

EESSÕNA	8
1. SISSEJUHATUS	11
2. ETTEVÖTTE OHTLIKE RAJATISTE VÄLJAVALIMINE	14
2.1 Sissejuhatus	14
2.2 Teatud ohtlike kemikaalide väljajätmine ohutusaruandest	15
2.3 Väljavalimise meetoodika	16
2.3.1 Ettevõtte jagamine rajatisteks	17
2.3.2 Ohu näitarvu A väljaarvutamine	18
2.3.3 Ohuindeksi S väljaarvutamine	24
2.3.4 Rajatiste valik kvantitatiivsesse riskianalüüsi	24
2.3.5 Teatud probleemid	27
Lisa 2B HINDAMISNÄIDE	27
Lisa 2.C KOMMENTAARID	32
3. KEMIKAALI MAHUTIST VABANEMINE (KMV)	34
3.1 Sissejuhatus	34
3.2 Ettevõtete KMV juhtumid	35
3.2.1 Statsionaarsed rõhumahutid	35
3.2.2 Statsionaarsed rõhustamata mahutid	37
3.2.3 Torustik	39
3.2.4 Pumbad	41
3.2.5 Soojusvahendajad	41
3.2.6 Kaitseklapid	42
3.2.7 Kemikaali vabanemine laohoones	42
3.2.8 Lõhkeainelaod	43
3.2.9 Transpordivahendite tühjendamine ja täitmine ettevõttes	43
Lisa 3A KOMMENTAARID	46
4. KEMIKAALIDE VABANEMISE JA HAJUMISE MUDELID	52
4.1 Sissejuhatus	52
4.2 Kemikaalide omadused	52
4.3 Kemikaali mahutist väljavoolamise mudelid	53
4.4 Piirangutegurid	56
4.4.1 Tõkestamissüsteemid	56
4.4.2 Teised piirangusüsteemid	57
4.5 Kemikaalilombi aurustumine	57
4.6 Aurupilve hajumine	58

4.6.1 Gaasilise kemikaali mahuti gaasiosast väljapihustumine ja lombi aurupilve levimine _____	58
4.6.2 Aurupilve levimise modelleerimine _____	61
4.6.3 Kemikaali vabanemine hoones _____	62
4.6.4 Põlengud ja suitsupilve üleskerkimine _____	64
4.7 Süttimine _____	64
4.7.1 Vahetu süttimine _____	64
4.7.2 Viitsüttimine _____	65
4.7.3 Üheaegselt tuleohtlikud ja mürgised kemikaalid _____	66
4.8 Aurupilve süttimise ohtlikud väljundid _____	67
4.9 Mahutite purunemine _____	67
4.10 Meteoandmed _____	68
Lisa 4.A Viitsüttimise parameetrite väljaarvutamise mudel _____	69
Lisa 4.B Meteoandmed _____	70
Lisa 4.C Kommentaarid _____	77
5. SÄRITUSTE JA KAHJUSTUSTE MODELLEERIMINE _____	86
5.1 Sissejuhatus _____	86
5.2 Kahjustuste modelleerimine _____	86
5.2.2 Mürgine säritus _____	86
5.2.3 Põleng _____	90
5.3 Elanikkond _____	92
5.3.1 Elanikkonna paiknemise iseärasuste hindamine. _____	92
5.3.2 Hoonetes ja hoonetest väljas olevate inimeste suhe _____	93
Lisa 5.A Kommentaarid _____	94
6. ARVUTUSED JA TULEMUSTE ESITAMINE _____	100
6.1 Sissejuhatus _____	100
6.2 Individuaal- ja grupiriskide väljaarvutamine _____	100
6.2.1 Ohualaarvutusvõrgustik _____	100
6.2.2 Individuaalriskide väljaarvutamine _____	101
6.2.3 Grupiriski väljaarvutamine _____	102
6.2.4 Vabanenud kergestisüttiva kemikaali süttimisjuhtumite kindlaksmääramine _____	104
6.2.5 Hukkumise tõenäosuse Pd ja hukkunute osakaalu väljaarvutamine mürgise kemikaali KMV juhtumi puhul _____	108
6.2.6 Hukkumise tõenäosus Pd ja hukkunute osakaalu Fd väljaarvutamine kergestisüttiva kemikaali KMV juhtumi puhul _____	111
6.3 Tulemuste esitamine _____	113
Lisa 6.A Tõenäosus, et kemikaalipilv katab võrgupunkti _____	115

7. KESKKONNARISKIDE KVANTITATIIVNE RISKIANALÜÜS	121
8.VIITED	122
SISUKORD	128
EESSÕNA	130
1. HINNATAVATE TEELÕIKUDE VALIK	130
1.1 Sissejuhatus	130
1.2 Autovedude ohtliku sageduse läviväärtused	131
1.2.1 Individuaalrisk	131
1.2.2 Sotsiaalsed riskid	132
1.3. Ohtlike raudteevedude künnisväärtused	133
1.3.1 Individuaalne risk	134
1.3.2 Sotsiaalne risk	134
3. DETAILNE KVANTITATIIVNE RISKIANALÜÜS	136
3.1 Sissejuhatus	136
3.2 Autoveod	136
3.2.1 Kemikaalide vabanemise võimalikud juhtumid	137
3.2.2 Õnnetuste ja vabanemiste sagedused, ohtlikud väljundid ja nende tõenäosus	138
3.2.3 Vabanemisallikate, kemikaali hajumise, särituse ja kahjustuste modelleerimine	141
3.2.4 Arvutused ja tulemuste esitamine	143
3.2.5 Takistused	143
3.3 Raudteetransport	144
3.3.1 Sissejuhatus	144
3.3.2 Ohtliku kemikaali raudteeveoki mahutist vabanemise juhtumid (KMV)	144
3.3.3 Õnnetuste ja kemikaali vabanemise sagedus, ohtlikud väljundid ja nende tõenäosus	145
3.3.4 Vabanemisallikate, kemikaali hajumise, särituse ja kahjustuste modelleerimine	149
3.3.5 Arvutused ja tulemuste esitamine	150

	150
3.5 Torutransport	150
3.5.1 Sissejuhatus	151
3.5.2 Kemikaali vabanemise juhtumid	152
3.5.3 Õnnetuste arvestuslikud sagedused ning ohtlike väljundite tõenäosus	153
3.5.4 Vabanemisallika, hajumise, särituse ja kahjustuste modelleerimine	
3.5.5 Arvutused ja tulemuste esitamine	
	154
4. BAASANDMED	
	154
4.1 Sissejuhatus	154
4.2 Ohtlike kemikaalide klassifitseerimine	
	157
5. VIITED	

EELSÕNA

1.06.2004 moodustas Hollandi valitsus Ohtlike Kemikaalide Nõukoja (Adviesraad Gevaarlijke Stoffen - AGS). Samal ajal likvideeriti Suurõnnetuste Ennetamise Komitee (Commissie voor de Preventie van Rampen- CPR). Komitee andis välja erinevaid trükiseid, mida nimetati CPR juhisteks. Neid juhiseid kasutati keskkonnakaitse valdkonnas (keskkonnakaitse seaduse alusel) ning töökaitse ja tuleohutuse valdkonnas. CPR juhiste alusel töötati välja Ohtlike Kemikaalide Ohutusraamatute seeria (Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen - PGS). Nende ohutusraamatute eesmärk oli sama kui CPR trükistel, kuid seejuures püüti leida vastused alljärgnevatele küsimustele:

- 1.Kas vaadeldaval trükisel on praktiline tähtsus või selle võib ära muuta.
 - 2.Kas vaadeldavat trükist on võimalik muutmata kasutada või seda on vaja uuendada.
- Käesoleva PGS 3 väljaanne on 1993. a väljaande uuendatud variant.

Eluruumi ja Looduskeskkonna Kasutamise Planeerimise Ameti
Riigisekretär
Drs P.L.B.A van Geel
Detsember 2005

EESSÖNA

Käesolev dokument tutvustab nii ohtlike ainete käitlemisega seotud rajatiste kui ohtlike ainete transportimisega seotud riskide väljaarvutamiseks kasutatavat meetodikat ja selle jaoks vajalikke lähteandmeid Hollandi näitel.

Dokument koosneb kahest osast. Hollandi Riikliku Tervishoiu- ja Keskkonnainstituudi koostatud 1. osa kirjeldab statsionaarsete ohtlike ettevõtete riske. Selle osa kirjutamist juhendas Riskide Hindamise Suurõnnetuste Ennetamise Järelvalve allkomisjon.

2.osa on koostatud Hollandi Transpordi- ja Tööministeeriumi esindajate poolt. Selle osa koostamise aluseks olid Eluruumi ja Looduskeskkonna Kasutamise Planeerimise Ameti ja erinevate komisjonide viimaste aastate juhised. 2.osa kirjeldab ohtlike kemikaalide transportimisega seotud riskide hindamist.

Kuigi juhised kirjeldavad antud hetkel usaldusväärseid ja täpsusnõuetele vastavaid arvutusmudeleid (praktiliselt on praegu raske paremaid mudeleid leida), on vaja märkida, et selleks, et need mudelid jääksid tulevikus usaldusväärseks ning tagaksid arvutuste täpsuse järjepidevuse ka uutes tingimustes, on neid mudeleid vaja pidevalt uute teaduslike uuringute alusel täpsustada.

Dokumendis on pööratud põhitähelepanu kolmele uuringuobjektile.

A. Tehniliste rikete ja õnnetuste sagedus statsionaarsetes tootmisettevõtetes
Taoliste sündmuste sageduse hindamisel oli aluseks Hollandi valitsuse tellitud ja 1989. aastal valminud nn COVO uuring. Uuringut on järgnevatel aastatel pidevalt täpsustatud ja täiendatud, pöörates põhitähelepanu tehniliste rikete ja õnnetuste uutele originaalandmebaasidele.

B Meteoroloogiline mudel

Gaasipilvede hajumise riskide hindamise üheks osaks on täpsustatud üldkasutatavad meteomudelid ja ilmavaatlusandmed.

C. Ohtlike kemikaalide vedude ja statsionaarsete ohtlike ettevõtete riskide erinevused

Transpordiriskide ja statsionaarsete ettevõtete riskianalüüsid põhinesid pikka aega ühesugustel printsiipidel ja sarnastel arvutusmudelitel. Kuid viimastel aastatel on tehtud transpordiriskide hindamise valdkonnas intensiivseid uuringuid, mille tulemused andsid võimaluse määrata kindlaks transpordiriskide ja statsionaarsete ettevõtete riskide põhilised erinevused ning töötada välja transpordiriskianalüüsi spetsiifilised printsiibid ja arvutusmudelid. Põhilisteks erinevusteks võib lugeda :

- raudteetsisternide ja statsionaarsete mahutite raskete vigastuste põhjused ja tõenäosus on oluliselt erinevad,
- kemikaali väljapihustumise ja väljavoolamise stsenaariumid on samuti erinevad.

Suurõnnetuste Ennetamise Komitee peab tähtsaks, et statsionaarsete ohtlike ettevõtete ja ohtlike kemikaalide transpordiks oleks olemas põhjalike teaduslike uuringute käigus välja töötatud usaldusväärsetel arvutusmudelitel põhinev üldkasutatav kvantitatiivne riskianalüüsimeetodika. Eriti oluline on tagada erineva arvutusmeetodika alusel saadud tulemuste võimalikult väikesed lahkuminekid. Komitee tänab kõiku dokumendi koostamisel kaasatud valitsuse eksperte, uurimisinstituutide teadlasi ja tööstusettevõtete insenere. Komitee on veendunud, et käesolevad juhised muutuvad kõigile riskianalüüsimeetodika koostajatele ja riskiohjamises osalejatele vajalikuks ja hinnatud käsiraamatuks.

I OSA

ETTEVÕTTED

1. SISSEJUHATUS

Kvantitatiivne riskianalüüs (KRA) on neile, kelle ülesanne kindlaks määrata ohtlike kemikaalide käitlemisega seotud riske ja neid kvantitatiivselt hinnata, tõhus töövahend. KRA kasutatakse selleks, et näidata, millised riskid on seotud ohtlike kemikaalide käitlemisega, esitada vastutavatele isikutele usaldusväärset teavet ohtlike ettevõtete riskide, nende talutavuse või mittetalutavuse kohta ning näidata, kuidas ettevõtte või transporditee ohustab ümbritsevat elu- ja looduskeskkonda.

KRA tulemused peavad olema kontrollitavad, taasesitatavad ja võrreldavad. Selle nõude täitmiseks peab KRA põhinema usaldusväärsetel lähtekaalu- mudelitel ja lähteandmetel. Ideaalse KRA meetodika korral erinevad tulemused ainult niivõrd, kui võrd erinevad hinnatavate protsesside lähteparameetrid.

Suurõnnetuste Ennetamise Komitee on välja andnud kolm juhust, mis määravad kindlaks KRA koostamise meetodika.

Juhendid on vormistatud järgmiste ohutusraamatute vormis:

Ohutusraamat 1 - "Roheline raamat" (PGS 1, CPR16)

Ohutusraamat 2 - "Kollane raamat" (PGS 2 CPR 14, CPR14E)

Ohutusraamat 3 - "Punane raamat" (PGS 3, CPR 18)

"Roheline raamat" [CPR16] kirjeldab kemikaalidega toimunud suurõnnetuste ohtlike väljundite (mürgised ained, soojuskiirgus, plahvatuslaine ülerõhk) mõju inimorganismile ja rajatistele.

"Kollane raamat" [CPR14, CPR14E] kirjeldab mudeleid, mille abil saab hinnata vabanenud ohtlike kemikaalide levimist ümbritsevasse keskkonda ning määrata kemikaali vabanemise ohtlike tagajärgede kvantitatiivseid parameetreid.

"Punane raamat" kirjeldab meetodeid, mille abil saab hinnata kemikaaliõnnetuste tõenäosust ja individuaal- ning grupiriskide raskuse kvantitatiivseid parameetreid.

Kõik kolm raamatut koos aitavad kvantitatiivse riskianalüüsi koostajat kasutada oma töös kaasaegset teaduslikku mõtlemist.

Ka kõige täiuslikum KRA meetodika ei võimalda kõikide ohutegurite parameetrite kvantitatiivsete parameetrite väljaarvutamist. On vaja lisateavet spetsi-

ifiliste mõjurite kohta (näiteks poliitilised otsused), mille mõju on praktiliselt võimatu kvantitatiivse täpsusega välja arvutada.

Lisaks sellistele mõjuritele on ka täna tegureid, mille mõju täpseks ja usaldusväärseks kirjeldamiseks ei ole teadusemaailm veel valmis.

Sel juhul määratakse nende tegurite soovituslikud parameetrid kindlaks kompetentse tööstuse, valitsusorganite ja teadlaste omavahelise kokkuleppe alusel ja neist teavitatakse riskianalüüsi koostajaid eridokumentides. (Hollandis näiteks KO-9, KO-12, KO20-2, KO24, IPO).

Suur arv eridokumente raskendas nende kooskõlastatud kasutamist riskianalüüsi tegemisel. Tekkis vajadus need dokumendid koondada ning omavahel kooskõlastada. Selle töö käigus valmis käesolev ohutusraamat "Kvantitatiivse riskianalüüsi koostamise juhend PGS 3), mis võimaldab riskianalüüsi koostamise kogu riigis viia ühtlustatud metoodilisele alusele.

Juhis on koostatud selliselt, et loogilises järjekorras esitatakse kõik KRA koostamise etapid, alates ettevõtte ohtlike rajatiste kindlaksmääramisest kuni riskianalüüsi tulemuste vormistamiseni.

Ettevõtte ohtlike rajatiste kindlaksmääramise metoodikat kirjeldab 2. peatükk. Ettevõttes võib olla suur arv erinevaid rajatise ja seadmeid, mille osa ettevõtte riskides ei ole ühesugune, osa neist ei osale ettevõtte riskide väljakujunemises. Seepärast on vaja ohtlikud rajatised ja seaded eraldada ohututest. Peatükis on esitatud ettevõtte rajatiste ja seadmete eristamise meetod, mille abil saab välja selgitada, millised neist on ohtlikud ning millised ei mõjuta oluliselt ettevõtte riske.

Kemikaali vabanemise põhilisi võimalikke juhtumeid kirjeldab 3. peatükk. Põhilised kemikaali vabaemise juhtumid ja nende toimumissagedused on ära toodud tüüpiliste rajatiste ja seadmete (laomahutid, raudteesisternid, torujuhtmed ja laadimisseadmed) jaoks.

Tavaliselt on KRA koostamisel võimalik kasutada peatükis esitatud üldandmeid. Kuid sageli on vaja neid täpsustada, võttes arvesse konkreetse ettevõtte ja selle rajatiste iseärasusi.

Vaatamata sellele, et kemikaali vabanemise ja laialilevimise mudeleid on põhjalikult kirjeldatud "Kollases raamatus", ei ole kõik teemad seal piisavalt kaetud., näiteks kemikaali levimise tõkestamise meetmete mõju kemikaali väljavoolamisele või väljapihustumisele ning aurupilve levimisele, vabanemise ja laialilevimise ning süttimise ajategurite mõju tagajärgedele. Väga suur vajadus KRA koostamisel on standardsete meteoandmete järele. Need aspektid on

vaatluse all 4. peatükis.

Mürgiste kemikaalide, põlengute ja plahvatuste ohtlik mõju on vaatluse all 5. peatükis. Peatüki materjal põhineb suures osas "Rohelise raamatu" materjalil, kuid täiendavalt on näidatud, kuidas hinnata KRA koostamisel hoonetes asuvate inimeste riske. Mõned juhised on antud ohtliku ettevõtte läheduses elavate inimeste turvalisuse tõstmiseks.

Individuaal- ja grupiriskide väljaarvutamise näited on ära toodud 6. peatükis. See peatükk näitab, kuidas kasutada KRA põhiprintsiipe ja arvutusmudeleid, kuid ei esita lõplikku riskide väljaarvutamise reeglite kogumit.

7. peatükis on lühidalt kirjeldatud PROTEUS arvutiprogrammi kasutamist keskkonnariskide koostamisel.

8. peatükis on vaadeldud mõningaid uusi KRA arvutiprogramme.

9. peatükis on vaatluse all mõningad KRA määratlematuse probleemid.

Ohutusraamatu erinevate parameetrite väärtused on kasutusele võetud paljude tööstuse esindajate, kompetentsete ekspertide ja valitsuse esindajate omavahe-
liste kohtumiste käigus.

Neid parameetreid võib kasutada ettevõtte ohtlikkuse hindamise algetapil, kui on vaja teha otsused ettevõtte võimalike riskide kohta.

2. - 6. peatüki lõppu on lisatud "Kommentaariid", milles antakse mõne peatükis esitatud parameetri kasutamishüpsid.

Lõpuks tuleb märkida, et ohutusraamatu materjal annab juhised KRA koostamiseks. Konkreetse KRA koostaja võib vajaduse korral nendest põhjendatult kõrvale kalduda. Kuid kõik need kõrvalekaldumised peab kooskõlastama vastavat volitust omavate võimuesindajatega, põhjendades kirjalikult kõrvalekaldumiste põhjust ja täiendavate mudelite ning meetodika kasutamist.

2. ETTEVÕTTE OHTLIKE RAJATISTE VÄLJAVALIMINE

2.1 SISSEJUHATUS

Kvantitatiivne riskianalüüs (KRA) on ohtlike kemikaalide käitlemise riskide hindamise tõhus vahend. KRA on vaja teha, kui ettevõttes on ohtlikke kemikaale kogustes, mis võivad ohustada ettevõtete ümbritsevat keskkonda. KRA kasutatakse ettevõtte ohutusaruande koostamisel, kui on vaja näidata, millised riskid kaasnevad ettevõtte tegevusega ja anda volitatud ametkondadele ettevõtte ümbruskonna riskide täpsemaks hindamiseks ning vajalike ennetusmeetmete väljatöötamiseks vajalikku teavet.

Ohutusaruanne koostatakse, kui ohtlike kemikaalide kogus ettevõttes ületab kindlaksmääratud künniskogused. Ohutusaaruande koostamise meetodika on esitatud Euroopa Nõukogu 09.12.1999. a direktiivis Council Directive 96/82/EC ja täpsustatud

16.12.2003 Direktiivis 2003/105/EC. Ohutusaruande koostamise toimingut on kirjeldatud käesoleva peatüki lisas 2.A.

Ettevõttes, mis peab esitama ohutusaruande, võib olla mitmeid väga erinevaid rajatisi. Kuna ettevõtte rajatised mõjutavad ettevõtte riske erinevalt, ei ole vaja neid kõiki riskanalüüsi kaasata. Seepärast on vaja välja valida rajatised, mis on ettevõtte riskide allikaks ja need KRA-sse lülitada. Ettevõtte ohtlike rajatiste (riskiallikate) valikumethodika, mis on esitatud selles peatükis, töötati välja määramaks, millised ohuallikad on vaja lülitada ettevõtte ohutusaruandesse.

Tuleb märkida, et kuna vaadeldav methodika on küllaltki üldine ning annab ainult üldised juhised, võib juhtuda, et ettevõtte ohuallikate väljavalimisel jäävad mõned ohtlikud rajatised välja. Sageli on sellisteks ohuallikateks peale- ja maha-laadimisrajatised, ettevõttesisesed ühendustorud, tootmisprotsessiga kaasnevad või ettevõttes tulekahju korral tekkivad ohtlikud kemikaalid.

Seepärast on vaja, et ettevõtte ohuallikate väljavalimise käigus oleks tagatud ettevõtte ja pädevate ametite esindajate tihe koostöö.

Ettevõtte esindajad teevad vajalikud arvestused, valivad välja ettevõtte ohuallikad ja esitavad kirjeldatud methodika abil koostatud nimekirja pädevate ametite esindajatele kooskõlastamiseks. Ettevõtte ohuallikate lõpliku valiku õigus kuulub ainult pädevate ametite esindajatele. Seepärast on neil õigus nõuda ettevõttelt ka nende rajatiste, mida ei ole käesolevas methodikas vaadeldud, nimekirja lülitamist.

Esitatud valikumetoodika on koostatud ainult statsionaarsete ettevõtete jaoks, mis peavad koostama ohutusaruande. Kui on vaja koostada transpordiettevõtte KRA, tuleb ohuallikate hulka arvata kõik ettevõtte rajatised.

Käesolevas peatükis on kirjeldatud ettevõtte ohuallikate valikumetoodikat. Metoodika kasutamise näide on esitatud lisas 2.B.

2.2 Teatud ohtlike kemikaalide väljajätmine ohutusaruandest

Vastavalt EU Nõukogu direktiivi 96/82/EC §9 nõuetele võib teatud kemikaalid, mis oma parameetrite tõttu ei saa olla suurõnnetuste põhjuseks, välja jätta ettevõtte ohutusaruandest ja KRA-st.

Kemikaali väljajätmise otsuse teeb pädev amet¹.

Kemikaali väljajätmise kriteeriumid on ära toodud Direktiivi paragrahvis 9. Kemikaali võib riskianalüüsist välja jätta, kui on täidetud vähemalt ühe alljärgneva kriteeriumi nõuded.

1. Kemikaali füüsiline olek

Tahkes olekus kemikaalid, mille puhul nende suurõnnetuse ohuga vabanemine² tavatingimustes või tavalistest erinevates tingimustes (mida on võimalik ette näha) ei ole võimalik

2. Pakend ja kogus

Kemikaalid, mis on pakitud või mida hoitakse viisil või koguses, mille puhul maksimaalselt võimaliku vabanemise korral ei ole suurõnnetuse ohtu.

3. Asukoht ja kogus

Kemikaalid, mis paiknevad ettevõttes sellistes kogustes ja sellistel kaugustel teistest ohtlikest kemikaalidest, et ei saa olla ei suurõnnetuse ohuallikaks ega ka teiste ettevõtte ohtlike kemikaalide suurõnnetuse algatajaks.

4. Klassifikatsioon

Kemikaalid, mis on loetud direktiivi 96/82/EC lisa I osa 2. üldises klassifikatsioonis ohtlikeks, kuid ei ole võimelised suurõnnetust tekitama.

¹Tegemist on A-kategooria suurõnnetuse ohuga ettevõtete ohutusaruandega. B-kategooria suurõnnetuse ohuga ettevõtted peavad esitama ohutuse tagamise süsteemis suurõnnetuse ohu määratlemine ja hinnangu, mis oma olemuselt on sama, mis A-kategooria ettevõtte riskianalüüs.

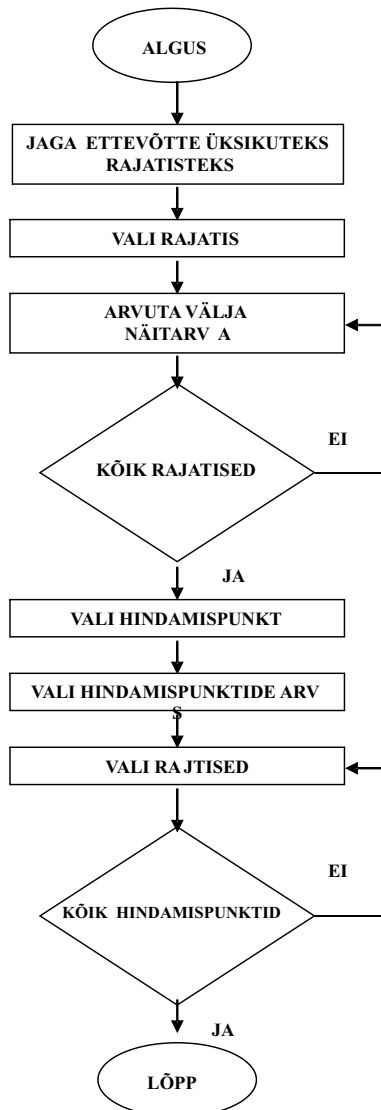
²Vabanemine – kemikaali energia või aine üleminek mahutist või hoidlast ümbritsevasse keskkonda.

