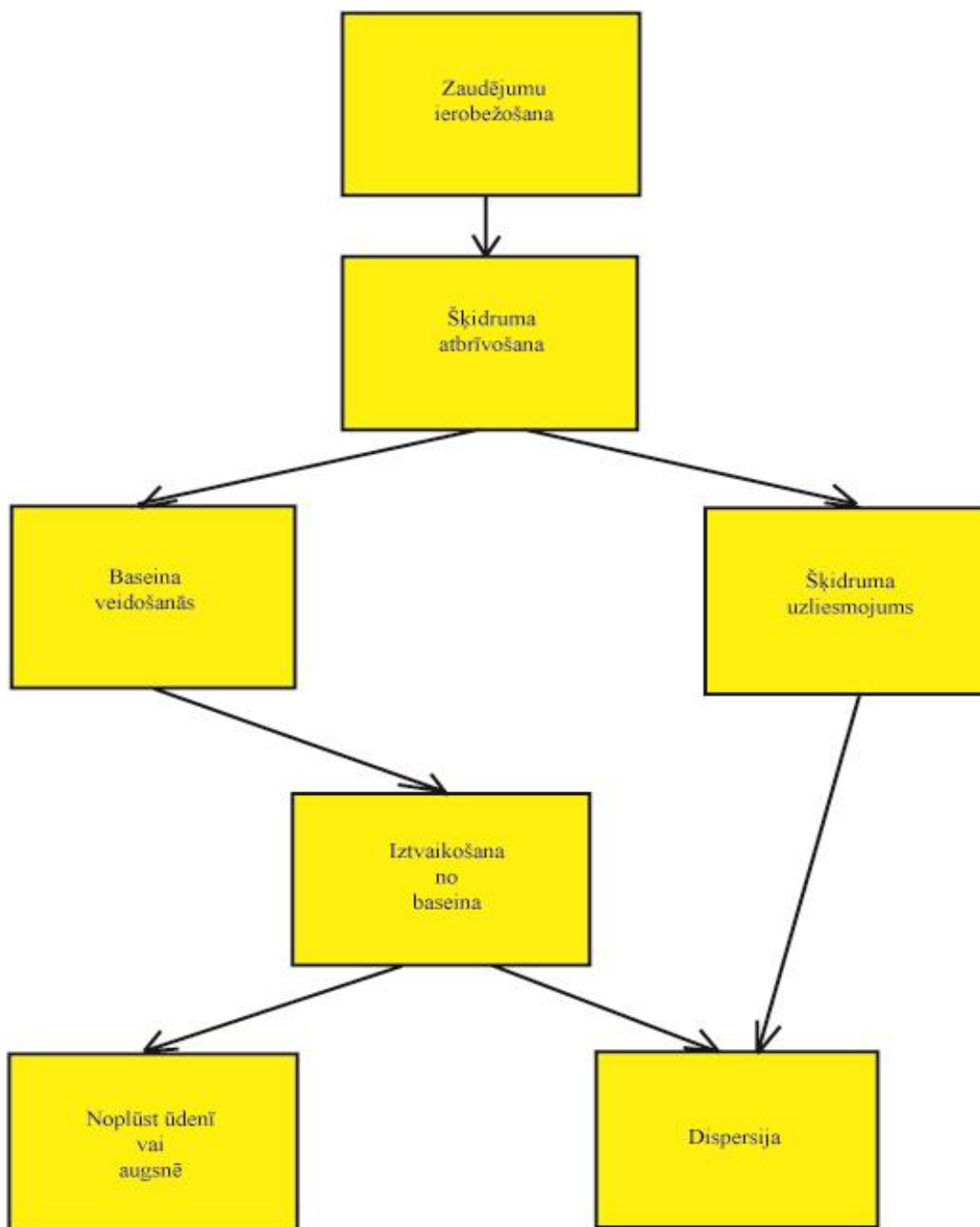


1.5.1. att. **Fiziskas ietekmes modelēšana – šķidru vielu noplūde** (Qualitative, 2004; tulkojis, izveidojis autors, izmantojot Adobe Illustrator CS4, 2013)

Šķidrums izplūst un veido peļķi. Šķidrumam uzkarstot, tas aizdegšies. Siltuma starojuma iedarbība ir atkarīga no baseina izmēriem. Šķidrums sāks iztvaikot. Iztvaikošanas ātrums ir atkarīgs no tvaika spiediena, siltuma iztvaikošanas un baseina virsmas. Veidosies gāzes mākonis. Gāzes mākonis sasniedzot lielu temperatūru aizdegšies, tādējādi uguns radīs liela spiediena sprādzienu (Qualitative, 2004).

*Fiziskas ietekmes modelēšana – toksiskas un šķidrās gāzes izplūde avārijas laikā*

Attēlā 1.5.2. tiek parādītas scenārijs un tā sekas, kā izplūst toksiskas un šķidrās gāzes.



1.5.2. att. **Fiziskas ietekmes modelēšana – toksiskas un šķidrās gāzes izplūde** (Qualitative, 2004; tulkojis, izveidojis autors, izmantojot Adobe Illustrator CS4, 2013)

Šķidrums izplūst veidojot baseinu vai uzreiz uzliesmo. Atlikušais šķidrums, kurš neuzliesmo veidos baseinu. Tad no baseina šķidrums iztvaikos, veidojot gāzes mākonī. Gāzes mākonis izplatās ar toksisku iedarbību. Ja gāze tiks saldēta, nenotiks uzliesmojums, veidosies tikai šķidrums. Iespējama arī noplūde augsnē vai ūdenī (Qualitative, 2004).

### 1.5.1. Tiešo mērījumu metodes

Lai noteiktu atmosfērā emitēto vielu koncentrāciju daudzumu tiek izmantotas tiešo mērījumu metodes. Gaistošo organisko savienojumu noteikšanai tiek izmantotas vairākas metodes, bet kā labākās tiek minētas un visbiežāk izmantotas M18, M25 un M25A metode (Pjetraj, 1996). Metodes izmantojamas dažādiem noteiktiem apstākļiem. Tabulā 1.2.1.1. dots M18 un M25A metodes īss raksturojums, jo tā saistīta ar gaisā izplūstošo emisiju noteikšanu.

1.2.5. tabula

**M18, M25A metodes raksturojums** (Pjetraj, 1996; Wedel et al., 1998)

Metode	Raksturojums	Detektēšanas robeža	Nenoteiktība
M18	Standartmetode (gāzes hromatorāfija) GOS emisiju daudzumu noteikšanai no avotiem.	Apakšējā noteikšanas robeža ir atkarīga no nosakāmās komponentes, tā mainās	Vidēji 30% atkarībā no iekšējās kalibrācijas rezultātiem.
M25A	TNMOC koncentrāciju noteikšanas metode.	no 1 – 156 pptv, piemēram, benzolam tā ir 43 pptv, toluolam - 39 pptv, ksilolam - 156 pptv.	

## **1.5.2. Matemātiskās modelēšanas metodes**

### **1.5.2.1. Modelēšanas metodes - Gausa plūmes modeļa princips**

Gausa plūmes modelis ļoti plaši tiek izmantots, lai novērtētu atmosfēras piesārņojuma izkliedi gan ikdienišķās situācijās (uzņēmuma normālas darbības režīmā), gan specifiskos gadījumos – avāriju situāciju analīzē naftas produktu pārkraušanas vietās kosmosa raķešu palaišanās vietās u.c.

Dažādu simulāciju apstākļos tiek novērtēts atmosfērā nonākošo piesārņojošo vielu izplatības areāls gan esošā situācijā, gan dažādas hipotētiskās situācijas ņemot vērā potenciālas izmaiņas uzņēmumu darbības specifiskā, gan novērojot dažādu emisiju samazinošu pasākumu efektivitāti (Arystanbekova, 2004).

Detalizēts matemātiskā modeļa raksturojums dots Materiālu un metožu sadaļā.

### **1.5.2.2. Modelēšanas metodes – domino modeļa princips**

Domino modeļa princips ir ļoti izplatīts pasaulē kopumā, kurš riska analīzē tiek uzskatīts par galveno, jo sastāda lielu daļu katastrofālu negadījumu.

Laikā no 1992. – 2010. gadam identificēti pavisam 33835 notikumi visā pasaulē, 88% tehnoloģisko negadījumu fiksēti Eiropas Savienībā. Francijā konstatēti 84% negadījumi no Eiropas Savienības (Chatelet et al., 2011).

Liela mēroga inventarizācija liecina par to, ka ugunsgrēki un eksplozijas ir izplatītākais iemesls domino efektam.

Pēdējie desmitgades pētījumi liecina, ka pielietojamā metode domino efekta ietekmes novērtēšanai izmanto Probita – funkcijas modeļus (Chatelet et al., 2011).

#### *No siltuma slodzes izraisīts domino efekts*

Pēc deviņdesmito gadu beigu pētījumiem tikai nedaudzi riska analīzē izmantoja domino efekta riska modeļus, lai novērtētu iekārtas bojājumus un ugunsgrēka. Bieži domino efekts tiek novērots rūpnīcās, pie rūpnieciskām iekārtām, kur darbs saistīts ar spiediena tvertnēm. Jo augsta spiediena rezultātā var rasties plīsumi, savukārt kuru rezultātā noplūst vielas, kas var radīt aizdegšanos, sprādzienus (Jerez et al., 2012).

Lai veiksmīgi varētu uzglabāt bīstamas vielas pārstrādei vai transportēšanai ir nepieciešams sistemātiski soli pa solim izanalizēt situāciju uzņēmumos. Katra situācija tiek izanalizēta un akceptēta (Antonioni et al., 2009; Baderna et al., 2011).

Mūsdienās Domino efekta modeļus izmanto visā Pasaulē un ir viens no galvenajiem izmantojamiem riska prognozes modeļiem.

Vienkāršotu modeli ierosināja pamatojoties uz Probita - funkcijas modeli, kurā tiek analizēti un pārskatīti esošie modeļi. Tādejādi tiek attīstīta varbūtības modelis, lai nerastots kaitējumi rūpnieciskajām iekārtām (Chatelet et al., 2011).

Par pamatu tiek izvēlētas četras kategorijas rūpniecības iekārtās:

- Atmosfēras iekārtas;
- Spiedienhermetizēti iekārtas;
- Garenas iekārtas;
- Maza izmēra iekārtas.

Lai novērtētu laiku līdz rūpnieciskās iekārtas uguns pakļautība piedzīvos neveiksmi (ttf). Autori ir izveidojuši īpašu Probit funkciju, kurā laiks tiek savienots ar neveiksmi (ttf) un varbūtību:

$$Y = a + b \times \ln(ttf) \quad (1)$$

, kur Y ir Probit funkcija aprīkojuma bojājumiem, ln ir naturālais logaritms un a un b ir koeficienti noeteikti katrai iekārtu kategorijai (Chatelet et al., 2011).

Ir iespējams saistīt Probita funkciju ar ekskalācijas varbūtību, pēc Gausa plūmes modeļa funkcijas (Chatelet et al., 2011).

$$P = \frac{1}{\sigma \times \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{y-\mu} e^{-\frac{u^2}{2\sigma^2}} du \quad (2)$$

, kur P ir varbūtības vērtība ( $0 \leq P \leq 1$ ), u ir  $\mu$  funkcijas mediāna un dispersijas  $\sigma$  no Gausa plūmes modeļa, u var definēt šādi:

$$u = \left( \frac{D - \mu}{\sigma} \right) \quad (3)$$

, kur D ir deva, kas izsaka ievainojamību vektoros (radiāciju, virsspiedienu un toksisko atkritumus) (Chatelet et al., 2011).

Dažādas formulas tiek izmantotas, lai aprēķinātu siltuma starojumu, ko rada uguns liesmas vai uguns sakopojums ēkā:

$$I(r) = \frac{\tau F_s D^2 m_\infty H_c}{16 \cdot r^2} \quad (4)$$

, kur I(r) ir siltuma starojuma plūsma (kW/m<sup>2</sup>), F<sub>s</sub> daļa izstarotā siltuma no liesmas virsmas, m<sub>∞</sub> ir degšanas ātrums izteikts uz platības vienību (kg /m<sup>2</sup>), τ ir atmosfēras

caurlaidības koeficients,  $H_C$  ir sadegšanas siltums (kJ/kg)  $D^2$  ir baseina diametrs

$$(D_{\max} = 5.8 \times m \frac{1}{t}, m_t, \text{ ir degvielas kopējā masa kg}) \text{ (Chatelet et al., 2011).}$$

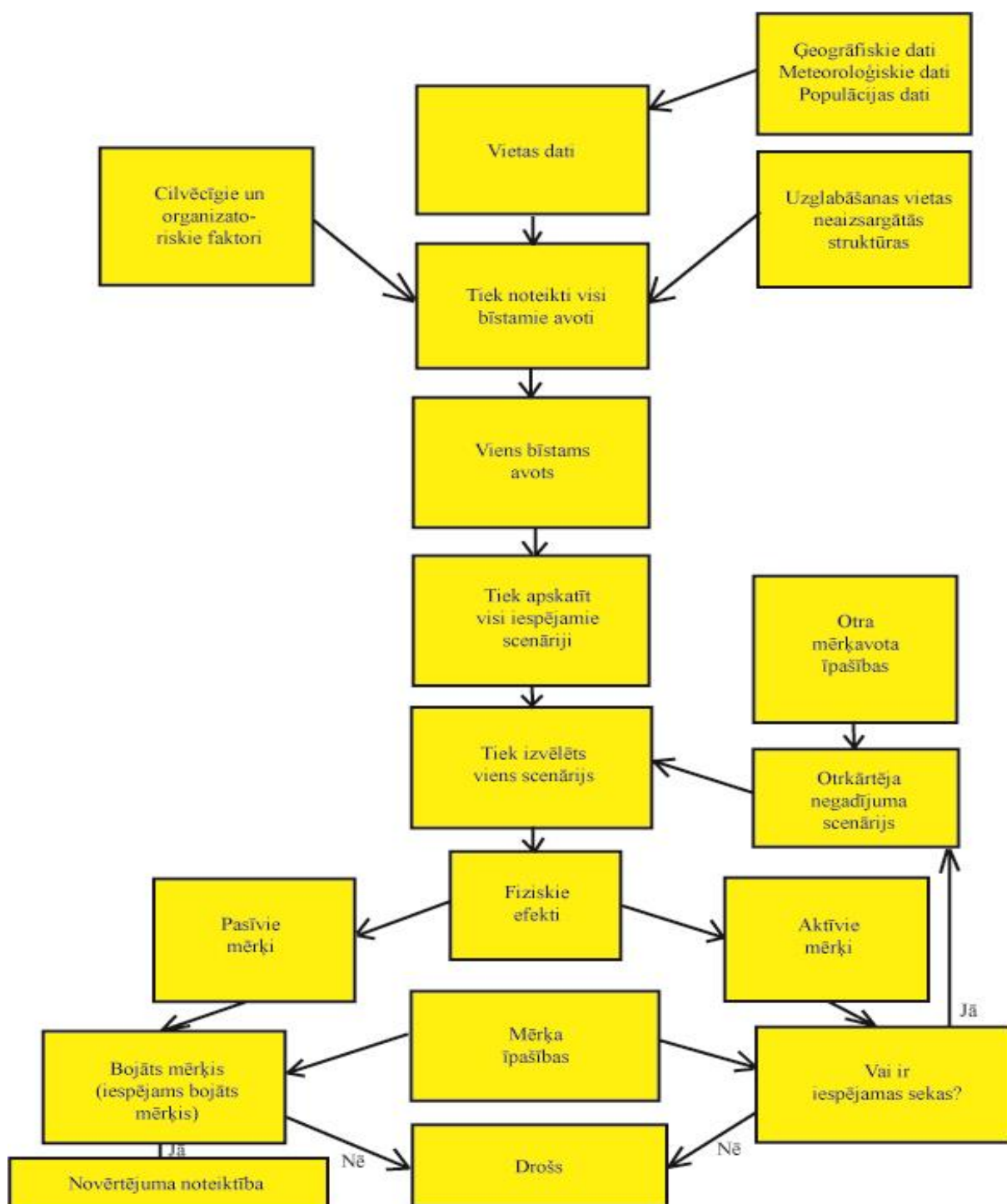
Svarīga iezīme daudzās rūpnieciskās sistēmās ir, ka izmainās laika un sastāvdaļu mijiedarbība. Katru mainīgo uzvedību definē ar fizikas likumiem; pāreja no viena veida uz citu var būt saistīta ar vairākiem iemesliem. Attiecībā uz domino efektu, ko rada siltuma starojums, un to mērķa vienības bojājumi atkarīgi no:

- Attālums no centra līdz uguns liesmai;
- Siltuma starojuma intensitāte;
- Mērķa vienību kategorijas un īpāšības;
- Veids un daudzums kādā uzglabā vielas (Chatelet et al., 2011).

Ekskalāciju vektori (fiziskā ietekmē), kas rodas pēc tam, kad vienas vienības plīsums var ietekmēt apkārtējās vienības / iekārtas. Ja kāds posms ir bojāts, tie var eksplodēt un radīt vēl draudus citiem apkārtējiem posmiem. Šī negadījumu ķēde ir domino efekts un var novest pie katastrofālām sekām ražošanas iekārtās (Chatelet et al., 2011).

#### *Labvēlīga domino efekta riska analīze*

Ir noteikti divu veidu potenciālie mērķi – aktīvais un pasīvais. Aktīvais, kurš nozīmē, ka tā mazspēja var radīt apdraudējumu (risku), kas var ietekmēt citu iekārtu darbību (piem., uzglabāšanas tvertnes, iekārtas, drošības vārsti, katlus, turbīnas, kompresorus, cauruļvadus, gāzes un elektrības tīklus. Savukārt pasīvais, kurš ir iespējams, bet nav tik nozīmīgs, jo nav liels risks (personāla būves, kuras nav sprādzienbīstamas) (Chatelet et al., 2011).



1.5.2.2.1.attēls. **Labvēlīga iznākuma domino efekta modelis** (Chatelet et al., 2011; tulkojis, izveidojis autors, izmantojot Adobe Illustrator CS4, 2013)

## 1.6. Pētījuma teritorijas (Ventspils) fizioģeogrāfiskais un klimatiskais raksturojums

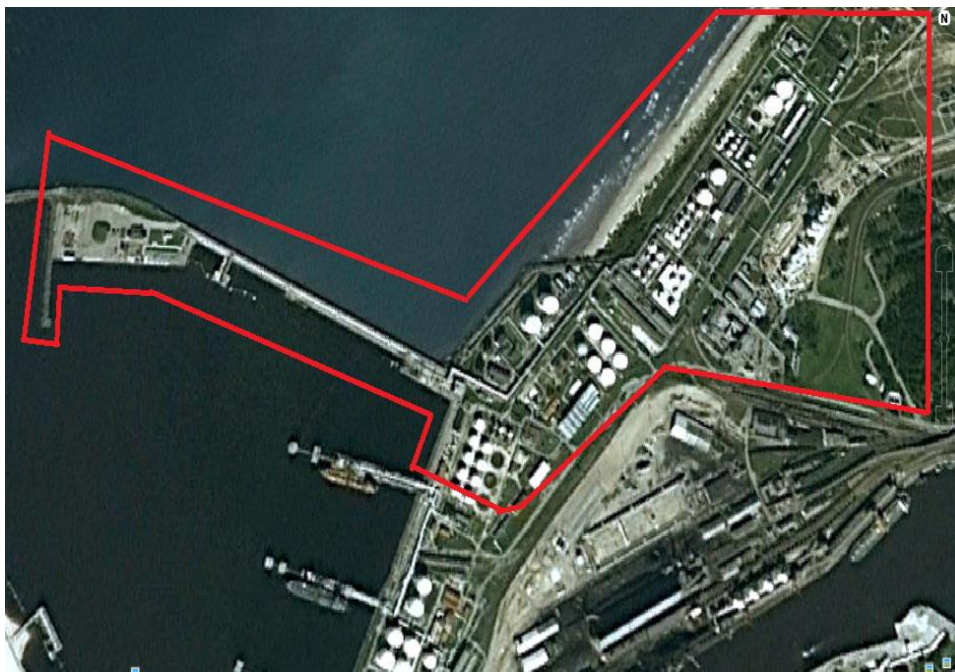
Ventspils pilsēta atrodas Latvijas Ziemeļrietumu daļā, Baltijas jūras krastā, bijušās Litorīnas lagūnas ziemeļu daļā, Ventas upes deltā. Ventspils ir trešais lielākais ekonomiskais centrs valstī. Vadošā pilsētas ekonomikas nozare ir transports, kas lielā mērā saistās ar Ventspils ostas darbību un tās pārkrauto kravu piegādi. Būtiska ir arī būvniecības jomas attīstība, kā arī tūrisma un rekreācijas infrastruktūras attīstība pilsētā. Ventspils atrodas Kurzemes ziemeļrietumos pie Ventas upes ietekas Baltijas jūrā, 189 km attālumā no valsts galvaspilsētas Rīgas. Ventspils pilsētas teritorijas platība ir 55,4 km<sup>2</sup>, no kuriem 38% aizņem meži, parki un ūdeņi. Pēc teritorijas lieluma Ventspils ir sestā lielākā republikas pilsēta un otra lielākā reģiona pilsēta (Ventspils pilsētas attīstības programmas 2007. – 2013., 2008).