2.3 VÄLJAVALIMISE METOODIKA

Kui KRA on osa ettevõtte ohutusaruandest, ei ole vaja hinnata tingimata kõikide ettevõtte rajatiste riske. Oluline on välja selgitada kõik rajatised, mis mõjutavad oluliselt kogu ettevõtte riske. Seepärast on koostatud meetodika, mille abil saab teha otsuse, milliseid ettevõtte rajatisi on vaja arvestada KRA koostamisel.

Metoodika aluseks on ettevõttes käeldavate ohtlike kemikaalide koguste ja tootmisprotsesside iseärasuste hinnang.

Metoodika erinevad sammud on näidatud joonisel 2.1.



Joonis 2.1 Metoodika struktuurskeem

Rajatiste valikumetoodika koosneb järgmistest sammudest:

1. Ettevõtte jagatakse erinevateks iseseisvateks rajatisteks alajaos 2.3.1 näidatud korras.
2. Kõikidele rajatistele määratakse kindlaks ohtliku kemikaali omadusest, kogusest ja tootmisprotsessi iseärasustest tulenevad ohud. Näitarv A mõõdab rajatisele iseloomulikke ohte. Näitarv arvutatakse välja jaos 2.3.2 esitatud korras.
3. Rajatise ohtlikkust hinnatakse erinevate ettevõtte ümbritseva ala punktide jaoks. Ohtu hinnatakse rajatise ohunäidu A ja hindamispunkti ning rajatise vahelise vahemaa alusel. Ohumäära valitud punktis väljendab ohuindeks S, mis arvutatakse välja alajaos 2.3.3.
4. Ohuindeksi S väärtuse alusel valitakse alajaos 2.3.4 esitatud korras rajatised, mis tuleb lülitada KRA-sse.

2.3.1 ETTEVÕTTE JAGAMINE RAJATISTEKS³

Metoodika esimeseks sammuks on ettevõtte jaotamine iseseisvateks rajatisteks. Kaasaegse suurettevõtte jaotamine rajatisteks on keeruline toiming. Käesolev paragrahv annab selleks mõningad juhised.

"Iseseisva rajatise" oluliseks eristustunnuseks on see, et kemikaali vabanemine selles rajatises ei too kaasa kemikaali vabanemist ettevõtte teistes rajatistes. Seega võib lugeda kahte rajatist iseseisvateks, kui neid on võimalik teineteisest peale õnnetuse toimumist lühikese aja jooksul füüsiliselt eraldada.

Eristatakse kahte tüüpi rajatisi:

- tootmisrajatised,
- kemikaali hoidmisrajatised.

Tootmisrajatises võivad olla erinevad mahutid, ühendustorud ja mitmesugused tootmisprotsessi tagavad seadmed.

Hoidmisrajatis koosneb erinevatest tootmisrajatistega torude abil ühendatud mahutitest ja nende kasutamiseks vajalikest seadmetest. Reeglina paiknevad hoidmisrajatised tootmisrajatistest lahus. Tavaliselt varustatakse hoidmisrajatised seadmetega, mis võimaldavad korraldada kemikaali ringlemise mahutite vahel ja tagavad kemikaali hoidmiseks vajalikud tingimused. Kuid ka siis, kui taolised seadmed puuduvad, loetakse rajatist ikkagi hoidmisrajatiseks.

Ettevõtte transpordivahendite liigitamist on kirjeldatud alajaos 2.3.5.

Kuna ettevõtte jaotamine iseseisvateks rajatisteks on keeruline toiming, on vaja selle käigus ettevõtte ja volitatud ametite esindajate omavahelisi konsultatsioone.

³Käesolevas tõlkes tähistab mõiste rajatis nii iseseisvat tootmishoonet, milles paiknevad teatud tootmisprotsessis osalevad omavahel tehnoloogiliselt seotud seadmed, kui ka üksikut väljapool hooneid paiknevat iseseisvat seadet või kompaktset omavahel vahetult seotud seadmete kogumit

2.3.2 OHU NÄITARVU A VÄLJAARVUTAMINE

Rajatisele iseloomulikud ohud sõltuvad rajatises käideldavate kemikaalide kogusest, nende füüsilistest ja keemilistest omadustest, mürgisusest ning tootmisprotsessi iseärasustest.

Ohu näitarvu A väljaarvutamiseks kasutatakse valemit

$$A = \frac{Q \times O_1 \times O_2 \times O_3}{G} \quad (2.1)$$

kus:

Q - rajatises käideldava kemikaali üldkogus [kg] (vt 2.3.2.1),

O_i - tootmisprotsessi tingimustegurid [-] (vt 2.3.2.2),

G - kemikaali piirkogus [kg] (vt 2.3.2.3).

2.3.2.1 RAJATISES KÄIDELDAVA KEMIKAALI ÜLDKOGUS

Rajatises käideldava kemikaali üldkogus on ohtliku kemikaali maksimaalne võimalik kogus rajatises (k.a tootmisprotsessi üle kontrolli kaotamisel korral vabaneda võiva kemikaali kogus).

Selle koguse kindlaksmääramisel tuleb arvestada järgmisi reegleid:

a) Segud ja valmistid võib jagada kaheks põhiliigiks:

ohtlik kemikaal mitteohtlikus lahustis,
ohtlike kemikaalide segu.

(1) Kui ohtlik kemikaal on lahustatud mitteohtlikus lahustis, võetakse arvesse ainult ohtliku kemikaali kogust (näiteks ammoniaagi või kloorvesiniku vesilahus). Mürgiste kemikaalide segud ja valmistid võetakse arvesse ainult siis, kui need segud või valmistid on mürgised.

(2) Kui ohtlike kemikaalide segul või valmistil on iseomased füüsilised, keemilised või mürgised omadused, võetakse neid arvesse kui puhtaid kemikaale.

b) Kui ohtlikku kemikaali hoitakse ühes kohas väikestes pakendites nii, et kogu kemikaal ei vabane üheaegselt, vaid ühest pakendist teise järel, ei ole kemikaali üldkogusena vaja arvestada kogu selles kohas hoitava kemikaali massi (näiteks ilutulestiku vahendite hoidla ja põlengus tekkinud mürgised põlemisproduktid).

c) Tahkete mürgiste kemikaalide puhul võetakse üldjuhul arvesse õhus laiali lennata võiva mürgise tolmu kogus. Kuid on vaja arvestada ka põlenguga. Sel juhul võetakse arvesse mürgiste põlemisproduktide ja õhku paisatud mürgise tolmu maksimaalset kogust.

d) Hoidla mahuteid võib kasutada ka erinevate kemikaalide hoidmiseks erineval ajal. Kui ettevõttest erineval ajal veetakse välja erinevaid ohtlikke kemikaale, on otstarbekas need liigitada ja hinnata iga liiki eraldi KRA-s.

2.3.2.2 TOOTMISPROTSESSI TINGIMUSTEGURID

Kasutatakse kolme tootmisprotsessi tingimustegurit:

O_1 - tegur, mis iseloomustab seda, kas tegemist on tootmisprotsessiga või hoidmisega.

O_2 - tegur, mis iseloomustab rajatise paiknemist.

O_3 - tegur, mis võtab arvesse kemikaali aurufaasi kogust peale kemikaali vabanemist.

Tegureid kasutatakse ainult mürgiste ja tuleohtlike kemikaalide puhul.

Lõhkeainete jaoks loetakse kokkuleppeliselt, et $O_1 = O_2 = O_3 = 1$

2.3.2.2.1 TEGUR O_1 - RAJATISTEGUR

Teguriga võetakse arvesse, kas tegemist on tootmis- või hoidmisrajatisega.

Tegur O_1

Rajatise tüüp	O_1
Tootmisrajatis	1
Hoidmisrajatis	0,1

Tabel 2.1

2.3.2.2.2 TEGUR O_2 - PAIKNEMISTEGUR

Teguriga võetakse arvesse ohtlike kemikaalide käitlemiseks kasutatavate seadmete paiknemise iseärasusi ning iseloomustatakse vabanenud kemikaali laialihajumiste piirangute tõhusust.

Tegur O_2

Rajatise paiknemine	O_2
Väljas paiknevad seadmed	1,0
Kinnises hoones paiknevad seadmed	0,1
Seadmete (rajatise) ümber on kaitsevall ning tootmisprotsessi temperatuur on väiksem kui $T_p > T_{bp} + 5^{\circ}\text{C}$ (T_p - kemikaali temperatuur tootmisprotsessis T_{bp} - kemikaali keemistemperatuur atmosfäärirõhul)	0,1
Seadmete (rajatise) ümber on kaitsevall ning tootmisprotsessi temperatuur on suurem kui $T_p > T_{bp} + 5^{\circ}\text{C}$ (T_p - kemikaali temperatuur tootmisprotsessis T_{bp} - kemikaali keemistemperatuur atmosfäärirõhul)	1,0

Tabel 2.2

Märkused:

1. Hoidlates loetakse protsessi temperatuuriks hoidla või mahuti sisetemperatuuri.

2. Hoone seinad piiravad või takistavad täielikult hoones paiknevast seadmest vabanenud kemikaali hajumist ümbritsevasse keskkonda. See tähendab, et :

a) hoone seinad, aknad, katus ja ventilatsiooniseadmed peavad purunemata välja kannatama hoones paiknevatest seadmetest vabanenud kemikaaliga kaasneva ülerõhu,

b) hoone seinad, aknad, katus ja ventilatsiooni- ning kaitseseadmed peavad välistama vabanenud kemikaali sattumise otse ümbritsevasse keskkonda.

Juhis: kui hoone vähendab otse ümbritsevasse keskkonda sattuda võivat kemikaalikogust rohkem kui 5 korda või on olemas ohutusseadmed, mis suunavad vabanenud kemikaali hoonest neutraliseerimiskanalisse, loetakse, et seadmed paiknevad hoones;

kui need nõuded ei ole täidetud, loetakse, et seadmed asuvad väljas.

3. Vallituse kõrgus peab ära hoidma vabanenud kemikaali laialilevimise ümbritsevasse keskkonda.

a) täiendavat kaitseseina, mis on võimeline kinni pidama väljavoolanud vedelate kemikaalide maksimaalselt võimalikke koguseid, loetakse võrdseks kaitsvallitusega ja sel juhul $O_2=0,1$.

b) tegurit $O_2=0,1$ kasutatakse, kui hinnatakse:

kaheseinalisi ventileeritavaid mahuteid,

maa-aluseid ventileeritavaid mahuteid,

maapealseid kaitsvallitusega vedelkemikaalide mahuteid.

2.3.2.2.3 TEGUR O_3 - PROTSESSITEGUR

Teguriga O_3 võetakse arvesse tootmisprotsessi kaasatud kemikaali füüsilist olekut.

Tegur O_3

Kemikaali olek		O_3
Gaas		10
Vedelik		
	Küllastunud aururõhk tootmisprotsessi temperatuuril on $P_k \geq 3$ bar	10
	Küllastunud aururõhk tootmisprotsessi temperatuuril on $1 \text{ bar} \leq P_k < 3$ bar	$X + \Delta$
	Küllastunud aururõhk tootmisprotsessi temperatuuril on $P_k < 1$ bar	$P_i + \Delta$
Tahke		0,1

Tabel 2.3

Märkused

1. Hoidlates loetakse protsessi temperatuuriks hoidla või mahuti sisetemperatuuri.
2. Tabelis on esitatud absoluutsed rõhud.

3. Mõjur X suureneb lineaarselt 1-st kuni 10-ni, kui küllastunud aururõhk suureneb 1-st barist kuni 3 barini. Võib kasutada alljärgnevat valemit:

$$X = 4.5 \times P_{sat} - 3.5 \quad (2.2)$$

kus: P_{sat} mõõtühikuks on [bar].

4. P_i on kemikaali auru partiaalarõhk tootmisprotsessi temperatuuril.
5. Kui kemikaal on vedelas olekus, lisatakse lisamõjur ?, mis võtab arvesse välissoojuse mõju mahavoolanud lombi vedeliku aurustumisele. Lisamõjur ? sõltub ainult vedeliku keemistemperatuurist atmosfäärirõhul (vt tabel 2.4).
6. Ohtlike kemikaalide lahustes ohututes lahustites võetakse protsessi partiaalarõhuks ohtliku kemikaali partiaalarõhk tootmisprotsessi temperatuuril. Ka sel juhul mõjur X suureneb lineaarselt 1-st kuni 10-ni kui küllastunud aururõhk suureneb 1-st barist kuni 3 barini.
7. Tegur O_3 võib muutuda miinimumist maksimumini vahemikus 0.1-10,0 .

	Δ
$-25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_{bp}$	0
$-75 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_{bp} < -25 \text{ }^\circ\text{C}$	1
$-125 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_{bp} < -75 \text{ }^\circ\text{C}$	2
$T_{bp} < -125 \text{ }^\circ\text{C}$	3

Tabel 2.4
Vedelikulombi aurustumistäiendamõjur Δ

2.3.2.3 KOGUSELIMIIT G

Koguselimiit G aitab arvesse võtta nii ohtlike kemikaalide füüsilisi omadusi kui ka mürgisust, plahvatus- ning tuleohtlikkust.

2.3.2.3.1 MÜRGISTE KEMIKAALIDE KOGUSELIMIIT

Mürgiste kemikaalide koguseliimide määramisel (tabel 2.5) võetakse arvesse surmavat kontsentratsiooni LC50 (rat, 1 h) ja olekut temperatuuril 250C.

LC ₅₀ (rat, 1 h) [mg/m ³]	Olek temperatuuril 25 ⁰ C	Koguseliimit [kg]
LC ≤100	Gaas	3
	Vedelik (L)	10
	Vedelik (M)	30
	Vedelik (H)	100
	Tahke	300
100 < LC < 500	Gaas	30
	Vedelik (L)	100
	Vedelik (M)	300
	Vedelik (H)	1000
	Tahke	3000
500 < LC ≤ 2000	Gaas	300
	Vedelik (I)	1000
	Vedelik (M)	3000
	Vedelik (II)	10000
	Tahke	∞
2000 < LC ≤ 20 000	Gaas	3000
	Vedelik (L)	1000
	Vedelik (M)	∞

Tabel 2.5
Koguseliimit mürgiste kemikaalide jaoks

Märkused :

1. Kemikaali olek (gaas, vedelik, tahke) määratakse temperatuuril 25⁰C. Lisaks jaotatakse vedelikud sõltuvalt keemistemperatuurist atmosfäärirõhul kolme gruppi.

Vedelik (L), mille keemistemperatuur on T_{bp} on vahemikus 25⁰C -50⁰C.

Vedelik (M), mille keemistemperatuur T_{bp} on vahemikus 50⁰C -100⁰C.

Vedelik (H), mille keemistemperatuur T_{bp} on üle 100⁰C.

2. Kõnsentratsioon LC₅₀ (rat, 1 h) on LC₅₀ kõnsentratsioon rottide jaoks 1-tunnise särituse puhul.

2.3.2.4 SÜTTIMISOHTLIKE VEDELIKE KOGUSELIIMIT

Süttimisohhtlike vedelike koguseliimit on 10 000 kg.

Märkus: Süttimisohhtlikuks loetakse rajatiste väljavalimise käigus vedelikku, mille tootmistemperatuur on kõrgem kui leektäpp.

2.3.2.5 LÕHKEAINETE KOGUSELIIMIT

Lõhkeainete puhul loetakse koguseliimidiks plahvatusohhtliku kemikaali kogust, mille TNT ekvivalent 1000 kg (TNT plahvatusenergia väärtuseks loetakse 4600 kJ /kg).

2.3.2.6 OHU NÄITARVU A VÄLJAARVUTAMINE

Iga ettevõttes käideldava kemikaali ohu näitarvu A_i väljaarvutamiseks kasutatakse valemite

$$A_i = \frac{Q_i \times O_1 \times O_2 \times O_3}{G_i} \quad (2.3)$$

kus:

Q_i - kemikaali I maksimaalne kogus rajatises [kg],

O_1 - rajatistegur,

O_2 - paiknemistegur,

O_3 - tingimustegur,

G_i - kemikaali koguseliimit.

Plahvatusohtlike kemikaalide jaoks

$$O_1 = O^2 = O^3 = 1 \text{ ning seepärast } A = Q/G.$$

Ettevõtte rajatises võib käidelda üheaegselt erinevaid ohtlikke kemikaale erinevates tootmisprotsessides. Sel juhul on vaja välja arvutada ohunäidud $A_{i,p}$ iga kemikaali I jaoks iga tootmisprotsessi tingimuse p jaoks. Rajatise ohu näitarv A arvutatakse sel juhul välja kui $\sum A_{i,p}$.

Rajatise näitarv A arvutatakse välja kolme erineva kemikaaligrupi jaoks:

$A^T = \sum A_{i,p}$ - kõikide mürgiste kemikaalide kõikide protsesside näitarvude summa.

$A^F = \sum A_{i,p}$ - kõikide süttimisohtlike kemikaalide kõikide protsesside näitarvude summa.

$A^E = \sum A_{i,p}$ - kõikide plahvatusohtlike kemikaalide kõikide protsesside näitarvude summa.

Märkus:

Kui kemikaal kuulub rohkem kui ühte gruppi, on vaja välja arvutada ohunäit iga grupi jaoks eraldi.

Näiteks kui tegemist on üheaegselt nii mürgise kui süttimisohtliku kemikaaliga, on vaja välja arvutada kaks ohunäitu $A_{i,p}$:

$A^T_{i,p}$ kui mürgise kemikaali näitarv, võttes aluseks selle kemikaali üldkoguse ja mürgisusest tuleneva koguseliimiidi,

$A^F_{i,p}$ kui süttimisohtliku kemikaali ohu näitarv, võttes aluseks selle kemikaali üldkoguse ja koguseliimiidi 1000 kg.

2.2.3 OHUINDEKSI S VÄLJAARVUTAMINE

Ohuindeks S on ettevõtte ohu määra näitaja teatud punktis ettevõtte ümbruskonnas. Ohuindeksi väljaarvutamiseks on vaja korrutada ettevõtte ohu näitav A teguriga $(100/L)^2$ mürgiste kemikaalide ning $(100/L)^3$ kergestisüttivate ja plahvatusohtlike ettevõtete jaoks:

$$\text{mürgised kemikaalid} \quad S^T = \left(\frac{100}{L}\right)^2 A^T \quad (2.4)$$

$$\text{kergestisüttivad kemikaalid} \quad S^F = \left(\frac{100}{L}\right)^3 A^F \quad (2.5)$$

$$\text{plahvatusohtlikud kemikaalid} \quad S^E = \left(\frac{100}{L}\right)^3 A^E \quad (2.6)$$

L on hinnatava punkti kaugus ettevõttest. Minimaalseks loetakse kaugust 100 meetrit.

Ohuindeks S on vaja välja arvutada iga rajatise jaoks vähemalt kaheksas punktis ettevõtte välispiiril. Vahemaa punktide vahel peab olema mitte suurem kui 50 meetrit.

Ohuindeks S on vaja välja arvutada kogu ettevõtte välispiiri jaoks isegi siis, kui ettevõtte piirneb samasuguse naaberettevõttega. Kui ettevõtte paikneb veekogu kaldal, on vaja valida hindamispunktid ettevõtte vastas asuval kaldal.

Lisaks hindamispunktile ettevõtte piiril on vaja määrata kindlaks valikuarvud ka iga ettevõtte läheduses asuva elu- ja sotsiaalrajatise jaoks.

2.3.4 RAJATISTE VALIK KVANTITATIIVSESSE RISKIANALÜÜSI

Rajatist lülitatakse ettevõtte kvantitatiivsesse riskianalüüsi siis, kui :
 rajatise ohuindeks ettevõtte piiril paiknevas hindamispunktis on suurem kui 1 ja vähemalt 50% suurem teiste rajatiste maksimaalsetest valikunumbritest, või
 ohuindeks on suurem kui 1 ettevõtte ümbruskonnas paiknevas elu- või sotsiaalrajatises.

Märkused :

1. Mürgiste kemikaalide ohtlik hajumisala võib olla suurem kui kergestisüttivatel kemikaalidel .Kui kergestisüttivaid kemikaale käitleva rajatise ja mürgiseid kemikaale käitleva rajatise näitav S on võrdne või suurem , valitakse mürgiseid kemikaale käitlev ettevõtte.

2.3.5 TEATUD PROBLEEMID

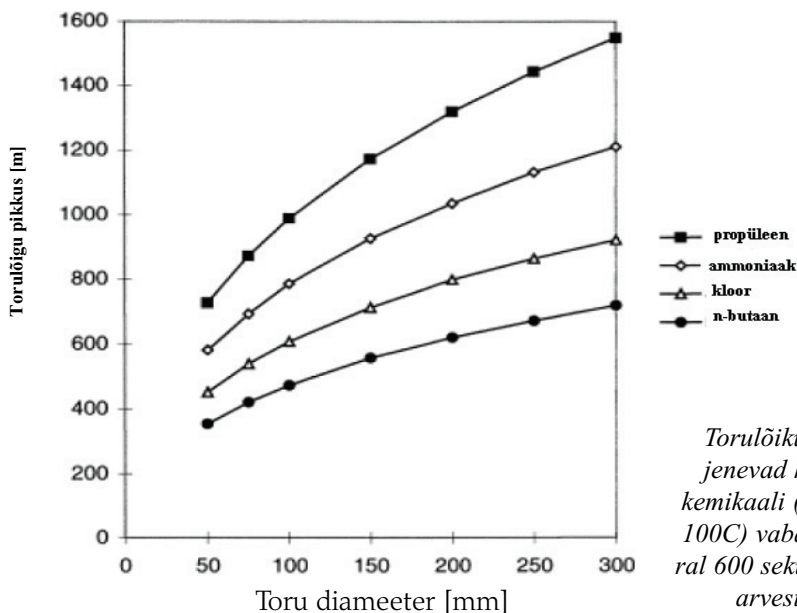
2.3.5.1 ETTEVÖTTESISESED TORUSTIKUD

Ettevõttesisesed torustikud võivad olla ettevõtte riskide suurenemise oluliseks allikaks:

- ettevõtte torustikud kulgevad sageli mööda ettevõtte välispiiri,
- ettevõttesiseses torustikus võib olla suhteliselt suur kogus rõhu all olevaid ühest mahutist teise pumbatavaid ohtlikke kemikaale,
- torustike tehnilised rikked ettevõttes on võrreldes teiste rajatistega reeglina kõige suuremad.

Ettevõttesiseste torujuhtmete riskiallikaks valimisel on vaja arvesse võtta, et:

- torustikes, mida mööda voolavad vedelikud või rõhu all olevad gaasid, on vaja voolava kemikaalihulga kindlaksmääramisel teada torustikelõikude arvu, milles kemikaali väljavoolamine kestab vähemalt 600 sek ja korrutada gaasi või vedeliku voolamiskiirusega.
- vedeldatud gaaside transportimiseks kasutatavates torustikes on läbivoolava gaasi koguse arvestamisel vaja arvesse võtta toru diameetrit ja gaasi füüsilisi parameetreid. Arvestava gaasi kogus on sel juhul võrdne kogusega, mis voolab torustikust välja 600 sek jooksul.
- teatud kemikaalide puhul on arvestuslike koguste jaoks esitatud graafik joonisel 2.2
- graafikul 2.2 esitamata kemikaalide jaoks on vaja leida kõverjoon, mis on kõige lähemal hinnatava kemikaali küllastatud aururõhule temperatuuril 10⁰C.



Joonis 2.2
Torulõikude, mis tühjenevad kahefaasilise kemikaali (temperatuur 100C) vabanemise korral 600 sekundi jooksul, arvestuslik pikkus.

Kui arvestuslik torustiku pikkus ületab torustiku reaalsel pikkust, võetakse arvesse kahe torustiku sulgemisklapi vahelist vahemaad.

Kokkuleppeliselt loetakse, et aeg, mis kulub klappide sulgemiseks, on väiksem kui kemikaali torustikust väljavoolamise aeg. Kui klappide sulgemise ajal väljavoolava kemikaali kogus on võrreldav torustikus klappide vahel oleva kemikaali kogusega, on vaja seda täiendavalt arvesse võtta. .

Ka torustike hindamisel saab kasutada tegureid Q_1 - Q_3 . Kõikide ettevõttesisete torustike jaoks $O_1 = 1$.

O_2 ja Q_3 võetakse tabelistest 2.2 ja 2.3. Maa-aluse torustiku jaoks $Q_2 = 0,1$.

Torustiku ohuindeksi S väljaarvutamisel on vaja välja valida hinnatavad punktid torustiku kõrval. Kahe naaberpunkti vahemaa peaks olema mitte vähem kui 50 meetrit.

Kui hinnatakse ettevõttesiseste torustike ohtlikkust, on vaja need jaotada torustikeks, mida on vaja lülitada riskianalüüsi ja torustikeks, mis riskianalüüsisist välja jätta. Riskianalüüsi jäetavaid torustikke hinnatakse samuti kui teisi ettevõtte rajatisi.

Kui on olemas reaalne ettevõttesiseste torustike lekke oht ühes või mitmes kohas, on see torustik vaja lülitada riskianalüüsi.

2.3.5.2 LAADIMISTÖÖD

Laadimistöode käigus paiknevad hoidla mahutite kõrval transpordivahendid. Sel juhul on vaja hinnata kolme liiki seadmeid:

- statsionaarsed mahutid,
- liikuvad mahutid
- laadimisseadmed.

Seejuures arvestatakse järgmisi reegleid :

- a) liikuvat mahutit loetakse "tootmisprotsessi" osaks, kui see on ühendatud laadimisseadmetega vähem kui üks ööpäev. Muudel juhtudel loetakse liikuvat mahutit hoidla mahutite hulka.
- b) laadimisseadmeid loetakse tootmisprotsessi rajatiste osaks ja kvantitatiivses riskianalüüsis vaadeldakse neid kui väljastamis- või vastuvõtuseadmeid.
- c) tankeri mahuteid loetakse rajatise laadimisseadmetega ühendatud tankeri seadmeteks. Ainult laadimisseadmete torustikes olevat kemikaali võib lülitada ettevõtte kemikaalide üldkogusesse. Kui ettevõttes laaditakse tankerit, siis ettevõtte esmasel hindamisel ei võeta tankerit kui ohtlikku rajatist arvesse.