A/S „Ventamonjaks” apkārtnē saskaņā ar ilggadīgiem novērojumiem valdošie vēji no marta līdz oktobrim ir dienvidrietumu, no novembra līdz februārim – ziemeļaustrumu – dienvidrietumu vēji. Vidējais ilggadīgais vēju stiprums ir 5,2 m/s. Ziemā un rudenī vēji ir mainīgi un brāzmaini, vislielākais novērotais vēja ātrums ir 34 m/s un brāzmās 48 m/s (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

Ventspils klimatiskos apstākļus nosaka pilsētas atrašanās jūras krastā. Ventspilī ir izteikts piejūras klimats, kam raksturīgs paaugstināts ciklonisms, kas nosaka, ka pilsētā ziemā bieži sastopami siltuma periodi, bet vasaras mēdz būt vēsākas kā iekšzemē esošajās pilsētās. Piejūras klimatam raksturīgas nelielas gada vidējās gaisa temperatūras svārstības, mākoņainība, bieži nokrišņi un miglas. Visu gadu ir novērojams vējš, pārsvarā rietumu virziena, kas veicina gaisa apmaiņu ar jūru. Termiskais režīms ir izlīdzināts, visumā silts. Gaisa temperatūra Ventspilī ir augstāka par vidējo atbilstoši platumā grādiem raksturīgo temperatūru janvārī par 7 – 9 grādiem, savukārt zemāka jūlijā par 2 – 3 grādiem. Vidējais gaisa mitrums sezonālā griezumā mainās maz un svārstās no 80% līdz 90%. Atmosfēras nokrišņus nosaka cikloniskā darbība. To maksimums novērojams rudens un ziemas sezonā. Vidēji aukstajā laika periodā novērojamas 83 dienas ar nokrišņiem, vasarā – 65 dienas. Sniega veidā nokrīt tikai 15 % no gada nokrišņu daudzuma. Sniega sega veidojas tikai 25 % no ziemām (Ventspils pilsētas, 2007).

## 1.7. A/S „Ventamonjaks” raksturojums

A/S Ventamonjaks atrodas Ventas upes kreisajā krastā, Dzintaru iela 66, virzienā uz ziemeļiem no esošajiem termināliem ir noteiktas perspektīvās ostas termināļu teritorijas, līdz pat ziemeļu molam (skat. 1.8.1. attēlu). Šajā teritorijā lielās platībās izvietoti vairāku ostas uzņēmumu rezervuāru parki, ražošanas un noliktavu ēkas, kā arī dažādi infrastruktūras objekti. Tuvumā atrodas arī tehniskā (plaši dzelzceļa pievedceļi), ražošanas un darījumu iestāžu apbūve, kurā izvietotas ostas uzņēmumu biroju telpas. Šajās teritorijās izvietoti vairāki rezervuāru parki – naftas produktu, amonjaka, biodīzeļa, kā arī citu šķidro ķīmisko vielu un ķīmisko produktu uzglabāšanai un pārkraušanai, izliešanas estakādes un darbībām nepieciešamā inženierkomunikāciju infrastruktūra.



1.7.1. attēls. A/S Ventamonjaks teritorija  
(izstrādājis autors izmantojot Google Earth, 2011)

Akciju sabiedrība “Ventamonjaks” nodarbojas ar amonjaka un citu šķidro ķīmisko un naftas produktu tranzītu caur Ventspils brīvostu. A/S “Ventamonjaks” piedalās Ventspils vides politikas plāna realizēšanā, izstrādājot pasākumus, kas paredzēti vides piesārņojuma un dabas resursu izmantošanas samazināšanai. A/S „Ventamonjakam” brīvās zonas atļauja izsniegta līdz 2050. gadam.

Lai optimizētu sabiedrības darbību, akciju sabiedrības „Ventamonjaks” akcionāri vienbalsīgi 2006.gada 22.septembrī pieņēma lēmumu par sabiedrības reorganizāciju nodalīšanas ceļā, nodalot pamatdarbības veidus: amonjaka termināla darbība un

infrastrukturā pakalpojumu nodrošināšana citām komercsabiedrībām. Reorganizācijas rezultātā izveidoja sabiedrību ar ierobežotu atbildību „Ventamonjaks serviss” (SIA „Ventamonjaks serviss”, 2007).

Saskaņā ar noslēgtajiem līgumiem, SIA „Ventamonjaks serviss” sniedz pakalpojumus A/S „Ventamonjaks”, SIA „Ventall Termināls”, SIA „VARŠ” un nodrošina šķidrā amonjaka, naftas produktu un akrilnitrila izliešanas, uzglabāšanas un iekraušanas tankkuģos operācijas minētajiem uzņēmumiem piederošajos kompleksos (SIA „Ventamonjaks serviss”, 2007).

Uzņēmumā pastāvošā civilās aizsardzības un ražošanas drošības sistēma ir izveidota un darbojas, lai nodrošinātu tās atbilstību Latvijas Republikas Ministru kabineta 2005. gada 19. jūlija noteikumu Nr. 532 „Noteikumi par rūpniecisko avāriju riska novērtēšanas kārtību un riska samazināšanas pasākumiem” prasībām. Šo Ministru kabineta noteikumu kontekstā par atbildīgo personu norīkots tehniskais direktors (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

#### *Tehnoloģisko iekārtu raksturojums*

##### Dzelzceļa cisternu noliešanas estakādes:

33% no dzelzceļa vagoniem tiek iztukšoti uz dzelzceļa estakādēm Nr.10/11 un 67% uz dzelzceļa estakādēm Nr. 8/9. 70 % dzelzceļa cisternu ietilpība ir 43 t un 30% ietilpības ir 30,5 t. Dzelzceļa sastāvs tiek sagatavots iztukšošanai 6 stundas un iztukšots 6 stundās (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

##### Spiedvertne D-10:

Spiedvertne D-10 atrodas betona apvaļņojumā (55 x 7,5 m). Cauruļvada diametrs ir 12” un garums 1182 m, ko avārijas noslēgvārsti sadala 4 sekcijās (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

##### Rezervuāri ST-1 un ST-2:

- Katra rezervuāra tilpums ir 43990 m<sup>3</sup>;
- Maksimālais amonjaka tilpums rezervuārā ir 27192 t vai 39906 m<sup>3</sup>;
- Projektētais rezervuāra uzpildīšanas līmenis ir 32 m un uzņēmuma noteiktais 30m;
- Iekšējais diametrs ir 41,148 m;
- Rezervuāri atrodas apvaļņojumā ar betona sienām (141× 80 m) (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

##### Cauruļvadi 2504 un 2604 (pazemināta temperatūra):

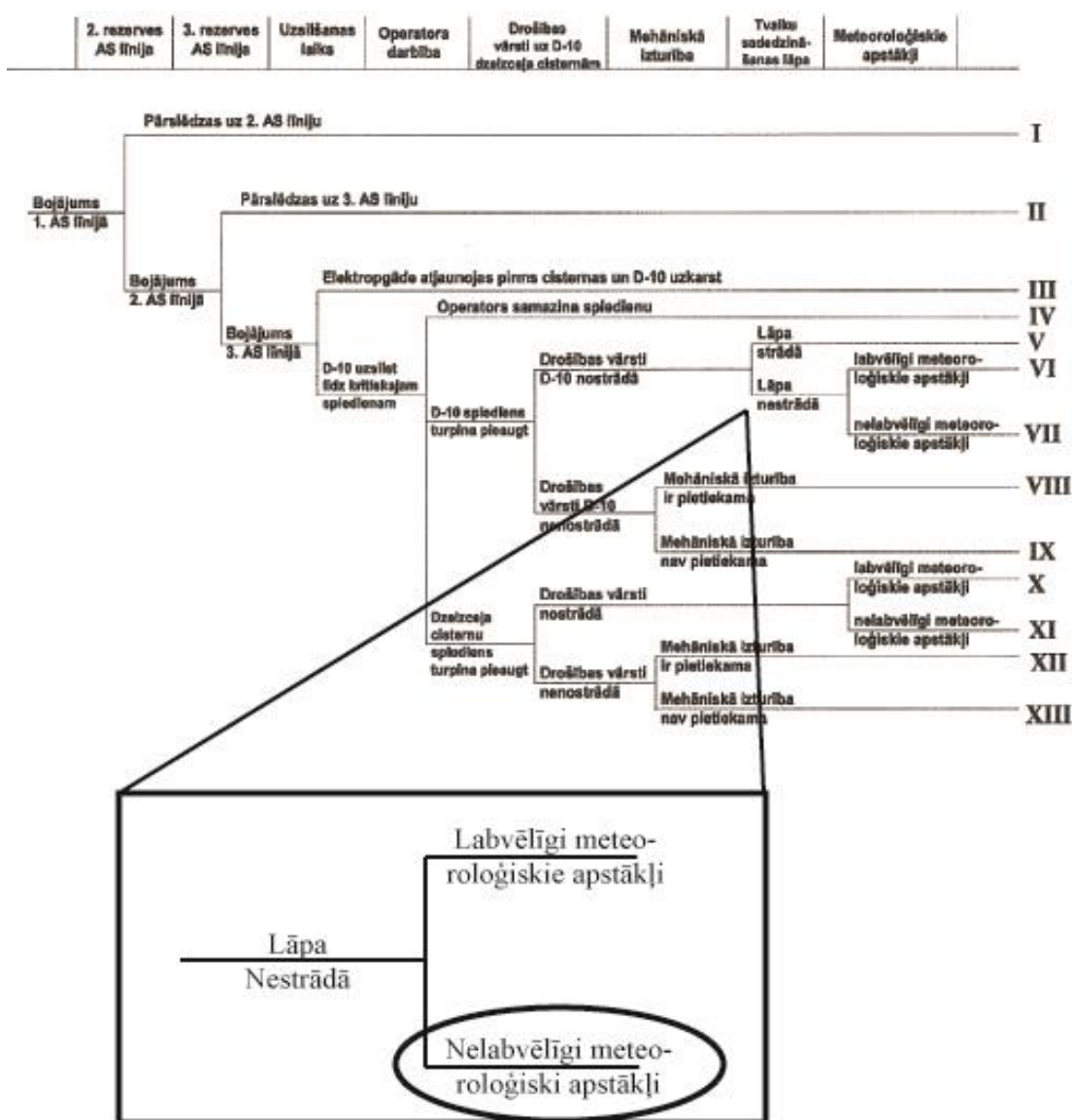
Cauruļvadu diametrs ir 12” un garums 531 m ( uz piestātņi Nr. 34) un 1143m ( no piestātņes Nr. 34 uz piestātņi Nr. 36.) Cauruļvada abos galos atrodas avārijas noslēgvārsti (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

Kuģu uzpilde:

Kuģu uzpildi veic ar 2 stenderu ierīcēm (diametrs 10”) ar ātrumu 950 m3/ stundā. Kuģa uzpildes laiku nosaka tā lielums un sūkņa ražīgums (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

*Amonjaka dzelzceļa cisternu noliešanas notikumu koks*

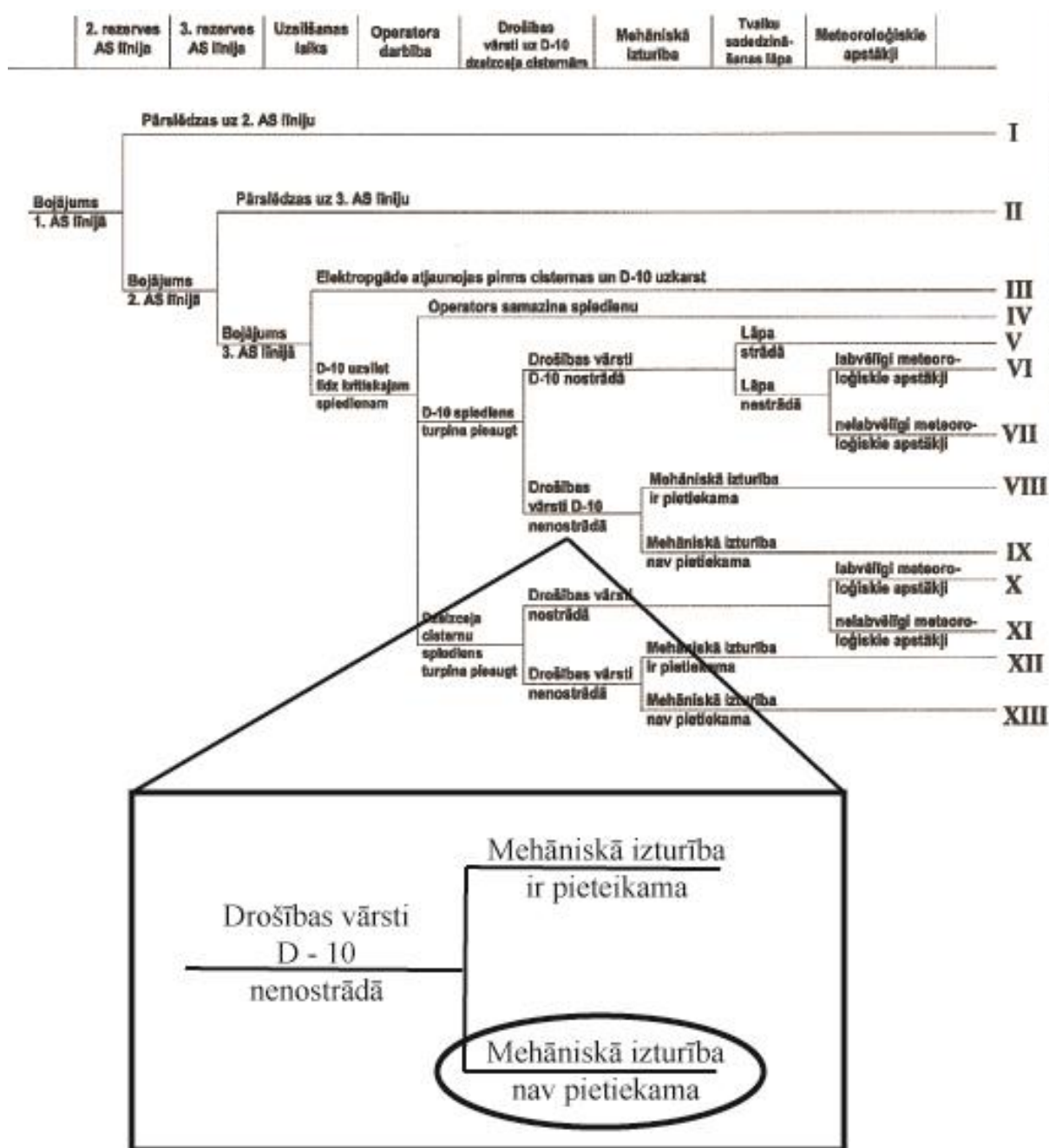
Būtiski riska analīzē ir noteikt galvenos riska avotus, kuri A/S „Ventamonjaks” gadījumā ir 4, kas var kaitēt pilsētas iedzīvotājiem. Nākamajos attēlos tiks parādīti kuri tie ir un kas notiktu nelabvēlīgos apstākļos.



1.7.2.attēls. A/S „Ventamonjaks” sadedzināšanas lāpas darbība pie nelabvēlīgiem apstākļiem (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011; izstrādājis, pārveidojis autors, izmantojot Adobe Illustrator CS4, 2013)

1.7.2. attēlā tiek parādīts, ka noliešanas process tiek apturēts. Pāriet uz amonjaka uzglabāšanas režīmu. Elektroenerģijas piegādes pārtraukuma laiks ir pietiekams, lai amonjaks

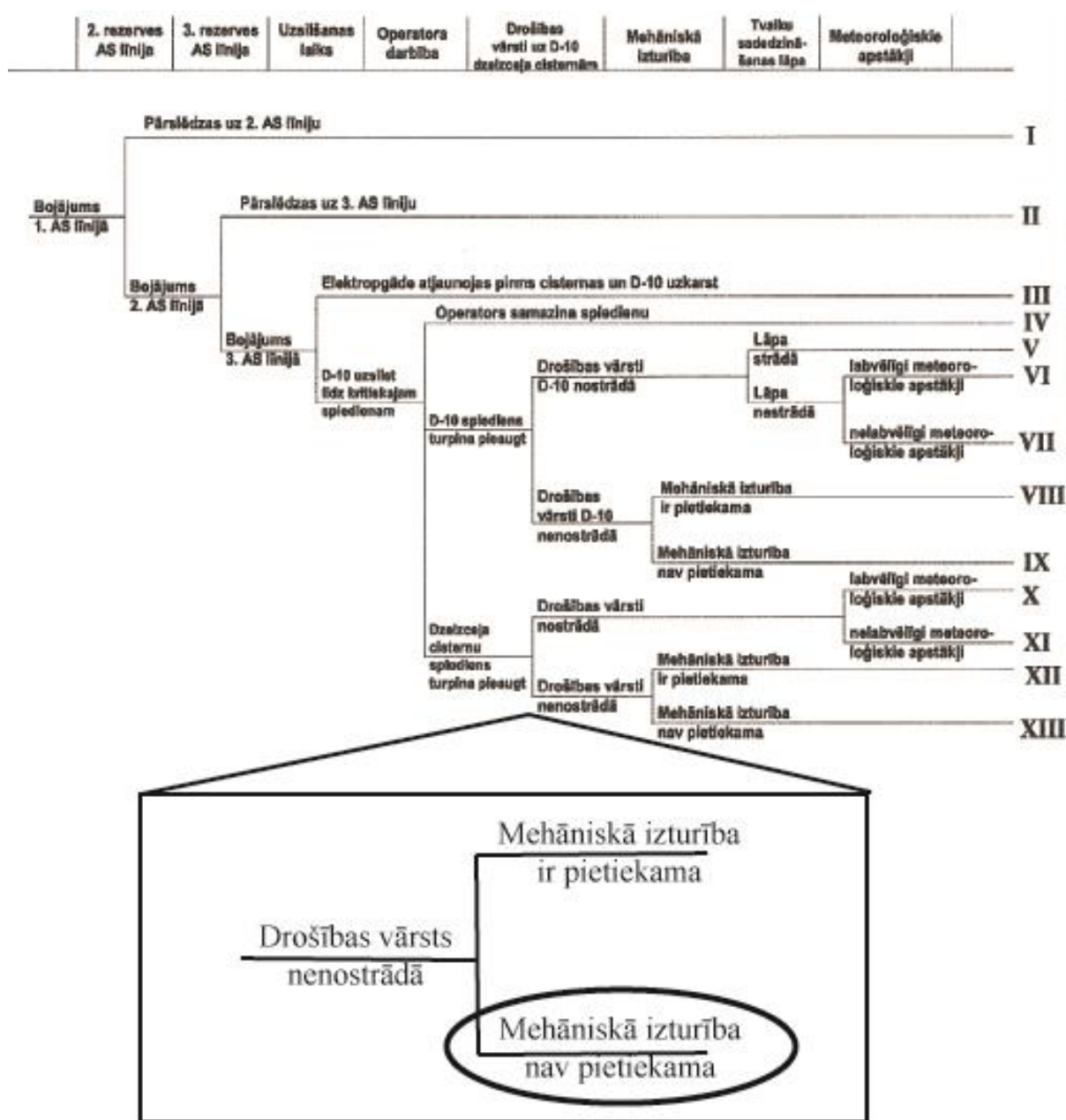
D-10 un dzelzceļa cisternās paspētu uzsilt līdz kritiskām temperatūrām. Sasniedzot kritisko spiedienu, nostrādās drošības vārsti un amonjaka tvaiki tiks novadīti uz lāpu un sadedzināti, kas nestrādā. Pie nelabvēlīgiem meteoapstākļiem – maza vēja ātruma un pie vēja virzieniem uz pilsētu pastāv toksiskās iedarbības bīstamība (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).