Hindamise täpsustamise käigus võib arvesse võtta ka tankerit kui ohtlikku rajatist.

Liikuvad mahutid on ettevõttes ainult ajutiselt. Kuigi see on oluline KRA koostamisel, seda reeglina siiski ei arvestata ja loetakse, et hinnataval hetkel on need mahutid ettevõttes kohal.

LISA 2.A

Ohutusaruande esitamise kohustuse kindlaksmääramise toiming.
Tõlkimata , vaata Council Directive 96/82/EC of 9.December 1996
(amended by Directive 2003/105/EC of 16 December 2003)

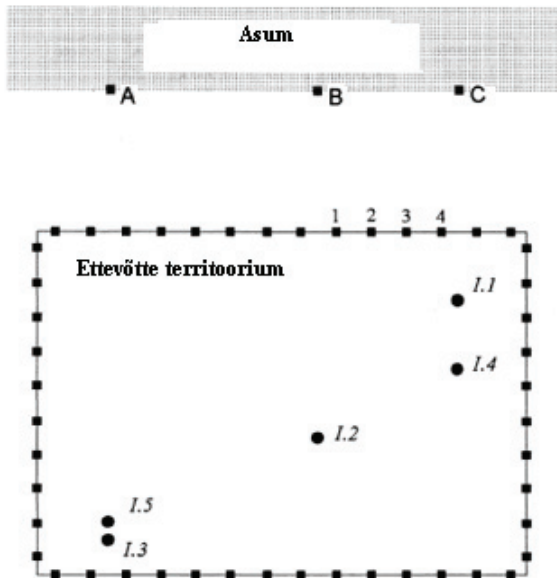
LISA 2.B HINDAMISNÄIDE

2.B1 ETTEVÕTTE KIRJELDUS

Ettevõttes on viis iseseisvat rajatist. Ettevõtte ala kujutab riskülikut. Vasaku alumise nurga koordinaadid on (-400m, -200m) ja parema ülemise nurga koordinaadid (+ 300m, +300 m). Koordinaatide algpunktiks on valitud rajatis I2 (0m , 0m,). Ettevõtte peahoone asub ettevõttest põhjas, 400m kaugusel koordinaatide algpunktist. Rajatiste iseloomustused on esitatud tabelis 2.B.1

No	Asukoht	Kirjeldus
I ₁	(200, 200)	Tootmisprotsess hoone sees. Protsessis käideldakse puhast kloori (maksimaalne kogus 2 100kg , protsessi temperatuur 35 ⁰ C, kloori aururõhk tootmistemperatuuril 10 bar)
I ₂	(0, 0)	Tootmisprotsess hoone sees. Käideldakse erinevaid kergestisüttivaid kemikaale : Etüleen, max kogus 200 000 kg, vedelik temperatuuril -30 ⁰ C, aururõhk 20 bar Etaan, max kogus 100 000 kg gaas temperatuuril 80 ⁰ C Butaan, max kogus 10 000 kg, gaas temperatuuril -30 ⁰ C Propüleen, max kogus 10 000kg vedelik temperatuuril -35 ⁰ C, aururõhk 1,75 bar Propaan , max kogus 50 000 kg , vedelik temperatuuril 80 ⁰ C, aururõhk 31 bar
I ₃	(-300, -150)	Hoidla. Väljas paiknevas mahutis on 1 500 000 30% kloorhappe vesilahust temperatuuril 25 ⁰ C (aurude partsiaalrõhk Pi = 0,02 bar)
I ₄	(200, 200)	Hoones paiknev tootmisprotsessi kaasatud mahuti, milles on 30 000 kg kloorhappe 30% vesilahust temperatuuril 100 ⁰ C (vedeliku aurude partsiaalrõhk Pi = 1,1 bar)
I ₅	(-300, - 125)	Väljaspaiknev tootmisprotsessi seade, milles hoitakse puhast ammoniaaki (gaas, 12 000 kg) , 60% ammoniaagi vesilahust (9 000 kg lahust, temperatuur 43 ⁰ C,aurude partsiaalrõhk Pi = 9,4 bar). Lisaks on seades kasutusel petrooleum (1 000 kg) temperatuuril 150 ⁰ C

Ettevõtte asukohaskeem on joonisel 2.B.1



Joonis 2.B.1
Ettevõtte asukohaskeem
mustad ringid - ettevõtte ohtlikud
rajatised, mustad ruudud - punk-
tid, mille jaoks arvutatakse välja
valikunumber S.

2.B.2 OHUNÄITAJATE KINDLAKSMÄÄRAMINE

2.B2.1 RAJATIS I₁

Rajatis I1 on hoones paiknev tootmiseseade ($O_1 = 1$; $O_2 = 0,1$). Protsessi on kaasatud üks kemikaal (kloor), mille kogus $Q = 2100$ kg. Kuna aururõhk on suurem kui 3bar, siis $O_3 = 10$. Kloor on mürgine kemikaal, mis temperatuuril 25 °C on gaas ja mille LC_{50} (rat, inh, 1h) väärtus on 293 ppm (1ppm = 2,76 mg/m³), koguseliimit $G = 300$ kg.

$$A_1^T = 7$$

Kemikaal	Q [kg]	O3	G [kg]	A ^F	Protsessi No
Etüleen	200 000	10	10 000	200	1
Etaan	100 000	10	10 000	100	2
Butaan	10 000	10	10 000	10	3
Propüleen	10 000	5,4	10 000	5,4	4
Propaan	50 000	10	10 000	50	5

Tabel 2.B.2

Rajatisel I₂ tootmisprotsessi ohtlikkust iseloomustavad näitajad

2B.2.2 RAJATIS I₂

See on tootmiseseade ($O_1 = 1$), mis paikneb väljas ($O_2 = 1$). Tootmisprotsessis osaleb viis erinevat kemikaali erinevates tingimustes. Tootmisprotsessi ohtlikkust iseloomustavad näitajad on esitatud tabelis 2.B.2.

Märkused:

1. Etüleen on kergestisüttiv kemikaal, protsessi temperatuuril on vedela etüleeni küllastunud aururõhk suurem kui 3 bari.
2. Etaan on kergestisüttiv kemikaal, mis protsessis on gaasilises olekus.
3. Butaan on kergestisüttiv kemikaal, mis protsessis on gaasilises olekus.
4. Propüleen on kergestisüttiv kemikaal.

Propüleeni küllastunud aururõhk on protsessitemperatuuril $T_p = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 1,75 bari, seepärast $X = 4,75 * 1,75 - 3,5 = 4,4$.

Propüleeni keemistemperatuur $T_{bp} = -48\text{ }^{\circ}\text{C}$, seega $\Delta = 1$ ja $O_3 = 5,4$.

5. Propan on kergestisüttiv kemikaal, mille küllastunud aururõhk protsessi temperatuuril on suurem kui 3.

2.B.2.3 RAJATIS I₃

Rajatis I₃ on väljas paiknev ($O_2 = 0,1$) hoidla ($O_1 = 0,1$), kus mahutis hoitakse 1 500 000 kg vesinikkloriidi vesilahust. Vesinikkloriidi 1 500 000 kilogrammis 30% vesilahuses on vesinikkloriidi $Q = 450\ 000$ kg. Vesinikkloriidi vesilahus on vedelik. Vesinikkloriidi küllastunud aururõhk $P_i = 0,02$ bari, seepärast $X = 0,02$. Soolhappe vesilahus - soolhappe keemistemperatuur on $57\text{ }^{\circ}\text{C}$, seega $\Delta = 0$. Siit tuleneb, et kuna O_3 väärtus on väiksem kui minimaalväärtus 0,1, tuleb lugeda, et $O_3 = 0,1$. Vesinikkloriid on mürgine kemikaal, mille LC_{50} (rat, ihl, 1H) = 3124 ppm (1ppm = 1,49 mg/ m³), piirkogus $G = 3000$ kg. Rajatise $A3^T = 1,5$

2.B.2.4 RAJATIS I₄

Rajatis I₄ on hoone, milles paikneb tootmiseseade ($O_1 = 1$ $O_2 = 0,1$). Protsessi on kaasatud 300 000 kg vesinikkloriidi 30% vesilahust. (vesinikkloriidi $Q = 90\ 000$ kg). Protsessi temperatuur $T_p = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ Vesinikkloriidi küllastunud aururõhk sellel temperatuuril $P_i = 1,1$ bari. Tegur $X = 4,4 * 1,1 - 3,5 = 1,5$. Vesinikkloriidi keemistemperatuur vesilahuses $T_p = 57\text{ }^{\circ}\text{C}$, seega $\Delta = 0$ ja $O_3 = 1,5$. Piirkogus $G = 3000$ kg. Rajatise $A4^T = 4,5$

2.B.2.5 RAJATIS I₅

Rajatis I₅ on väljas paiknev tootmiseseade ($O_1 = 1$ $O_2 = 1$). Tootmisprotsessi on kaasatud kolm erinevat kemikaali. Ohunäitajate väljaarvutamisel on vaja arvesse võtta, et ammoniaak on üheaegselt nii mürgine kui kergestisüttiv kemikaal. Rajatise ohtlikkust iseloomustavad näitajad on esitatud tabelis 2.B.3.

Kemikaal	Q [kg]	O ₃	G [kg]	A ^F	A ^T	Protsessi No
Puhas ammoniaak	12 000	10	3 000		40	1
Puhas ammoniaak	12 000	10	10 000	12		1
Ammoniaagi vesilahus	5400	10	3 000		18	2
Ammoniaagi vesilahus	5400	10	10 000	5,4		2
Petrool	1000	10	10 000	1		3

Tabel 2.B.3 Rajatise I5 tootmisprotsessi ohtlikkust iseloomustavad näitajad

Märkused:

1. Puhas ammoniaak on esimeses tootmisprotsessis rõhu all olev gaas. Gaasilise ammoniaagi piirkogus temperatuuril 25 °C on mürgise kemikaalina (LC₅₀ (rat, inh, 1h), 11,590 mg /m³ (16,6 ppm)) 3 000 kg ja kergestisüttiva kemikaalina 10000 kg .
2. Ammoniaagi kogus 60 % vesilahuses Q = 5400 kg. Kuna ammoniaagi küllastunud aururõhk on suurem kui 3, siis O₃ = 10. Ammoniaagi vesilahuse piirkogus temperatuuril 25 0C on mürgise kemikaalina (LC₅₀ (rat, inh, 1h) = 11,590 mg /m³ (16,6 ppm)) 3 000 kg ja kergestisüttiva kemikaalina 10 000 kg .
3. Petrool on põlevvedelik. Protsessi temperatuur T_p on kõrgem kui 10% punkt. Seepärast on vaja hinnata petrooli küllastunud aururõhku temperatuuril 150 °C . See on suurem kui 3 bari, seega O₃ = 10.

2.B.2.6 KOKKUVÕTE

Arvutustulemused on esitatud tabelis 2.B.4. Rajatiste ohunäidud A_i on järgmised:

$$\begin{aligned} \text{Rajatise } I_1 \quad A^T &= 7 \\ \text{Rajatise } I_2 \quad A^F &= 365 \\ \text{Rajatise } I_3 \quad A^T &= 1,5 \\ \text{Rajatise } I_4 \quad A^T &= 4,5 \\ \text{Rajatise } I_5 \quad A^T &= 58, A^F = 18,8 \end{aligned}$$

Rajatise	Kemikaal	Tüüp	O ₁	O ₂	O ₃	Q	G	A
I ₁	Kloor	T	1	0,1	10	2 100kg	300kg	7
I ₂	Etüleen	F	1	1	10	200 000kg	10 000kg	200
	Etaan	F	1	1	10	100 000kg	10 000kg	100
	Butaan	F	1	1	10	10 000kg	10 000kg	10
	Propüleen	F	1	1	5,4	10 000kg	10 000kg	5,4
	Propaan	F	1	1		50 000kg	10 000kg	50
I ₃	30% HCL	T	0,1	1	0,1	450 000kg	3 000kg	1,5
I ₄	30% HCL	T	1	0,1	1,5	90 000kg	3 000kg	4,5
I ₅	Ammoniaak (g)	T	1	1	10	12 000kg	3 000kg	40
	Ammoniaak (g)	T	1	1	10	5 400kg	3 000kg	18
	Ammoniaak (g)	F	1	1	10	12 000kg	10 000kg	12
	Ammoniaak (l)	F	1	1	10	5 400kg	10 000kg	5,4
	Petrool	F	1	1	10	1 000kg	10 000kg	1

Tabel 2.B.4 Rajatiste ohunäidud

2.B.3 OHUINDEKSITE VÄLJAARVUTAMINE.

Ohuindeksid on välja arvutatud kõikide ettevõtte piiril asuvate hindamispunktide 1-48 ja asumi kolme rajatise A; B; C jaoks. Hindamispunktid paiknevad ettevõtte piiril

50- meetrite vahemaadega. Tulemused on esitatud tabelis 2.B.5. Riskianalüüsiks on välja valitud rajatised 1,2 ja 5.

No.	x	y	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅ ⁺	S ₅ ⁻	Selected
1	25	300	1.7	13.4	0.0	0.6	2.0	0.1	2
2	75	300	2.7	12.3	0.0	0.8	1.8	0.1	2
3	125	300	4.5	10.6	0.0	1.0	1.6	0.1	2
4	175	300	6.6	8.7	0.0	1.1	1.4	0.1	1, 2
5	225	300	6.6	6.9	0.0	1.1	1.3	0.1	1, 2
6	275	300	4.5	5.4	0.0	1.0	1.1	0.0	1, 2
7	300	275	4.5	5.4	0.0	1.1	1.1	0.0	1, 2
8	300	225	6.6	6.9	0.0	1.8	1.2	0.1	1, 2
9	300	175	6.6	8.7	0.0	2.9	1.3	0.1	1, 2
10	300	125	4.5	10.6	0.0	4.2	1.4	0.1	2
11	300	75	2.7	12.3	0.0	4.2	1.5	0.1	2
12	300	25	1.7	13.4	0.0	2.9	1.5	0.1	2
13	300	-25	1.2	13.4	0.0	1.8	1.6	0.1	2
14	300	-75	0.8	12.3	0.0	1.1	1.6	0.1	2
15	300	-125	0.6	10.6	0.0	0.7	1.6	0.1	2
16	300	-175	0.5	8.7	0.0	0.5	1.6	0.1	2
17	275	-200	0.4	9.3	0.0	0.5	1.7	0.1	2
18	225	-200	0.4	13.4	0.1	0.5	2.1	0.1	2
19	175	-200	0.4	19.4	0.1	0.5	2.5	0.2	2
20	125	-200	0.4	27.8	0.1	0.5	3.1	0.2	2
21	75	-200	0.4	37.5	0.1	0.4	4.0	0.3	2
22	25	-200	0.4	44.6	0.1	0.4	5.2	0.5	2
23	-25	-200	0.3	44.6	0.2	0.3	7.1	0.8	2
24	-75	-200	0.3	37.5	0.3	0.3	10.3	1.3	2
25	-125	-200	0.3	27.8	0.5	0.2	16.0	2.6	2, 5
26	-175	-200	0.2	19.4	0.8	0.2	27.3	5.8	2, 5
27	-225	-200	0.2	13.4	1.5	0.2	51.6	15.1	5
28	-275	-200	0.2	9.3	1.5	0.1	58.0	18.0	5
29	-325	-200	0.2	6.6	1.5	0.1	58.0	18.0	5
30	-375	-200	0.1	4.8	1.5	0.1	51.6	15.1	5
31	-400	-175	0.1	4.4	1.4	0.1	46.4	12.9	5
32	-400	-125	0.2	5.0	1.4	0.1	58.0	18.0	5
33	-400	-75	0.2	5.4	1.0	0.1	46.4	12.9	5
34	-400	-25	0.2	5.7	0.6	0.1	29.0	6.4	5
35	-400	25	0.2	5.7	0.4	0.1	17.8	3.1	5
36	-400	75	0.2	5.4	0.2	0.1	11.6	1.6	5
37	-400	125	0.2	5.0	0.2	0.1	8.0	0.9	2, 5
38	-400	175	0.2	4.4	0.1	0.1	5.8	0.6	2, 5
39	-400	225	0.2	3.8	0.1	0.1	4.4	0.4	2, 5
40	-400	275	0.2	3.2	0.1	0.1	3.4	0.3	2, 5
41	-375	300	0.2	3.3	0.1	0.1	3.1	0.2	2, 5
42	-325	300	0.2	4.2	0.1	0.1	3.2	0.2	2, 5
43	-275	300	0.3	5.4	0.1	0.2	3.2	0.2	2, 5
44	-225	300	0.4	6.9	0.1	0.2	3.1	0.2	2
45	-175	300	0.5	8.7	0.1	0.2	3.0	0.2	2
46	-125	300	0.6	10.6	0.1	0.3	2.7	0.2	2
47	-75	300	0.8	12.3	0.1	0.4	2.5	0.2	2
48	-25	300	1.2	13.4	0.1	0.5	2.3	0.1	2
C	200	400	1.8						1
B	0	400		5.7					2
A	-300	400			0.0				
C	200	400				0.5			
A	-300	400					2.1	0.12	5

LISA 2.C KOMMENTAARID

1. Jagu 2.2 kirjeldab teatud ohtliku kemikaali KRA-st väljajätmise kriteeriume. Direktiivi 96/82EC §9 punktis 6 on sätestatud, et kui ohtliku kemikaali käitlemisega ei kaasne suurõnnetuse ohtu, võib selle kemikaali ohutusaruandest välja jätta. Esitatud kriteeriumid vastavad EU dokumentide nõuetele ja nende alusel saab teatud ohtlikud kemikaalid ettevõtte riskianalüüsist välja jätta.

2. Lõik 2.3.2.1 sätestab uued reeglid, mille alusel saab kindlaks määrata, kas segud ja valmistid tuleb KRA-sse lülitada või võib riskianalüüsist välja jätta. Enne seda juhust kehtivates dokumentides oli reegliks, et kui ohtliku kemikaali kontsentratsioon on segus või valmistis väiksem kui 5%, võib segu või valmistis riskianalüüsist välja jätta.

3. Juhised arvutuste tegemiseks, kui ettevõttes võib olla erineval ajal erinevaid ohtlikke kemikaale, on esitatud lõigus 2.3.2.1.

4. Tegur O_3 arvestab tootmisprotsessi iseärasusi ning väljendab kahefaasilise vabanemise puhul gaasi osakaalu. Teguri väärtuse kindlaksmääramisel arvestatakse lisaks mahutist vabanenud kemikaaliaurudele ka täiendavat aurukogust, mis tekib väljavoolanud kemikaali lombist välise soojusallika mõjul. Seda aurukogust arvestab lisategur Δ . Eelnevates juhendites oli sätestatud, et lisategurit kasutatakse ainult siis, kui tootmisprotsessi temperatuur on madalam kui ümbritseva keskkonna temperatuur. Käesolevas juhises on seda reeglit muudetud. Täiendav aurustunud kemikaali kogus, mida arvestab lisategur Δ , tekib kemikaalilombi aurustumisel välise soojusvoo mõjul. Seepärast on otstarbekam kasutada lisategurit, mis ei sõltu tootmisprotsessi temperatuurist, vaid sõltub ainult kemikaali atmosfäärirõhul keemistemperatuuri ja ümbritseva keskkonna temperatuuri vahest.

Praktikas on enamike kemikaalide küllastunud aururõhk tootmisprotsessi temperatuuril $t_p > +25$ °C suurem kui 3 bari ja keemistemperatuur atmosfääritemperatuuril madalam kui -25 °C. Seepärast loetakse, et kui küllastunud aururõhk on suurem kui 3 bari, on teguri X väärtus 10.

5. Vedelas olekus kemikaalide puhul arvestatakse välja tegur X (vt tabel 2.4).

6. Mürgiste kemikaalide koguseliimiidi väljaarvutamise meetodika on võetud viitest [SZW97]. Välja on jäetud mitteakuutsed väga mürgised kemikaalid, kuna KRA objektiks on suhteliselt lühiajalised säritused.

7. Ettevõttesisesse torujuhtme ohtlikkuse hindamise meetodika on võetud viitest [DNV98). Kemikaali vabanemise parameetrite hindamisel lähtuti, et toru on ühendatud suure kerakujulise mahuti külge 1m kõrgusel maapinnast. Rõhu all oleva vedeldatud gaasi massiks võeti 500 tonni, mahuti täitumuseks 90% ja kemikaali temperatuuriks 2820 K.

Torujuhtme hindamisel määratakse toru, mis tühjeneb 600 sekundi jooksul, pikkus. Seejärel määratakse kindlaks, milline kogus kemikaali vabaneb 600 sekundiga.

8. Lisa 2.A kirjeldab toimingut, mille abil määratakse kindlaks ohutusaruande esitamise kohustus.

3. KEMIKAALI MAHUTIST VABANEMINE (KMV)

3.1 SISSEJUHATUS

Käesolev peatükk kirjeldab kemikaali mahutist vabanemise põhilisi juhtumeid, mida on vaja hinnata ettevõtte kvantitatiivses riskianalüüsis (KRA) . KMV⁴ juhtumid võib jagada nelja gruppi:

Mahutipõhised KMV juhtumid,
välismõjupõhised KMV juhtumid,
täitmis- ja tühjendamispõhised KMV juhtumid,
spetsiifilised KMV juhtumid.

Mahutipõhised KMV juhtumid

Siia kuuluvad kõik juhtumid, mille põhjused ei ole silmnähtavad: mahuti seinte roostetamine, konstruktsioonivead, keevitusvead, mahuti kaitseklappide kinniilumine.

Välismõjupõhised KVM juhtumid

Siia kuuluvad juhtumid, mille väline põhjus on silmnähtav. Neid hinnatakse otseselt ainult transpordivahendite mahutite korral. Statsionaarsete mahutite ja torujuhtmete puhul loetakse, et nende välismõjupõhised KMV juhtumid on kas juba arvestatud mahutipõhiste juhtumite hulgas või nende arvestamiseks kasutatakse täpsustatud vabanemissagedust.

Täitmis- ja tühjendamispõhised KMV juhtumid

Need juhtumid on seotud ohtliku kemikaali laadimisega transpordivahendi mahutist statsionaarsesse mahutisse või statsionaarsest mahutist transpordivahendi mahutisse.

Spetsiifilised KMV juhtumid

Siia kuuluvad juhtumid, mille põhjuseks on tootmisprotsessi parameetrid, protsessi kaasatud kemikaalide omadused, rajatiste paiknemine ettevõttes. Näiteks dominoefekt ettevõttes.

Riskianalüüsi on vaja lülitada ainult need KMV juhtumid, millega võivad kaasned individuaalsed ja/või grupiriskid. See tähendab, et ettevõtte võimalik KMV tuleb lülitada kvantitatiivsesse riskianalüüsi ainult siis, kui on täidetud mõlemad tingimused.

⁴ KMV on vedela või gaasilise kemikaali väljavoolamine või leke vigastatud mahutist

- 1) Vabanemise tõenäoline toimumissagedus on võrdne või suurem väärtusest 10^{-8} / aastas.
- 2) Vabanemisega võivad kaasneda 1% tõenäosusega surmajuhtumid ettevõtte piiril või veeteel.

3.2 ETTEVÕTETE KMV JUHTUMID

Käesolevas peatüki jaotistes vaadeldakse ettevõtte erinevate süsteemide KMV juhtumeid. Milliseid süsteeme millises alajaos vaadeldakse, näitab tabel 3.1.

Süsteem	alajagu
Statsionaarsed rõhumahutid	3.2.1
Statsionaarsed rõhustamata mahutid	3.2.2
Gaasiballoonid	3.2.1
Torud	3.2.3
Pumbad	3.2.4
Soojusvahendurid	3.2.5
Laod	3.2.6
Kaitseklapid	3.2.7
Lõhkeainelaod	3.2.8
Paakautod	3.2.9
Raudteetsisternid	3.2.9
Tankerid	3.2.9

Tabel 3.1

Ettevõtte süsteemide KMV juhtumid

3.2.1. STATIONAARSED RÕHUMAHUTID

Ettevõtetes kasutatakse väga erinevaid rõhumahuteid, mida võib jaotada alljärgnevasse kolme gruppi:

Hoidlamahutid - mahutid, mis on ette nähtud kemikaalide hoidmiseks suurema rõhu kui 1 bar all.

Tootmismahutid - mahutid, milles toimub tootmisprotsessi käigus käideldava kemikaali füüsiliste parameetrite (näiteks rõhk või olek) muutumine. Rõhumahutite hulka kuuluvad näiteks destilleerimistornid, aurukondensaatid, filtrid. Väliskeskonnast isoleeritud mahutid, milles toimub tootmisprotsessi käigus ainult vedeliku taseme muutumine, võib arvata tootmismahutite hulka.

Reaktormahutid - mahutid, milles toimub tootmisprotsessi käigus kemikaalide keemiliste omaduste muutumine. Mahuti, milles toimub eksotermiline kemikaalide segunemine, võib arvata reaktormahutite hulka.

Statsionaarsete rõhumahutite KVM kolm tüüpi on esitatud tabelis 3.2 ja nende arvestuslik toimumissagedus tabelis 3.3

Tähis	Statsionaarse rõhumahuti KVM tüüp
G.1	Silmpilkne kogu mahuti sisu vabanemine
G.2	Kogu mahuti sisu vabanemine 10 minuti jooksul muutumatu kiirusega
G.3	Pidev vabanemine läbi 10cm augu.

Tabel 3.2

Mahuti	Arvestuslik tõenäoline toimumissagedus aastas		
	G.1	G.2	G.3
Rõhustatud mahuti	$5 \times 10^{-7} / a$	$5 \times 10^{-7} / a$	$1 \times 10^{-5} / a$
Tootismahutid	$5 \times 10^{-6} / a$	$5 \times 10^{-6} /$	$4 \times 10^{-4} / a$
Reaktormahutid	$5 \times 10^{-6} / a$	$5 \times 10^{-6} / a$	$4 \times 10^{-4} / a$

Tabel 3.3

Märkused:

1. Rõhumahuti põhilisteks koostisosadeks on mahuti kere, selle külge kinnitatud teenindusplatvormid, paigalduskonstruktsioonid ja armatuur. Mahuti KVM hulka arvatakse kemikaali vabanemised mahuti kere või armatuuri purunemise korral. Mahuti ühendustorustiku purunemisi on vaja hinna eraldi (vt 3.2.3)

2. Tabelis esitatud mahuti raskete rikete⁵ arvestuslike toimumissageduste⁶ väljaarvutamisel on välja jäetud vabanemine, mille põhjuseks on roostetamine, vibratsioon, operaatorite eksimused ja võimalik välismõju. Konkreetse mahuti tõenäoline toimumissagedus võib arvestuslikust erineda.

a) Toimumissagedus on väiksem mahutitel, mille konstrueerimisel ja ehitamisel on rakendatud täiendavaid purunemissagedust vähendavaid turvameetmeid. Kuid seejuures ei tohi taolise mahuti üldine KVM tõenäoline toimumissagedus (G.1, G2 ja G3 summa) olla väiksem kui $1 \times 10^{-7} / a$.

b) Kõrgem toimumissagedus on mahutil, mille puhul ei ole kasutatud kõiki standardseid turvameetmeid või nende kasutamine ei vasta nõuetele. Kui välismõju ja toiminguvigu ei ole võimalik välistada, on vaja lisada toimumissagedusele G.1 ja G2 puhul $5 \times 10^{-6} / a$.

3. Hoones paikneva mahuti KVM juhtumeid kirjeldatakse 4. peatükis.

4. Hoidla mahuteid võib kasutada erineval ajal erinevate kemikaalide hoidmiseks. Kui ettevõttes käideldakse palju erinevaid kemikaale, on otstarbekas need omaduste alusel grupeerida ja hinnata iga gruppi eraldi.

Hoidlamahutid, milles rõhk on väga vähe suurem kui 1 bar, võib lugeda rõhustamata mahutiteks. Sellisteks mahutiteks on näiteks kürogeensed mahutid.

6. KRA tegemisel on vaja arvesse võtta rohkem kui ühe mahuti üheaegse

⁵ Täielik purunemine

⁶ Arvestuslik toimumissagedus

purunemise võimalust. Näiteks kui mahutid paiknevad üksteisele väga lähedal, võib ühe mahuti KVPAP kaasa tuua mitme teise mahuti purunemise. Kui sellised mahutid paiknevad ühisel vallitusosal, peab vallitusala mahtuvus olema suurem kui kõikide mahutite mahtuvus kokku. Vastasel juhul võib vallitusala kõikide mahutite purunemisel täituda ning vabanenud kemikaal üle kaitsevalli välja voolata.

7. Tootmismahutite ja reaktormahutite arvestuslik tõenäoline purunemissagedus on 10 korda suurem kui hoidlamahutitel. Nende mahutite riskanalüüsi meetodikat on kirjeldatud põhjalikult "Punases raamatus" [CPR12E].

8. Gaasiballooni täieliku purunemisega ei kaasne üldjuhul surmajuhtumeid väljapool ettevõtte piire, kuid on vaja arvestada võimaliku doominoefekti tagajärgi. Näiteks atsetüleeniballooni purunemine. Gaasiballooni täieliku purunemise arvestuslikuks toimumissageduseks võib lugeda 1×10^{-6} /a.

3.2.2 STATIONAARSED RÕHUSTAMATA MAHUTID

Kasutatakse väga erinevat tüüpi statsionaarseid rõhustamata mahuteid.

Üheseinalised rõhustamata mahutid

Üheseinalistes mahutites on ainult mahutikere vedelate kemikaalide hoidmiseks. Väliskate kas puudub või on määratud ainult mahutiseinte isoleerimiseks ja kaitsmiseks. Kaitsekate ei suuda takistada kemikaali väljavoolamist mahutiseina purunemise korral.

Üheseinalised kaitsekattega rõhustamata mahutid

Sellised mahutid koosnevad üheseinalisest esmamahutist, mida ümbritseb kaitsekate. Kaitsekate välistab esmamahuti seina purunemise korral vedeliku lekke, kuid ei takista aurude väljapääsu.

Kaitsekate ei kaitse esmamahutit plahvatuslaine ülerõhu, kildude löökide, soojuskiirguse ja madala temperatuuri eest.

Kaheseinalised rõhustamata mahutid

Sellised mahutid koosnevad sisemisest ja seda ümbritsevast välisest mahutist. Välise mahuti seinad välistavad sisemise mahuti seina purunemisel vedeliku lekke ja on suutelised kaitsma sisemist konteinerit plahvatuslaine ülerõhu (staatiline rõhuimpulss $P= 0,3$ bari ja $t= 300$ ms), kildude löökide, soojuskiirguse ja madala temperatuuri eest. Välimine mahuti ei ole ette nähtud aurude kinnipidamiseks.

Sisemise mahuti kaane ääred toetuva välismahuti seintele ning peab taluma võimalikke välismõjusid.

Täiskaitstud rõhustamata mahutid

Ka sellised mahutid koosnevad sisemisest ja seda ümbritsevast välisest mahutist. Välise mahuti seinad välistavad sisemise mahuti seina purunemisel vedeliku lekke ja auru väljapääsu, on suutelised kaitsma sisemist konteinerit plahvatuslaine ülerõhu (staatiline rõhuimpulss $P = 0,3$ bari ja $t = 300$ ms) kildude löökide, soojuskiirguse ja madala temperatuuri eest. Välimisel mahutil on oma välismõjude eest kaitsev kaas.

Kilemahutid

Vedelat kemikaali pehmest vedelikku ja auru kinnipidavast kilest tehtud sisemahutis, mis paigutatakse välimisse betoonmahutisse. Välimine mahuti peab tagama sisemise mahuti purunemisel kogu vedeliku kinnipidamise ja kontrollitud ventilatsiooni.

Rõhustamata süvendmahutid

Need on rõhustamata mahutid, mis on paigutatud maapinda tehtud süvendisse nii, et vedeliku maksimaalne tasapind mahutis on kas täielikult maapinnast allpool või maapinnaga tasa.

Maa-alused rõhustamata mahutid

Need on maasse paigutatud mahutid, mille vedelikutase on allpool maapinda ja mida katab täielikult mullakiht.

Rõhustamata mahutite KMV tüübid on esitatud tabelis 3.4 ja nende arvestuslikud tõenäolised toimumissagedused tabelis 3.5

Tähis	Vabanemise tüüp
G.1	Silmpilkne kogu mahuti sisu vabanemine a. otse ümbritsevasse õhku b. esmahutist kahjustamata välismahutisse või kaitsekesta
62	Kogu mahuti sisu vabanemine 10 minuti jooksul muutumatu kiirusega a. otse ümbritsevasse õhku b. esmahutist kahjustamata välismahutisse või kaitsekesta
63	Pidev vabanemine läbi 10cm augu. a. otse ümbritsevasse õhku b. esmahutist kahjustamata välismahutisse või kaitsekesta

Tabel 3.4

	G.1.a	G1.b	G2.a	G.2.b	G3.a	G3.b
Üheseinaline	$5 \times 10^{-6}/a$	$5 \times 10^{-6}/a$			$1 \times 10^{-4}/a$	
Üheseinaline kaitsekatega	$5 \times 10^{-7}/a$	$5 \times 10^{-7}/a$	$5 \times 10^{-7}/a$	$5 \times 10^{-7}/a$		$1 \times 10^{-4}/a$
Kaheseinaline	$1,25 \times 10^{-8}/a$	$5 \times 10^{-8}/a$	$1,25 \times 10^{-8}/a$	$5 \times 10^{-8}/a$		$1 \times 10^{-4}/a$
Täiskaitstud	$1 \times 10^{-8}/a$					
Kilemahuti	Vt märk 7					
Süvendmahuti		$1 \times 10^{-8}/a$				
Maa-alune mahuti	$1 \times 10^{-8}/a$					

Tabel 3.5

Märkused

1. Rõhumahuti põhilisteks koostisosadeks on mahuti kere, selle külge kinnitatud teenindusplatvormid, paigalduskonstruktsioonid ja armatuur. Mahuti KMV hulka arvatakse kemikaali vabanemised mahuti kere või armatuuri purunemise korral. Mahuti ühendustorustiku purunemisi on vaja hinna eraldi (vt 3.2.3)

2. Mahutid võivad paikneda nii hoones kui väljas. Hoones paikneva mahuti KMV juhtumeid kirjeldatakse 4. peatükis.

3. Hoidla mahuteid võib kasutada erineval ajal erinevate kemikaalide hoidmiseks. Kui ettevõttes käideldakse palju erinevaid kemikaale, on otstarbekas need omaduste alusel grupeerida ja hinnata iga gruppi eraldi.

4. Kürogeene mahuti on survestamata mahuti, mille sisetemperatuur on madalam kui ümbritseva keskkonna temperatuur

5. Hoidlamahutid, milles rõhk on väga vähe suurem kui 1 bar, võib lugeda rõhustamata mahutiteks. Sellisteks mahutiteks on näiteks kürogeensed mahutid.

6. KRA tegemisel on vaja arvesse võtta rohkem kui ühe mahuti üheaegse purunemise võimalust. Näiteks, kui mahutid paiknevad üksteisel väga läheda, võib ühe mahuti KVPAP kaasa tuua mitme teise mahuti purunemise. Kui sellised mahutid paiknevad ühisel vallitusosal, peab vallitusala mahtuvus olema suurem kui kõikide mahutite mahtuvus kokku. Vastase juhul võib kõikide mahutite purunemisel täituda ning vabanenud kemikaal üle kaitsevalli välja voolata.

7. Kilemahuti purunemise tõenäosus sõltub välismahuti tugevusest ja selle hindamiseks on vaja kasutada teiste mahutitüüpide andmeid.

8. Maa-aluses survestamata mahutis on vedeliku tase maapinnast allpool. Seega võib sellisest mahutist kemikaal vabaneda väljapurske või aurustumise teel.

3.2.3 TORUSTIK.

Käesolevas alljaotises tähistab mõiste torustik rajatisesiseseid tootmisprotsessis osalevaid ja rajatise ühendavaid maapealseid torusid. Kemikaalide transportimiseks kasutatavad maa-alused torujuhtmed nende hulka ei kuulu. Kemikaali ettevõtte torustikust vabanemise tüübid ja vabanemise tõenäosus on esitatud tabelites 3.6 ja 3.7.

Tähis	Vabanemiste tüüp
G.1	Toru täielik rebenemine Kemikaali väljavoolamine katkenud toru mõlemast otsast.
G.2	Leke Vedeliku väljavoolamine toru sein tekkinud august, mille tõhus diameeter on vähemalt 10% toru nominaalläbimõõdust, kuid mitte suurem kui 50 mm.

Tabel 3.6

Torustiku osa	G.1	G.2
Toru $D < 75$ mm	$1 \times 10^{-6} / \text{m a}$	$5 \times 10^{-6} / \text{m a}$
Toru $75 \text{ mm} \leq D \leq 150$	$3 \times 10^{-7} / \text{m a}$	$2 \times 10^{-6} / \text{m a}$
Toru $D > 150$ mm	$1 \times 10^{-7} / \text{m a}$	$5 \times 10^{-7} / \text{m a}$

Tabel 3.7

Märkused

1. Tabelis 3.6 ei ole arvestatud tugevat vibratsiooni, roostetamist ning tsüklilisi temperatuurimuutusi. Kui on olemas oht, et nimetatud tegurid võivad tekitada lekke, on vaja tabelis 3.7 toodud toimumissageduste väärtusi korrutada sõltuvalt situatsioonist koefitsiendiga 3-10.

2. Torud võivad asuda nii hoones kui väljas. Hoones asuvad torud on vaatluse all 4. peatükis.

3. Toru täieliku rebenemise koht võib olla väga oluline. On vaja hinnata kolme erinevat situatsiooni.

Rebend toru alguses - rebend vahetult kõrgema rõhuga mahuti sein juures,

Rebend toru keskel - rebend asub toru keskosas,

Rebend toru lõpus - rebend toru lõpus madalama rõhuga mahuti sein juures.

Lühikeste torude (lühemad kui 20 m) ei ole täieliku rebenemise asukoht oluline. Hinnata on vaja sel juhul ainult ühte situatsiooni -rebend toru alguses

4. Pikkade torude puhul on vaja hinnata kemikaali vabanemise ohte kogu toru pikkuses, valides võimalikud vabanemiskohad üksteisest 50 m kaugusel.

5. Ühendusäärikute purunemine on arvestatud tabelis 3.7 toru purunemise toimumissageduses. Toru pikkuseks on vaja sel juhul võtta 10 meetrit.

3.2.4 PUMBAD

Tähis	Vabanemiste tüüp
G.1	Täielik purunemine Pumba kõige jämedama ühendustoru täielik rebenemine
G.2	Leke Vedeliku väljavoolamine pumba seina tekkinud august, mille tõhus diameeter on vähemalt 10% toru nominaalläbimõõdust , kuid mitte suurem kui 50 mm.

Tabel 3.8

Pumba tüüp	G.1	G.2
Lihtpumbad	$1 \times 10^{-4} / \text{a}$	$5 \times 10^{-4} / \text{a}$
Teraskattega pumbad	$5 \times 10^{-5} / \text{a}$	$2,5 \times 10^{-4} / \text{a}$
Kookonpumbad	$1 \times 10^{-5} / \text{a}$	$5 \times 10^{-5} / \text{a}$

Tabel 3.9

3.2.5 SOOJUSVAHENDAJAD

Tootmises kasutatakse põhiliselt kolme tüüpi soojusvahendajaid:

- kütetorud ohtliku kemikaalis mahutis.
- ohtlik kemikaal asub torudes , mida ümbritseb ühine kaitsekate.

Kaitsekate on arvestatud töörohule, mis on kõrgem kui torus voolava ohtliku kemikaali rõhk.

- ohtlik kemikaal asub torudes, mida ümbritseb ühine kaitsekate.

Kaitsekate on arvestatud töörohule, mis on madalam kui ohtliku kemikaali rõhk torus.

Tähis	Vabanemise tüüp
G1	Kogu ohtliku kemikaali silmpilkne vabanemine
G2	Kogu mahuti sisu vabanemine 10 minuti jooksul muutumatu kiirusega
G3	Pidev kemikaali vabanemine läbi augu, mille tõhus läbimõõt on 10 mm
G4	Kümne toru üheaegne täielik rebenemine
G5	Ühe toru üheaegne täielik rebenemine
G6	Leke Vedeliku väljavoolamine toru seina tekkinud august, mille tõhus diameeter on vähemalt 10% toru nominaalläbimõõdust , kuid mitte suurem kui 50 mm.

Tabel 3.10

Vahendaja tüüp	G1	G2	G3
Kütetorud ohtliku kemikaali mahutis	$5 \times 10^{-5} / \text{a}$	$5 \times 10^{-5} / \text{a}$	$1 \times 10^{-3} / \text{a}$
	G4	G5	G6
Kaitsekatte töörohk kõrgem kui kemikaalil	$1 \times 10^{-5} / \text{a}$	$1 \times 10^{-3} / \text{a}$	$1 \times 10^{-2} / \text{a}$
Kaitsekatte töörohk kõrgem kui kemikaalil	$1 \times 10^{-6} / \text{a}$		

Tabel 3.11

Märkused

1. Kemikaali vabanemine toimub otse ümbritsevasse õhku
2. Soojuskandja saastumine ohtliku kemikaaliga ei too kaasa täiendavaid ohte
3. On vaja arvestada ka ühendustorude purunemise riske.

3.2.6 KAITSEKLAPID

Kaitseklapi kontrollimatu avanemise korral vabaneb rõhu all olev kemikaal otse ümbritsevasse keskkonda ainult siis, kui kaitseklapp on ühenduses ohtliku kemikaaliga.

Tähis	Vabanemise tüüp
G1	Kemikaali vabanemine läbi kaitseklapi tehniliselt maksimaalsel kiirusel

Tabel 3.12

Kaitseklapp	G1
	$2 \times 10^{-5} / a$

Tabel 3.13

3.2.7 KEMIKAALI VABANEMINE LAHOONES

Laohoones võib ohtlik kemikaal kas pakendi purunemisel või tulekahju korral. Kemikaali lahoonest vabanemise tüübid ja vabanemise tõenäosus on esitatud tabelites 3.14 ja 3.15.

Täpsemalt on kemikaalide lahoonest vabanemist kirjeldatud viites [CPR15].

Tähis	Ohtlik juhtum
G1	Tahked kemikaalid: mürgise peene tolmu laialilevimine pakendiühiku purunemise korral
G2	Vedelad kemikaalid: mürgise vedeliku laialilevimine pakendiühiku purunemise korral
G3	Tulekahju laos : mürgiste mittepõlevate osakeste ja mürgiste põlemisproduktide laialilevimine

Tabel 3.14

Laohoone tüüp	G1	G2	G3
1. ja 2. kaitseastmega lahooned	$1 \times 10^{-3} / p.ü.k$	$1 \times 10^{-3} / p.ü.k$	$8,8 \times 10^{-4} / a$
3. kaitseastmega lahooned	$1 \times 10^{-3} / p.ü.k$	$1 \times 10^{-3} / p.ü.k$	$1,8 \times 10^{-4} / a$

p.ü.k - käideldud pakendiühiku kohta.

Tabel 3.15

3.2.8 LÕHKEAINELAOD

Lõhkeainelao suurõnnetuse ohuga juhtumid ja nende tõenäoline toimumis-sagedus on esitatud tabelites 3.16 ja 3.17.

Tähis	Ohtlik juhtum
G1	Mass-plahvatus laos
G2	Tulekahju

Tabel 3.16

Rajatis	G1	G2
Lõhkeaineladu	$1 \times 10^{-5} / \text{a}$	vt märkus 1

Tabel 3.17

Märkused :

1. Kui tulekahju korral on laos võimalik mass - plahvatus, tuleb hinnata juhtu-mit kui plahvatust, kui plahvatus ei ole tõenäoline, tuleb hinnata juhtumit kui tulekahju.

2. Plahvatuse korral on vaja hinnata ka võimalikke kaasnevaid plahvatusi ning tule laialipaiskumise ohtu.

3. Põhjalikumalt on lõhkeaineladude ohutuse küsimusi käsitletud alljärgnevatel viidetes:

- NATO sõjaväe lõhkeaineladude ja lõhkeainete ohutu käitlemise käsiraamat [AC 258].
- Liitlastrükis " Lahingumootorid ja nende transportimine " [AASTP-1]
- " Roheline ohutusraamat " [CPR16].

3.2.9 TRANSPORDIVAHENDITE TÜHJENDAMINE JA TÄITMINE ETTEVÕTTES

Ohtlike kemikaale käitlevas ettevõttes võib toimuda nii paakautode, raudteet-sisternide või tankerite tühjendamine kui täitmine. Kemikaali vabanemine võib toimuda nii täitmise või tühjendamise ajal kui ka ohtlike välismõjude toimimisel.

3.2.9.1 PAAKAUTOD JA RAUDTEETSISTERNID

Võimalikud kemikaali liikuvatest mahutitest vabanemise juhtumid ja nende tõenäoline toimumissagedus on esitatud tabelites 3.18 ja 3.19. Hindamisel on vaja arvesse võtta rõhumahuti ja rõhustamata mahuti erinevusi.

Tähis	KMV juhtum
G.1	Silmpilkne kogu mahuti sisu vabanemine
G.2	Pidev kemikaali vabanemine läbi kõige suurema läbimõõduga ühendusava (kui mahuti on osaliselt täidetud vedelikuga, hinnatakse vedeliku väljavoolamist läbi kõige suurema vedelikuosa ühendusava
L.1a	Laadimisseadme ühendusvooliku täielik rebenemine. Kemikaali väljavoolamine vooliku mõlemast rebenenud otsast.
L.2a	Laadimisseadme ühendusvooliku leke. Kemikaali vabanemine läbi lekkekoha, mille tõhus läbimõõt on 10% vooliku läbimõõdust, maksimaalselt 50 mm.
L1b	Laadimisseadme ühendustoru täielik rebenemine. Kemikaali väljavoolamine vooliku mõlemast rebenenud otsast.
L.2b	Laadimisseadme ühendustoru leke. Kemikaali vabanemine läbi lekkekoha, mille tõhus läbimõõt on 10% vooliku läbimõõdust, maksimaalselt 50 mm.
E.1	Löök
S.1	Liikuva mahuti sattumine tulle

Tabel 3.18

Mahuti	G.1	G.2	L.1a	L.2a	L.1b	L.2b	E.1	S.1
survestamata	$5 \times 10^{-7}/a$	$5 \times 10^{-7}/a$	$4 \times 10^{-6}/h$	$4 \times 10^{-5}/h$	$3 \times 10^{-8}/h$	$3 \times 10^{-7}/h$	Märkus1	Märkus2
survestatud	$1 \times 10^{-5}/a$	$5 \times 10^{-7}/a$	$4 \times 10^{-6}/h$	$4 \times 10^{-5}/h$	$3 \times 10^{-8}/h$	$3 \times 10^{-7}/h$	Märkus1	Märkus2

Tabel 3.19

Märkused:

1. Välisete löökide oht paakautode ja raudteetsisternide pihta ettevõtte territooriumil sõltub ettevõtte tootmisprotsessi ja ettevõttesisese transpordiskeemi iseärasustest. Taoliste riskide hindamise meetodikat on kirjeldatud selle ohutusraamatu teises osas. Reeglina, kui on võtud kasutusele paakautode ja raudteetsisternide takistustega kokkupõrkeohtu vähendavad tõhusad meetmed (näiteks liikumiskiiruse piirangud), võib paakautode ja raudteetsisternide purunemise väliste löökide mõjul KRA-st välja jätta.

2. Intensiivne põleng mahuti all võib kaasa tuua kogu mahuti sisu silmapikse vabanemise. Mahutialuse põlengu põhjusteks võib olla:

a) Ühendusseadmete lekkest sama mahuti alla mahavoolanud tuleohtliku kemikaali süttimine. See võib juhtuda ainult tuleohtlike kemikaalide transportimiseks kasutatavate paakautode ja raudteetsisternidega. Mahuti intensiivsesse tulle sattumise arvestuslikuks toimumissageduseks võib lugeda survestamata mahutite jaoks

$1 \times 10^{-6}/a$ astas ja rõhumahutite jaoks $1 \times 10^{-5}/a$ astas.

b) Põleng mahuti läheduses. Sellise põlengu arvestusliku toimumissageduse väljaarvutamisel on vaja arvesse võtta ettevõtte tootmisprotsessi ja ettevõttesisese transpordiskeemi iseärasusi. Taoliste riskide hindamise meetodikat on kirjeldatud selle ohutusraamatu teises osas.

3. Siin on kirjeldatud suurte mahutitega paakautode ja raudteetsisternide võimalikke KMV juhtumeid. Sageli veetakse ettevõtte territooriumil ka ohtlikke kemikaale väikemahutites või väikepakendites (näiteks gaasiballoonid). Väikepakendite ja väikemahutite KMV juhtumite ettevõtte KRA-sse lülitamise vajadust tuleb iga kord hinnata lähtudes ettevõtte tootmisprotsessi ja ettevõttesise transpordiskeemi iseärasustest. Seejuures on vaja kindlasti arvestada võimalikku dominoefekti.

3.2.9.2 TANKERID

Sadamas võib tankerist ohtlik kemikaal vabaneda tankeri täitmise või tühjendamise ajal või välismõju tagajärjel tekkinud vigastus puhul. Võimalikud kemikaali liikuvatest mahutitest vabanemise juhtumid ja nende tõenäoline toimumissagedus on esitatud tabelites 3.20 ja 3.21.

Tähis	KMV juhtum
L.1	Laadimisseadme ühendustorutäielik rebenemine. Kemikaali väljavoolamine vooliku mõlemast rebenenud otsast.
L.2	Laadimisseadme ühendustoru leke. Kemikaali vabanemine läbi lekkekoha, mille tõhus läbimõõt on 10% vooliku läbimõödust, maksimaalselt 50 mm.
E.1	Väline löök , suur leke - gaasitanker pidev pihkumine, 180 m ³ 1800sek jooksul - gaasitanker (jahutatud gaas) pidev pihkumine , 126 m ³ 1800sek jooksul - üheseinaline vedelkemikaali tanker pidev väljavool, 75 m ³ 1800sek jooksul - kaheseinaline vedelkemikaali tanker pidev väljavool, 75 m ³ 1800sek jooksul
E.2	Väline löök , väike leke - gaasitanker pidev pihkumine, 90 m ³ 1800sek jooksul - gaasitanker (jahutatud gaas) pidev pihkumine, 32 m ³ 1800sek jooksul - üheseinaline vedelkemikaali tanker pidev väljavool, 30 m ³ 1800sek jooksul - kaheseinaline vedelkemikaali tanker pidev väljavool, 20 m ³ 1800sek jooksul

Tabel 3.20

Tanker	L.1	L.2	E.1	E.2
Üheseinaline	$6,5 \times 10^{-5} / 1$	$6 \times 10^{-4} / 1$	$0,1 \times f_0$	$0,2 \times f_0$
Kaheseinaline	$6,5 \times 10^{-5} / 1$	$6 \times 10^{-4} / 1$	$0,006 \times f_0$	$0,0015 \times f_0$
Gaasitanker (jahutatud gaas)	$6,5 \times 10^{-5} / 1$	$6 \times 10^{-4} / 1$	$0,025 \times f_0$	$0,000125 \times f_0$

Tabel 3.21

Sadama ohtlike õnnetust arvestuslik baassagedus $f_0 = 6,7 \times 10^{-11} \times T \times t \times N$, kus T- sadamas aasta jooksul sildunud laevade arv, t- laadimistsükli keskmine kestus [h] ja N-laadimistsüklike arv aastas.
l/ - juhtumite arv ühe laadimise kohta.