1.7.3.attēls. A/S „Ventamonjaks” Drošības vārstu D – 10 darbība nelabvēlīgos apstākļos (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011; izstrādājis, pārveidojis autors, izmantojot Adobe Illustrator CS4, 2013)

1.7.3. attēlā tiek parādīts, ka noliešanas process tiek apturēts. Pāriet uz amonjaka uzglabāšanas režīmu. Elektroenerģijas piegādes pārtraukuma laiks ir pietiekams, lai amonjaks

D-10 uzsiltu līdz kritiskām temperatūrām. Sasniedzot kritisko spiedienu, drošības vārsti nenostādā. D-10 korpusa mehāniskā izturība ir nepietiekama – cisterna sabrūk un amonjaka toksiskie tvaiki strauji izplatās atmosfērā (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

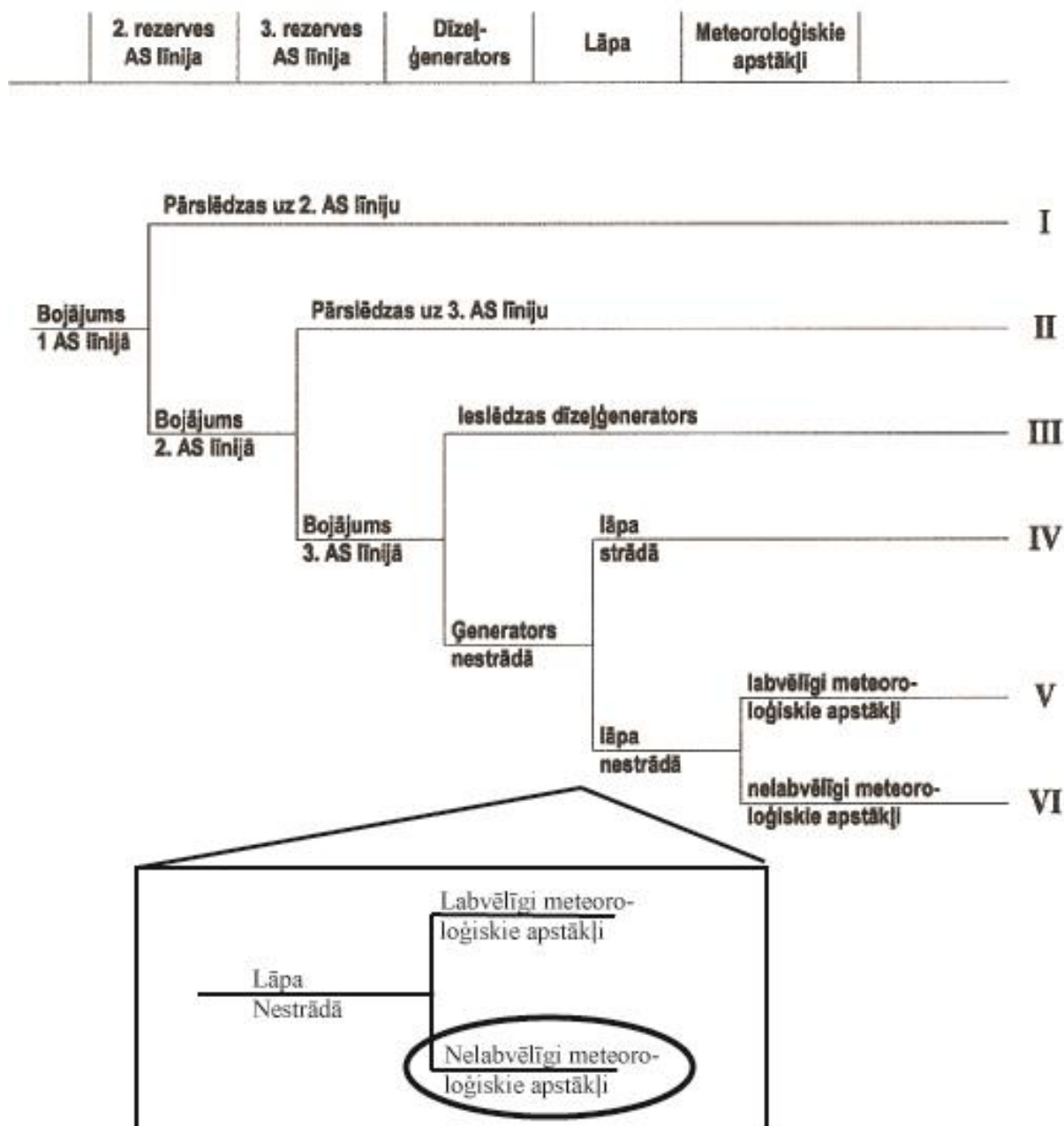


1.7.4.attēls. A/S „Ventamonjaks” Dzelzceļu cisternas drošības vārstu darbība nelabvēlīgos apstākļos (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011; izstrādājis, pārveidojis autors, izmantojot Adobe Illustrator CS4, 2013)

1.7.4. attēlā tiek parādīts, ka noliekšanas process tiek apturēts. Pāriet uz amonjaka uzglabāšanas režīmu. Elektroenerģijas piegādes pārtraukuma laiks ir pietiekams, lai amonjaks dzelzceļa cisternās uzsiltu līdz kritiskām temperatūrām. Sasniedzot kritisko spiedienu drošības vārsti nenostādā. Dzelzceļa cisternu korpusa mehāniskā izturība ir nepietiekama – cisterna

sabrūk un amonjaka toksiskie tvaiki izplatās atmosfērā (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

*Amonjaka kuģu noliešanas notikumu koks*



1.7.5.attēls. A/S „Ventamonjaks” sadedzināšanas lāpas darbība pie nelabvēlīgiem apstākļiem

(A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011; izstrādājis, pārveidojis autors, izmantojot Adobe

Illustrator CS4, 2013)

1.7.5. attēlā tiek parādīts, ka lāpa nestrādā. Amonjaka tvaiki netiek sadedzināti. Pie nelabvēlīgiem meteoapstākļiem maza vēja ātruma un pie vēja virzieniem uz pilsētu pastāv toksiskās iedarbības bīstamība (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

**A/S „Ventamonjaks” emisijas avotu raksturojums** (izstrādājis autors izmantojot „Nr. 2 – Gaiss” datus, 2013)

Emisijas avota (iekārtas) nosaukums	Punktveida avota parametri, m		Laukuma avota parametri, m × m		Plūsma, m <sup>3</sup> /s	Emisijas temperatūra, oC	Emisijas ilgums, h/a	Emisiju noteikšanas metode
	augstums	diametrs	garums	platums				
Ventilators ar jumta kupolu	12,4	1,3	0	0	32040	6	8760	TM
Ventilators ar jumta kupolu	12,4	1,3	0	0	32040	6	8760	TM
Aerācijas lukturis	12,4	1,85	0	0	1080	6	8760	TM
Eļļas konsoļu sistēma	15,2	0,1	0	0	36	6	8760	TM
Eļļas konsoļu sistēma	15,2	0,1	0	0	36	6	8760	TM
Lāpa, caurule	40	0,75	0	0	0	6	8760	MB
Sūkņi	0	0	3	4	0	6	8760	MB
Amonjaka estakāde	0	0	162	4	0	6	8760	MB
Rekuperācijas iekārta	10	0,3	0	0	3998	5,7	58	TM
Noliešanas estakāde	3,5	0			0	15,2	8760	MB
36. kuģu piestātne	2	0			0	15,2	8760	MB
Noliešanas estakāde	0	0			0	15,2	465	MB
Caurule no sūkņu stacijas	10	0,6			2,6	20	1825	MB
Caurule no sūkņu stacijas	10	0,1			0,2	20	585	MB
Caurule no sūkņu stacijas	8,7	0,3			0,3	20	1636	MB
Rezervuāri	40	0,1			0,1	15,2	8760	MB
Rezervuāri	17,5	100			0,11	15,2	8760	MB
Rezervuāri	14,5	100			0,11	15,2	8760	MB
Noliešanas estakāde	0	0			0	15,2	1318	MB
Noliešanas estakāde	0	0			0	15,2	8760	MB
Tankkuģis	0	0			0	15,2	6690	MB
Rezervuāri	0	0			0	15,2	8760	MB
Caurule no laboratorijas	11	0,3			0,9	20	8760	MB
Caurule no laboratorijas	15	0,4			1,98	20	1760	MB

Apzīmējumi:

MB – masas bilance;

TM – tiešie mērījumi.

**SIA „Ventamonajks Serviss” emisijas avotu raksturojums** (izstrādājis autors  
izmantojot „Nr. 2 – Gaiss” datus, 2013)

Emisijas avota (iekārtas) nosaukums	Punktteida avota parametri, m		Laukuma avota parametri, m × □ m		Plūsma, m <sup>3</sup> /s	Emisijas temperatūra, oC	Emisijas ilgums, h/a	Emisiju noteikšanas metode
	augstums	diametrs	garums	platums				
Slēgta sūkņu stacija	10	0,5	0	0	0	5,7	50	MB
Rezervuāri poz.213, 214,215,216	14	0,5	0	0	0,11	5,7	8760	MB
Rezervuārs poz.368	14	0,1	0	0	0,11	5,7	8760	MB
Piestātne Nr.34	20	0,15	0	0	0,25	5,7	32	MB
Dzelzceļa estakādes	3	0	6	100	0	5,7	50	MB
Benzīna tvaiku rekuper.iekārta	10	0,3	0	0	1,11	5,7	223	MB
Laboratorija	11	0,3	0	0	0,9	20	220	MB
Laboratorija	15	0,4	0	0	1,9	20	220	MB

Apzīmējumi:

MB – masas bilance;

TM – tiešie mērījumi.

Tabulās 1.7.1. un 1.7.2. attēlotas A/S „Ventamonajks” emisiju avotu raksturojums no 2006. gada līdz 2012. gadam un SIA „Ventamonajks Serviss” emisiju raksturojums no 2008. gada līdz 2012. gadam, pamatojoties uz Gaiss – 2 datu bāzi. Emisijas avotu struktūra laika periodā no 2006. gada līdz 2010. abos uzņēmumos būtiski nav mainījusies. Lielākās izmaiņas saistītas ar rekuperācijas iekārtas uzstādīšanu A/S „Ventamonajks” un saimnieciskās darbības pārdalīšanu un deleģēšanu SIA „Ventamonajks Serviss”. Analizējot emisijas avotus abos uzņēmumos redzams, ka sagaidāmā emisiju struktūra un apjomi saistāmi ar gaistošo vielu emisiju, jo dominē iekārtas, kuras tiek ekspluatētas pārkraujot un uzglabājot dažādus gaistošus produktus.

Pēc SIA „Bio-Venta” biodīzeļdegvielas ražotnes izbūves SIA „Ventamonajks serviss” rezervuāru parkos ar 21<sub>1</sub>-21<sub>6</sub>, 226., 267., 367., 368., 444., 445., 446., 447. poz. rezervuāros ir paredzēts pieņemt un uzglabāt šķidrās izejvielas biodīzeļdegvielas ražošanai, kā arī pieņemt uzglabāšanai un pārkraut saražoto gatavo produktu – biodīzeļdegvielu un ražošanas

blakusproduktu – glicerīnu. Lai nodrošinātu iepriekš minēto produktu pieņemšanas, glabāšanas un pārkraušanas tehnoloģiskās shēmas, 2007. gadā ir paredzēts veikt minēto rezervuāru parku rekonstrukciju un pēc tās pabeigšanas papildus pārkraut šādus SIA „Bio-Venta” produktus: biodīzeļdegvielu, augu eļļas, glicerīnu, metanolu (SIA „Ventamonjaks serviss”, 2007).

1.7.3. tabula

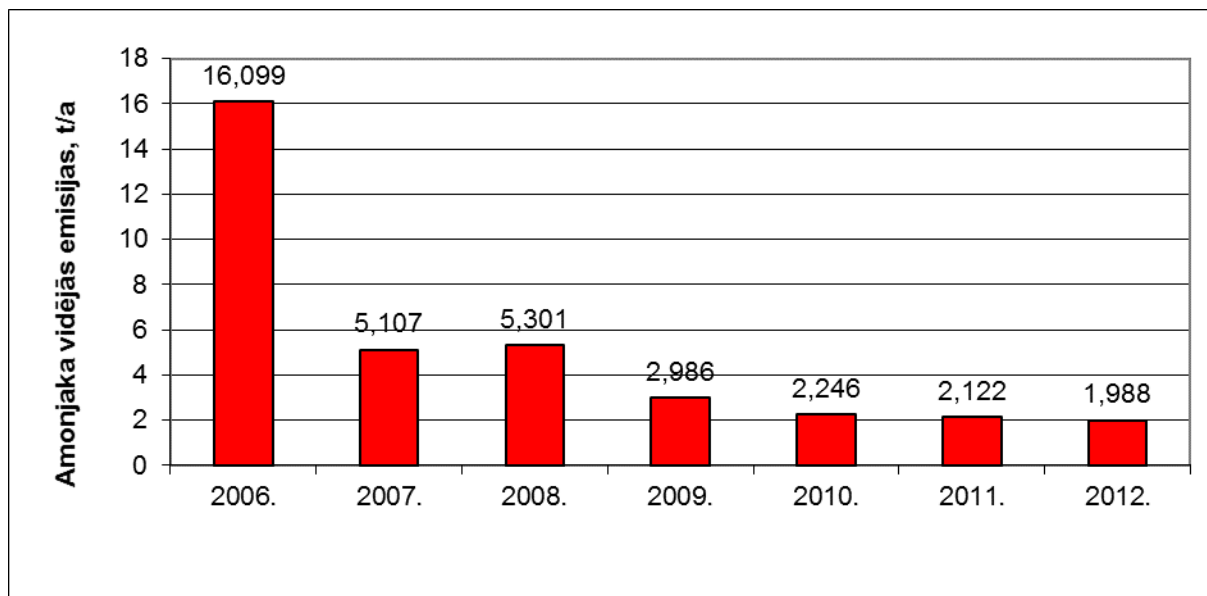
**Plānotie produktu aprites daudzumi A/S Ventamonjaks (Vides, 2004)**

Produktu nosaukums	Rezervuāru poz.	MPEL atļaujā pieprasītie apjomi, tūkst. t
Amonjaks	ST-1, ST-2	1000
Benzīnu frakcijas	R-5, R-6,	660
Benzīnu frakcijas	101 B, 101 A	660
Benzīnu frakcijas	T- 001, T-002,	80
Dīzeļdegviela	21 <sub>1,2,3,4,5,6</sub>	158
Reaktīvā degviela		42
Etilacetāts/Acetons/Etilēnglikols	367, 368	25/20/10
2-etilheksanols / Vinilacetāts N – butanols	266, 267	20 / 50
	446, 447	20/
Izobutanols	444, 445	20

1.7.3. tabulā parādīts ienākošo produktu sadalījums A/S “Ventamonjaks” noliktavās 2004. gadā. pieprasot atļauju produktu pārkraušanai. Apjomu daudzumi mainās izvērtējot pieprasījuma apjomu, dažādo benzīna frakciju sastāvs atkarīgs no piegādātāja rūpnīcas. Ja samazinās benzīna pārkraušanas apjomi, daļu vai visus 101A, 101B, T-001, T-002, R-5, R-6 pozīciju rezervuārus var izmantot naftas produktu saņemšanai no tankkuģiem 35.A un 36. pietātnē un iesūkņēšanu rezervuāros.

AS "Ventamonjaks" ir viens no lielākajiem Baltijas jūras reģiona ķīmisko produktu pārkraušanas termināļiem. Bez iepriekš minētajām kravām, tiek pārkrauti arī amonjaks, dažādi spirti, metanols, bāzes eļļas, kā arī citi naftas ķīmiskie produkti, kuri var tikt uzglabāti uzņēmumā noteiktu laika periodu.

*Amonjaka emisiju daudzumu novērtējums A/S „Ventamonjaks”*



1.7.6. attēls. **Amonjaka emisijas atmosfērā A/S „Ventamonjaks”** (izstrādājis autors izmantojot „Nr. 2 – Gaiss” datus, 2013)

Saskaņā ar uzņēmuma atskaitēm 2006. gadā A/S „Ventamonjaks” amonjaka emisijas bijušas visaugstākās sasniedzot 16,099 t/a, emisiju kritums turpmākajos 6 gados ir līdz pat 7 reizēm, saistāms ar samazinātiem pārkraušanas apjomiem.

## 1.8. Amonjaka fizikālo un ķīmisko īpašību, un seku raksturojums

Amonjaks ir viena no galvenajām A/S „Ventamonjaks” pārkraušanas produktiem, tad tā fizikālās un ķīmiskās īpašības ir galvenās, lai nerastos neparedzētas situācijas.

Fizikālās īpašības: bezkrāsaina gāze, normālā temperatūrā un pie normāla atmosfēras spiediena amonjaks atrodas gāzveida stāvoklī un tam raksturīga kodīga un kairinoša smarža. Amonjaka gāze ir vieglāka par gaisu. Pie atmosfēras spiediena ir raksturīga zema viršanas temperatūra ( $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Darba apstākļos amonjaks ir šķidrums veidā. Avārijas apstākļos amonjaks parasti ir gāzveida stāvoklī (Ammonia, 2013).

Ķīmiskās īpašības: amonjaks ir ugunsnedrošs gaisā, bet to ir grūti aizdedzināt. Amonjaks pašuzliesmošanas temperatūra ir  $650^{\circ}\text{C}$ . Amonjaks veido sprādzienbīstamās kocentrācijas apakšējā robeža ir 15 % no tilpuma un augšējā 28 % no tilpuma. Amonjaks aktīvi piedalās pievienošanās, aizvietošanās un oksidēšanās reakcijās. Tas var reaģēt ar nepiesātinātiem ogļūdeņražiem, to halogēnatvasinājumiem un halogēniem un nav savietojams ar oksidētājiem, nepiesātinātajiem ogļūdeņražiem un halogenogļūdeņražiem (vilihlorīdu), etilēnu oksīdu un oglekļa dioksīdu (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

Gaisā amonjaks ātri veido amonija karbonātu vai reaģē ar gaisa mitrumu, veidojot amonija hidroksīdu. Amonjaks šķīst ūdenī ( $20^{\circ}\text{C}$  – 34,47 masas %), etilspirtā, dietilēterī un organiskajos šķīdinātājos (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

*Amonjaka fizikāli ķīmiskās īpašības ir šādas:*

Viršanas temperatūra pie 0,1 MPa:  $-33^{\circ}\text{C}$

Kušanas temperatūra pie 0,1 MPa:  $-77,7^{\circ}\text{C}$

Maksimālais sprādziena spiediens: 0,6 MPa

Minimālais aizdedzināšanas enerģija:

Tvaika spiediens pie  $25^{\circ}\text{C}$  :  $1013 \times 10^3$  kPa (10 atm)

Tvaika blīvums pie  $25^{\circ}\text{C}$  un 10 atm spiediena:  $771\text{ kg / m}^3$

Amonjaka blīvums sašķīdinātā stāvoklī pie normālas

Viršanas temperatūras:  $681,4\text{ kg / m}^3$  (Ammonia, 2013).

Galvenie apdraudējumi: amonjaka gāze ir ļoti kaitīga, var būt nāvējoša (letāla deva 500 ppm). Amonjaks viegli šķīst ūdenī, tādejādi, ja ūdens nokļūst uz ādas vai acīs var radīt nopietnus apdegumus. Amonjakam ir augstas reakcijas spējas, var reaģēt ar dažādiem materiāliem, tostarp skābēm un aldehīdiem (Ammonia, 2013).

### *Sekas un to raksturojums*

Amonjaks saskarē ar miesu izraisa nekrozi, kas ir daudz bīstamāka nekā skābes apdegums. Ādā notiek olbaltumvielu un tauku sašķidrināšanās – pārziepošanās. Atšķirībā no skābēm, kuru iedarbība ir ierobežota audos, sārmi var turpināt iespieties ļoti dziļi audos (Material, 2011).

Īpaši bīstamas var rasties situācijas, ja A/S „Ventamonjaks” pietātnē vai amonjaka novietnēs notiek avārija un ir vējš, kas pūš amonjaka tvaikus pilsētas virzienā. Šādi tvaiki var radīt draudus pilsētas iedzīvotājiem saskaroties ar amonjaku ieelpojot.

Ieelpojot amonjaku tvaikus vai miglu var rasties plaušu tūska, var rasties elpošanas traucējumi; nelabvēlīga iedarbība uz smadzenēm; stress un aizsmakusi balss (Material, 2011).

Ja amonjaks nonāk barības vadā, kuņģī tad parādās sāpes mutē un rīklē, vemšana, sāpes vēderā, krūtīs, var rasties elpas trūkums, drudzis, zemādas emfizēma. Ja tiek skarts plašs audu daudzums, tad var rasties tahikardija, hipotensija un paātrināta elpošana (Material, 2011).

Pacientiem parasti nepieciešama ilgstoša novērošana, kas ietver endoskopiskos izmeklējumus vai arī radiogrāfiju. Līdz pilnīgai sadzīšanai pāiet ļoti ilgs laiks. Simptomi var parādīties tikai pēc diviem mēnešiem. Barības vada atjaunošana prasa ilgu laiku vai pat ķirurģisku palīdzību. Pacientiem, kas norijuši sārmi iespējams saslimt ar karcinomu. Vidējais intervāls starp orgānālo traumu un diagnozi no karcinomas ir pat līdz 40 gadiem un vairāk (Material, 2011).

Bīstamām situācijām ir jābūt sagatavotiem jau iepriekš. Jābūt sagatavotiem krājumiem ar absorbējošiem materiāliem. Vienmēr jālieto pārbaudīti un ieteikti individuālie un elpošanas aizsardzības līdzekļi. Pēc iespējas jāizvairās ar tiešas saskarsmes ar amonjaku.