Märkused:

1. Välislöökide sageduse kindlaksmääramisel on vaja lähtuda sadama iseärasustest. Tanker võib saada ohtliku löögi, kui põrkab sadamas kokku teise alusega. Kui tegemist väikesadamaga, võib välilöögi riski hindamise KRA-st välja jätta. Suuremates sadamates kasutatakse välislöögi arvestusliku toimumissageduse kindlaksmääramisel sadama kokkupõrgete arvestuslikku baassagedust $f_0 = 6,7 \times 10^{-11} \times T \times t \times N$, kus T- sadamas aasta jooksul sildunud laevade arv, t- laadimistsükli keskmine kestus [h] ja N-laadimistsüklite arv aastas.

2. Kui laadimisseades on kasutusel mitu ühendustoru, tuleb arvestada, et kõik torud rebenevad üheaegselt.

LISA 3.A

KOMMENTAARID

3.A.1 KMV JUHTUMID, MIDA TULEB LÜLITADA ETTEVÖTTE KVANTITATIIVSESSE RISKIANALÜÜSI

Riskianalüüsi on vaja lülitada ainult need KMV juhtumid, millega võivad kaasneda individuaalsed ja/või grupiriskid. See tähendab seda, et ettevõtte võimalik KMV tuleb lülitada kvantitatiivsesse riskianalüüsi ainult siis, kui on täidetud mõlemad tingimused:

1) Vabanemise tõenäoline toimumissagedus on võrdne või suurem väärtusest 10-8/aastas.

2) Vabanemisega võivad 1% tõenäosusega kaasneda surmajuhtumid ettevõtte piirist väljaspool või veeteel.

Need tingimused on võetud viitest [IPO]. Kuid on vaja ära märkida üks muudatus, mis on selles juhendis tehtud. Viites [IPO] oli nõue, et KRA-sse on vaja lülitada KMV juhtumid, mille toimumissagedus on suurem kui 10^{-8} / aastas ja vabanemisega kaasneb lähedalasuvas asumis 1% inimeste hukkamise tõenäosus. Seega sõltus sellise määratluse korral ettevõtte ohuala välispiiri kontuur asumite paiknemisest ettevõtte ümber. Kuid võib juhtuda, et ettevõtte ümber asumid puuduvad. Siis puudub ka vajadus joonistada välja ettevõtte ohuala välispiir. Käesolevas juhendis on lähtutud mitte asumist, vaid vabanemise ohtlike väljundite parameetritest (vabanemisega võivad 1% tõenäosusega kaasneda surmajuhtumid ettevõtte piirist väljaspool või veeteel). See määratlus on suhteliselt hästi kooskõlas igapäevaste kogemustega. Vabanemise arvestuslik sagedus 10^{-8} / aastas vastab ettevõtete suurõnnetuste sagedusele 10^{-5} - 10^{-7} / aastas.

3.A.2 ANDMED RIKETE KOHTA

3.A.2.1. ÜLDALUSED

Andmed rikete kohta olid selle peatükis võetud viitest [IPO]. Selle viite andmed omakorda põhinevad suuremas osas uuringutel, mida tehti COVO projekti raames [COVO81]. Viimaste aastate täiendavad uuringud näitavad, et mõnedes süsteemides on rikete sagedus suurem kui COVO uuringu tulemustes. Peab tähendama, et rikete toimumissageduste täpsustamiseks on vaja uusi väga suuremahulisi ja aegavõtvaid uuringuid. Kuna need uuringud ei ole lõppenud, on käesolevas juhendis kasutatud [IPO] andmeid.

Rikete toimumissagedus ei kajasta otseselt ettevõtte ohutusüsteemi kvaliteeti. On olnud palju erinevad (ka rahvusvahelisi) ettevõtte ohutusüsteemi kvaliteedi ja rikete sageduse omavaheliste seoste hindamise projekte. Kahjuks ei ole ükski projekt tänaseni andnud usaldusväärset ja objektiivset metoodikat nende seoste hindamiseks.

3.A.2.2 RÕHUMAHUTID

Rõhumahutite ohtlike rikete baassageduse väärtuseks võib võtta 1×10^{-6} /aastas. See väärtus on usaldusväärne hoidlate rõhumahutite jaoks (puudub vibratsioon, roostetamine ja tsüklilised temperatuurimuutused). Tootmisprotsessi kaasatud rõhumahutite ohtlike rikete toimumissageduse arvestuslik väärtus üks järk suurem - 1×10^{-5} /aastas.

Väikeste lekete (augu läbimõõt 10 mm) toimumissagedus on kümme korda suurem kui suurte raskete tagajärgedega lekete korral.

Kuna mahuti kogu sisu silmapikse vabanemise korral ei ole ohuala mitte alati kõige suuremate mõõtmetega, loetakse katastroofiliseks kogu mahuti sisu pidevat vabanemist 10 minuti jooksul. Eelnevates mudelites loeti selleks kemikaali vabanemist läbi augu, mille läbimõõt on 50 mm või vabanemist, mille kestus on kümme minutit. Lihtsustamise mõttes on käesolevas juhendis loetud katastroofiliseks vabanemist, mille puhul väljub kogu mahuti sisu püsiva kiirusega 10 minuti jooksul.

Gaasiballooni rebenemise sagedus on võtud võrdseks rõhumahuti katastroofilise rikke sagedusega. Gaasiballooni plahvatuse arvestuslikuks sageduseks on loetud viites [AM94] 9×10^{-7} /aastas.

3.A.2.3 RÕHUSTAMATA MAHUTID

Rõhustamata mahutite rikete arvestuslikud sagedused on välja töötatud eksperthinnangute alusel.

Rõhustamata üheseinaliste mahutite katastroofiliste rebenemiste baassagedus on ekspertide hinnangul on 10 korda suurem kui rõhumahutite rikete sagedus ja selle väärtuseks loetakse 1×10^{-5} /aastas.

Väikeste lekete (augu läbimõõt 10 mm) on kümme korda suurem kui suurte raskete tagajärgedega lekete toimumissagedus.

Erinevad kaitsemeetmed mõjutavad oluliselt rõhustamata mahutite rebendite sagedust:

a) Kaitsekattega rõhustamata mahuti rebendite baassagedus on ekspertide hinnangul kuni 5 korda väiksem - 2×10^{-6} . See põhineb oletusel, et 50% juhtudel jääb väline kaitsekate vigastamata ning kemikaal ei pääse ümbritsevasse keskkonda. Kaitsekatte katastroofilise rebendi sageduseks loetakse 1×10^{-6} /aastas.

b) Kaheseinaliste rõhustamata mahutite rebenemise arvestuslik sagedus on 80 korda väiksem kui üheseinalistel mahutitel - $1,25 \times 10^{-7}$ /aastas. Ekspertid on arvamusel, et sisemahuti rebenemiste korral on välismahuti samaaegse rebendi tõenäosus 20%. Järelikult võib öelda, et 80% sisemahuti rebenemistest on tõenäoliselt sellised, et kemikaal jääb vigastamata välismahutisse.

c) Täiskaitstud rõhustamata mahuti rebenemise arvestuslik sagedus on ekspertide hinnangul 1×10^{-8} aastas.

d) Maa-aluse mahuti rebenemise arvestuslik sagedus on ekspertide hinnangul võrdne täiskaitstud mahutiga - 1×10^{-8} aastas. Süvendmahuti rebendi korral rebendiga kaasneb kemikaalilombi aurustumine, maa-aluste mahutite korral saab olla tegemist ainult kemikaaliaurude sattumisega otse mahutist otse ümbritsevasse õhku.

Sisemahutite väikeste lekete (augu kaudu, mille läbimõõt on 10 mm) arvestuslikuks sageduseks loetakse kõikide rõhustamata mahutite jaoks 1×10^{-4} /aastas.

Nagu rõhumahutite puhul, kasutatakse ka rõhustamata mahutite rebendite korral mudelit, mis eeldab, et kogu mahuti sisu väljub mahutist püsikiirusega 10 minuti jooksul.

Mahuti rebenemist ei arvestata riskianalüüsi koostamisel, kui rebenemise arvestuslik sagedus on väiksem kui 1×10^{-8} /aastas.

Kürogeense mahuti purunemisel langevad selle tükid mahuti sisse. Sellega kaasneb jahutatud vedeliku intensiivsem aurustumine. Kuna protsess on väga keerukas, ei võeta seda täiendavat aurustumist ettevõtte KRA koostamisel arvesse.

3.A.2.4 TORUSTIK

Toru rebenemise arvestuslikuks sageduseks võib viite [COVO81] alusel lugeda

Toru läbimõõt [mm]	Sagedus	
	tunnis aasata kohta [1/ m h]	aastas meetri kohta [1/ m a]
D? 50 mm	1×10^{-10}	$8,8 \times 10^{-7}$
50 < D ? 150	3×10^{-11}	$2,6 \times 10^{-7}$
D > 150	1×10^{-11}	$8,8 \times 10^{-8}$

Tabel 3.A.1

Viites [HU92] on toru rebenemise arvestuslik sagedus torudele, mille läbimõõt on 50-250mm, esitatud kui toru läbimõõdu funktsioon:

$\text{Log (rebendid meetri kohta aastas)} = - (0,0064 * D[\text{mm}] + 5,56)$.

Kasutades seda valemit, on toru rebendi arvestuslikud sagedused järgmised:

Toru läbimõõt [mm]	Sagedus
	aastas meetri kohta [1/ m a]
D = 50 mm	$1,3 \times 10^{-6}$
D = 75 mm	$9,1 \times 10^{-7}$
D= 150 mm	$3,0 \times 10^{-8}$
D = 250 mm	$6,9 \times 10^{-8}$

Tabel 3.A.2

Nagu näha, erinevad tabelites esitatud andmed omavahel ning erinevad ka tabeli 3.7 andmetest.

Tabeli 3.7 andmed on võetud viitest [IPO], kuid seejuures on muudetud toru läbimõõdu alumist piiri, asendades 50mm väärtusega 75 mm.

Ohtlik leke (augu läbimõõt 5-15 mm) sõltub toru läbimõõdust.

Uuringu COVO andmed [COVO81]

Toru läbimõõt [mm]	Lekke sagedus
$D \leq 50$ mm	lekke sagedus = 10 x rebenemise sagedus
$50 < D \leq 150$	lekke sagedus = 20 x rebenemise sagedus
$D > 150$	lekke sagedus = 30 x rebenemise sagedus

Tabel 3.A.3

$\text{Log (lekkes meetri kohta aastas)} = - (0,0026 * D[\text{mm}] + 5,52)$.

Kasutades seda valemit, on toru lekete arvestuslikud sagedused järgmised:

Viite [HU92] andmed

Toru läbimõõt [mm]	Lekke sagedus
D = 50 mm	lekke sagedus = 2,7 x rebenemise sagedus
D = 75 mm	lekke sagedus = 3,3 x rebenemise sagedus
D = 150 mm	lekke sagedus = 6,5 x rebenemise sagedus
D = 250 mm	lekke sagedus = 15,5 x rebenemise sagedus

Tabel 3.A.4

Tabelis 3.7 on viite [IPO] alusel loetud, et lekke (augu läbimõõt 0,1 toru läbimõõdust) arvestuslik sagedus on 5 korda suurem kui rebendi sagedus.

3.A.2.5 PUMBAD

Viites [IPO] ei ole pumpade rikkeid hinnatud. Uuringus COVO on pumpade purunemise sageduseks võetud $1 \cdot 10^{-4}$ /aastas. See sagedus on tabelis 3.9 võetud lihtpumpade purunemise sageduseks. Täiendavate kaitsevahenditega pumpade purunemise sagedused on tuletatud eksperthinnangute alusel. Need sagedused on keskmised ja ei arvesta erinevat tüüpi pumpade eriärasusi. Pumba purunemiseks on loetud kõige jämedama pumba ühendustoru täielik purunemine kere külge kinnitamise kohas.

3.A.2.6 SOOJUSVAHENDAJAD

Soojusvahendajaid ei ole viites [IPO] hinnatud. Selles juhendis esitatud sagedused on tuletatud eksperthinnangute alusel.

Nii nagu ka rõhumahutite puhul, loetakse soojusvahendi, milles ohtlik kemikaal ümbritseb küttetorusid, purunemiseks sellist soojusvahendaja mahuti kere vigastust, mille puhul kogu mahutis olev ohtlik kemikaal vabaneb 10 minuti jooksul.

Soojusvahendajates, kus ohtlik kemikaal voolab mööda torusid, loetakse, et samaaegselt 10 toru üheaegse purunemisega, puruneb ka soojusvahendaja väliskate ning ohtlik kemikaal satub otse ümbritsevasse keskkonda.

3.A.2.7 KAITSEKLAPID

Kaitseklappide rikete sagedused on tuletatud eksperthinnangute alusel.

3.A.2.8 LAOHOONED

Andmed KMV kohta laohoonetes on võetud viitest [CPR15].

3.A.2.8 PAAKAUTOD JA RAUDTEETSISTERNID ETTEVÕTTE TERRITOORIUMIL

Ohtlike kemikaalide vedamiseks kasutatavate paakautode ja raudteetsisternide vigastuste arvestuslikud sagedused on tuletatud eksperthinnangute alusel.

Transpordivahendite purunemiseks loetakse sellist vigastust, mille puhul silmapilkselt vabaneb kogu mahutis olev kemikaal. Erinevalt statsionaarsetest mahutitest, ei eristata transpordivahendite mahutite purunemisel silmapilkselt vabanemist ja vabanemist 10 minuti jooksul, kuna viimast hinnatakse laadimis-seadmete purunemise sageduse kindlaksmääramisel.

Transpordivahendite rõhumahutite purunemise arvestuslikuks sageduseks on käesolevas juhendis võetud 5×10^{-7} /aastas. See on kaks korda väiksem kui statsionaarsete mahutite purunemise sagedus. Eksperdid on arvamusel, transpordivahendite rõhumahutite konstrueerimisel on võetud kasutusele täiendavaid ohutusmeetmeid vibratsiooni ja kokkupõrgete mõju vähendamiseks.

Transpordivahendite rõhustamata mahutite purunemise arvestuslikuks sageduseks on võetud 1×10^{-5} / aastas, mis on võrdne üheseinaliste rõhustamata mahutite purunemise arvestusliku sagedusega.

Kui transpordivahendite mahutis on tuleohtlik kemikaal, on arvestatud täiendavalt vabanemisjuhtumit S1, mis hõlmab mahuti purunemist, sellele järgnevat kogu mahutis olnud kemikaali mahavoolamist ja mahavoolanud kemikaali süttimist. Sellise juhtumi arvestuslikuks sageduseks on võetud rõhumahutite jaoks 1×10^{-6} / aastas ja rõhustamata mahutite jaoks 1×10^{-5} / aastas.

Kemikaalide laevade mahutitest vabanemise arvestuslikud sagedused on võetud viidetest [KO 22.5] ja [IPORBM].

4. KEMIKAALIDE VABANEMISE JA HAJUMISE MUDELID

4.1 SISSEJUHATUS

Peale seda, kui eelmises peatükis on hinnatud võimalikke kemikaali vabanemise variante, saab nüüd kindlaks määrata kemikaali vabanemise ja hajumise parameetrid.

Kemikaali vabanemise ja hajumise mudeleid on põhjalikult kirjeldatud „Kollases raamatus” [CPR 14E]. Seal on vaadeldud erinevaid mudeleid:

väljavoolamine ja laialipritsimine,
lombi aurustumine,
aurupilve hajumine,
juga ja koonal,
tiheda gaasipilve hajumine,
gaasipilve plahvatus,
põlengu soojusvoog,
mahuti purunemine.

„Kollase raamatu” mudelite aluseks on põhjalikud teaduslikud uuringud ja need on koostatud nii, et neid oleks lihtne praktikas kasutada. Seepärast soovitatakse neid kasutada KRA koostamisel.

Hollandis on kasutusel erinevad arvutiprogrammid, mille abil on võimalik hinnata ohtlike kemikaalide käitlemisega seotud riske. Lisaks nendele on teadlased välja töötanud palju keerulisemaid mudeleid. Seepärast võib kvantitatiivse riskianalüüsi koostamisel kasutada lisaks „Kollase raamatu” mudelitele ka teisi mudeleid, kuid nende kasutajal peab olema mudelite keerukusele vastav teaduslik ettevalmistus.

Viites [CPR14E] on iga võimaliku KMV juhtumi jaoks valitud kõige usaldusväärsem mudel, mille alusel saab välja arvutada kemikaalivabanemise parameetrid erinevate lähteandmete jaoks. Käeolev peatükk näitab, kuidas siduda omavahel eelmises peatükis kirjeldatud kemikaali mahutist vabanemise tüüpilisi juhtumid vabanemise protsessi parameetrite väljaarvutamise mudelitega.

4.2 KEMIKAALIDE OMADUSED

Kemikaali vabanemise protsessi parameetrite väljaarvutamiseks on vaja erinevaid kemikaalide füüsilisi parameetreid, mida võib leida erialakirjandusest ja andmebaasidest, näiteks:

„ Kollane raamat” [CPR14E] ,

DIPPR andmebaas [DIPPR],
 Perry et al [Pe84]
 Reid et al. [Re84],
 Yaws [YA77]

4.3 KEMIKAALI MAHUTIST VÄLJAVOOLAMISE MUDELID

Peatükis 2 kirjeldati kvantitatiivses riskianalüüsis kasutatavaid kemikaali mahutist vabanemise tüüpilisi juhtumeid. „Kollases raamatus“ on iga sellise vabanemise jaoks esitatud mudel. Kuid riskianalüüsi koostajal on õigus kasutada ka teisi mudeleid. Tabelis 4.1 on näidatud erinevate vabanemisjuhtumite ja arvutusmudelite seos.

Vabanemisjuhtum	Rajatis, seade	Mudel
Silmapilkne	stационаarne mahuti paakauto raudteetsistem	purunenud mahuti -gaas: ei segune laialilevimise ajal -vedelik: laialivalguv lomp
Pidev vabanemine	stационаarne mahuti paakauto raudteetsistem tankerid	auk mahuti seinas (pilu)
Toru täielik purunemine	tootmisprotsessi torustikud ettevõtte ühendustorustik laadimisvoolikud laadimistorustik	täielikult rebenenud toru
Leke	tootmisprotsessi torustikud ettevõtte ühendustorustik laadimisvoolikud laadimistorustik	väljavoolamine läbi väikese augu (pilu)
Mittepõlevate mürgiste osakeste ja mürgiste põlemisproduktide sattumine õhku	laohooned	Vt [CPR15]
Pakendiühiku sisu paiskumine õhku peene tolmana	laohooned	Vt [CPR15]
Vedeliku laialivoolamine pakendiühikust	laohooned	Vt [CPR15]
Kaitseklapp	all	ümmargune auk mahuti seinas
Lombi aurustumine	mahuti	lombi aurustumine
Tootmisprotsessi juhtumid	mahuti	erimudelid
Vabanemine hoones	toru, mahuti	Vt alljaotist 4.6.3

Tabel 4.1

Märkused:

1. „Kollane raamat“ ei kirjelda kokkusurutud gaasi täiesti täis mahuti täielikku purunemist ja mittekeevat vedelikku täiesti täis mahuti täielikku purunemist. Juhtum *kokkusurutud gaasi mahuti täielik purunemine* tähendab seal seda, et

mahutist vabanenud gaasipilv hakkab hajuma algrõhult isentroopselt atmosfäärirõhule ilma õhuga segunemata. Juhtum mittekeeva vedelikuga täidetud mahuti täielik purunemine tähendab seda, et väljavoolanud vedelikust moodustub maapinnal laialivalguv lomp.

2. Kemikaali pideva transpordivahenditest vabanemise modelleerimisel on aluseks võetud piklik pilukujuline auk mahuti seinas. Kui tühjenemiskoeffitsienti C_d ei ole võimalik täpselt välja arvutada, võetakse koeffitsiendi arvestuslikuks väärtuseks $C_d = 0,62$.

3. Kemikaali laadimisvoolikutest ja laadimisseadmete torustikust väljavoolamise modelleerimisel on aluseks võetud kemikaali pideva kiirusega vabanemine läbi rebendi toru alguses. Kui tühjenemiskoeffitsienti C_d ei ole võimalik täpselt välja arvutada, võetakse koeffitsiendi arvestuslikuks väärtuseks $C_d = 0,62$.

4. Kui tegemist on toruseina täieliku rebenemisega ja mudelis ei ole välja arvatud tühjenemiskoeffitsient D_d , tuleb koeffitsiendi arvestuslikuks väärtuseks võtta $C_d=1,0$.

5. Kui puuduvad täpsed andmed torude füüsiliste parameetrite kohta, tuleb lugeda, et

torus puuduvad painded,
toru siseseinad on siledad, karedus ei ole suurem kui 45 μm .

6. Kemikaali kaitseklapist vabanemise kiirus sõltub nii klapi kui ka klapiga ühendatud kemikaali ärajuhtimise torude parameetritest. Mudelis võetakse maksimaalne vabanemiskiirus.

7. Vabanemiskiirus võib olla väga erinev ning sõltub rajatisest ning KMV juhtumi tüübist. Vabanemine võib olla väga kiire (silpilmipikne) või kesta tunde, kui vabaemise peatamiseks ei võeta kasutusele vajalikke vastumeetmeid. KRA koostamisel võetakse vabanemise piirkestuseks 30 minutit. Riskide hindamisel võetakse arvesse ainult 30 minuti jooksul ümbritsevasse keskkonda vabanenud kemikaali kogust.

8. Kui normaalselt kulgeva tootmisprotsessi käigus võib mahuti sisu aeg-ajalt muutuda, hinnatakse selle mahuti jaoks erinevate kemikaalide vabanemist. Iga juhtumi jaoks kasutatakse mahuti sisule vastavat mudelit. Iga kemikaali puhul arvutatakse välja oma vabanemise arvestuslik sagedus.

9. Kui torustikes on pumbad, siis on väljavoolamise parameetrite välja arvatamisel vaja arvestada ka pumpade tootlikkuse parameetreid. Kui puuduvad

pumpade spetsifikatsioonid, loetakse, et vabanemiskiirus on 1,5 korda suurem normaalsest pumpamiskiirusest (väheneb torustiku hüdrauliline takistus).

10. Kui mahuti tühjeneb vedeliku osast, loetakse, et mahuti august voolab välja puhas vedelik. Kahefaasiliseks võib väljavoolamine muuta väljaspool mahutit.

11. Vabanemiskoht rajatises valitakse, lähtudes konkreetsest situatsioonist. Näiteks kemikaali vabanemise koha läbi kaitseklapi määrab kindlaks selle klapi asukoht. Läbi mahuti seina vabanemise modelleerimisel on vaja hinnata erinevaid augu või rebendi kõrgusi maapinnast. Lihtsustatud riskianalüüsi korral võib kasutada järgmisi määreid:

a) Valitakse üks kõige tõenäolisem vabanemise koht. Loetakse et vabanemiskoht mahuti seinas asub 1m kõrgusel maapinnast, kuid vaatamata sellele vabaneb kogu mahutis olnud kemikaal.

b) Kui mahuti on täidetud vedelikuga osaliselt, on vaja hinnata vabanemist mahuti vedelikuga täidetud osast.

c) Tootmisprotsessis võib reaktormahutites olla erinevaid kemikaale erinevates olekutes. Näiteks destilleerimisseadmes võib olla samaaegselt mürgine gaas ja tuleohtlik vedelik. Sel juhul on vaja hinnata kahte võimalikku vabanemiskohta:

mürgise gaasi vabanemine mahuti gaasosast,
tuleohtliku vedeliku vabanemine mahuti vedelikuosast.

12. Kemikaali mahutist vabanemise suund sõltub konkreetsest situatsioonist. Näiteks kaitseklapist vabaneb kemikaal reeglina mahutist otse üles. Kui vajalik teave puudub, tuleb lugeda, et kemikaal vabaneb mahutist horisontaalselt, paralleelselt tuule suunaga. Erinevuseks on maa- alused gaasitorud, millest kemikaal vabaneb vertikaalsuunas.

13. Vabaneva kemikaali teel võivad olla erinevad takistused, näiteks mullakiht või erinevad liikumist takistavad objektid. Takistuste mõju on vaja modelleerida, kui on täidetud kaks alljärgnevat tingimust :

a) Suhe L_0/L_j on väiksem kui 0,33 (L_0 - vahemaa vabanemiskoha ja takistuse vahel; L_j - vaba joa pikkus)

b) Tõenäosus P_i , et L_0/L_j on väiksem kui 0,33, on suurem kui 0,5. Vaba joa pikkuse võib leida valemist

$$L_j = 12 \times u_0 \times b_0 / u_{\text{air}} \quad (4.1)$$

kus:

u_0 - kemikaali voolukiirus joas [m/s]

b_0 - allika raadius [m]

tuule kiirus ümbritsevad õhus võetakse võrdseks 5 m/s

Kui need tingimused on täidetud, siis vabanemine, mille arvestuslik sagedus on f , jaotatakse kaheks vabanemiseks:

takistatud vabanemine sagedusega $P_i \times f$,

takistamata vabanemine sagedusega $(1 - P_i) \times f$.

Takistatud vabanemise modelleerimisel vähendatakse joa impulssi 4 korda.

4.4 PIIRANGUTEGURID

Kemikaali ümbritsevasse keskkonda vabanemist vähendavad erinevad piirangutegurid. Piirangutegurite mõju on vaja arvestada KRA tegemisel. Eristatakse tõkestamissüsteeme ja teisi piiragusüsteeme.

4.4.1 TÕKESTAMISSÜSTEEMID

Tõkestamissüsteemide ülesanne on piirata mahutist vabanenud kemikaali laialilevimist. Näiteks blokeerimisklapid, mis peatavad kemikaali liikumise süsteemis, kui gaasiandurid avastavad gaasilekke. Blokeerimisklapid võivad sulguda automaatselt või need sulgeb operaator.

Blokeerimissüsteemide tõhusus sõltub paljudest teguritest, näiteks gaasiandurite asukohast, kuidas andurid katavad kõiki tuulesuundi, andurite tundlikkusest, süsteemi reageerimiskiirusest jne.

Blokeerimissüsteemi tõrke tõenäosuseks loetakse üldjuhul 0,01 ühe kemikaalivabanemise kohta.

Kõik kasutatavad tõkestussüsteemid võib jaotada kolme gruppi:

a) Automaatsüsteemid - süsteemid, kus kemikaali avastamise ja selle levimise tõkestamine toimub automaatselt. Need süsteemid ei nõua operaatori sekkumist. Põhiparameetrid :

tõkestusklappide maksimaalne sulgumise aeg 2 minutit,

tõrke tõenäosus 0,0001 vabanemise kohta.

b) Kaugjuhitavad süsteemid – süsteemid, kus kemikaali lekke avastamine on täiesti automaatne. Kemikaali avastamise korral läheb signaal juhtimisruumi. Operaator hindab signaali ja sulgeb tõkestusklapid juhtimisruumist.

Põhiparameetrid :

tõkestusklappide maksimaalne sulgumise aeg 10 minutit,

tõrke tõenäosus 0,01 vabanemise kohta.

c) Käsisüsteemid – süsteemid, kus kemikaali lekke avastamine on täiesti automaatne. Kemikaali avastamise korral läheb signaal juhtimisruumi. Operaator hindab signaali, läheb tõkestamisklappide juurde ja sulgeb need käsitsi.

Põhiparameetrid :

tõkestusklaaside maksimaalne sulgumise aeg 30 minutit,
tõrke tõenäosus 0,01 vabanemise kohta.

4.4.2 TEISED PIIRANGUSÜSTEEMID

Lisaks tõkestussüsteemidele võib kasutada ka teisi piirangusüsteeme, nagu spinklerid tule leviku piiramiseks, veekardinad veeslahustuvate kemikaalide levimiseks õhku ja vahusüsteemid kemikaalilombi aurustumise tõkestamiseks.

KRA tegemisel võib juhtuda, et piirangusüsteemide tõhusust ei ole võimalik otse hinnata. Siis on vaja kasutada tootja andmeid, käsiraamatuid ja katsete tulemusi.

Piirangusüsteemidetõhususe hindamiseks võib kasutada alljärgnevat meetodikat:

1. Määra kindlaks süsteemi käivitumisaeg t_{eff} .
2. Määra kindlaks süsteemi tõhusus.
3. Määra kindlaks vabanemise parameetrid ajavahemikul $t = 0$ kuni $t = t_{\text{eff}}$.
4. Täpsusta vabanemise parameetreid peale $t = t_{\text{eff}}$ võttes arvesse piirangusüsteemi mõju.
5. Määra kindlaks süsteemi tõrke tõenäosus. Selleks võib kasutada „õnnetuspuu“ analüüsi. Kokkuleppeline tõrke tõenäosus on 0,05.

4.5 KEMIKAALILOMBI AURUSTUMINE

Kemikaalilombi mudeleid kirjeldab „Kollane raamat“. Nende kasutamisel ei tohi unustada, et:

Lombi laialivalgumist mõjutavad takistused ja laialivalgumise piiramiseks kasutuselevõetud meetmed. Näiteks kaitsevallid, kaldpinnad, väljavoolutorud, mis on ühendatud kogumismahutitega, jms. Taolised takistused avaldavad mõju kas kemikaalilombi mõõtmetele või lombis oleva kemikaali kogusele. KRA tegemisel on seda mõju vaja kindlasti arvestada .

Kui vedel kemikaal voolab mahutist kaitsevallitatud alale, on vaja teada selle ala parameetreid. Piisava kõrgusega vallide puhul jääb kogu kemikaal vallitatud alale ja lombi mõõtmed määravad kindlaks vallitatud ala mõõtmed. Sellisel juhul on vallitusala, mille pindala on A_{lomp} , lombi arvestuslikuks raadiuseks R_{lomp}

$$R_{\text{lomp}} = (A_{\text{lomp}} / \pi)^{1/2} \quad 4.2$$

Lombi mõõtmete ja aurustumise näitajate väljaarvutamiseks on vaja teada erinevaid lombi põhja ja väljavoolanud kemikaali füüsilisi parameetreid. KRA tegemisel kasutatavad arvestuslikud parameetrid on esitatud tabelites 4.2 ja 4.3

Pinnas	Karedustegur [m]
Niiske liivapinnas, betoon, kivisillutis, ettevõtete hoovid	0,05
Kuiv tasane liivapinnas, kruus, raudteejaama rööbastevaheline pind	0,01
Ebatasane liivapind, rohukamar, põllumaa	0,02
Väga ebatasane liivapind, täiskasvanud jäätmaad	0,03

Tabel 4.2

Erinevate lombipõhjade karedus

Materjal	λ_s [J/s m K]	(ρ_s) [kg/m ³]	$(C_{p,s})$ [J/ kg K]	(a_s) [m ² /s]
Niiskuskindel betoon	0,207	900	920	$2,5 \times 10^{-7}$
Kerge betoon	0,418	1800	920	$2,5 \times 10^{-7}$
Raske betoon	1,3	2400	920	$5,9 \times 10^{-7}$
Sillutuskivid	0,7	2000	836	$4,2 \times 10^{-7}$
Keskmine pinnas (8% niiskust)	0,9	2500	836	$4,3 \times 10^{-7}$
Kuiv liivapinnas	0,3	1600	799	$2,0 \times 10^{-7}$
Märg liivapinnas (8% niiskust)	0,6	1940	937	$3,3 \times 10^{-7}$
Puit	0,2	550	2300	$1,6 \times 10^{-7}$
Kruus	2,5	2000	1140	$11,0 \times 10^{-7}$
Teras	46,0	7840	460	128×10^{-7}

Tabel 4.3

Mõnede kemikaalide termdünaamilised parameetrid: soojusjuhtivus (λ_s), tihedus (ρ_s), erisoojus ($C_{p,s}$) ja soojus difusioon (a_s).

4.6 AURUPILVE HAJUMINE

Vabanenud kemikaali aurupilve hajumise mudeleid on kirjeldatud „Kollases raamatus“ [CPR14E].

4.6.1 GAASILISE KEMIKAALI MAHUTI GAASIOSAST VÄLJAPIHUSTUMINE JA LOMBI AURUPILVE LEVIMINE

Alajaotises 4.3 kirjeldatud KMV mudelite väljundid on aurupilve hajumisparameetrite väljaarvutamise mudelite sisenditeks. Kuna kemikaali mahutist väljavoolamise massivoolu kiirused muutuvad ajas, on vaja ka hajuva aurupilve parameetrite muutumist ajas. Mitmed erinevad ühendmudelid, mis võimaldavad seda täpselt teha, on esitatud „Kollases raamatus“.

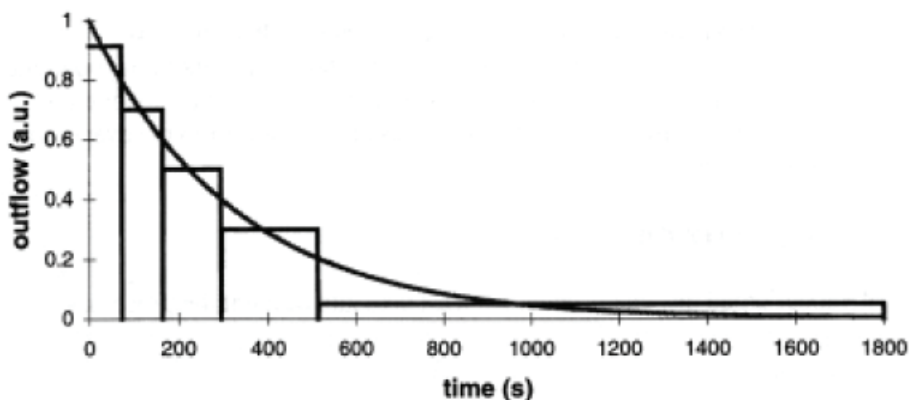
Nende mudelite kasutamine võib nõuda suuri aja- ja jõukulu. Seepärast võib kemikaali väljavoolamise jaotada reaks iseseisvateks ajavahemikeks. Iga ajavahemiku puhul on võimalik kindlaks määrata aurupilve hajumise parameetrid ajavahemiku jooksul püsiva massivoolu kiiruse jaoks. Allpool on antud

kemikaali ajas muutuva väljavoolu ajavahemikeks jaotamise juhend. On vaja pöörata tähelepanu asjaolule, et ajas muutuva väljavoolamise korral on gaasipilve hajumine väga keeruline ja järgnev on ainult üldine juhend. Iga konkreetse juhtumi jaoks on vaja leida kõige sobivam ja otstarbekam mudel.

Ajas muutuva kemikaali mahutist väljavoolamine on võimalik jagada püsiva massivoolu kiirusega ajavahemikeks, juhindudes alljärgnevast:

1. Arvuta välja mahutist 30 minuti jooksul vabaneva kemikaali mass M_{rel} .
2. Jaga 30 minutit ajavahemikeks. Ajavahemike arv N_{seg} peab olema valitud nii, et arvutused oleks võimalikult mugavad.
3. Jaga kogu vabaneva kemikaali mass ajavahemike arvuga, saades ajavahemiku jooksul vabaneva kemikaali koguse $M_{seg} = M_{rel} / N_{seg}$.
4. Määra kindlaks vabanemise kestus esimesel ajavahemikul, s.o aeg $D_{rel,1}$, mida on vaja M_{seg} vabanemiseks.
5. Arvuta välja esimese ajavahemiku väljavoolukiirus $Q_{rel,1} = M_{seg} / D_{rel,1}$.
6. Arvuta välja teiste ajavahemike parameetrid.

Joonisel 4.1 on näidatud vabanemise jaotamine viieks võrdse massiväljavooluga ajavahemikuks.



Joonis 4.1 Vabanemisprotsessi jaotamine võrdse massiväljavooluga ajavahemikeks

Arvutuste täpsuse huvides on vaja suuremat arvu ajavahemikke. Kuid praktika näitab, et viis ajavahemikku tagavad rahuldava täpsuse, hoides seejuures kokku aega ja jõukulu. Üksikute ajavahemike väljavoolamise parameetrite kindlaksmääramisel on vaja juhendada alljärgnevatest reeglitest.

1. Tuleohhtlike kemikaalide väljavoolamise tingimused loetakse võrdseks viie ajavahemiku jaotise esimese ajavahemiku tingimustega.

See tähendab, et suhteline väljavoolukiirus Q_{rel} on võrdne 20% massi väljavoolamiseks esimese ajavahemiku ajal:

$$Q_{rel} = 0,2 \times M_{rel} / D_{rel,1}$$

Kogu vabanemise kestus:

$$D_{rel} = M_{rel} / Q_{rel}.$$

2. Mürgiste kemikaalide puhul on väljavoolamise tingimused võrdsed teie ajavahemiku tingimustega. See tähendab, et:

$$Q_{rel} = 0,2 \times M_{rel} / D_{rel,2} \text{ ja } D_{rel} = M_{rel} / Q_{rel}.$$

Kui üheaegselt on tegemist aurupilve hajumisega ja lombi aurustumisega, on hajumisparameetrite väljaarvutamine keerukas.

Lisaks vabanenud kemikaali aurupilve hajumisele ümbritsevasse õhku toimub ka aurupilve edasikandmine tuulega. Seega mõjutab pilve parameetreid tuulealusel alal lisaks pilve hajumisele ka kemikaali liikuva õhuga kaasa-
haaramine.

Üldjuhul võib sel juhul kasutada kahte erinevat lähenemist :

1. Mõlemat erineva kiirusega ümbritsevasse õhku sattunud aurupilve (mahutist vabanenud aurupilv ja vedelikulombi aurustumisel moodustunud aurupilv) on vaja vaadelda kui kahte sõltumatut pahvakpilve, mida ei mõjuta eelneva või järgneva pilve parameetrid. Auru hajumine pahvakpilves toimub pilve tuulega edasikandmise käigus. Sellist lähenemist võib kasutada siis, kui lühiajalisele suure kiirusega vabanemise faasile järgneb pikemaajaline, kuid väikese kiirusega faas.

2. Mõlemat pilve vaadeldakse kui iseseisvat püsiva kiirusega vabanenud aurupilve. Iseseisva pilve tuulega edasikandmise käigus kemikaali hajumist ei toimu.

Mürgise pilve särituse ajal saadud mürgidoosi hindamisel tuleb arvestada mõlema pilve kontsentratsiooni.

Erinevatel ajavahemikel toimuva vabanemise hindamisel on vaja arvestada kõiki vabanemise faase.

1. Kui kaks vabanemist toimuvad üheaegselt (näiteks täielikult rebenenud toru mõlemast otsast), on vaja arvestada mõlemat vabanemist koos.

2. Kui kaks vabanemist on teineteisele järgnevad (näiteks lombist aurustunud aurupilv järgneb tuule poolt edasi kantud otse mahutist vabanenud pilvele), tuleb seda vaadata kui iseseisvat püsiva kiirusega vabanemist, jättes arvestamata tuule poolt edasi kantud pilve hajumise ning lugedes kogu vabanemise silmapilkseks.

3. Kui mahutist vabaneb kemikaal, nii tilkadena maha sadades kui lompi voolates, võib neid vabanemisi vaadelda kas üheaegsetena või järjestikustena. Niikaua kui vabanenud gaasipilv, millest langevad alla tilgad, on aurustuva vedelikulombi kohal, võib vabanemisi lugeda üheaegseteks ning vabanenud kemikaali mass võrdub mõlemas vabanemise masside summaga. Peale seda, kui tuul on esmase aurupilve ära kandnud, on vaja lugeda vedelikulombi aurustumist uueks vabanemisfaasiks.

4.6.2 AURUPILVE LEVIMISE MODELLEERIMINE

Mahutist väljapihustuva aurupilve parameetrite kindlaksmääramisel võib tegemist olla vähemalt ühe juhtumiga järgmise neljast:

gaasijuga,
pahvakpilv,
tiheda gaasipilve hajumine,
passiivne hajumine.

Keemilisi protsesse hajuvas aurupilves on vaja arvesse võtta ainult siis, kui need mõjutavad oluliselt hajumist ja vabanemise ohtlikke väljundeid. Näiteks polümeeriseerumine ja kemikaali ohtlik reageerimine veeauruga.

Maastiku ebataasustegur on parameeter, mis aitab hinnata maapinna ebataasuste mõju aurupilve hajumisele. Erinevate maastikuvormide keskmised ebataasustegurid on esitatud tabelis 4.4.

Suured takistused mõjutavad väga tugevasti aurupilve hajumist ja nende puhul ei ole võimalik kasutada maastiku ebataasustegureid. "Kollases raamatus" kirjeldatud mudelid ei arvesta võimalike suuremõduliste takistuste mõju, kuid seal on ära toodud mõned hajumise erijuhtumid. Seepärast on võimalik täpselt ja usaldusväärselt arvestada suurte takistuste mõju, kasutades suuremahulisi ja keerulisi arvutimudeleid (näiteks programm CDF) või katsetusi aerodünaamilises torus. Kui selleks on võimalus, on vaja takistuste mõju kvantitatiivse riskianalüüsi tegemisel hinnata kvantitatiivselt, kui selline võimalus puudub, siis kirjeldada kvalitatiivselt.

Hajumismudelites kasutatakse aurupilve maksimaalse kontsentratsiooni ja pilve laiuse väljaarvestamisel keskmist hajumisaega t_{av} , mille väärtuseks reeglina loetakse:

tuleohtlikud gaasid	$t_{av} = 20 \text{ sek}$,
mürgised gaasid	$t_{av} = 600 \text{ sek}$

Klass	Maastikuvorm	z_0
1	Veepind (vähemalt 5 km)	0,0002
2	Tasane mudane pind, lumi (puudub taimeistik ja takistused)	0,005
3	Avatud tasane maastik, rohi, üksikud eraldipaiknevad takistused	0,03
4	Madal vili, üksikud takistused $x/h > 20$ ⁽¹⁾	0,10
5	Kõrge vili, üksikud takistused $15 < x/h < 20$ ⁽¹⁾	0,25
6	Pargipuud ja –põõsad, hulk takistusi $x/h < 15$ ⁽¹⁾	0,5
7	Tihedalt paiknevad takistused (mets, äärelinn)	(1,0) ⁽²⁾
8	Kesklinn (kõrg- ja madalhoonestus)	(3,0) ⁽²⁾

Tabel 4.4

Maastikuvormide keskmised ebatasasustegurid z_0

Märkused:

- x on kaugus takistuseni ja h takistuse kõrgus.
- Need väärtused ei ole usaldusväärsed, kuna suurte takistuste jaoks ei saa z_0 arvesse võtta.

4.6.3 KEMIKAALI VABANEMINE HOONES

Mahutid ja torud võivad paikneda ka hoonetes. Hoone mõjutab kemikaali vabanemise parameetreid.

On vaja järgida järgmisi reegleid:

- Kui hoone ei ole projekteeritud vastu pidama ülerõhule, mis võib tekkida peale kemikaali vabanemist, on vaja lugeda, et vabanemine toimub otse õhku. Sellist vabanemist võib modelleerida nii, nagu hoonet ei oleks olemas.
- Kui hoone on projekteeritud vastu pidama vabanemise ülerõhule, loetakse, et hoone sees vabanenud kemikaal väljub hoonest ventilatsioonisüsteemi kaudu. Kemikaali tõenäolisteks väljumiskohtadeks on sellisel juhul ventilaatorid ja ventilatsioonivad.

Kemikaali hoonest ümbritsevasse õhku vabanemise parameetrid sõltuvad kemikaali kontsentratsioonist vabanemiskohas, hinnatava koha kaugusest hoonest ja ajast, mis on möödunud vabanemise algusest.

Kui kasutatakse lihtsamaid kemikaali hoonest vabanemise mudeleid, loetakse, et kemikaali kontsentratsioon on kogu hoones ühesugune ning muutub silmapilkselt võrdseks kemikaali kontsentratsiooniga mahutist väljavoolamise kohas. See teeb järgnevad arvutused lihtsamaks.

- Sel juhul võib lugeda, et pideva hoonest õhku vabaneva kemikaali massivoog $Q_{out}(t)$ on võrdne hoone sees paikneva mahutist vabaneva kemikaali massivooga $Q_{in}(t)$.

Pideva vabanemise korral:

$$Q_{\text{out}} = M \times F / V; \quad 4.3$$

kus:

Q_{out}	- massivoog hoonest välja,	[kg/s]
M	- vabanenud kemikaali mass,	[kg]
V	- ruumi ruumala,	[m ³]
F	- ventileerimiskiirus,	[m ³ / s]

Vabanemise kestus $t_v = M / Q_{\text{out}}$.

2. Hoone küljelt vabanemist on vaja modelleerida kui pidevat ventilatsiooniavast väljuvat tuulega risti jugavabanemist [CPR14].

3. Kui kemikaal vabaneb hoone tuulealusel küljel paikneva seinaga taga asuvasse õhu tsirkulatsioonialasse või hoone katuselt, on vaja arvestada õhupöörise mõju. Sel juhul võib massivoog välja arvutada järgmise valemi abil:

$$C_{\text{tz}} = Q_{\text{out}} / (K \times A \times u); \quad 4.4$$

kus:

Crz	- massivoog tsirkulatsioonialasse,	[kg/s]
Q_{out}	- massivoog hoonest välja,	[kg/s]
K	- hoone kuju ja suuna koefitsient,	[-]
A	- hoone esiseina tuule suunale projitseeritud pindala, [m ²]	
u	- tuule kiirus maapinnast hoone kõrgusel.	[m/s]

Koefitsient K sõltub hoone kujust ja hoone esiseina ning tuulesuuna vahelisest nurgast. Võib olla vahemikus 0,1 – 2,0. Koefitsiendi K keskmiseks väärtuseks võib lugeda $K = 1$.

Tsirkulatsiooniala pikkuseks võib lugeda kas kolmekordset hoone laiust või kolmekordset kõrgust.

Kui kemikaal vabaneb hoone katusel asuvast korstnast või püsttorust, on vaja arvestada tsirkulatsiooniala mõju. Mudeli võib leida viites [NNM98].

Märkus:

Kui hoone on varustatud suitsu väljatõmbesüsteemiga, on hoone sees süttinud tulekahju modelleerimisel vaja kasutada samu mudeleid kui laohoone tulekahju korral (vt alajagu 4.6.4). Nii kaua, kui hoone on tervik, on vaja lugeda, et kõik toksilised ained hoonest on siseõhuga homogeenelt segunenud. Seega vabaneb

suits läbi suitsu väljumisavade atmosfäärirõhul ja soojussisaldusega 0. Kui hoone hakkab lagunema, on vaja kemikaali vabanemist kui pahvakpilve ning sellest hetkest ei ole vaja arvestada mürgiste gaaside surmavate kahjustustega.

4.6.4 PÖLENGUD JA SUITSUPILVE ÜLESKERKIMINE

Põlengus võivad mittepõlevad mürgised kemikaalid ja mürgised põlemisproduktid sattuda ümbritsevasse õhku mürgise pilve kujul. Kuna põlengu temperatuur on suur, tõuseb reeglina õhku mürgine rümpilv. KRA koostamisel on vaja arvestada mürgise rümpilve õhkuõhusumise ohtlike tagajärgi. Seejuures on vaja arvestada, et:

- Kui tulekahju süttib hoones, näiteks ohtlike kemikaalide ladudes, on põlengu esimeses faasis, kuni hoone jääb tervikuks, mürgise rümpilve vabanemine välis- tatud. Seepärast on välistatud ka hukkamisohtlikud mürgitused väljaspool hoonet.
- Kui tulekahju algab väljaspool hooneid ning tuli haarab ohtlike kemikaale, on vaja lugeda, et mürgine rümpilv vabaneb silmapilkselt. Sel juhul on vaja arves- tada tõenäolist hukkamisohtu väljaspool hoonet.

4.7 SÜTTIMINE

4.7.1 VAHETU SÜTTIMINE

Vabanenud kemikaali vahetu süttimise arvestuslik tõenäosus on esitatud ettevõtete jaoks tabelis 4.5 ja tarnspordivahendite jaoks ettevõtte territooriumil tabelis 4.6. Statsionaarsete rajatiste puhul on ohtlikud kemikaalid jaotatud K-1 vedelikeks ning väheaktiivseteks, keskmiselt aktiivseteks ning väga aktiivseteks gaasideks. Mõningate gaaside aktiivsus on esitatud tabelis 4.7.

Vabanemise iseloom		Kemikaal			
		K-1 vedelik	Gaas		
Pidev	Silmapilkne		väheaktiivne	keskmiselt aktiivne	väga aktiivne
< 10 kg/s	<1000 kg	0,065	0,2	0,2	0,2
10-100 kg /s	100-10 000 kg	0,065	0,4	0,5	0,5
>100 kg /s	> 10 00 kg	0,065	0,09	0,7	0,7

Tabel 4.5 Statsionaarsetes ettevõttes vabanenud kemikaali vahetu süttimise tõenäosus statsionaarsetes ettevõtetes

Transpordivahend, vabanemise iseloom	Tõenäosus
Paakauto, pidev	0,1
Paakauto, silmapilkne	0,4
Raudteesistern, pidev	0,1
Raudteesistern, silmapilkne	0,8

Tabel 4.6 Transpordivahendist vabanenud kemikaali vahetu süttimise tõenäosus

Väheaktiivsed	Keskmiselt aktiivsed	Väga aktiivsed
AMMONIAAK SÜSINIKOKSIID KLOORETAAN KLOORMETAAN METAAN	BUTAAN KLOORETAAN ETAAN PROPAAN PROPEEN SIPELGHAPE	ATSETÜLEEN BENSEEN FORMALDEHÜÜD TOORNAFTA VINÜLATSETAAT

Tabel 4.7 Kemikaalide aktiivsus [CPR 14]

Kui toimub kemikaali silmapilkne vabanemine ja vahetu süttimine, võib tagajärjeks olla nii KVPAP kui tulekera. KVPAP ja tulekera tõenäosus on võrdsed ning nende arvestuslikuks väärtuseks võib lugeda:

$$\begin{aligned} \text{statsionaarsed rajatised} & P = 0,7, \\ \text{transpordivahendid} & P = 1,0. \end{aligned}$$

KVPAP plahvatuses osaleva kemikaali arvestuslikuks massiks tuleb lugeda kogu mahutis olnud kemikaali mass.

Kui kemikaali vabanemisel ei toimu KVPAP või ei sütti tulekera, moodustub õhus aurupilv ja maapinnal vedela kemikaali loik. Sel juhul on vaja kasutada pahvaktule ja plahvatuse mudeleid (vt 4.8). Vedelikulombi süttimisel on vaja kasutada lombitule mudelit.

Kemikaali mass aurupilves sõltub adiabaatilise vabanemise osakaalust, mida iseloomustab tegur χ . Aurupilve massi arvestuslikud suhted on esitatud tabelis 4.8.

Adiabaatilise pahvaku tegur χ	Aurupilve mass (osa mahuti sisust)
$\chi < 0,1$	$2x \chi$
$0,1 \leq \chi < 0,36$	$(0,8 \times \chi - 0,028) / 0,26$
$\chi \geq 0,36$	1

Tabel 4.8 Silmapilkse vabanemise aurupilve mass

4.7.2 VIITSÜTTIMINE

Viitsüttimise tõenäosuse väljaarvutamiseks on olemas erinev meetodika. Kõige rohkem kasutatakse KRA koostamisel reaalsete süttimisallikate (A) ja vaba ala (B) meetodikat.

A. Reaalsete süttimisallikate meetodika.

Selle meetodika kasutamisel on vaja teada reaalsete süttimisallikate paiknemist ettevõttes ja ettevõtte ümber. Seda võib teada saada ettevõtte ümbruse põhjaliku kaardistamise andmete analüüsimise ja hindamise alusel. Võimalike süttimisallikate iseloomustus on esitatud lisas 4A. Kui ettevõtte ümbruses on ainult üksikud nõrgad süttimisallikad, siis võib lugeda, et viitsüttimine tõenäoliselt ei toimu.