Amonjaks vidē ilgi nesaglabājas, tas dabīgi reciklējas, turklāt augi un dzīvnieki viegli un ātri uzņem amonjaku, līdz ar to tā līmenis strauji samazinās dažu dienu laikā. Gaisā amonjaks tomēr var saglabāties apmēram nedēļu. Parasti gaisā tas ir sastopams ļoti nelielos daudzumos - 1-5 ppb (vielas masas koncentrācija – 1 ppb ir 1 biljonā daļa grama) (Amonjaks, 2013).

### *Ieviestie un plānotie tīrākas ražošanas pasākumi A/S „Ventamonjaks”*

Lai amonjaka pārkraušanas laikā pēc iespējas samazinātu emisijas gaisā, ierobežotu smaku izplatību un samazinātu avāriju risku, ir veikti sekojoši pasākumi:

- amonjaka pārkraušana un uzglabāšana notiek slēgtā ciklā;
- amonjaka pārkraušanas sistēma ir aprīkota ar lāpas iekārtu, kurā notiek visu tehnoloģisko un avārijas emisiju sadedzināšana;

- šķidrā amonjaka uzglabāšanas izotermiskie rezervuāri ir aprīkoti ar līmeņa un spiediena regulatoriem, šo rādītāju maksimālo parametru signalizatoriem, drošības vārstiem un kopējo spiediena regulatoru. Ja spiediens rezervuāros palielinās virs normas, notiek automātiska gāzveida amonjaka novadīšana uz lāpas sadedzināšanas iekārtu;
- šķidrā amonjaka uzglabāšanas izotermiskie rezervuāri ir pārklāti ar poliuretāna izolācijas slāni un metāla plāksnēm, lai samazinātu siltuma zudumus uzglabāšanas procesa laikā amonjaka pārkraušanas terminālā ir uzstādīts viens dīzeļģenerators amonjaka uzglabāšanas cikla un propāna noliktavas darbības nodrošināšanai ilgstoša elektroenerģijas padeves pārtraukuma gadījumā, lai samazinātu emisijas gaisā remontu sagatavošanas laikā, tehnoloģiskās iekārtas pirms remontiem tiek caurpūstas ar slāpekli, bet caurpūtes gāzes sadedzinātas lāpas iekārtā (B kategorija, 2012).

Atbilstoši noslēgtajam līgumam AS „Ventamonjaks” ar slāpekli nodrošina SIA „Ventamonjaks serviss”.

- amonjaka izliešanas estakāde ir aprīkota ar nerūsējošā tērauda izliešanas stenderiem ar šarnīra savienojumiem,

- amonjaka uzglabāšanas rezervuāri ir izvietoti betona apvaļņojumā, kura tilpums ir pietiekošs, lai saturētu vienā rezervuārā esošā amonjaka daudzumu (B kategorija, 2012).

## 1.9.Vēsturisko avāriju analīze

A/S „Ventamonjaks” teritorijā ir notikušas vairākas avārijas. Kuras notikušas gan tiešā saistībā ar A/S „Ventamonjaks” darbību, gan netiešā. Protams, neviens nevar minēt patieso avāriju skaitu. Šajā nodaļā tiks pieminētas sešas avārijas un analizētas dažas, jo nepietiekamu datu dēļ nav iespējams veikt atbilstošu modeļu izveidi, kas prognozētu potenciāli bīstamākas sekas. Par avāriju norisi un sekām daudz informācijas nav. Plašāka informācija dota par avāriju 2008. gada 25. februārī, kur cieta divi vilcieni.

### *Pieejamais vēsturisko avāriju apraksts*

Negadījums 2008. gada 25. februārī, kura laikā notika amonjaka noplūde caur tankkuģa „BW HALYS” drošības vārstiem. Kad tika konstatēta noplūde, amonjaka kraušana tika pārtraukta. Kuģa kapteinis nevarēja nodrošināt turpmākā kraušanas procesa drošību, tāpēc tika pieņemts lēmums un kuģis izvests no ostas akvatorija (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

2008. gada 20. decembrī, divu kravas vilcienu sadursme Ventspils stacijā. Kravas vilciens Nr.2445 (lokomotīve 2TE10M-3453 un 59 krauti vagoni) pienāca no Elkšķenes stacijas puses uz Ventspils-II II sānu ceļu, kas tajā brīdī bija aizņemts ar stāvošu kravas vilcienu Nr.1703 (lokomotīve 2TE10M-3422 un 61 krauts vagoni). Rezultātā plkst. 9.29 vilciena Nr.2445 lokomotīve sadūrās ar vilciena Nr.1703 pēdējo vagonu. Sadursmes rezultātā bojā gāja vilciena Nr.2445 lokomotīves brigāde, aizdegās vilciena Nr.2445 lokomotīve un pirmie divi vagoni, vilciena Nr.1703 astoņi ar benzīnu krauti vagoni un uz 3.ceļa stāvošā sastāva seši vagoni. Ugunsgrēka rezultātā tika pilnīgi bojāta vilciena Nr.2445 lokomotīve (nav atjaunojama), bojāts 21 vagoni (13 vagoni nav atjaunojami) un pilnīgi iznīcināta krava (benzīns) no trim vagoniem. Pēc sadursmes vilciena Nr.2445 ritošais sastāvs līdz pilnīgās apstāšanās vietai nobrauca aptuveni 40 metrus. Vilciena Nr.1703 pēdējie trīs vagoni tika izgrūsti no sastāva I ceļa virzienā un pieci vagoni nobrauca no sliedēm ar diviem riteņu pāriem. Tāpat no sliedēm nobrauca vilciena Nr.2445 lokomotīve un četri (kustības virzienā no divdesmitā līdz divdesmit trešajam) vagoni (divi ar diviem riteņu pāriem, divi ar visiem riteņu pāriem) (taiib.gov.lv, 2013). Tiešās avārijas cēlonis šajā gadījumā – cilvēka kļūda: vilciena Nr.2445 lokomotīves brigāde bija zaudējusi modrību un nekontrolēja vilciena vadību, kā rezultātā vilciens pabrauca garām Ventspils – II ieejas luksoforiem N ar aizliedzošu signālu un sadūrās ar uz II ceļa stāvošo kravas vilcienu Nr. 1703 (taiib.gov.lv, 2013).

2009. gada 15. oktobrī notika negadījums, kura laikā notika noplūde 34. piestātnē no cauruļvada savienojuma, pa kuru amonjaku novada rezervuārā Nr. 101. Pēc konstatācijas noplūdes vieta tika lokalizēta un defekts novērsts (A/S „Ventamonjaks Drošības pārskats, 2011).

2011. gada 16. jūnijā notika negadījums, kurā konstatēta noplūde no caurules. Uzņēmums skaidroja, ka izspiesta caurules blīve, tāpēc arī sākusies noplūde, bet tā ātri ierobežota. Iespējams, blīve nav izturējusi lielo gaisa temperatūru svārstību dēļ. Tika veikta noplūdes seku likvidēšana - tika veikti dzesēšanas darbi un amonjaka koncentrācijas mērījumi. Amonjaka smaka tuvākajā apkārtnē netika justa, un mērījumu dati liecināja, ka vides piesārņojums nav bīstams. Avārija tika likvidēta Aiztaisīt bojāto cauruli traucēja tehnoloģiskas dabas problēmas – uz vietas nebija pieejama attiecīgās rezerves detaļas. Tika samazināts sistēmā samazināts spiediens, lai varētu turpināt plīsušās caurules remontdarbus. Noplūde tika likvidēta ap 19:00 vakarā (ventasballs, 2013).

Gala vērtējums - piestātnes Nr.36 rajonā cauruļvada atdzesēšanas laikā uz atvada ar diametru 50 mm radās gāzveida amonjaka noplūde caur blīves bojājumu (ventasbalss1, 2013).

## 2. MATERIĀLI UN METODEDES

Darbā izvirzītā mērķa sasniegšanai un tālākai uzdevumu realizēšanai izmantota zinātniskās literatūras analīze, riska analīze, ar mērķi izvēlēties konkrētu metodi. Izmantotie materiāli apkopoti 2.1.tabulā.

2.1.tabula

### Izmantoto datu raksturojums, ieguves avoti

Nr.	Datu raksturojums	Novērojumu vieta	Novērojumu periods	Avots
1.	A/S „Ventamonjaks” emisiju un avotu inventarizācijas dati	Ventspils	2006. -2012. gadam	2-Gaiss datu bāze, MPEL projekts
2.	A/S Ventamonjaks tehnoloģisko iekārtu raksturojums	Ventspils	2006. – 2012. gadam	A/S „Ventamonjaks”
3.	Nelabvēlīgie meteoroloģiskie apstākļi			Latvijas prakse izstrādājot Riska novērtējumu
4.	A/S „Ventamonjaks” ietekmes uz vidi izvērtējums		2003.	A/S „Ventamonjaks”, Valsts vides pārraudzības birojs
5.	ALOHA programmas apraksts			ALOHA, 2012

Datu apstrāde veikta izmantojot MS Office Excel, dati apkopoti tabulās, analizēti un vizualizēti. Datu interpretācija veikta programmā ALOHA, dati apstrādāti un vizualizēti.

### ALOHA programmas darbības princips

Darbā tiek izmantota ķīmisko ārkārtas situācija modelēšanas programma „ALOHA” (turpmāk ALOHA), kura ietilpst CAMEO sistēmā, kuras darbības princips ir sniegt informāciju kā modelēt un analizēt riska situācijas ķīmiskos procesos dažādos uzņēmumos.

Šo instrumentu ir izstrādājusi ir ASV Vides aizsardzības aģentūra (EPA) 1988. gādā ar sadarbojoties ar ASV Nacionālo okeānu un atmosfēras administrācijas biroju (NOAA), lai palīdzētu analizēt dažādas ķīmisko vielu noplūdes situācijas (ALOHA, 2012).

ALOHA programma paredz arī Domino efekta modeļa izmantošanu, tā tiek aprēķināts emisiju izkļedes zona, kā arī sprādzien draudi tuvākiem un tālākiem objektiem. Domino efekta modelis tiek skaidrots nodaļā 1.5.2.2.

ALOHA ir izkļiedes modelis, kurš tiek izmantots, lai analizētu bīstamo ķīmisko vielu izkļiedi. ALOHA programma ļauj lietotājam noteikt ķīmisko tvaiku izkļiedi pamatojoties uz ķīmiskajām un fizikālajām īpašībām. Tiek iekļauti šādi parametri vēja ātrums virziens, temperatūra, mākoņu augstums, biežums, ultravioleto staru iedarbība (ALOHA, 2012).

ALOHA programma spēj novērtēt plašu ietekmes zonu, modelējot toksisku gāzu mākoņus, ugunsgrēka iespējas, kā arī sprādziena draudus, kas ir ļoti parocīgi veidojot riska analīzi uzņēmumos.

Iespējamās sekas tiek attēlotas grafiski, gan tekstuālu atskaišu formā. Kartēs iespējams attēlot arī sarežģītākus scenārijus, izmantojot citus CAMEO modeļus, lai prognozētu iespējamās bīstamības pakāpes pilsētās (piemēram, potenciālam draudu avotam blakus atrodas slimnīca, bērnudārzs, dzīvojamā ēka, skola utt.) (ALOHA, 2012).

ALOHA programma ir viegli izmantojama, tā ir par brīvu pieejama jebkuram interesentam.

ALOHA programmas pielietošana GOS emisiju modelēšanā pilsētvides plānošanas pētījumos ir plaša un populāra. ALOHA programma dod iespēju izmeklēt radušos vai potenciālo problēmu gan tuvā vai tālā nākotnē. ALOHA sistēmas princips ir darboties saskaņā ar bīstamiem riskiem. Parādīt vai avots ir stabils vai nav stabils, vai tas spēj pildīt savas funkcijas vai nespēj nodrošinot drošu vidi (Onozato et al., 1986; Davis et al., 2006).

ASV, lai izvērtētu toksisko ķīmisko vielu iedarbību gada garumā, nepieciešams veikt ģeogrāfisko, demogrāfisko un meteoroloģisko analīzi. Kā arī nepieciešami dažādi monitoringa dati no valsts iekšējās struktūras, lai izvērtētu visu pilnībā. ALOHA darbojas, kā viena no galvenajām programmām, kurā var veikt šo plašo parametru ievadi (receptoru attālums, augstums, vielu koncentrācijas, vēju ātrumi, vēja virzieni, apvidus iezīmes (ūdens tilpne, apdzīvota vieta, mežs utt.) un apstrādi, tādejādi nosakot emisijas plūsmas virzienu kontūru. Iespējams noteikt noplūdes no cauruļvadiem, ievadot izmērus. Tādejādi noteikt cik ātra un liela būs noplūde. Tādejādi pēc ALOHAS datiem saprast kā rīkoties dažādās situācijās (Guarnaccia et al., 2007; Davis et al. 2006; Duan, Shao, 2012).

Panākot šo datu mijiedarbību tiek iegūts plūsmas modelis, kuru var apstrādāt tālāk, ievadot x un y koordinātes pa asīm (vai tie būtu metri, jūdzes utt.). Ievadot šos datus tiek tālāk producētas vielas koncentrācijas, nereti gan iekštelpām, gan ārtelpām. Šī pieeja ir ļoti izdevīga, lai novērotu risku, novērstu katastrofas dažādos uzņēmumos. ALOHA modeli pielieto arī ar terorismu saistītos gadījumos. Viegli izvērtēt potenciālo risku nākotnē, cik būtiskas ietekmes var sagaidīt (Guarnaccia et al., 2007).

Kā arī izmantojot ALOHA modeli var novērtēt noliktavu un to ekspluatāciju nākotnē. Var noteikt izdevīgāk riska samazināšanas pasākumus nākotnē. Iespējams novērtēt naftas

produktu pārļiešanu pa cauruļvadiem. Avārijas bīstamības momentus, kas notiek, ja plīst cauruļvads, kas notiek, ja cauruļvadā rodas plīsums (Guarnaccia et al. 2007; Asilian et al., 2009).

ALOHA programma tiek izmantota, lai noteiktu, kā ķīmiskās noplūdes rada draudus drošībai, saistībā ar gaisa kvalitāti. Ķīnā, Pekinā ALOHA modelis tiek pielietots, lai modelētu, kā atbrīvojas šķidrās un gāzveida toksiskās vielas. Šādi tiek mēģināts panākt labvēlīgu vidi cilvēkiem, kas dzīvo tuvumā rūpnieciskajiem rajoniem (Kuob et al., 2012).

### Matemātiskā modeļa raksturojums

Piesārņojuma izplatību no punktveida emisijas avota tiek aprēķināta izmantojot advekcijas – difūzijas vienādojumu:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \text{div}(CV) = \nabla(K\nabla C) + Ri + Q\delta(t - t_0)\delta(x - x_0)\delta(y - y_0)\delta(z - z_0) \quad (1)$$

,kur  $C(x, y, z, t)$  - piesārņotāja masas koncentrācijas noteiktā punktā un momentā;

$V$  - vēja ātruma vektors;

$K$  - turbulenta difūzijas pārneses koeficients;

$R$  – koeficients, kas raksturo ķīmisko un fotoķīmisko transformāciju;

$Q$  – emisijas apjoms;

$x_0, y_0, z_0$  - emisija avota koordinātas (Arystanbekova, 2004).

Formula (1) tiek izmantota pie patstāvīga vēja ātruma un turbulentām difūzijas vērtībām, kuras tiek pieņemtas, ka atbilst normālam Gausa sadalījumam (Arystanbekova, 2004).

Novērtējot izkliedi, tiek pieņemts, ka vēja ātrums noteiktā laika periodā (parasti 1 stundā) un turbulentās difūzijas koeficients ir nemainīgs, un piesārņojošo vielu koncentrācijas apkārtējā vidē izkliedējas atbilstoši Gausa normālsadalījumam.

Piesārņojošo vielu koncentrācijas ( $C(x, y, z, t)$ ) noteiktā augstumā ( $H$ ):

$$C(x, y, z, t) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} e^{-(x-ut)^2 / 2\sigma_x^2} e^{-(y-vt)^2 / 2\sigma_y^2} (e^{-(z-h-wt)^2 / 2\sigma_z^2} + e^{-(z+2H+h-wt)^2 / 2\sigma_z^2}) \quad (2)$$

, kur  $t$  – laiks;

$Q$  – atmosfēras emitēto vielu apjoms;

$u, v, w$  vēja ātruma komponentes;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  – diespersijas koeficienti;

$h$  - emisijas avota augstums;

$H$  - sajaukšanās slāņa augstums (Arystanbekova, 2004).

Parasti Gausa modeļos tiek uzskatīts, ka abscisas ass sakrīt ar vēja virzienu un koordinātu sākumpunkts atrodas augstākajā punktā. Tad vienādojumu (2) vienkāršo, pieņemot, ka  $v=w=0$ :

$$C(x, y, z, t) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} e^{-(x-ut)^2 / 2\sigma_x^2} e^{-y^2 / 2\sigma_y^2} (e^{-(z-H)^2 / 2\sigma_z^2} + e^{-(z+H)^2 / 2\sigma_z^2}) \quad (3)$$

Formulā (3) redzams, ka katrai daļai ir individuālas koordinātes, kas nozīmē, ka pastāv grūtības vienādojumam atrisināt, jo vienlaikus tiek izmantotas vairākas koordinātu sistēmas (Arystanbekova, 2004).

Raksturīgi, ka noteiktajā teritorijā eksistē vairāki emisijas avoti, to darbības režīmi un piesārņojošo vielu izplūdes augstumi bieži vien ir ļoti atšķirīgi, līdz ar to nereti, lai vienkāršotu aprēķinu veikšanu, emisijas avoti tiek apvienoti, novērtējot to vidējo svērto augstumu un emisiju apjomus summējot.

$$N = \frac{\sum h_i}{\sum Q_i} \quad (4)$$

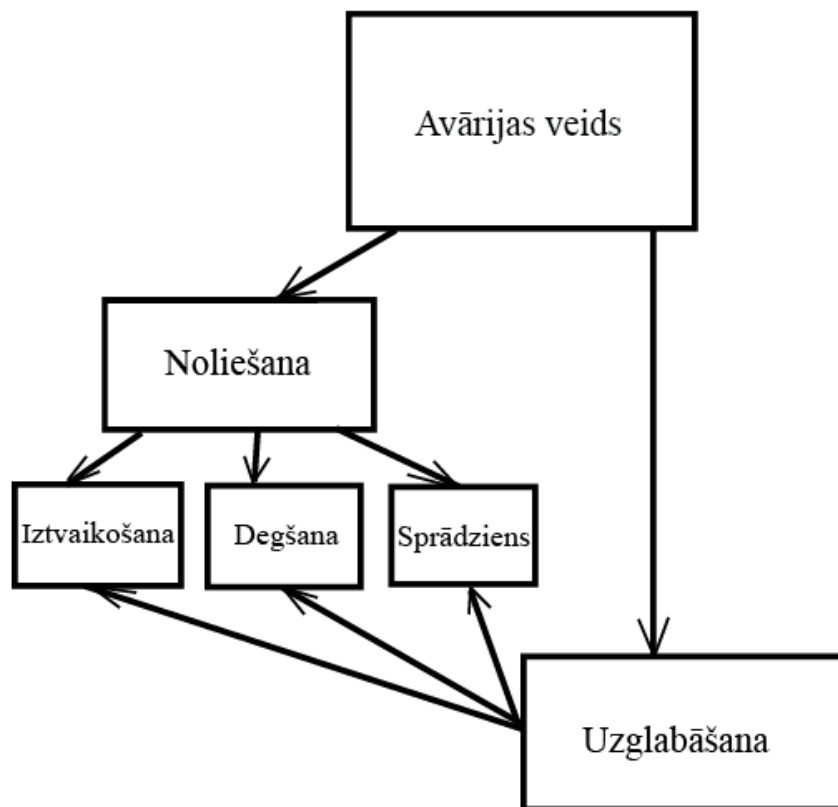
, kur  $N$  – vidējais svērtais augstums;

$\sum h_i$  - augstumu summa;

$\sum Q_i$  - emisiju summa (Arystanbekova, 2004).

### 3. REZULTĀTI UN TO ANALĪZE

Kopumā riska situāciju analīze būtu jāveic divu veidu pamatscenārijiem (skat. 3.1. attēlu) - noliekšānai un uzglabāšanai, tomēr seku izvērtējums veikts scenārijiem, kuri var radīt nelabvēlīgākās sekas - noliekšānai. Pieņemts, ka pamatscenāriju attīstība iespējama dažādi – amonjakam iztvaikojot, aizdegoties vai eksplodējot, bez tam, ņemts vērā, ka praktiski jebkurš no scenārijiem var izraisīt avāriju kādā citā tehnoloģiskā iekārtā jeb blakus ražotnē, t.i. izvērtēta domino efekta ietekme.