B. Vaba ala meetoodika.

Selle meetoodika kasutamisel on vaja teada võimalikke süttimisallikaid ettevõttes. Kui tuleohtliku kemikaali aurupilv ei sütti ettevõtte territooriumil, loetakse, et viitsüttimine võib toimuda maksimaalsete mõõtmetega aurupilves. Süttimisohtliku aurupilve maksimaalseks välispiiriks võetakse LEL (alumine süttimispiir) kontuurjoon. Kui LEL kontuurjoon ei ulatu väljapoole ettevõtte piiri, loetakse, et viitsüttimist tõenäoliselt ei toimu.

Grupiriskide hindamisel on vaja kasutada meetoodikat A. Individuaalriskide hindamisel võib kasutada nii meetoodikat A kui B. Millist neist kasutada, otsustab selleks volitatud amet.

4.7.3 ÜHEAEGSELT TULEOHTLIKUD JA MÜRGISED KEMIKAALID

Taoliste kemikaalide aurupilvede hajumise riskide hindamisel on vaja hinnata pilve kuni süttimiseni kui mürgist aurupilve ja peale süttimist kui tuleohtlikku aurupilve. Kuid selline lähenemine on liiga keeruline praktikas kasutatavate mudelite jaoks. Seepärast jaotatakse KMV kaheks sõltumatuks sündmuseks.:

- ainult tuleohtliku kemikaali vabanemine,
- ainult mürgise kemikaali vabanemine.

Madala reaktsioonitoimega kemikaalide (tabel 4.7) vabanemisel kasutatakse mürgise aurupilve mudelit. Selliste kemikaalide hulka kuulub ammoniaak.

Keskmise ja suure reaktsioonitoimega kemikaalide puhul kasutatakse kahe sõltumatu sündmuse (mürgise kemikaali vabanemine ja tuleohtliku kemikaali vabanemine) mudeleid. Selliste kemikaalide hulka kuulub sipelghape.

Mürgise ja tuleohtliku kemikaali vabanemiste tõenäosus määratakse kindlaks vahetu süttimise tõenäosuse Pdf alusel. Kui toimub vahetu süttimine, siis loetakse tuleohtliku aurupilve süttimise tõenäosuseks Pdf. Kui vahetut süttimist ei toimu, loetakse mürgise aurupilve levimise tõenäosuseks $(1 - Pdf)$. KMV, mille tõenäosus on f , jaotatakse sel puhul kaheks sündmuseks :

- tuleohtliku aurupilve vahetu süttimine tõenäosusega Pdf x f,
- mürgise aurupilve vabanemine tõenäosusega $(1 - Pdf) \times f$.

Vahetu süttimise tõenäosus on esitatud tabelites 4.5 ja 4.6

Märkus:

Peale taolise kemikaali aurupilve süttimist ei ole enam vaja arvestada auru mürgisusega, kuna loetakse, et süttinud pilv tõuseb üles kõrgemale.

4.8 AURUPILVE SÜTTIMISE OHTLIKUD VÄLJUNDID

Uurijad on seisukohal, et peale tuleohtliku kemikaali vabalt hajuva aurupilve süttimist võib toimuda nii pahvaktuli kui plahvatus. Seepärast on vaja sellise pilve süttimise modelleerimisel hinnata kahte sündmust:

- pahvaktuli ilma ülerõhuta, tõenäosus 0,6,
- plahvatus ilma pahvaktuleta, tõenäosus 0,4.

Pilve massiks tuleb sel juhul lugeda kemikaali massi LEL kontuurjoone sees. Plahvatuslaine ülerõhu väljaarvutamiseks mingis vabanemiskohast eemalasuvas punktis võib kasutada mitmikenergia meetodit, võttes plahvatuslaine tugevuseks 10 [CPR 14].

Võib lugeda, et tuleohtliku kemikaali pilv võib hajuda nii takistusteta alal kui takistustega alal ning et plahvatuse keskpunkt tuleb valida takistatud alal.

Uurijate hinnangul võib lugeda, et takistatud alal võib paikneda fob osa pilve massist ning takistusteta alal (1-fob) osa. Sel juhul võib plahvatuslaine ülerõhu tippväärtuste 0,3 bar ja 0,1 bar kontuurjoonte raadiused välja arvutada järgmiste valemite abil

$$R_{0,3} = 1,5 \times (f_{ob} \times E/Pa)^{1/3} \quad 4.5$$

$$R_{0,1} = 3 \times (f_{ob} \times E/Pa)^{1/3} \quad 4.6,$$

kus :

$R_{0,3}$ - tippõhu 0,3 bar kontuurjoone raadius [m],

$R_{0,1}$ - tippõhu 0,1 bar kontuurjoone raadius [m],

E - kemikaali põlemisenergia Lel kontuurjoone sees [J],

f_{ob} - aurumassi osa takistustega alal [-],

Pa - ümbritseva õhu rõhk [N/m²].

Kokkuleppeliselt loetakse, et $f_{ob} = 0,08$ ja plahvatuse keskpunkt asub pilve keskpunktis.

4.9 MAHUTITE PURUNEMINE

Survemahutite purunemise korral vabaneb lisaks mahuti sisule ka mahutis olnud kemikaali siseenergia. Siseenergia vabanemisega võivad kaasneda plahvatuslaine ja suure kiirusega laialilendavad killud.

-Siseenergia vabanemise hindamisel ei tohi unustada doominoefekti.

-Üldjuhul ei ole vaja arvestada purunenud vabanemise siseenergia mõju väljaspool ettevõtte territooriumi.

4.10 METEOANDMED

Aurupilve hajumise parameetrite väljaarvutamisel võib meteotingimusi arvestada kas Monin- Obukhovi L- ühikutes või Pasquille'i klassides. Ühikute või klasside valik sõltub sellest, milliseid statistilisi andmeid on võimalik kasutada, kuid alustades arvutusi, on vaja jääda kogu aeg ühe ja sama süsteemi juurde. Kasutades KRA tegemisel Pasquille'i klasse (vt lisa 4B), on vaja hinnata vähemalt kuue klassi mõju aurupilve hajumise parameetritele.

Atmosfääri stabiilsus	Stabiilsusklass	Tuule kiirus
Keskmiselt ebastabiilne	B	3-5 m/s
Neutraalsed tingimused	D	1-2 m/s
Neutraalsed tingimused	D	3-5 m/s
Neutraalsed tingimused	D	8-9 m/s
Kergelt stabiilne	E	3-5 m/s
Keskmiselt stabiilne	F	1-2 m/s

Hinnatavaid tuulesuundi peab olema vähemalt kaheksa. Meteoandmed võib saada lähedalasuvast ilmajaamast. Pilve segunemiskõrgus ei ole eriti oluline parameeter hukkumistõenäosuse väljaarvutamisel. Segunemiskõrguse mõju hinnangu võib leida viitest [CPR14E].

Vaikimisi kasutatavad meteoparameetrid on esitatud alljärgnevas tabelis. Vajaduse korral võib kasutada erinevaid parameetreid päeva ja öö ning erinevate aastaegade jaoks

Parameeter	Väärtus
Õhutemperatuur	282 K
Pinnasetemperatuur	282 K
Veetemperatuur	282 K
Õhurõhk	101510 N/ m ²
Niiskus	83 %
Päikese soojuskiirus	0,12 kW/m ²

*Tabel 4.9
Meteoparameetrite vaikimisi kasutatavad väärtused*

Tuule kiirus, õhutemperatuur ja õhurõhk muutuvad kõrgusel maapinnast. Juhised nende muutuste arvestamiseks KRA tegemisel leiab viitest [CPR 14E]. minimaalseks tuule kiiruseks on tuule kiirus 1m kõrgusel maapinnast.

LISA 4.A VIITSÜTTIMISE PARAMEETRITE VÄLJAARVUTAMISE MUDEL

Tuleohtliku kemikaali viitsüttimise tõenäosuse väljaarvutamiseks võib kasutada valemit

$$P(t) = P_{\text{present}} \cdot (1 - e^{-\omega t}), \quad (4.A.1)$$

kus:

- $P(t)$ - süttimise tõenäosus ajavahemikul 0-t,
 P_{present} - süttimisallika aurupilve liikumisteel asumise tõenäosus,
 ω - süütamisefektiivsus [1/s],
 t - aeg [s].

Süttimisefektiivsust on võimalik välja arvutada, võttes aluseks süttimise tõenäosuse teatud ajavahemiku jooksul. Tabelis 4.A.1 on esitatud erinevate allikate süttimise tõenäosus ühe minuti jooksul. Tabeli andmed on soovituslikud, mitte ametlikult kinnitatud.

Süttimisallikas		Süttimise tõenäosus
Punktallikad	mootorsõiduk	0,4
	lahtine leek	1,0
	väljaspool hoonet paiknev põleti	0,9
	põleti hoones	0,45
	boiler väljaspool hoonet	0,45
	boiler hoones	0,23
	laev	0,5
	põlevmaterjale vedav laev	0,3
	kalalaev	0,2
	diislrong	0,4
	elektrirong	0,8
Joonallikas	maantee	Märkus 1
	raudtee	Märkus 1
Alaallikas	keemiaettevõtte	0,9 ettevõtte kohta
	Naftatöötlemise ettevõtte	0,9 ettevõtte kohta
	rasketööstuse ettevõtte	0,7 ettevõtte kohta
	kergetööstuse ettevõtte	nagu elanikkond
Elanikkond	elurajoon	0,01 elaniku kohta
	tööstusrajoon	0,01 töölise kohta

Tabel 4.A.1 Aurupilve ühe minuti jooksul süttimise tõenäosus

Märkused:

1. Süttimise tõenäosus ettevõtte läheduses kulgeva maantee või raudtee kohal sõltub liikumistihedusest. Arvutustes kasutatakse keskmist liikumistihedust d .

$$d = N \times E / v \quad (4.A.2)$$

kus:

- N - veokite arv tunnis [1/h],
 E - teelõigu pikkus [km],
 v - veokite keskmine kiirus lõigul [km/h].

Kui $D \leq 1$, siis d väärtust võib lugeda sündmuse, et süttimisallikas asub vabanenud kemikaali liikumisteel, tõenäosuseks ning viitsüttimise tõenäosus ajavahemikul $0-t$ $P(t)$ saab leida valemist

$$P(t) = d \times (1 - e^{-\omega t}), \quad (4.A.3)$$

kus:

ω - ühe veoki süütamisefektiivsus.

Kui $d > 1$, siis d väärtust võib lugeda süttimisallikate keskmiseks arvuks ning viitsüttimise tõenäosus - $P(t)$

$$P(t) = (1 - e^{-d \omega t}), \quad (4.A.4)$$

kus ω on ühe veoki süütamisefektiivsus.

2. Elanikkonnast tuleneva süttimistõenäosuse teatud alal $P(t)$ võib välja arvutada järgmise valemi järgi :

$$P(t) = (1 - e^{-n \omega t}), \quad (4.A.5),$$

kus:

ω - ühe inimese süütamisefektiivsus

n - keskmine inimeste arv hinnataval alal.

3. Kui mudelis kasutatakse ajapõhist süttimistõenäosust, siis süttimise tõenäosuseks võetakse kemikaalipilve 1 minuti jooksul süttimise tõenäosus.

LISA 4.B METEOANDMED

4.1 SISSEJUHATUS

Meteotingimused kemikaali mahutist vabanemise ajal võivad väga oluliselt mõjutada vabanemise parameetreid.

Üldjuhul KRA tegemisel on vaja teada tuule kiirust ja suunda ning atmosfääri stabiilsusklassi. Arvutuste lihtsustamiseks kasutatakse paljudes mudelites ainult tuule kiirust ja atmosfääri stabiilsusklassi.

Atmosfääri stabiilsus on liikuvate õhumasside segunemise iseloomu hinnang. Stabiilses atmosfääris segunevad õhumassid omavahel väga vähe, ebastabiilses atmosfääris on turbulentsus väga tugev, seepärast on ka õhumasside segunemine intensiivne.

4.2. ATMOSFÄÄRI STABIILSUS

4.2.1 STABIILSUSKLASSID

Pasquille'i atmosfääri stabiilsuse hindamise metoodikas jaotatakse atmosfääritingimused kuueks klassiks, mida tähistatakse tähtedega A, B, C, D, E, F. Atmosfääri stabiilsuse klassid on seotud tuule kiiruse ning päikesekiirguse intensiivsusega. Päeval toob tuule kiiruse suurenemine kaasa atmosfääri stabiilsuse suurenemise, öösel toimub vastupidi. See tuleneb asjaolust, et öhu vertikaalne temperatuuriprofiil on päeval ja öösel erinev.

Kõige vähem stabiilne on klass A, kõige stabiilsem klass F.

Üldjuhul hinnatakse atmosfääri stabiilsust vertikaalse temperatuurigradiendi alusel. Kuid Hanna pakkus 1992. a välja teistsuguse lähenemise, mille aluseks oli öhu turbulentsuse hindamine (näiteks Richardsoni number).

Laialdaselt on kasutatud meetodit, kus öhu temperatuuri vertikaalset gradienti võrreldakse adiabaatiliste vahemike muutumise kiirusega (ALR). ALR kokkulepitud väärtuseks on $0,98^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$.

Atmosfääri neutraalse stabiilsuse korral on temperatuuri vertikaalne gradient võrdne ALR väärtusega. Stabiilset atmosfääri iseloomustab gradient, mis on väiksem kui ALR (erijuhtumiseks on temperatuuri inversioon) ja ebastabiilset atmosfääri gradient, mis suurem kui ALR.

Viimasel ajal on KRA koostajad hakanud kasutama mudeleid, milles meteoandmed väljendatakse Monin-Obukhovi L-ühikutes. Kahjuks pole nende ühikute kasutamiseks alati piisavalt statistilisi andmeid. Seepärast on jäänud endiselt laialdaselt kasutusele Pasquille'i stabiilsusklassid, mille aluseks on igapäevased ilmavaatlused. Nende kasutamine on lihtne ning tulemused piisavalt usaldusväärsed.

KRA analüüsi koostamisel võib kasutada kohaliku ilmajaama statistilisi andmeid, kui need on kättesaadavad.

Usaldusväärsete meteoandmete puudumisel võib kasutada Pasquille'i- Giffordi tabelit.

Tuule kiirus maapinnal [m/s]	Päevane päikesekiirgus			Öötingimused		Üldjuhul Raske üldpilvisus
	Tugev	Keskmine	Nõrk	Õhuke üldpilvisus või madal pilvisus > 50%	Pilvisus > 38%	
< 2	A	A-B	B	F	F	D
2-3	A-B	B	C	E	E	D
3-4	B	B-C	C	D	E	D
4-6	C	C-D	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D

Tabel 4.B.1

Pasquille`i - Giffordi atmosfääri stabiilsusklassid

A- väga ebastabiilne, B – keskmiselt ebastabiilne, C- kergelt ebastabiilne, D- neutraalne, E - kergelt stabiilne, F- keskmiselt stabiilne.

Pilvisus	Päikese tõusnurk		
	< 60 ⁰	<35 ⁰ - ? 60 ⁰	<15 ⁰ - ? 35 ⁰
50% või vähem või iga kogus kõrgeid õhukesi pilvi	tugev	nõrk	nõrk
60- 88% keskmise kõrgusega pilvi (2000-5000 m)	keskmine	nõrk	nõrk
60- 88% madala kõrgusega pilvi (vähem kui 2000 m)	nõrk	nõrk	nõrk

Tabel 4.B. 2

Päevase päikesekiirguse intensiivsuse kindlaksmääramise meetodika

Detailsete meteoandmete puudumisel võib võtta atmosfääri stabiilsuseks klass D tuule kiiruse 5 m/s ja F tuule kiiruse 2 m/s jaoks. Esimene on tüüpiline päev- asituatsioon ja teine tüüpiline öösituatsioon. Stabiilsusklass D on kõige sagedasem klass, millele järgneb klass F. Tuule kiirust 1,0 -1,5 m/s kasutatakse kõige sagedamini klaasiga F.

Tabel 4.B.1 annab võimaluse kasutada ka teisi tuule kiiruse ja stabiilsusklasside kombinatsioone.

Hollandis kasutatakse KRA tegemisel lihtsustatud Pasquille`i atmosfääri stabiil- susklasse.

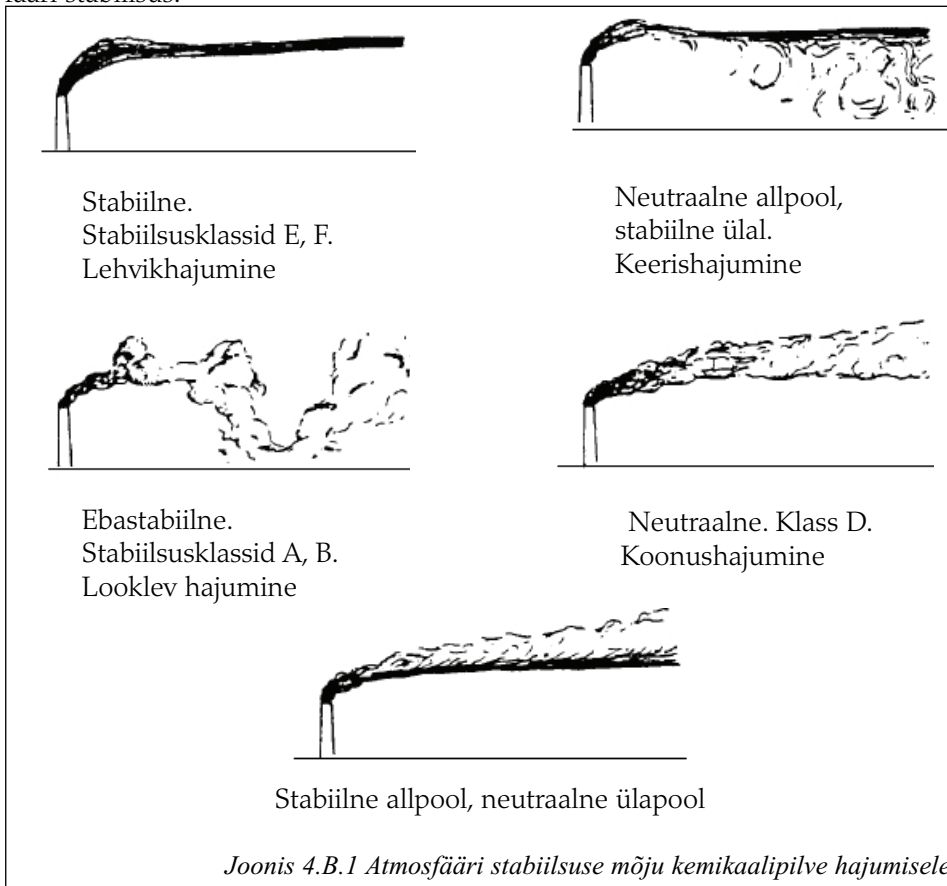
Selleks ühendatakse klassid A, A/B, B ja B/C ühte klassi B, tuule kiiruseks loetakse vaatluste keskmist 3–5 m/s.

Klassid C, C/D ja D ühendatakse klassiks D, mis omakorda sõltuvalt tuule kiirus- est jaotatakse kolmeks allklassiks.

Tuule kiirus	A	A/B	B	B/C	C	C/D	D	E	F
< 2,5 m/s	B keskmine				D madal			F madal	
2,5 – 6 m/s					D keskmine			E keskmine	
>6 m/s					D kõrge				

Tabel 4.B. Pasquilli atmosfääri stabiilsusklasside teisaldamine kuueks klassiks

Ilmastikutingimused kemikaalipilve vabanemiskohas mõjutavad oluliselt aurupilve hajumist. Mõned näited on esitatud joonisel 4.1, kus hajuva kemikaalipilve liikumise iseloom sõltub oluliselt atmosfääri stabiilsusest. Põhifaktoriteks, millest sõltub pilve liikumise iseloom, on tuule kiirus ja atmosfääri stabiilsus.



4.B.2.2 TUULE KIIRUS

Tuule kiirus kemikaali vabanemiskohal on väga oluline tegur, kuna sellest sõltub, kuidas segunevad kemikaaliaurud ümbritseva õhuga. Mida suurem on tuule kiirus, seda kiiremini kantakse kemikaaliaurud vabanemiskohalt allatuule ala kohal edasi ja seda kiiremini nad segunevad ümbritsevate õhumassidega. Tuule kiirus ja suund võib olla sündmuskohal ja selle läheduses väga erinevad.

Tuule suunda ja kiirust esitatakse sageli tuulteroosi kujul.

Tavaliselt on meteoandmetes esitatud tuule kiirus 10m kõrgusel maapinnast. Mõne meetri kõrgusel maapinnast on tuule kiirus väiksem kui 10 m kõrgusel, kuna liikuvad õhumassid puutuvad kokku maapinnaga ning sellega kaasneb õhu liikumist takistav hõõrdumine. Suurem osa ohtlike kemikaalide aure hajub vabane-miskohalt vahetult maapinna kohal. Seepärast on täpsemate arvestuste tegemiseks vaja tuule kiirus 10 meetri kõrgusel maapinnast ümber arvutada väiksemate kõrguste jaoks.

Stabiilse ja suhteliselt neutraalse stabiilsusega atmosfäärikihptide puhul võib selleks kasutada alljärgnevat valemit:

$$U/U^* = 1/k [\ln (h / z_0) + 4,5 (z / L)] , \quad (4.B.4)$$

kus:

U - tuule kõrgus hinnataval kõrgusel [h],

U* - hõõrdetegur [m/s],

K - karmani koefitsient (= 0,41),

h - hinnatav kõrgus [m],

z₀ - maapinna ebatasasustegur [m],

L - Monin- Obuhhovi tegur [m].

Kokkuleppeliselt võetakse hõõrdeteguri väärtuseks 10% tuule kiirusest 10 meetri kõrgusel maapinnast.

Monin- Obuhhovi tegur on positiivne stabiilse atmosfääri (öösel) ja negatiivne ebastabiilse atmosfääri (päeval) korral.

Stabiilsus	Ilm	Tuule kiirus U [m/s]	L [m]	Stabiilsusklass
Väga stabiilne	Selge taevas öösel	< 3	10	F
Stabiilne	Selge taevas öösel	2-4	50	E
Neutraalne	Pilves või tuuline	Iga väärtus	> 100	D
Ebastabiilne	Pilves või tuuline	2-6	-50	B või C
Väga ebastabiilne	Päike	< 3	-10	A

Tabel 4.B.4

Monin- Obuhhovi teguri L, ja atmosfääri stabiilsuse parameetrite omavaheline seos [AIChE/CCPS,1996]

Maastikutüüp	Kirjeldus	Ebatasasustegur z ₀ [m]
Tiheasustus	Kõrghoonetega linnakeskused, väga künklik maastik	3-10
Asustus	Linnakeskused, küpsed metsad	1-3
Eluasum	Madalate eluhoonetega asum, keskmise kõrgusega mets, takistusteta tootmisrajoon	1
Põllumaa	Avatud ala kõrgete taimedega põldudega ja hajutatud taluhoonetega	0,3
Tasane maa	Üksikud puud, kõrge rohi, keskmise kõrgusega taimedega põllud	0,1
Avatud	Suured siseveekogud, tasane liivakõrb	0.01
Avatud tasane	Vaikne avameri, tasane lumi	0.0001

Tabel 4.B.5

Maapinna ebatasasustegurid valemi 4.B.1 jaoks

Tuule kiiruse ümberarvutamiseks võib kasutada alljärgnevat valemit [Hanna, 1982] :

$$U_h = U_{10} (h/10)^p \quad (4.B.2)$$

kus:

U_h - tuule kiirus kõrgusel h [m/s],

U_{10} - tuule kiirus 10 m kõrgusel maapinnast [m/s],

h - hinnatav kõrgus [m],

p - astendaja [-].

Stabiilsusklass	Astendaja p väärtused	
	Asum	Asumiväline ala
A	0,15	0,07
B	0,15	0,07
C	0,20	0,10
D	0,25	0,15
E	0,40	0,35
F	0,60	0,55

Tabel 4B.6

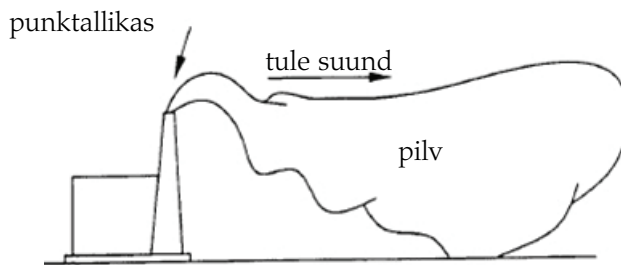
Astendaja p väärtused valemi 4.B.2 jaoks

4.B.2.3 KEMIKAALI VABANEMISKOHA KÕRGUSE MÕJU KEMIKAALIPILVE HAJUMISELE PIDEVA VÄIKESE LIIKUMISHOOGA VABANEMISE KORRAL

Vabanemiskoha kõrgus mõjutab oluliselt kemikaali kontsentratsiooni tuulealusel alal. Kui vabanemiskoha kõrgus suureneb, väheneb ohtliku kemikaali kontsentratsioon maapinna lähedal, kuna kemikaalil on maapinnale jõudmiseni rohkem aega ümbritsevate õhumassidega seguneda.

Kui suureneb vabanemiskoha kõrgus, suureneb ka vahemaa, mis omakorda toob kaasa

kemikaali kontsentratsiooni vähenemise pilves maapinnal.



Joonis 4.B.2 Kemikaali vabanemisallika kõrguse mõju kemikaali kontsentratsioonile maapinnal

4.B.2.4 VABANENUD KEMIKAALIPILVE KUJU

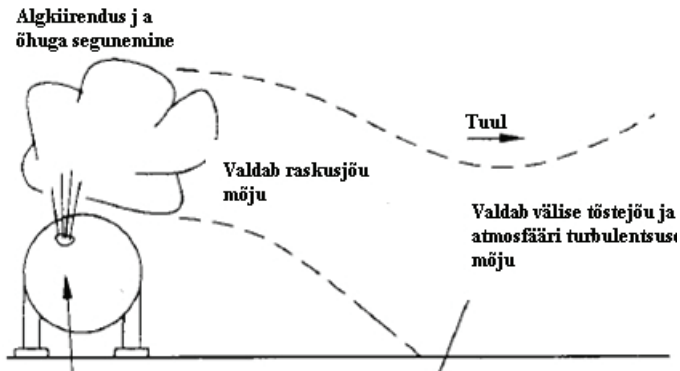
Ideaalne Gaussi mudel annab usaldusväärse pildi vabanenud kemikaali võimalikust kujust ainult pideva, väikese liikumishooga paiksest väiksemõõtmelisest allikast vabanemise korral. Reaalsed vabanemised on tavaliselt kas lineaarsed (jugavabanemine, joonvabanemine) või pinnalised (vedelikulomp) ja seepärast võib nende puhul pilvede kuju Gaussi mudeli pilvest oluliselt erineda.