3.1.attēls. Avāriju veidi A/S Ventamonjaks  
(izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4)

Lai novērtētu avārijas atgadīšanās varbūtību, izmantota speciāla metodoloģija (OREDA 2002), ar kuras palīdzību iespējams aplēst ne tikai iespējamību, ka un vai avārija notiks, bet arī to nenoteiktības intervālus, kas saistīts ar to, ka precīzi prognozēt avāriju atgadīšanās laiku nav iespējams. Iespējamie avāriju scenāriji izstrādāti ņemto vērā to, kādas tehnoloģiskās iekārtas tiek izmantotas, kā arī amonjaka pārkraušanas virzienus uzņēmumā, tie doti 3.1. tabulā.

**Amonjaka avāriju norises scenāriji**

Nr.	Tehnoloģiskā iekārta, kur notiek avārija	Scenārija norise	Paskaidrojumi
1.1.	Dzelzceļa cisterna	Amonjaka noplūde ar sekojošu iztvaikošanu	Modelēta noplūde no plūsuma cisternā (Ø 5 cm)
1.2.		Amonjaka noplūde ar sekojošu degšanu	
1.3.		Amonjaka noplūde ar sekojošu eksploziju	
2.1.	Glabāšanas rezervuārs	Amonjaka noplūde ar sekojošu iztvaikošanu	Modelēta noplūde no plūsuma cisternā (Ø 5 cm)
2.2.		Amonjaka noplūde ar sekojošu degšanu	
2.3.		Amonjaka noplūde ar sekojošu eksploziju	
3.1.	Kuģis	Amonjaka noplūde ar sekojošu iztvaikošanu	Modelēta noplūde no peļķes, ņemot vērā sūkņēšanas jaudu 950 m <sup>3</sup> /h
3.2.		Amonjaka noplūde ar sekojošu degšanu	
3.2.		Amonjaka noplūde ar sekojošu eksploziju	

Piezīme: amonjaka noplūdes novērtējums no lokanās caurules nav veikts, jo radītās sekas saistībā ar nelielo pārsūkņēšanas jaudu būtu slaīdzinoši nelielas

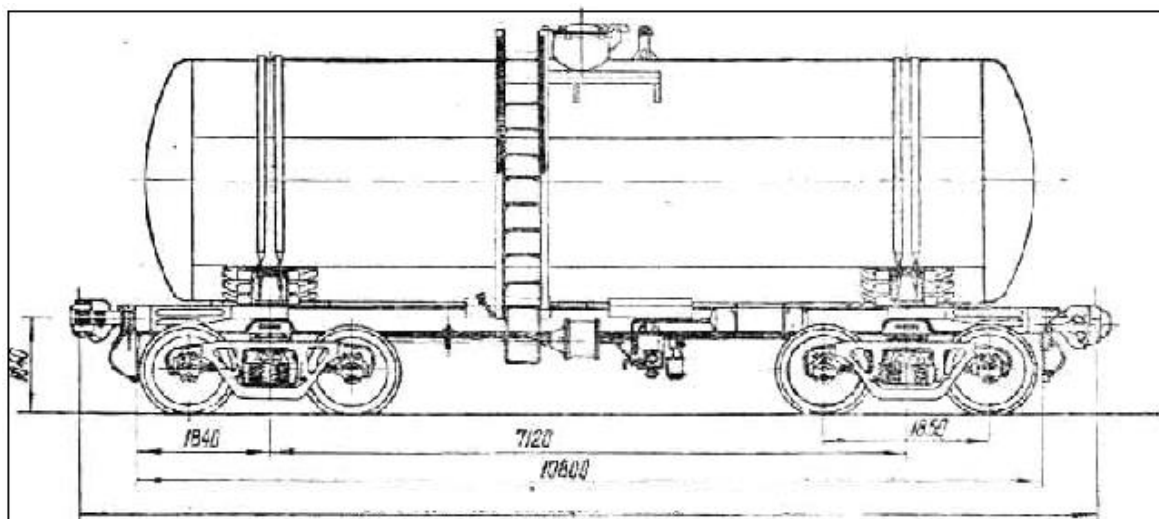
Kopumā izstrādāti 9 dažādi scenāriji.

**3.1. Amonjaka avārijnoplūdes novērtējums no dzelzceļa cisternas**

Modelēšana veikta no meteoroloģiskā viedokļa nelabvēlīgākai situācijai - skaidrs laiks, gaisa temperatūra +20 °C, vēja ātrums 2 m/s, stabilitātes klase F, gaisa mirums 25%, izmantojot programmu ALOHA. Modelēšanā ņemti vērā amonjaka pārvadāšanas dzelzceļa cisternas tehnoloģiskie parametri - cisternas diametrs – 2,8 m, garums 10,33 m (skat.3.1.1. attēlu). Citi parametri, kuri ņemti vērā veicot modelēšanu:

- amonjaka daudzums cisternā – 40.6 t;
- uzpildījuma koeficients – 95 %;
- noplūdes cauruma diametrs – 5 cm;
- noplūdes cauruma atrašanās vieta – tvertnes apakšējā daļa;
- noplūdes ilgums – 18 minūtes;
- noplūdes intensitāte – 2190 kg/minūtē;

- viela noplūst kā 2-fāzu plūsma, jo daļa ir iztvaikojusi, bet daļa vēl ir šķidrā stāvoklī;
- kopējais noplūdušās vielas daudzums – 36,832 t;
- ņemot vērā glabāšanas apstākļus, sākotnēji vielas noplūde tiek modelēta kā smago gāzu noplūde, pēc tam modelēšana veikta atkārtoti, pieņemto, ka viela pietiekami iztvaiko un noplūde atbilst normālas gāzes Gausa dispersijai.



3.1.1.attēls. **Dzelzceļa cisterna** (rrr, 2013)

Modelēšanas rezultātu kopsavilkums dots 3.1.1. tabulā.

3.1.1.tabula

### **Amonjaka modelēšanas rezultātu novērtējums tvaiku dispersijas rezultātā**

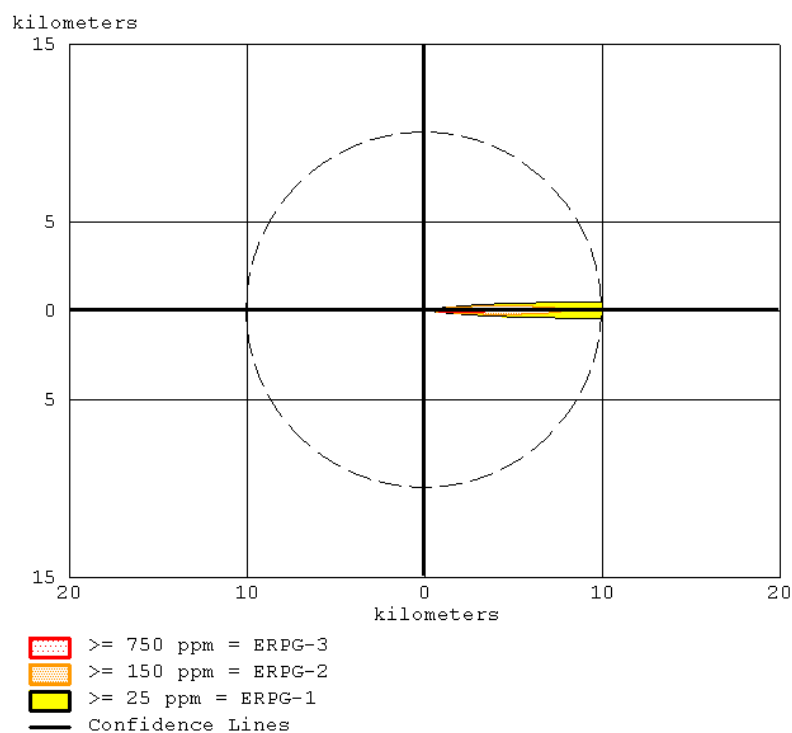
ERPG normatīvs	Skarto zonu apmērs, amonjaka piesārņojuma izkliedes zona	
	Smago gāzu noplūdes modelis	Gausa disperijas noplūdes modelis
ERPG3 = 750 ppm	2,5 km	3,8 km
ERPG2 = 150 ppm	5,4 km	7,9 km
ERPG1 = 25 ppm	> 10 km	> 10 km

ERPG normatīvs ir attiecināms uz cilvēkiem ar ekspozīcijas laiku līdz 1 stundai, ja tie atrodas darba vietā. ERPG1 normatīvs attiecināms uz vērtībām, kuras cilvēks nenodarot kaitējumu savai veselībai var izturēt 1 stundu, šīs koncentrācijas parasti tiek izjustas kā smakas piesārņojums, savukārt ERPG2 gadījumā, lai arī kaitējums veselībai tiks nodarīts,

sekas būs atgriezeniskas. ERPG3 normatīva pārsniegšanas gadījumā, nodarītais kaitējums veselībai var būt neatgriezenisks, kā arī iespējami letāli gadījumi. (ERPG, 2013).

Amonjaka noplūdes un iztvaikošanas gadījumā redzams, ka amonjaka tvaiku piesārņojums (kā smaka) gaisā būs jūtams praktiski visā pilsētā, savukārt saindēšanās ar amonjaka tvaikiem sagaidāma pat līdz 7,9 km attālumā, tas nozīmē, ka praktiski tiek skarti visi pilsētas iedzīvotāji, visi darbinieki ne tikai A/S Ventamonjaks teritorijā, bet arī blakus esošo uzņēmumu (A/S Ventbunkers, A/S „Baltic Coal Terminal” darbinieki.

Būtisku bīstamību rada amonjaka noplūdes zona, kura veidojas 2,5 - 3,8 km attālumā no noplūdes vietas, cilvēkiem, kuri atrodas šajā teritorijā obligāti būtu jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi, pretējā gadījumā iespējama bīstama saindēšanās ar sekojošu invaliditāti vai nāves iestāšanos. Modelēšanas rezultāti amonjaka tvaiku dispersijai doti 3.1.2. attēlā.



3.1.2. attēls. **Amonjaka tvaiku dispersijas modelēšanas rezultāti** (izstrādājis autors, izmantojot programmu ALOHA, 2013)

Summārie tvaika dispersijas modelēšanas rezultāti apkopoti 3.1.3. attēlā, kur salīdzinoši parādītas visu scenāriju skartās zonas.



3.1.3. attēls. **Amonjaka tvaika modelēšanas ietekmes zona** (izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4; <http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013)

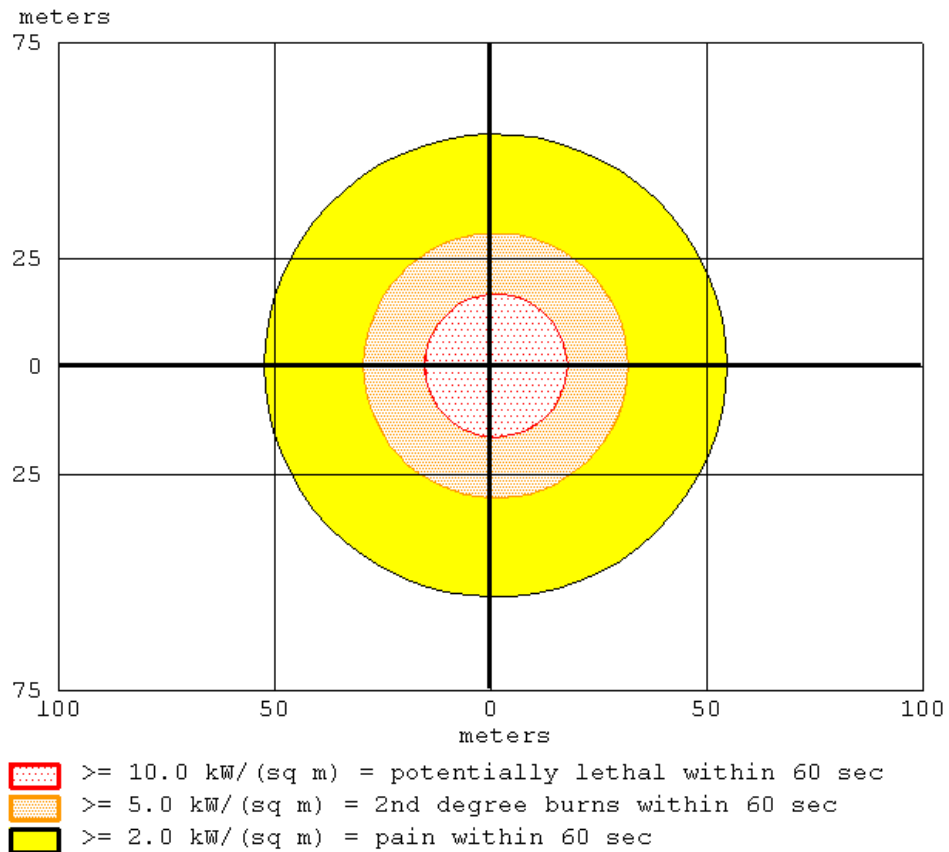
Amonjaka tvaiku degšana iespējama, ja tā tvaiki sajaucas ar atmosfēras skābekli noteiktā proporcijā:

- (1) amonjaka koncentrācija atmosfērā sasniedz 96000 ppm (60 % no augšējā aizdegšanās sliekšņa);
- (2) amonjaka koncentrācija atmosfērā sasniedz 16000 ppm (10 % no apakšējā aizdegšanās sliekšņa).

Izmantojot programmu ALOHA konstatēts, ka aizdegšanās iespējama abos gadījumos, un amonjakam degot rodas šāds siltumstarojums:

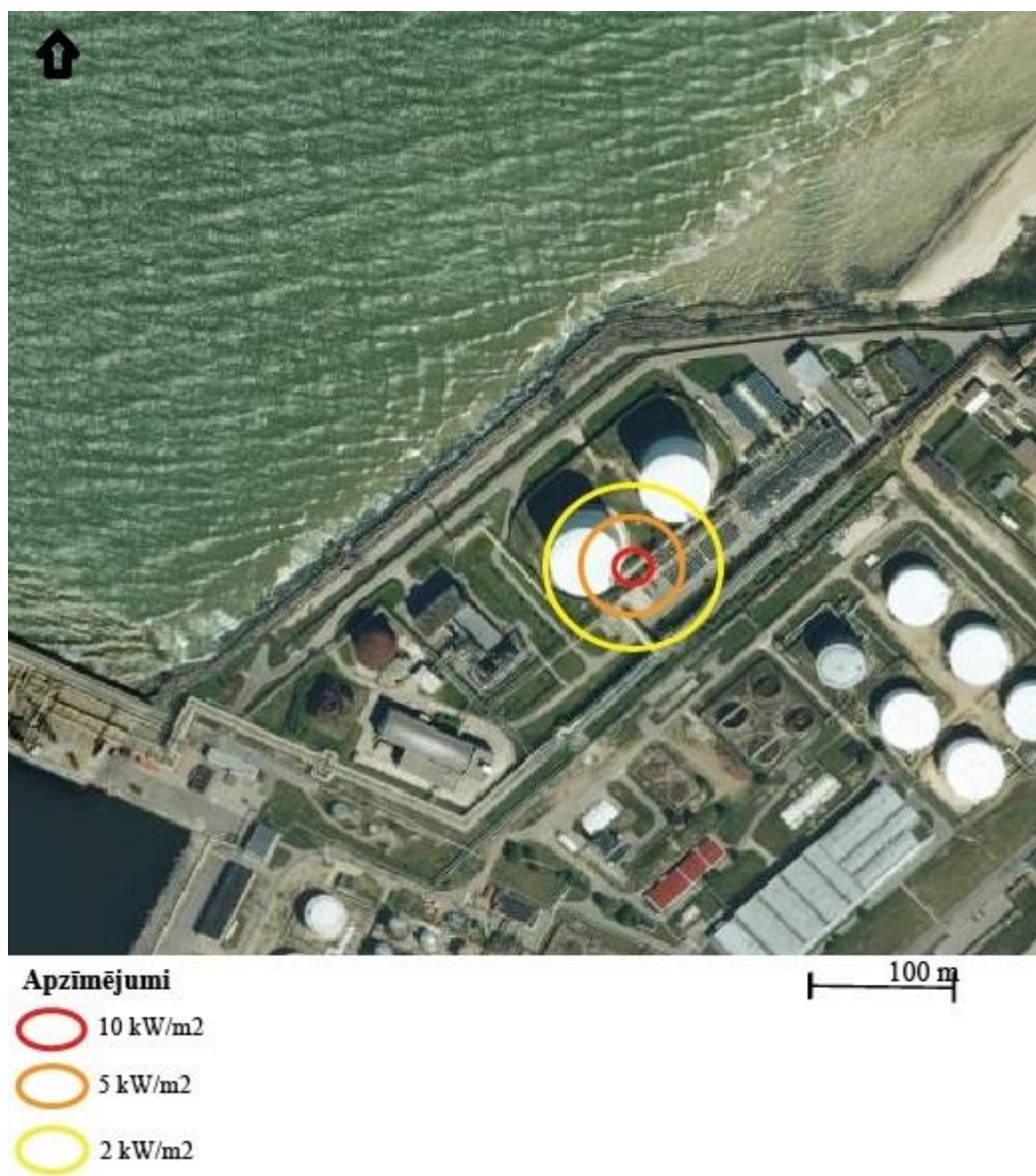
- 18 m attālumā – 10 kW/m<sup>2</sup> radot letālus apdegumus 60 sekunžu laikā;
- 32 m attālumā – 5 kW/m<sup>2</sup> radot 2. pakāpes apdegumus 60 sekunžu laikā;
- 55 m attālumā – 2 kW/m<sup>2</sup> radot sāpju sajūtu apdegumu dēļ.

Analizējot skartās zonas, redzams, ka degšanas scenārija norises rezultātā par bīstamu uzskatāma 18 – 32 m zona, kura praktiski atrodas uzņēmuma teritorijā, līdz ar to šim riskam pakļauti tikai uzņēmuma darbinieki. Modelēšanas rezultāti amonjaka tvaiku degšanai doti 3.1.4. attēlā.



3.1.4.attēls. Amonjaka degšanas modelēšanas rezultāti (izstrādājis autors, izmantojot programmu ALOHA, 2013)

Summārie degšanas modelēšanas rezultāti apkopoti 3.1.5. attēlā, kur salīdzinoši parādītas visu scenāriju skartās zonas.

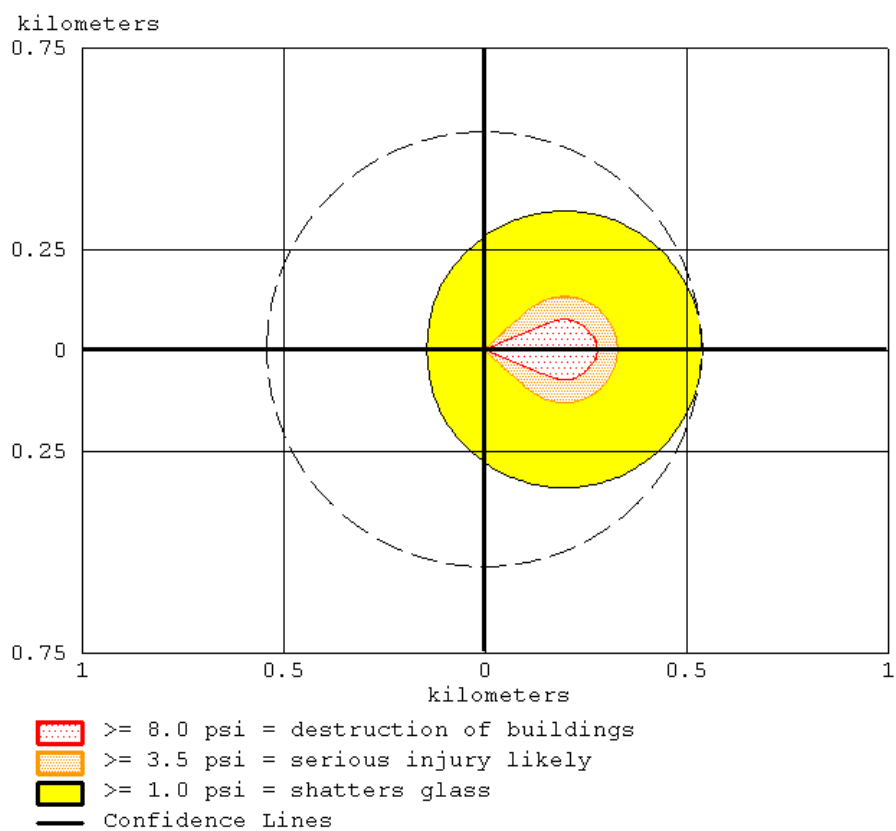


3.1.5. attēls. **Amonjaka degšanas modelēšanas ietekmes zona** (izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4; <http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013)

Novērtējot amonjaka mākoņa eksploziju, konstatēts, ka tā iespējama tikai ar detonāciju, modelēšanas ceļā iegūts, ka:

- 220 metru attālumā radīsies 8.0 psi pārspiediens, kura rezultātā iespējama ēku sabrukšana;
- 250 m attālumā radīsies 3.5 psi pārspiediens un radīsies būtiski bojājumi ēkām;
- 402 metru attālumā radīsies 1.0 psi pārspiediens, kura rezultātā ēkām tiks izsisti stikli.

Kopumā izvērtējot modelēšanas rezultātus, redzams, ka dažādas pakāpes ēku bojājumi iespējami galvenokārt uzņēmuma teritorijā (SIA „Ventspils Nafta”, A/S „Ventbunkers”, A/S „Baltic Coal Terminal” darbinieki). Modelēšanas rezultātu karte dota 3.1.6. attēlā.



3.1.6. attēls. **Amonjaka mākoņa sprādziena ietekmes zona** (izstrādājis autors, izmantojot programmu ALOHA, 2013)

Summārie amonjaka sprādzien ietekmes modelēšanas rezultāti apkopoti 3.1.7. attēlā, kur salīdzinoši parādītas visu scenāriju skartās zonas.



3.1.7. attēls. **Amonjaka mākoņa sprādziena modelēšanas ietekmes zona** (izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4; <http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013)

### 3.2. Amonjaka avārijnoplūdes novērtējums no rezervuāra

Modelēšana veikta no meteoroloģiskā viedokļa nelabvēlīgākai situācijai - skaidrs laiks, gaisa temperatūra +20 °C, vēja ātrums 2 m/s, stabilitātes klase F, gaisa mirums 25%, izmantojot programmu ALOHA. Modelēšanā ņemti vērā amonjaka rezervuāra tehnoloģiskie parametri - rezervuāra diametrs – 41,9 m, garums 33,53 m (skat. 3.2.1.attēlu). Citi parametri, kuri ņemti vērā veicot modelēšanu:

- amonjaka daudzums cistrenā – 40.6 t;
- uzpildījuma koeficients – 95 %;
- noplūdes cauruma diametrs – 5 cm;
- noplūdes cauruma atrašanās vieta – tvertnes apakšējā daļa;
- noplūdes ilgums – 1 h;
- noplūdes intensitāte – 1230 kg/minūtē;
- viela noplūst kā 2-fāzu plūsma, jo daļa ir iztvaikojusi, bet daļa vēl ir šķidrā stāvoklī;
- kopējais noplūdušās vielas daudzums – 73,756 t;

ņemot vērā glabāšanas apstākļus, sākotnēji vielas noplūde tiek modelēta kā smago gāzu noplūde, pēc tam modelēšana veikta atkārtoti, pieņemto, ka viela pietiekami iztvaiko un noplūde atbilst normālas gāzes Gausa dispersijai.

Modelēšanas rezultātu kopsavilkums dots 3.2.1. tabulā.

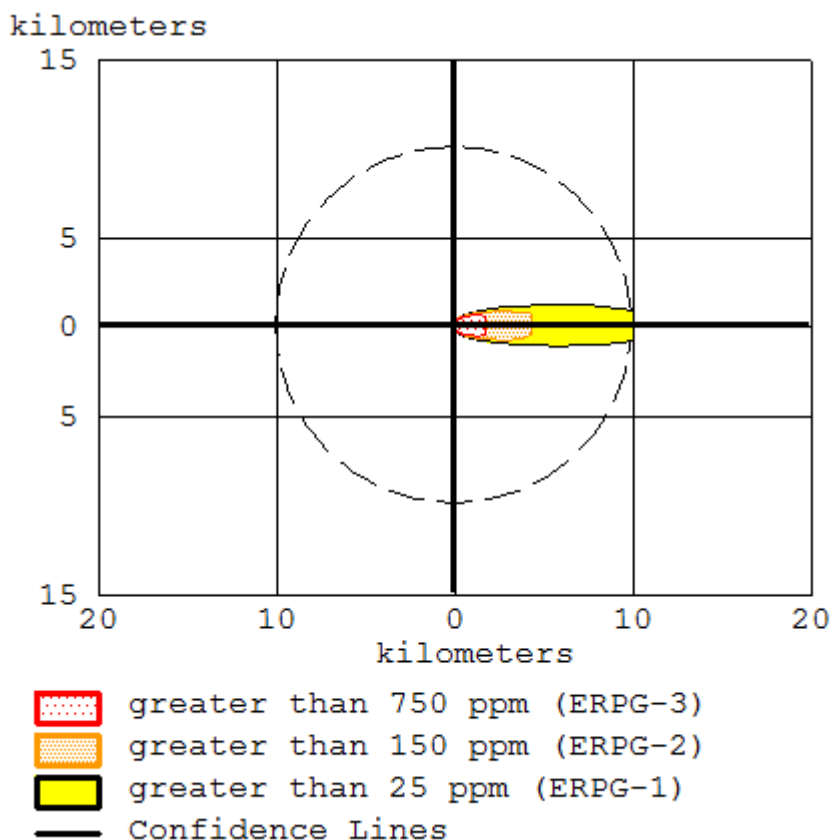
3.2.1.tabula

ERPG normatīvs	Skarto zonu apmērs, amonjaka piesārņojuma izkliedes zona	
	Smago gāzu noplūdes modelis	Gausa disperijas noplūdes modelis
ERPG3 = 750 ppm	1,8 km	3.5 km
ERPG2 = 150 ppm	4,3 km	9,7 km
ERPG1 = 25 ppm	> 10 km	> 10 km

Amonjaka noplūdes un iztvaikošanas gadījumā redzams, ka amonjaka tvaiku piesārņojums (kā smaka) gaisā būs jūtams praktiski visā pilsētā, savukārt saindēšanās ar amonjaka tvaikiem sagaidāma pat līdz 9,7 km attālumā, ka šis lielāks nekā pie amonjaka noplūdes no dzelzceļa cisternas. Tas nozīmē, ka praktiski tiek skarti visi pilsētas iedzīvotāji,

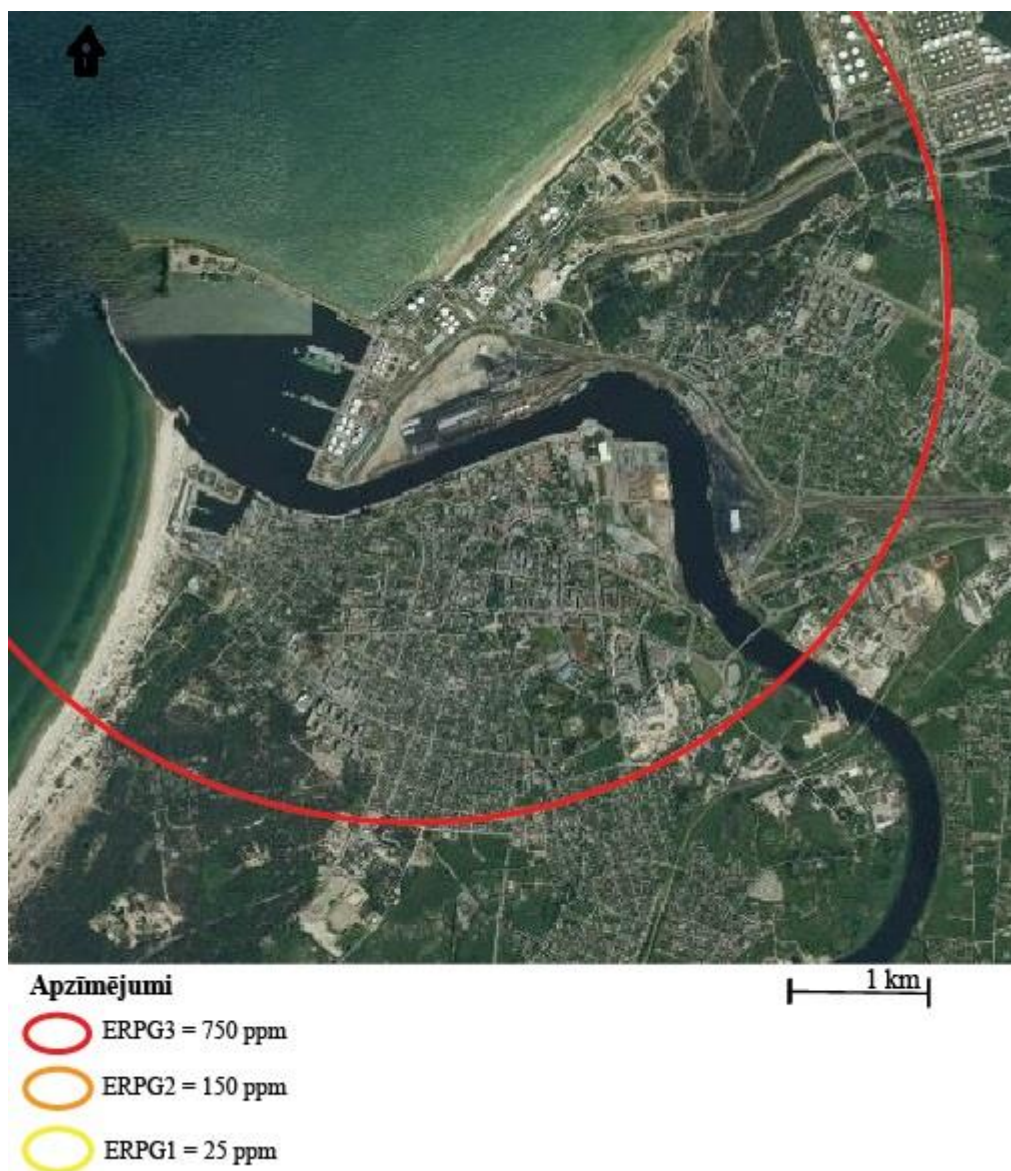
visi darbinieki ne tikai SIA „Ventpils Nafta”, A/S „Ventbunkers”, AS „Baltic Coal Terminal” darbinieki.

Būtisku bīstamību rada amonjaka noplūdes zona, kura veidojas 1,8 – 3,5 km attālumā no noplūdes vietas, cilvēkiem, kuri atrodas šajā teritorijā obligāti būtu jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi, pretējā gadījumā iespējama bīstama saindēšanās ar sekojošu invaliditāti vai nāves iestāšanos. Modelēšanas rezultāti amonjaka tvaiku dispersijai doti 3.2.1. attēlā.



3.2.1. attēls. Amonjaka tvaiku dispersijas modelēšanas rezultāti (izstrādājis autors, izmantojot programmu ALOHA, 2013)

Summārie amonjaka sprādziena ietekmes modelēšanas rezultāti apkopoti 3.2.2. attēlā, kur salīdzinoši parādītas visu scenāriju skartās zonas.

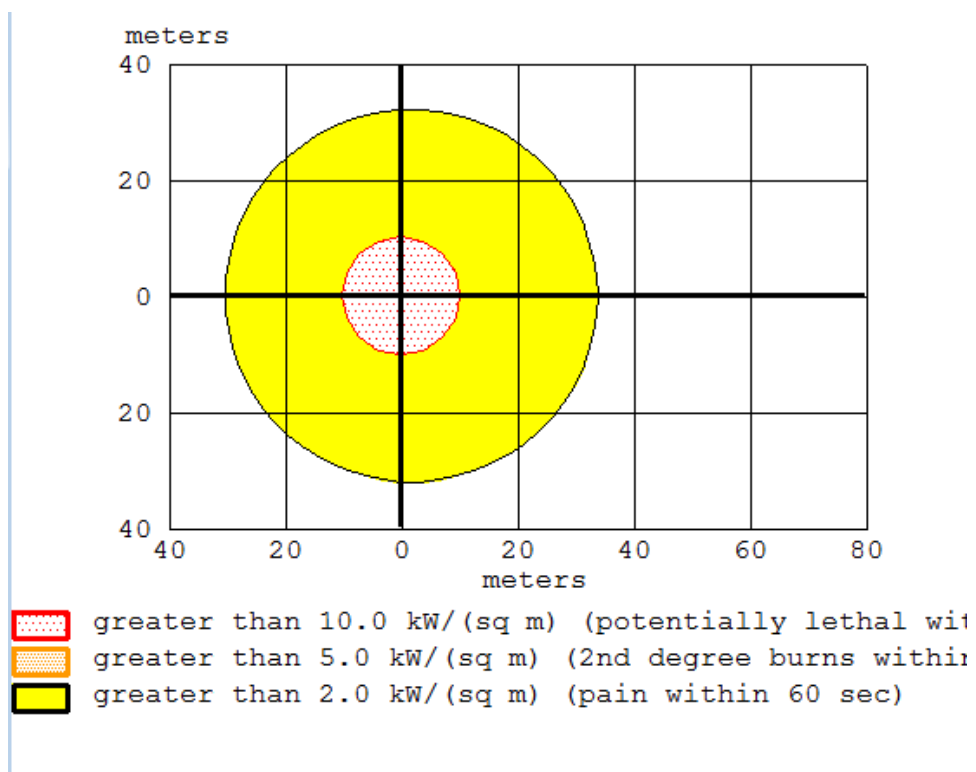


3.2.2. attēls. **Amonjaka tvaika dipsersijas modelēšanas ietekmes zona** (izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4; <http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013)

Izmantojot programmu ALOHA konstatēts, ka aizdegšanās iespējama abos gadījumos, un amonjakam degot rodas šāds siltumstarojums:

- 10 m attālumā –  $10 \text{ kW/m}^2$  radot letālus apdegumus 60 sekunžu laikā;
- 10 m attālumā –  $5 \text{ kW/m}^2$  radot 2. pakāpes apdegumus 60 sekunžu laikā;
- 34 m attālumā –  $2 \text{ kW/m}^2$  radot sāpju sajūtu apdegumu dēļ.

Analizējot skartās zonas, redzams, ka degšanas scenārija norises rezultātā par bīstamu uzskatāma 10 – 34 m zona, kura praktiski atrodas uzņēmuma teritorijā, līdz ar to šim riskam pakļauti tikai tuvumā esošie uzņēmuma darbinieki. Modelēšanas rezultāti amonjaka tvaiku degšanai doti 3.2.3. attēlā.



3.2.3. attēls. Amonjaka degšanas modelēšanas rezultāti (izstrādājis autors, izmantojot programmu ALOHA, 2013)

Summārie amonjaka sprādzien ietekmes modelēšanas rezultāti apkopoti 3.2.4. attēlā, kur salīdzinoši parādītas visu scenāriju skartās zonas.

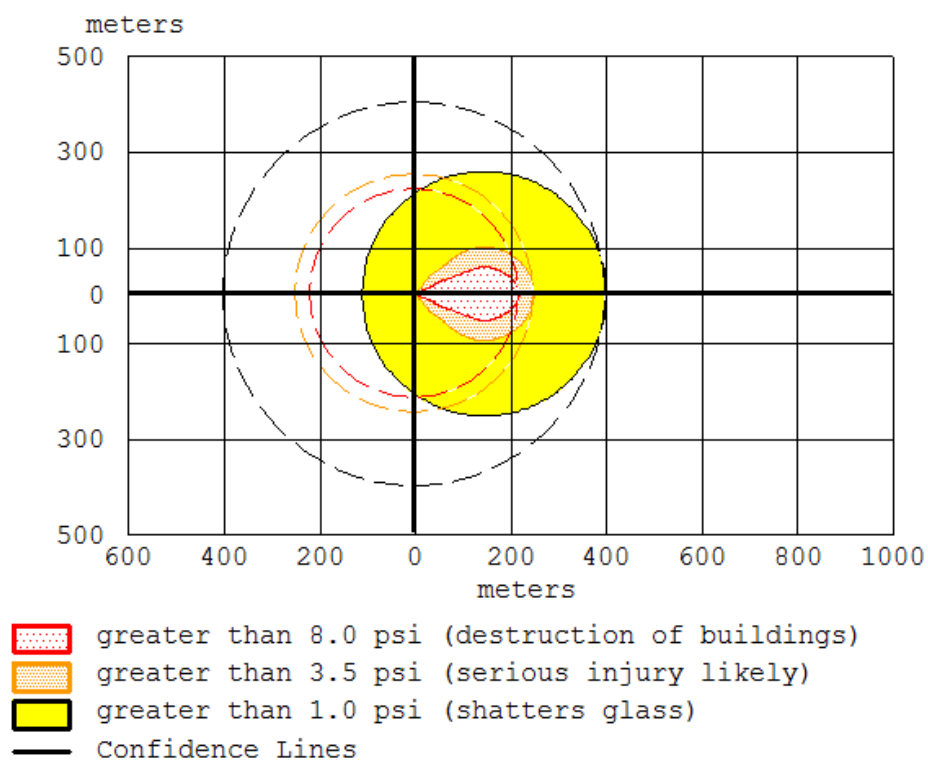


3.2.4. attēls. **Amonjaka degšanas modelēšanas ietekmes zona** (izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4; <http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013)

Novērtējot amonjaka mākoņa eksploziju, konstatēts, ka tā iespējama tikai ar detonāciju, modelēšanas ceļā iegūts, ka:

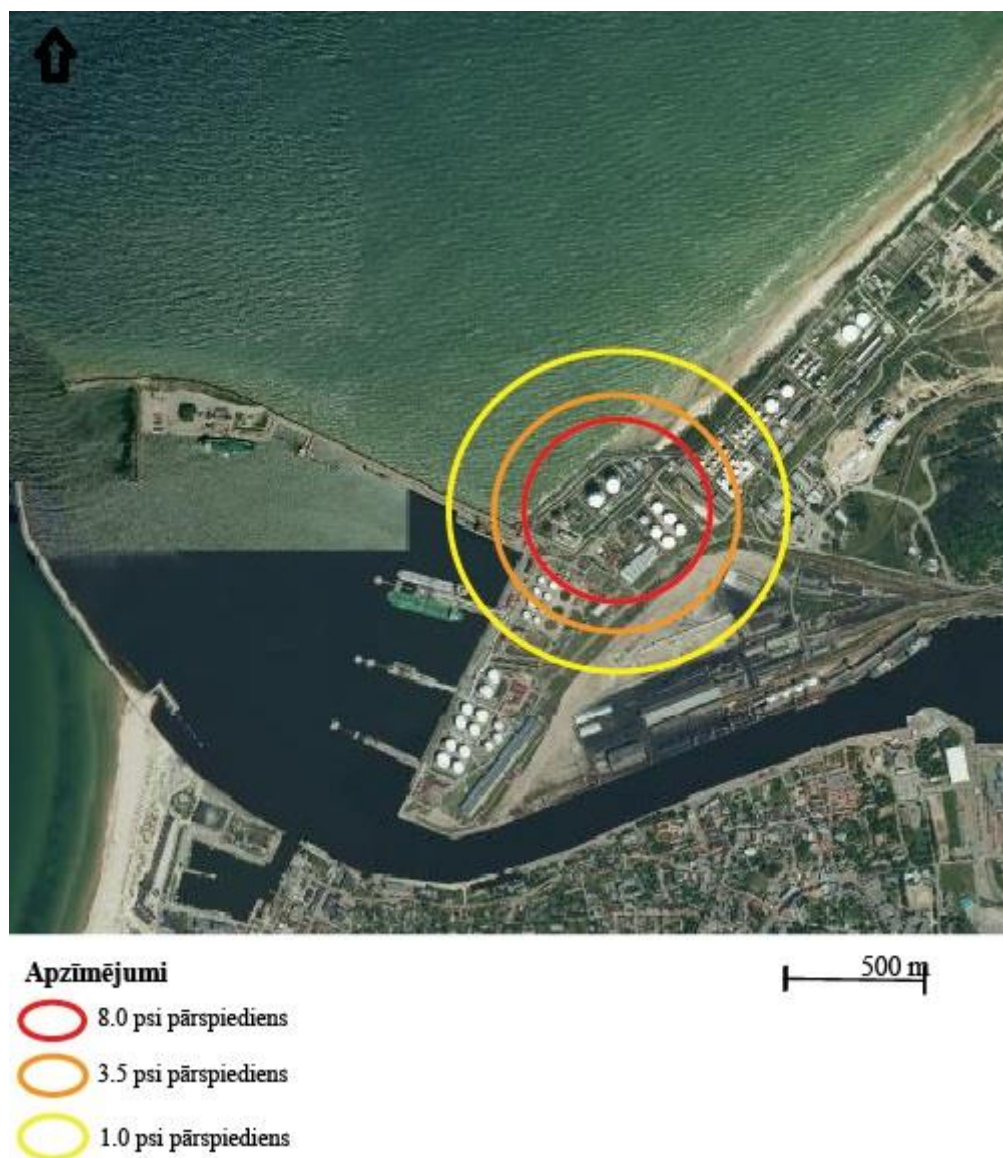
- 281 metru attālumā radīsies 8.0 psi pārspiediens, kura rezultātā iespējama ēku sabrukšana;
- 330 m attālumā radīsies 3.5 psi pārspiediens un radīsies būtiski bojājumi ēkām;
- 542 metru attālumā radīsies 1.0 psi pārspiediens, kura rezultātā ēkām tiks izsisti stikli.

Kopumā izvērtējot modelēšanas rezultātus, redzams, ka dažādas pakāpes ēku bojājumi iespējami galvenokārt uzņēmuma un blakus esošos uzņēmumos (SIA „Ventpils Nafta”, A/S „Ventbunkers”, AS „Baltic Coal Terminal” darbinieki). Modelēšanas rezultātu karte dota 3.2.5. attēlā.



3.2.5. attēls. Amonjaka mākoņa sprādziena modeļēšanas rezultāti (izstrādājis autors, izmantojot programmu ALOHA, 2013)

Summārie amonjaka sprādzien ietekmes modelēšanas rezultāti apkopoti 3.2.6. attēlā, kur salīdzinoši parādītas visu scenāriju skartās zonas.



3.2.6. attēls. **Amonjaka sprādziena ietekmes modelēšanas ietekmes zona** (izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4; <http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013)

### 3.3. Amonjaka avārijnoplūdes novērtējums no peļķes

Modelēšana veikta no meteoroloģiskā viedokļa nelabvēlīgākai situācijai - skaidrs laiks, gaisa temperatūra +20 °C, vēja ātrums 2 m/s, stabilitātes klase F, gaisa mirums 25%, izmantojot programmu ALOHA. Modelēšanā ņemti vērā noplūdušā amonjaka peļķes izmēri - 33458 ft<sup>2</sup> un sūkņa darbības jauda.

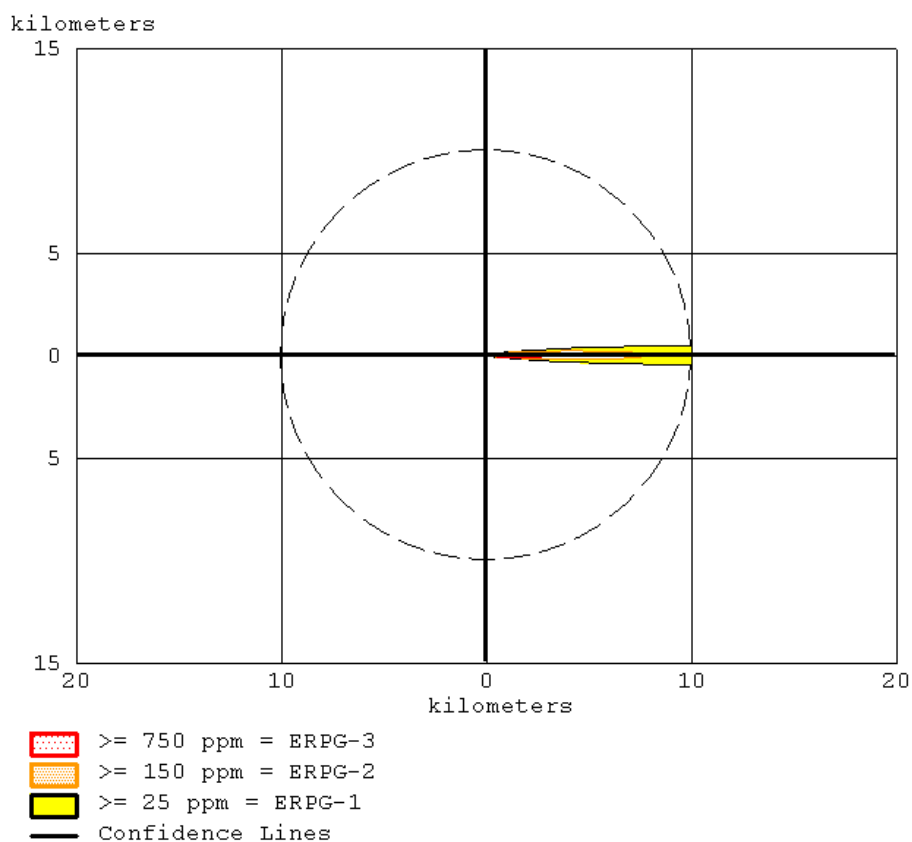
Modelēšanas rezultātu kopsavilkums dots 3.3.1. tabulā.

3.3.1. tabula

ERPG normatīvs	Skarto zonu apmērs, amonjaka piesārņojuma izkliedes zona
	Gausa disperijas noplūdes modelis
ERPG3 = 750 ppm	3,1 km
ERPG2 = 150 ppm	7,8 km
ERPG1 = 25 ppm	> 10 km

Amonjaka noplūdes un iztvaikošanas gadījumā redzams, ka amonjaka tvaiku piesārņojums (kā smaka) gaisā būs jūtams praktiski visā pilsētā, savukārt saindēšanās ar amonjaka tvaikiem sagaidāma pat līdz 7,8 km attālumā. Tas nozīmē, ka tiek skarti visi pilsētas iedzīvotāji.

Būtisku bīstamību rada amonjaka noplūdes zona, kura veidojas 3,1 – 7,8 km attālumā no noplūdes vietas, cilvēkiem, kuri atrodas šajā teritorijā obligāti būtu jālieto individuālie aizsardzības līdzekļi, pretējā gadījumā iespējama bīstama saindēšanās ar sekojošu invaliditāti vai nāves iestāšanos. Modelēšanas rezultāti amonjaka tvaiku dispersijai doti 3.3.1. attēlā.



3.3.1 attēls. **Amonjaka tvaiku dispersijas modelēšanas rezultāti** (izstrādājis autors, izmantojot programmu ALOHA, 2013)

Summārie amonjaka sprādzien ietekmes modelēšanas rezultāti apkopoti 3.3.2. attēlā, kur salīdzinoši parādītas visu scenāriju skartās zonas.



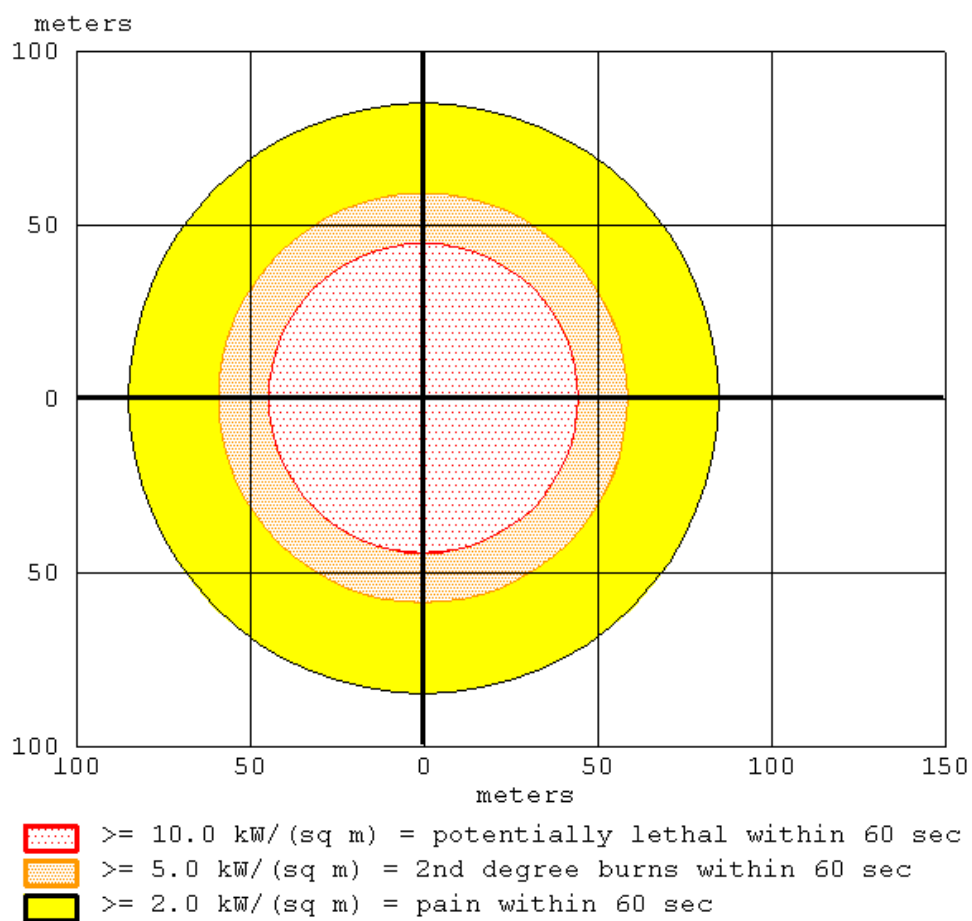
3.3.2. attēls. **Amonjaka tvaika dispersijas modelēšanas ietekmes zona** (izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4; <http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013)

Izmantojot programmu ALOHA konstatēts, ka aizdegšanās iespējama abos gadījumos, un amonjakam degot rodas šāds siltumstarojums:

- 45 m attālumā –  $10 \text{ kW/m}^2$  radot letālus apdegumus 60 sekunžu laikā;
- 59 m attālumā –  $5 \text{ kW/m}^2$  radot 2. pakāpes apdegumus 60 sekunžu laikā;
- 85 m attālumā –  $2 \text{ kW/m}^2$  radot sāpju sajūtu apdegumu dēļ.

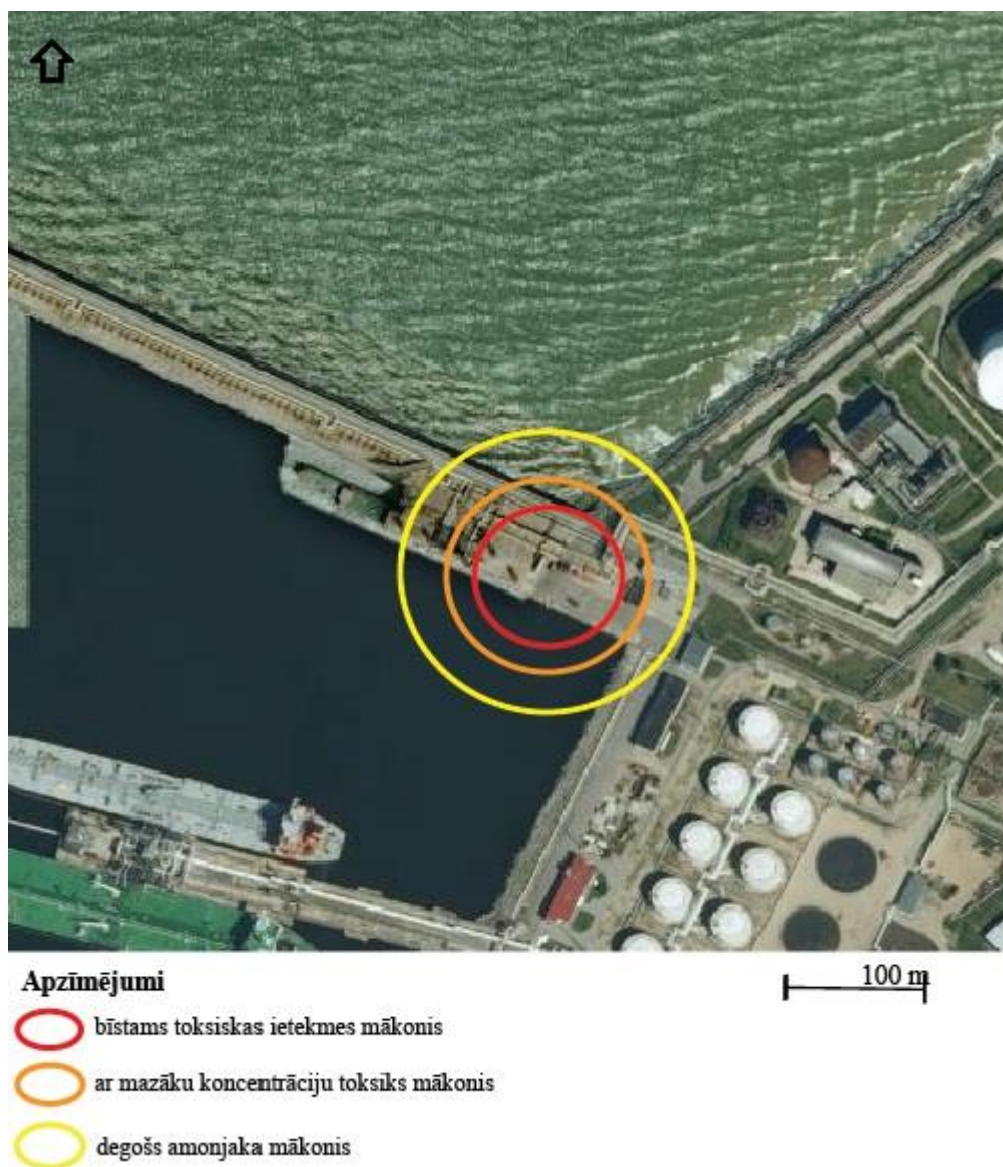
Analizējot skartās zonas, redzams, ka degšanas scenārija norises rezultātā par bīstamu uzskatāma 45 – 85 m zona, kura praktiski atrodas uzņēmuma teritorijā, līdz ar to šim riskam

pakļauti tikai uzņēmuma darbinieki, kas strādās notikuma vietā. Modelēšanas rezultāti amonjaka tvaiku degšanai doti 3.3.3. attēlā.



3.3.3attēls. **Amonjaka degšanas modelēšanas rezultāti** (izstrādājis autors, izmantojot programmu ALOHA, 2013)

Summārie amonjaka sprādzien ietekmes modelēšanas rezultāti apkopoti 3.3.4. attēlā, kur salīdzinoši parādītas visu scenāriju skartās zonas.

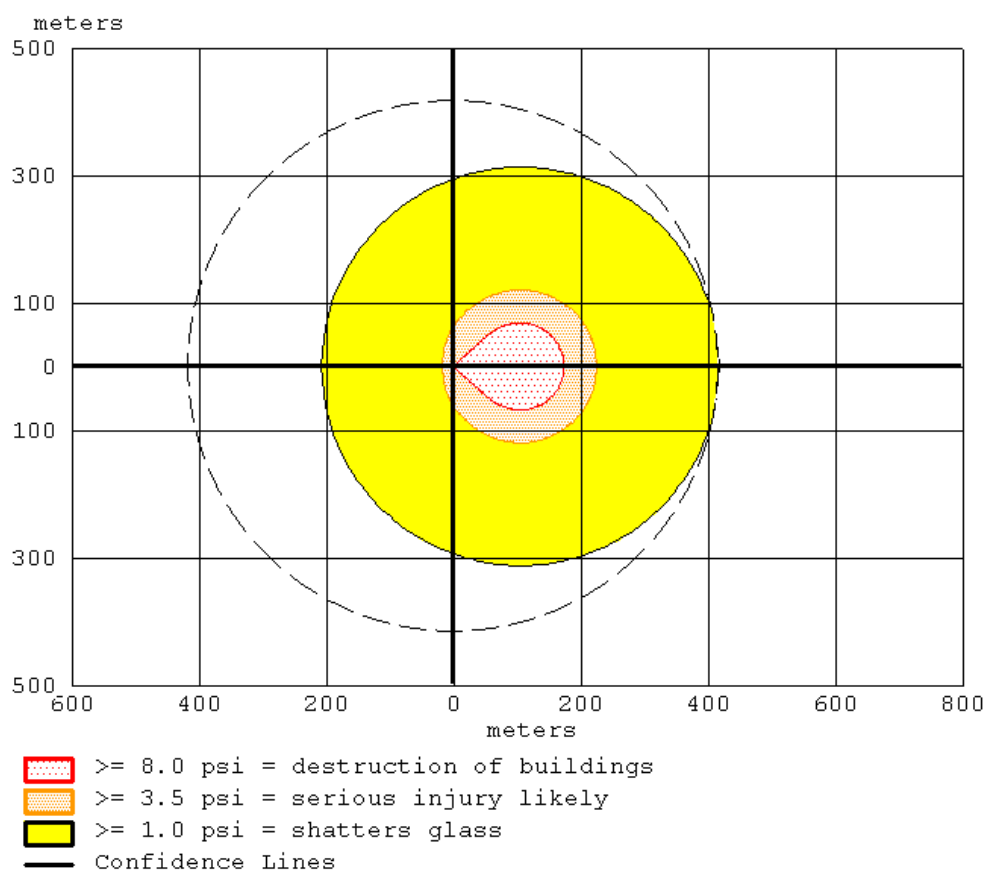


3.3.4. attēls. **Amonjaka degšanas modelēšanas ietekmes zona** (izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4; <http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013)

Novērtējot amonjaka mākoņa eksploziju, konstatēts, ka tā iespējama tikai ar detonāciju, modelēšanas ceļā iegūts, ka:

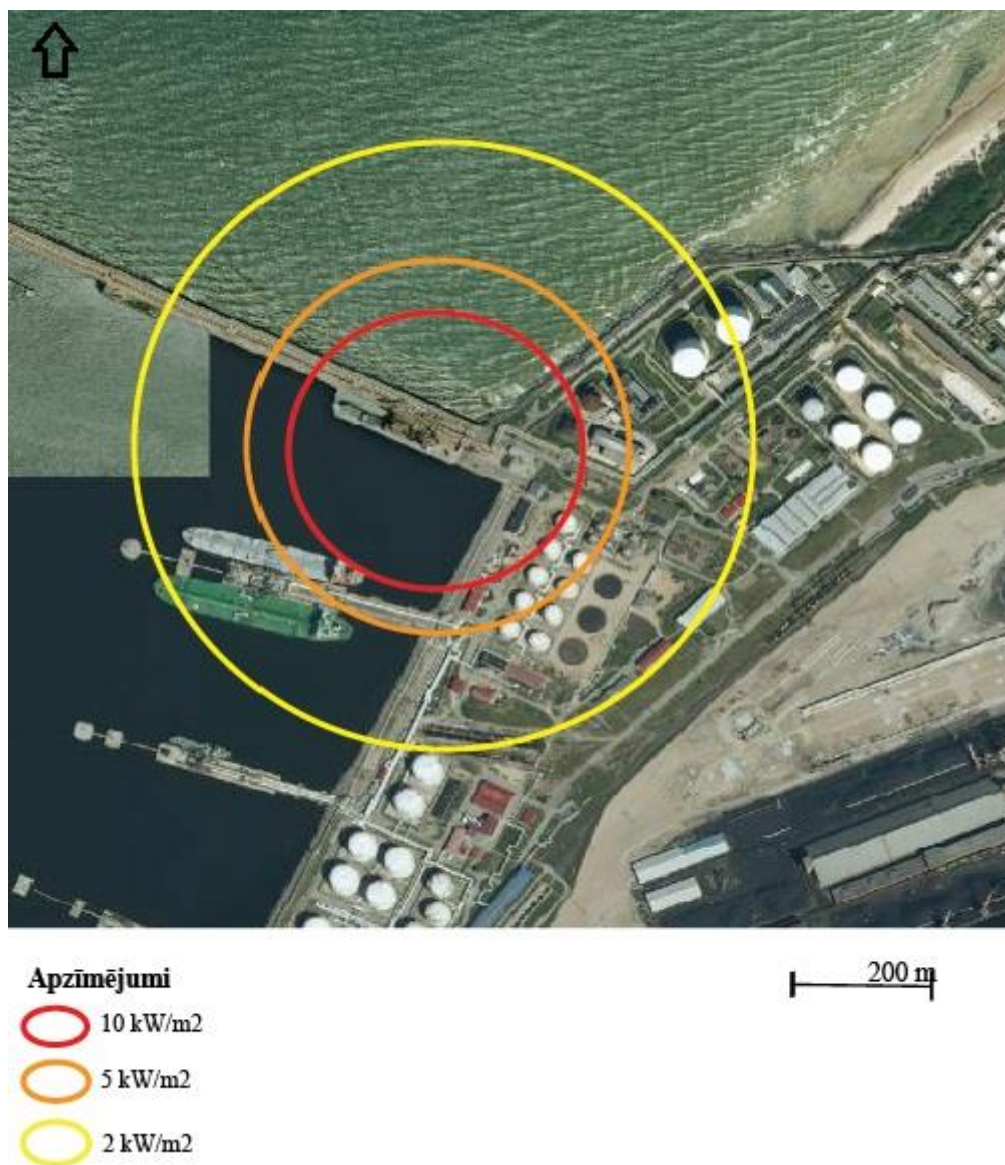
- 174 metru attālumā radīsies 8.0 psi pārspiediens, kura rezultātā iespējama ēku sabrukšana;
- 225 m attālumā radīsies 3.5 psi pārspiediens un radīsies būtiski bojājumi ēkām;
- 418 metru attālumā radīsies 1.0 psi pārspiediens, kura rezultātā ēkām tiks izsisti stikli.

Kopumā izvērtējot modeļēšanas rezultātus, redzams, ka dažādas pakāpes ēku bojājumi iespējami galvenokārt būs uzņēmumos SIA „Ventpils Nafta”, A/S „Ventbunkers”). Modelēšanas rezultātu karte dota 3.3.5. attēlā.



3.3.5. attēls. Amonjaka mākoņa sprādziena modeļēšanas rezultāti (izstrādājis autors, izmantojot programmu ALOHA, 2013)

Summārie amonjaka sprādzien ietekmes modelēšanas rezultāti apkopoti 3.3.6. attēlā, kur salīdzinoši parādītas visu scenāriju skartās zonas.



3.3.6. attēls. **Amonjaka sprādziena modelēšanas ietekmes zona** (izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4; <http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013)

### 3.4. Avāriju iespējamības analīze

Katrai iekārtai var rasties dažādi defekti, plīsumi, iekārtas darbība var iziet no ierindas. Tāpēc šajā nodaļā tiek parādītas tās iekārtas, kādas ir A/S „Ventamonjaks”. Tiek parādīts tehnoloģisko iekārtu avāriju atgadīšanās varbūtības viena gada griezumā un kādi iemesli ir šo iekārtu iziešanai no ierindas. Šo robežu noteikšanai izmantota ārzonu uzticamības rokasgrāmata „OREDA – 2002”. Tiks apskatīti cik bieži rodas problēmas ar sūkņiem, vārstiem, cauruļvadiem.

#### *Sūkņi*

Kritiskais atteices režīms ir  $5 \times 10^{-4}$ , kur iekārta apstājas 20% gadījumu, iemesls visbiežāk tam ir sūkņa apstāšanās, ārējā noplūde, atteikums ieslēdzot, nedarbojas sistēma.

Ārējā ietekme – bojājums ir  $8 \times 10^{-4}$ , kur iekārta nedarbojas 32% gadījumu, iemesls tam ir ārējās noplūdes, bojājums.

Nenožīmīgi daudz traucējumi ir  $11 \times 10^{-4}$ , kur iekārta nedarbojas 46 % gadījumu, iemesls tam ir nepareizi instrumentu rādījumi, ārējās noplūdes, pakalpojuma servisa problēmas.

Nezināmas ietekmes ir  $0,2 \times 10^{-4}$ , kur iekārtas nedarbojas 2% gadījumu, iemesls var būt visdažādākais, bieži nenosakāms.

#### *Vārsti*

Kritiskais atteices režīms ir  $3 \times 10^{-4}$ , kur iekārta nedarbojas 33 % gadījumu, iemesls visbiežāk ir, ka neizdodas aizvērt, atvērt vārstu vai nespēj noregulēt vārstu.

Ārējā ietekme – bojājums ir  $3 \times 10^{-4}$ , kur iekārta nedarbojas 33% gadījumu, iemesls tam ir nepareiza operācija, ārējā noplūde vai nenosakāms iemesls.

Nenožīmīgi daudz traucējumi ir  $3 \times 10^{-4}$ , kur iekārta nedarbojas 33% gadījumu, iemesls tam ir nepareizi instrumentu rādījumi, noplūde, kad vārsts noslēgts.

Nezināmas ietekmes ir  $0,1 \times 10^{-4}$ , kur iekārtas nedarbojas 1% gadījumu, iemesls tam ir nezināms.

#### *Kuģi*

Kritiskais atteices režīms ir  $3 \times 10^{-4}$ , kur iekārta nedarbojas 18 % gadījumu, iemesls visbiežāk, kur iemesls visbiežāk ir nepareizi instrumentu rādījumi, ārējā procesu darbība, iekārtas trūkumi, nepilnības.

Ārējā ietekme – bojājums ir  $2 \times 10^{-4}$ , kur iekārta nedarbojas 12% gadījumu, iemesls visbiežāk ir nepareizu instrumentu rādījumi, servisa problēmas, nepareiza ārējā darbība un citas nezināmas problēmas.

Nenožīmīgi daudz traucējumi ir  $11 \times 10^{-4}$ , kur iekārta nedarbojas 68 % gadījumu, iemesls visbiežāk ir nepareizi instrumentu rādījumi, servisa problēmas.

Nezināmas ietekmes ir  $0,2 \times 10^{-4}$ , kur iekārtas nedarbojas 3 % gadījumu, iemesls visbiežāk ir nezināms vai arī nepareizi instrumentu rādījumi.

## SECINĀJUMI

Avāriju rašanos parasti sekmē dažādi apstākļi, viens no būtiskākajiem ir iekārtas nolietojums, plīsums, kas rada draudus cilvēkam un dabai. Konstatēts, ka galvenais avāriju iemesls ir cilvēka apzināta / neapzināta rīcība.

Riska analīze ir nozīmīgs pārvaldības instruments, kas samazina avāriju rašanos un nelabvēlīgu seku iznākumu. Avāriju modelēšana ir praktiska un plaši tiek pielietota dažādiem paaugstināta riska objektiem.

Riska avoti tiek klasificēti dažādi, A/S „Ventamonjaks” gadījumā ir iekārtu atteikums, iekārtu iziešana no ierindas, vecu kuģu ienākšana ostās.

A/S „Ventamonjaks” ir bīstams objekts un ir potenciāls draudu avots darbiniekiem un pilsētas iedzīvotājiem, jo pastāv augsts avāriju risks, kura atgadīšanās varbūtība ir pārsniedz  $4 \times 10^{-4}$  ,atbilstoši vadlīnijām, šāds risks ir nepiemēroti augsts, to pierāda jau bijušās avārijas, kuras ir notikušas vairākārt.

Modelējot amonjaka izplūšanu no dzelzceļa cisternas, rezervuāra un kuģa, izplūstot visam amonjakam tiek skarta visa pilsētas teritorija, tātad visi pilsētas iedzīvotāji. Šādi pilsētas iedzīvotāji ieelpo tādu amonjaka koncentrācijas daudzumu pēc kura var būt letāli gadījumi vai arī nodarītais kaitējums veselībai var būt neatgriezenisks.

Modelējot degšanas iespējamību no dzelzceļa cisternas, rezervuāra un kuģa, izplūstot un degot visam amonjakam tiek skarta tikai uzņēmuma teritorija, tātad tuvumā esošie darbinieki tikai, letāli apdegumi būs no 10 – 45 m attālumā no avārijas epicentra.

Modelējot sprādziena iespējamību no dzelzceļa cisternas, rezervuāra un kuģa, izplūstot visam amonjakam un sprāgstot tiek skarta teritorija līdz pat 500 m, kas ir A/S „Ventamonjaks” teritorija un SIA „Ventspils Nafta” teritorija. Tiks skartas šo teritoriju ēkas, tās sabruks un tiks skarti šo uzņēmumu darbinieki.

Degšanas un sprādziena scenāriji var izraisīt domino efektu blakus esošajos uzņēmumos, jo to infrastruktūra iekļaujas A/S „Ventamonjaks” ietekmes zonā.

Lielākās noplūdes saistītas ar instrumentāliem rādījumiem (kuģiem 68%, vārstiem 33%); ārējas izcelsmes bojājumiem (sūkņiem 32 %); sistēmisku kļūdu dēļ (vārstiem 20%).

## **PATEICĪBAS**

Gribu izteikt pateicību savai darba vadītājai Ivetai Šteinbergai par palīdzību maģistra darba tapšanā, ka viņa sniedz padomus, ieteikumus jeb kurā laikā.

## LITERATŪRAS SARAKSTS

Abbasi, S.A., Faisal I. 1997. Mathematical model for HAZOP study time estimation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 4, 249 – 257.

Abbasi, S.A., Husain T., Khan F.I. 2001. Safety Weighted Hazard Index (SWeHI): A New, User-friendly Tool for Swift yet Comprehensive Hazard Identification and Safety Evaluation in Chemical Process Industrie. *Process Safety and Environmental Protection*. 79, 65 – 80.

Allanic, A., Healy R.M., Hellebust S., O'Connor I.P., Sodeau J.R., Wenger J.C. 2009. Characterisation of single particles from in-port ship emissions. *Atmospheric Environment*. 43 (40), 6408 – 6414.

Ammonia Refrigeration Risk Assessment and Safety Management. 2013. Mercury Tehnologies. 71.

Andreasen, P., Rasmussen B. 1990. Comparison of methods of hazard identification at plant level. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 4, 339 – 344.

Antonioni, G., Cozzani V., Spadoni G. 2009. Application of domino effect quantitative risk assessment to an extended industrial area. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 22, 614 – 624.

Arystanbekova, N. Kh. 2004. Application of Gaussian plume models for air pollution Simulation at instantaneous emissions. *Mathematics and Computers in Simulation* 67, 451 – 458.

Asilian, H., Hajizadeh E., Gharabagh J., Mogaddam Z., Mortasavi S., Khavanin A., Zarringhalam. 2009. Comprehensive risk assessment and management of petrochemical feed and product transportation pipelines. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 22, 533 – 539.

Baderna, D., Benefenati E., Boriani E., Bordonali S., Colombo A., Gemmab S., Maggioni S., Molteni M., Lombardo A., Rotella S. 2011. A combined approach to investigate the toxicity of an industrial landfill's leachate: Chemical analyses, risk assessment and *in vitro* assays. *Environmental Research*. 4, 603 – 613.

Bernatik, A., Lisibova M. 2004. Loss prevention in heavy industry: risk assessment of large gasholders. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 17, 271 – 278.

Bernatik, A., Zimmerman W., Pitt M., Strizik M., Nevrlly V., Zelinger Z. 2007. Modelling accidental releases of dangerous gases into the lower troposphere from mobile sources. *Process Safety and Environmental Protection*. 86 (3), 153 – 224.

Baraulta, S., Chevalierb F., Marzala H. 2012. Risk Management of Major Industrial Complex Sites: Key Success Factors – OCP Example. *Procedia Engineering*. 46, 285 – 287.

Barcel, D., Darbra R.M., Eljarrat E. 2008. How to measure uncertainties in environmental risk assessment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 27 (4), 377 – 385.

Chatelet, E., Chen G., Kadri F. 2011. Quantitative Risk Assessment of Domino Effect Caused by Heat Load. *International Journal of Systems Control*. 3, 42 – 48.

Consultation on options for revision of the EU Thematic Strategy on Air Pollution and related policies. 2013. A Eurelectric position paper. 15.

Chin, H.C., Debnath A.K. 2009. Modeling perceived collision risk in port water navigation. *Safety Science*. 47 (10), 1410 – 1416.

Curro, F., Fabianno B., Palazzi, E. 2004. Simplified Modelling for Risk Assessment of Hydrocarbon Spills in Port Area. *Process Safety and Environmental Protection*. 82, 412 – 420.

Davis, M.W., Knecht K.D., Laul J.C., O’Kula K.R., Thomson D.C. 2006. Comparison of ALOHA and EPIcode for Safety Analysis Applications. *Journal of Chemical Health and Safety*. 13, 20 – 33.

Draft abstract Fact Sheet on methods for risk based classification and ranking of inspection objects (installations and activities). Sweden. 5.

Dow fire and explosion index. Safety Assessment Tehniques and Analysis. 16.

Duan, G., Shao H. 2012. International Symposium on Safety Science and Technology Risk quantitative calculation and ALOHA simulation on the leakage accident of natural gas power plant. *Procedia Engineering*. 45, 352 – 359.

Fabbrocino, O., Iervolino J., Orlando F., Salanzo E. 2005. Quantitative risk analysis of oil storage facilities in seismic areas. *Hazardous Materials*. 123, 61 – 69.

Egan, B. A., Murphy B. L. 2007. Forensic Air Dispersion Modeling and Analysis. *Introduction to Environmental Forensics*. 12, 577 – 610.

Elvik, R., Johansson O., Wanvik O. 2009. A new method for assessing the risk of accident associated with darkness. *Accident Analysis & Prevention*. 41, 809 – 815.

Guarnaccia, J., Hoppe G. 2008. Off-site toxic consequence assessment: A simplified modeling procedure and case study. *Hazardous Materials* 159, 177 – 184.

Hong, J., Hu S., Xiaohong Z. 2012. Quantitative risk assessment model of hazardous chemicals leakage and application. *Safety Science*. 50, 1452 – 1461.

Hongsheng, Z.Y.X., Xiaobin T., Xiaolin C. 2008. A Markov Game Theory-based Risk Assessment Model for Network Information System. 5.

Hu, J., Liang W., Zhang L., Wang Z. 2009. Quantitative HAZOP Analysis for Gas Turbine Compressor based on Fuzzy Information Fusion. *Systems Engineering - Theory & Practice*. 29, 153 – 159.

Jerez, S., Matasic I., Mebarki A., Prodhomme G., Reimeringer M. 2012. Explosions and Structural Fragments as Industrial Hazard: Domino Effect and Risks. *Procedia Engineering*. 45, 159 – 166.

Jeon, E.C., Jung K., Kim K.H., Kim N. J., Phan N. T., Shon Z.H. 2013. Analysis of ammonia variation in the urban atmosphere. *Atmospheric Environment*. 65, 177 – 185.

Kim, D.J., Kim S.Y. 2009. Multi Criteria Decision on Selecting Optimal Ship Accident Rate for Port Risk Mitigation. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. 25, 7 – 17.

Kuob, C.Y., Tseng J.M., Sua T.S. 2012. International Symposium on Safety Science and Technology Consequence evaluation of toxic chemical releases by ALOHA. *Procedia Engineering*. 45, 384 – 389.

Liu, H., Zhao B., Zheng L., Wang H. 2011. Environmental Risk Identification of Port Construction Project. *Procedia Environmental Sciences*. 10, 2783 – 2787.

Material Safety data sheet. 2010. CSBP. 13.

Manolisa, G.D., Panagiotopoulos C., Paraskevopoulos E., Pelekasis N., Talaslidis D.G., Tsamopoulos J.A. 2004. Risk analysis of industrial structures under extreme transient loads. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 24, 435 – 448.

Merad, M., Rodrigues N., Salvi O. 2005. Toward an integrative approach of the industrial risk management process in France. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 18 (4/6), 414 – 422.

Mokhtari, K., Ren J., Roberts C., Wang J. 2012. Decision support framework for risk management on sea ports and terminals using fuzzy set theory and evidential reasoning approach. *Expert Systems with Applications*. 5, 5087 – 5103.

Onozato, Y., Liu J., Shimamoto S. 1986. Effect of propagation delays on ALOHA systems. *Computer Networks and ISDN Systems*. 12, 329 – 337.  
OREDA. Offshore Reliability Data Handbook. 2002. 835.

Pjetraj, M. 1996. VOC Emissions Influence of VOC Measurement and Reporting Methods on Regulatory Policy and Emissions Estimations. NC Division of Air Quality Stationary Source Compliance Branch. 13.lpp.

Perez, M.M., Rodriguez Toral M.A. 2013. HAZOP – Local approach in the Mexican oil & gas industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.

Yip, L.Z. 2008. Port traffic risks – A study of accidents in Hong Kong waters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 44, 921 – 931.

Wedel, A., Muller K. P., Ratte M., Jochen R. 1998. Measurements of Volatile Organic Compounds (VOC) During POPCORN 1994: Applying a New On-Line GC–MS-Technique. *Journal of Atmospheric Chemistry* 31, 73 – 103.

A/S „Ventamonjaks” Drošības pārskats. 2011. Estonian, Latvian & Lithuanian Environment. Ventspils.

B kategorijas atļauja Nr. VE12IB0011. 2012. Atļauja B kategorijas piesārņojošai darbībai. Ventspils, Valsts Vides dienesta Ventspils reģionālā vides pārvalde: 33.lpp.

Darba vides risku novērtēšanas vadlīnijas. 2003. Rīga: 73. lpp.

SIA „Ventamonjaks serviss” Stacionāru piesārņojuma avotu emisijas limitu projekts. 2007. Rīga.

Ventspils pilsētas attīstības programmas 2007. – 2013. gadam stratēģiskais ietekmes uz vidi novērtējums. 2008. Estonian, Latvian & Lithuanian Environment Vides pārskata projekts. Rīga: 28.lpp.

Ventspils pilsētas attīstības programmas 1.daļa. 2007. Esošās situācijas un SVID analīze. Ventspils: 133.lpp. 14.lpp.

Vides aizsardzības licences papildinājuma pieteikums. 2004. A/S „Ventamonjaks”. Ventspils: 10. lpp. 5.lpp., 8.lpp.

Valsts civilās aizsardzības plāns. 2011. Rīga: 127. lpp.

Qualitative Risk Assessment Ventamonjaks. 2004. Ventspils: 72. lpp.

#### *Izmantotie interneta resursi:*

ALOHA programmas apraksts. Sk. 29.02.2012.

Pieejams: <http://www.epa.gov/osweroe1/content/cameo/what.htm>;

Atsauce tekstā: (ALOHA, 2012)

Gaiss – 2 dati. Sk. 03.10.2012.

Pieejams: [http://oas.vdc.lv:7779/lva/g2\\_www/index.html](http://oas.vdc.lv:7779/lva/g2_www/index.html)

Atsauce tekstā (izstrādājis autors izmantojot „Nr. 2 – Gaiss” datus, 2013)

LVĢMC meteoroloģiskie dati. Sk. 02.03.2012.

Pieejams:[http://www.meteo.lv/pdf\\_base/PDF%20base/PDFbase%202010/meteo/janvaris/Ventspils.pdf](http://www.meteo.lv/pdf_base/PDF%20base/PDFbase%202010/meteo/janvaris/Ventspils.pdf);

Atsauce tekstā: (izstrādājis autors izmantojot LVĢMC datus, 2012)

ERPG normatīvi. Sk. 23.05.2013.

Pieejams: <http://www.atlintl.com/DOE/teels/teel/teeldef.html>

Atsauce tekstā: (ERPG, 2013)

Riska novērtējums. Sk. 03.04. 2013.

Pieejams: <http://www.dpi.vic.gov.au/about-us/publications/economics-and-policy-research/2011-publications/risk-based-regulation-good-practice-and-lessons-for-the-victorian-context>

Atsauce tekstā: (Riska based, 2013)

HAZOP skaidrojums Sk. 02.03.2013.

Pieejams: <http://www.stb07.com/process-safety-management/hazop.html>

Atsauce tekstā: (Hazop, 2013)

Amonjaka raksturojums. Sk. 04.01.2013.

Pieejams: <http://www.vi.gov.lv/lv/vides-veselibadzeramais-udens/amonijs-dzeramaja-udeni>

Atsauce tekstā: (Amonjaks, 2013)

2008. gada vilcienu āvārijas raksturojums. Sk. 8.05.2013.

Pieejams: <http://www.taiib.gov.lv/generic/show/47/view/43>

Atsauce tekstā: (taiib.gov.lv, 2013)

2011. gada avārijas raksturojums. Sk. 8.05.2013.

Pieejams: <http://www.ventasbalss.lv/news/read/7409>

Atsauce tekstā: (ventasballs, 2013)

2011. gada avārijas raksturojums. Sk. 8.05.2013.

Pieejams: <http://www.ventasbalss.lv/news/read/7416>

Atsauce tekstā: (ventasballs1, 2013)

Riska novērtēšana Eiropā. Sk. 3.03.2013.

Pieejams: [https://osha.europa.eu/en/topics/riskassessment/index\\_html](https://osha.europa.eu/en/topics/riskassessment/index_html)

Atsauce tekstā: (Riska novērtēšana, 2013)

Ventspils A/S „Ventamonjaka” karte. Sk. 22.03.2011.

Pieejams: Google Earth

Atsauce tekstā: (izstrādājis autors izmantojot Google Earth, 2011)

Vides ministrijas 28.02.2003. rīkojums Nr. 64 "Par Nacionālā vides politikas plāna izstrādāšanu". Sk. 21.04.2012.

Pieejams: [http://www.vidm.gov.lv/lat/dokumenti/politikas\\_planosanas\\_dokumenti/?doc=1679](http://www.vidm.gov.lv/lat/dokumenti/politikas_planosanas_dokumenti/?doc=1679)

Atsauce tekstā (Nacionālais vides politikas plāns, 2004)

Riska novērtēšanas kārtība. 19.07.2005. MK noteikumi Nr.532. „Noteikumi par rūpniecisko avāriju riska novērtēšanas kārtību un riska samazināšanas pasākumiem” Sk. 26.04.2013.

Pieejams: <http://www.likumi.lv/doc.php?id=113700>

Atsauce tekstā ( Riska novērtēšanas kārtība, 2005)

Amonjaka ietekmes zona. Sk. 15.05.2013.

Pieejams: <http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013

Atsauce tekstā: (izstrādājis autors izmantojot Adobe Illustrator CS4;

<http://kartes.lgia.gov.lv/kartes.html>; LKS - 92, 2013)

Maģistra darbs „Atmosfēras piesārņojuma riska novērtējums A/S „Ventamonjaks” ietekmes zonā izstrādāts LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

paraksts

datums

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Zinātniskais vadītājs

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

paraksts

datums

Recenzents:

Darbs iesniegts nodaļas lietvedībā datums

Nodaļas lietvede .....

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

paraksts

datums

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Maģistra darbs aizstāvēts akadēmisko studiju gala pārbaudījumu komisijas sēdē

.....  
gads, datums, mēnesis

protokola nr. ....

vērtējums .....

Sekretārs

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

paraksts

datums