4.B.2.4 VABANENUD KEMIKAALI LIIKUMISHOOG JA TÕSTEJÕUD

Tüüpiline rõhumahutist vabanenud gaasipilve liikumine on näidatud joonisel 4.B.3.

Sel juhul vabaneb kemikaal mahutist suure hooga väljapihustuva joana. Esimesel hetkel hakkab kemikaalipilv üles liikuma ja õhuga segunema joa liikumishoo mõjul. Edasist pilve liikumise iseloomu hakkab mõjutama tuul ja vabanenud gaasi tihedus. Liikumishoo vähenedes seguneb õhust kergem gaas õhuga ning jätkab ülestõusmist sisemise tõstejõu, atmosfääri stabiilsusest tingitud üles- või allatõukejõu ning tuule mõjul, nii nagu punktallikast vabanenud väikese liikumishooga pilv.

Kui tegemist on õhust raskema gaasiga, hakkab gaas peale liikumishoo vähenemist levima tuule suunas, langedes samal ajal oma raskuse mõjul allapoole. Vabanemiskohast teatud kaugusel hakkab teatud hetkel pilvele lisaks raskusjõule mõjuma ka atmosfääri stabiilsusest sõltuv ülestõukejõud ning osa pilvest võib hakata uuesti ülespoole tõusma.



Joonis 4.B.3 Rõhumahutist vabanenud õhust raskema gaasipilve hajumine

LISA 4.C KOMMENTAARID

4.C.1 KEMIKAALI MAHUTIST VABANEMISE MUDELID

Tabeli 4.1 alusel loetakse erineva iseloomuga vabanemise mudelite kasutamisel kokkuleppeliselt, et:

- Kokkusurutud gaasiga ning mittepõleva vedelikuga täidetud mahuti täieliku purunemise mudel on vaja valida, võttes arvesse „Kollase raamatu” alajaos 2.5.1 esitatud juhiseid.

- Pidev kemikaali mahutist vabanemine hõlmab mahutitest või transpordivahendite paakidest kemikaali 10- minutist vabanemist läbi augu, mille efektiivne läbimõõt on alates 10 millimeetrist kuni mahuti vedelikuosa kõige suurema läbimõõduga ühendustoru kinnitusava läbimõõduni. Kõige sagedamini tekivad mahutite ja paakide seintesse keevisühiste või peenikeste mõõteturustike ühenduskohtade purunemise või väliste löökide puhul piklikud avad, mille vabanemiskoeffitsiendi väärtuseks võib võtta $Cd = 0,62$. Ümmargused suurema läbimõõduga avad võivad tekkida transpordivahendite paakide vedelikuosa ühendustorude äärikute lahirebenemise või torude täieliku purunemise korral vahetult ühenduskoha läheduses. Taoliste avade vabanemiskoeffitsiendiks võib lugeda $Cd = 0,95-0,99$. Kuid arvutuste lihtsustamiseks on „Kollases raamatus” kasutatud ainult ühte vabanemiskoeffitsiendi keskmist väärtust $Cd = 0,6$.

- Torustiku lekke puhul kasutatakse statsionaarse lekke mudelit. Rõhk toru lekkekohas loetakse võrdseks vastuvoolu paikneva suure mahuti siserõhu või pumba väljundrõhuga.

- Kokkuleppeliseks toru siseseinte siledusteguri ϵ väärtuseks on võetud „Kollases raamatus” (tabel 2.2) terase siledusteguri väärtus. See väärtus on keskmine, mis langeb pronksi, plii ja klaasi ($\epsilon = 1,5 \mu\text{m}$) ja sepistatud raua ($\epsilon = 250 \mu\text{m}$) siledustegurite vahele.

- „Kollases raamatus” vedelike mahutist vabanemise mudelites loetakse, et mahutist vabaneb puhas vedelik. Kahefaasiline vabanemine algab nendes mudelites alles väljaspool mahutit. Läbi augu vabaneb puhas vedelik ühtlase kiirusega ning vabanemiskoeffitsiendi väärtuseks loetakse $Cd = 0,62$. Teatud tingimustes võib vaja minna ka kahefaasilise vabanemise mudeleid, kuid nende kasutamine peab olema põhjendatud.

- Mahuti purunemise võib lekke koht sõltub mahuti konstruktsiooni iseärasustest (mahuti ühenduste ja kaitseseadmete asukoht, ohtliku kemikaali erinevate olekute jaotus mahutis jne). Ei ole otstarbekas hinnata ühe rajatise

puhul paljusid erinevaid võimalikke purunemiskohti. Seejuures on vaja arvesse võtta, et mahuti purunemiskoha kõrgus maapinnast peaks kokku langema inimese elutegevuse jaoks olulise kõrgusega. Seepärast võetakse arvutustes vabanemiskoha kõrguseks maapinnast reeglina 1m.

- Vabanemise maksimaalseks kestuseks loetakse 30 minutit.

a) Kergestisüttivate kemikaalide aurupilve vabanemise üldjuhtudel jõuab süttimisohtrliku pilve kontsentratsioon süttimispiiridesse esimeste minutite jooksul. Peale seda kompenseerib kemikaali juurdevoolu pilve hajumine. Seepärast võib lugeda kergestisüttiva aurupilve vabanemise maksimaalseks kestuseks 30 minutit.

b) Mürgise aurupilve maksimaalseks särituseks loetakse 30 minutit (vt 5.2.2).

- Vabanemise suund sõltub mahuti konstruktsioonist. Kui puuduvad täpsed tehnilised andmed, loetakse, et vabanemine toimub horisontaalselt, paralleelselt tuule suunaga. Erandi moodustavad maa- alused torud, mille puhul loetakse kokkuleppeliselt, et gaas vabaneb maapinnast vertikaalsuunas.

- Takistatud alal hajumise hinnang on võetud viitest [IPO]. Lisatud on vaba joa pikkuse väljaarvutamine. Vaba joa pikkuse valem on võetud viitest [CPR14E].

Valemi aluseks on gaasi liikumiskiirus vabas joas

$$u_c(s) / u_0 = C_u \times b_0 / s, \quad 4.C.1$$

kus:

u_c - kemikaali kiirus joas hinnatavad punktis [m/s],

u_0 - kemikaali kiirus joas vabanemiskohas [m/s],

C_u - empiiriline koefitsient, mille väärtus on 12 [-],

b_0 - allikka raadius [m],

s - hinnatava koha kaugus vabaemiskohast mööda joa pikitelge [m].

Kui lugeda, et gaasi kiirus vaba joa lõpus on võrdne tuule kiirusega, saab vaba joa pikkuse väljaarvutamiseks kasutada valemit

$$L_j = 12 \times u_0 \times b_0 / u_{air} \quad (4.1)$$

kus:

u_0 - kemikaali voolukiirus joas [m/s],

b_0 - allikka raadius [m],

u_{air} - tuule kiirus ümbritsevas õhus [m/s].

Kokkuleppeliselt võib arvutuste lihtsustamiseks tuule kiiruseks lugeda 5 m/s.

4.C.2 TÕKESTAMISSÜSTEEMID

Tõkestamissüsteemide parameetrid on võetud viitest [IPO]. Selles viites tehakse vahet tõkestussüsteemi rikke ja tõkestusklapi rikke vahel. Kuna seda vahet on raske täpselt kindlaks määrata, on käesolevas ohutusraamatus arvestatud ainult tõkestussüsteemi rikkeid.

Tõkestussüsteemi sulgemisaeg

a) Automaatse tõkestussüsteemi maksimaalseks sulgumisajaks võib lugeda 2 minutit:

gaasi jõudmine vabanemiskohast andurini	30 sekundit,
sulgemissignaali jõudmine klapi	30 sekundit,
klapi sulgemine	1 minut.

b) Distsantsjuhtimisega tõkestamissüsteemi maksimaalseks sulgumisajaks võib lugeda 10 minutit:

gaasi jõudmine vabanemiskohast detektorini	30 sekundit,
signaali jõudmine andurilt juhtimisruumi	30 sekundit,
signaali hindamine juhtimisruumis	7 minutit,
klappide sulgemine	2 minutit.

c) Käsitsijuhtimisega tõkestamissüsteemi maksimaalseks sulgumisajaks võib lugeda 30 minutit:

gaasi jõudmine vabanemiskohast detektorini	30 sekundit,
häiresignaali käivitumine juhtimisruumis	30 sekundit,
operaatori jõudmine klapi ja tööriistade valmispanek	15 minutit,
Ohutuslukkude avamine ja klapi sulgemine	7 minutit.

KRA tegemisel ei hinnata käsijuhtimissüsteemi mõju, kuna klapi arvestusliku sulgemise aeg on võrdne kemikaali vabanemise maksimaalse kestusega.

4.C.3 TEISED PIIRANGUSÜSTEEMID

Ühed piirangusüsteemid vähendavad vabaneva kemikaali kogust. Nende mõju on vaja hinnata vabanemise mudelis. Teised piirangusüsteemid, näiteks spinklerid, mõjutavad vabanemise toimumissagedust. Nende mõju on vaja hinnata õnnetuste toimumissageduse väljaarvutamisel.

4.C.4 LOMBI AURUSTUMINE

Lombi aurustumise kokkuleppelised parameetrid tabelites 4.2 ja 4.3 on võetud „Kollasest raamatust“. Kuna mudelites on kasutatud ümmargust lompi, on esitatud lombi raadius.

4.C.5 AJAS MUUTUV VABANEMINE

Kergestisüttivate gaaside vabanemise korral valitakse üldjuhul kiire massivoo mudel ning loetakse, et esimene 20% vabanenud kemikaali kogusest määrab ära tuleohtliku pilve põhiparameetrid ning selle koguse vabanemiskiiruse võib võtta ajavahemike massivoo kiiruseks. Mürgiste kemikaalide puhul määrab ohtlikkuse kogu säritusaja jooksul saadud doos ning ajavahemike vabanemiskiiruseks on vaja võtta keskmine vabanemiskiirus.

4.C.6 AURUPILVE HAJUMISE MODELLEERIMINE

Kui on võimalik, tuleb aurupilve hajumise modelleerimisel võtta arvesse ka vabaneva kemikaali allika massi ümberpaiknemist ruumis, aga kui puuduvad vajalikud usaldusväärsed andmed, võib massi ümberpaiknemise mudelist välja jätta.

Kokkulepelised gaasipilve hajumise parameetrite väärtused on ära toodud „Kollases raamatus”.

Tuleohtlike aurupilvede hajumine on suhteliselt lühiajaline. Mürgiste aurupilvede hajumise arvestuslik aeg on tunduvalt pikem. Keskmiseks hajumisajaks loetakse 10 minutit, kuid täpsemate lähteandmete korral võib täpsustatud hajumisaeg olla alates 30-60 sekundist kuni 30 minutini.

4.C.7 KEMIKAALI VABANEMINE HOONES

Kemikaali vabanemisel hoones on arvutuste aluseks väide, et kemikaali vabanemisel on kogu ruumis silmpilkselt ühtne kontsentratsioon ning ruumi võib vaadelda kui uut vabaneva kemikaali allikat. Ventileeritavas ruumis, kus see väide ei ole õige, on vaja arvestada kemikaali kontsentratsiooni ventileeritavas õhus, kasutades valemit

$$V \times dC_{\text{vent}} = Q_{\text{in}} - C_{\text{vent}} \times F, \quad (4.C.3)$$

kus:

V - ruumi ruumala [m³],

Q_{in} - ruumi vabanenud kemikaali mass [kg].

Ruumist välisõhku vabaneva kemikaali mass $Q_{\text{out}} = C_{\text{vent}} \times F$.

4.C.8 PÖLENGUD JA SUITSUPILVED

„Kollases raamatus” on kasutatud Briggsi tõusva suitsupilve mudelit. Mudeli valemid olid algselt ette nähtud tavaliste puuriitade jaoks ning seepärast ei saa neid kasutada lahtise tule puhul. Analoogselt CPR 15 mudelile on tõusva suitsupilve puhul mürgiste gaaside kontsentratsioon maapinna tasandil väike, kuna

ülestatõusnud mürgised põlemisproduktid hajuvad õhus laiali. Seepärast on tõusva mürgise suitsupilve puhul eluohtlikud mürgitused vähetõenäolised. Kuid ikkagi, kui on piisavalt lähteandmeid, on otstarbekas välja arvutada tõusva suitsupilve liikumistee parameetrid.

4.C.9 SÜTTIMINE

Vahetat süttimist iseloomustavad andmed ja KVPAP on võetud viitest [IPO]. Statsionaarsete rajatiste puhul on uurijad seisukohal, et 70% silmapilksete vabanemiste ja sellele järgnenud vahetu süttimise põhjuseks on lombituli mahuti all või põleng mahuti vahetus läheduses. Taolise vabanemise puhul toimub KVPAP ja süttib tulekera. Kuna välise põlengu soojus tekitab mahutis ülerõhu, kaasatakse mahuti purunemise korral plahvatusse kogu mahuti sisu. Ülejäänud 30% silmapilkse vabanemise juhtumitest võivad olla teised põhjused. Kui ei toimu mahuti ülekuumenemist, võib purunenud mahutist vabanenud kemikaalist moodustuda kergestisüttiv aurupilv või kemikaalilomp. Aurupilve vahetu süttimise korral järgneb pahvaktuli ja plahvatus, lombi süttimisel on tegemist lombitulega (vt jagu 4.8).

Hiljuti vaadati üle ja hinnati täpsemalt, milline osa tuleohtlikust aurupilvest kandub õhku. Uurijad leidsid, et õhuga kaasakantav aurupilve massiosa on ligi kaks korda suurem kui pahvaktule massiosa. Tehti ettepanek kasutada tabeli 4.8 andmeid silmapilkse süttimise puhul. Seda on arvestatud tabeli 4.8 koostamisel.

Tulekera ohtlik mõju sõltub sellest, milline osa tekkinud soojusenergiast vabaneb tulekera soojuskiirguse vormis. See osa võib olla 0,2-0,4 ning sõltub purunenud mahutis olnud kemikaali küllastunud aururõhu väärtusest. Oluline on ka mahuti plahvatusrõhk.

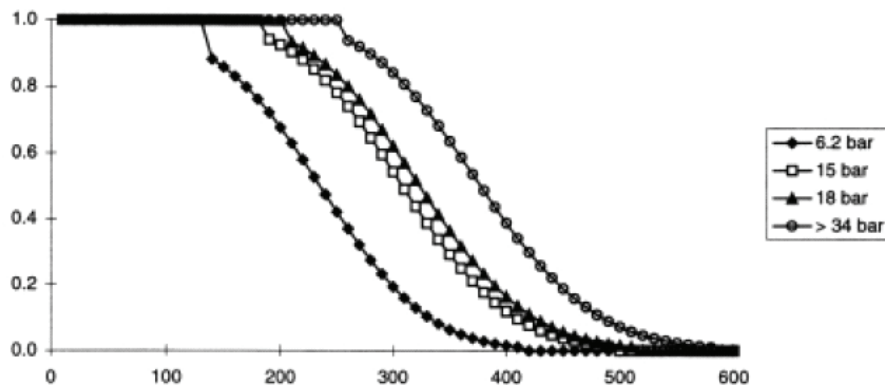
„Kollase raamatu“ tabelis 7.1 on ära toodud mahutite purunemise kokkulepitud rõhu- ja temperatuuriparameetrid. Kui purunemise põhjuseks on roostetamine, materjalidefekt, väline löök või seinte materjali väsimus, loetakse purunemise rõhuks mahuti tööõhk.

Kui mahuti purunemise põhjuseks on väline soojusallikas, võetakse purunemisrõhu väärtuseks $1.21 \times$ kaitseklapi avanemisrõhk. Ületäitmise või ülesoojen-damise ning üheaegse kaitseklapi rikke puhul loetakse purunemisrõhuks mahuti konstruktsioonirõhu x ohutustegur (reeglina = 2,5).

Mahuti rõhu mõju KVPAP ohualade mõõtmetele on näidatud joonistel 4.C.1 ja 4.C.2. Joonistel on näidatud hukkumise tõenäosus 100- tonnise propaani või butaani sisaldava mahuti plahvatuse korral.

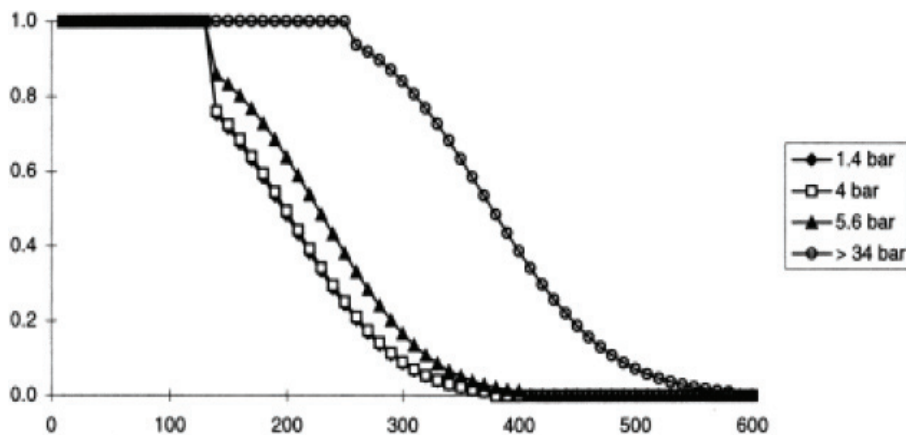
Purunemise parameetrid:

- hoidmistemperatuur 282 K,
- kaitseklapp on häälestatud kemikaali küllastunud auru rõhule temperatuuril 308 K,
- vabanemisrõhk 1,21 x kaitseklapi avanemisrõhk,
- testimisrõhk arvestatakse välja, liites ülerõhule mahutis temperatuuril 308 K 1,7 bari ning korrutades summa teguriga 1,4. Vabanemisrõhk on alati väiksem kui testimisrõhk.
- soojuskiirgus maksimaalne kiirguseks üleminev osa = 0,4 rõhul ≥ 34 bar.



Joonis 4.C.1 Hukutõenäosus 100 tonni propaani sisaldava mahuti KVPAP plahvatuse korral.

Rõhk mahutis atmosfääritemperatuuril (6,2 bar), 1,21 x kaitseklapi töö rõhk (15 bar), testimisrõhk (18 bar) ning maksimaalne soojuskiirguse osa rõhul >34 bar.



Joonis 4.C.2 Hukutõenäosus 100 tonni butaani sisaldava mahuti KVPAP plahvatuse korral.

Rõhk mahutis atmosfääritemperatuuril (1,4 bar), 1,21 x kaitseklapi tööõhk (4,0 bar), testimisrõhk (5,6 bar) ning maksimaalne soojuskiirguse osa rõhul >34 bar.

Sagedasti kasutatakse KVPAP parameetrite väljaarvutamisel mahuti tööõhku ümbritseva õhu temperatuuril. Kuid nagu oli juba märgitud, põhiliseks KVPAP plahvatuse põhjuseks on mahuti seinte nõrgenemine mahuti all või selle vahetus läheduses süttinud lombitule soojuskiirguse mõjul. Seega on tulemused täpsemad, kui võtta vabanemisrõhu väärtuseks 1,21 x kaitseklapi tööõhk.

Viitesüttimise puhul tehakse viites [IPO] vahet statsionaarsete mahutite ja transpordivahendite viitesüttimise vahel. Statsionaarsete mahutite puhul loetakse viitesüttimise tõenäosuseks alati 1 (vahetu süttimise tõenäosus). Samal ajal on transpordivahendite paakide jaoks viitesüttimine defineeritud läbi mittesüttimise. Autorid ei ole sellist lähenemist põhjendanud.

Vabal alal levimise mudeli alusel välja arvatud riskide kontuurjooned ei sõltu ümbritseva keskkonna iseloomust. Konservatiivse hinnangu puhul modelleeritakse tuleohtliku vabanemise väljundite parameetrite maksimaalselt võimalikud väärtused.

Tuleohtliku aurupilve hajumise korral väheneb pilve mõõtmete suurenemisel pilve kontsentratsioon. Arvutuste ühtlustamiseks loetakse kokkuleppeliselt, et süttimine toimub siis, kui pilv on saanud oma maksimaalsed mõõtmed LEL kontuurejoone piires. Sellest lähtudes on otsustatud võtta kasutusele mõiste - maksimaalmõõtmetega tuleohtlik aurupilv, pilve maksimaalsed mõõtmed LEL kontuurejoone sees.

Põhimõtteliselt saab individuaalseid riske välja arvutada, kasutades meetodikat B – vabal alal levimise mudelit. Kuid erijuhtumitel võib kasutada ka meetodikat A. Kuna puudub täpne meetodika A kasutamise kriteerium, siis sellise otsuse saab teha ainult kompetentne ametnik.

On tehtud otsus, kuidas modelleerida üheaegselt mürgiste ja kergestisüttivate kemikaalide aurupilve. Pilve vahetel süttimisel vaadeldakse seda kui kergestisüttivat aurupilve, teistel juhtudel kui mürgist aurupilve. Erandi moodustavad madala reageerimistoimega kemikaalid (näiteks ammoniaak), mille aurupilve vaadeldakse kõikidel juhtudel kui puhtalt mürgist.

Süttimise tõenäosuse väljaarvutamiseks kasutati viidete [DNV96] ja [AM94] andmeid (vt lisa 4.A.9). Peab märkima, et need andmed on küllaltki suhtelised ning neid peab kasutama ettevaatlikult. Seepärast ei ole välistatud ajast sõltuva süttimise tõenäosuse kasutamine. Kokkuleppeliselt on valitud hindamiseks aurupilve süttimise tõenäosus 1 minuti jooksul peale vabanemist.

Mõningad andmed ajast sõltuva süttimise tõenäosuse kohta on esitatud ka viites [IPO] . Nende andmete võrdlus viite [AM94] andmetega on esitatud tabelis 4.C.1. Ettevõtte lähedal asuva teelõigu pikkuseks on valitud 100 meetrit ning veokite liikumiskiiruseks 50 km/h.

Allikas	[IPO]	[AM94]
Tööstusettevõtte	0,9	0,9
Tootmisrajatis	0,5	0 - 0,9
Maantee, N < 50 veokit tunnis	0,5	0 - 0,1
Maantee, N > veokit tunnis	1	0,1 - 1

Tabel 4.C.1

4.C.10 AURUPILVE SÜTTIMISE OHTLIKUD VÄLJUNDID

Takistustega piiramata kergestsüttiva aurupilve viitsüttimisele järgneb sündmus, millel on nii pahvaktule kui plahvatuse iseloom. Aurupilve viitsüttimise võib jagada kaheks iseseisvaks sündmuseks: puhtalt pahvaktuleks ja puhtalt plahvatuseks. Paljude uurijate arvamusel võib lugeda usaldusväärseks põlemisenergia jaotust nende sündmuste vahel:

60 % pahvaktuli

40 % plahvatus.

Kuid uuringus [TNO] on loetud jaotuseks pahvaktuli - plahvatus 30% - 70% .

Ülerõhu tippväärtuste 0,1 bar ja 0,3 bar kontuurijooned on välja arvatud, kasutades multienergia meetodit [CPR14E]. Põlemisenergia normeeritud vahemaad on võetud viite [CCPR] jooniselt 5.8, kasutades maksimaalset plahvatustugevuse teguri väärtust - 10. Põlemisenergia normeeritud kauguseks ülerõhu 0,1 bar jaoks $r_{0,1} = 3$ ja ülerõhu 0,3 bar jaoks $r_{0,3} = 1,5$.

Multienergia meetoodika tulemused, kui kasutada maksimaalset plahvatusjõu tegurit, on võrreldavad TNT ekvivalendi meetoodika tulemustega ülerõhkudele vahemikus 10-100 kPa [CPR14E].

Seda meetoodikat kasutades on ülerõhu 0,1 bar ja 0,3 bar kontuurjoonte raadiuseks

TNT ekvivalendi teguri η väärtuse puhul

$$R_{0,3} = 0,03 \times (\eta \times E)^{1/3},$$

$$R_{0,1} = 0,06 \times (\eta \times E)^{1/3}$$

$$\eta = 0,1$$

4.C.11 RÕHUMAHUTI PURUNEMINE

Rõhumahuti purunemisel tekib plahvatuslaine ja killud võivad kaasa tuua eluohtlikke vigastusi väljaspool ettevõtte piire. Taoliste vigastuste riske ei hinnata KRA tegemisel järgmistel juhtumitel:

- plahvatuslaine ohtlikud väljundid on väljaspool ettevõtte piire tunduvalt väiksemad kui soojuskiirguse ja mürgise gaasipilve ohtlikud väljundid,
- kildude ohtlike löökide tõenäosus väljaspool ettevõtte piire on väga väike.

4.C.12 METEOANDMED

Erinevalt viitest [IPO] otsustati käesolevas ohutusraamatus loobuda täpselt määratletud tuulekiirustest ja kasutada mõisteid madal, keskmine ja suur tuulekiirus. See võimaldab loobuda tuuleandmete teisaldamisest, kui selleks puuduvad täpsed ja usaldusväärsed statistilised andmed.

Viites [IPO] otsustati kasutada kõige lähemal asuva meteojaama statistilisi andmeid. Kuid sageli ei ole lähedalasuva meteojaama andmed ettevõtte riskide hindamisel kõige usaldusväärsemad. Eriti siis, kui ettevõtte ja lähedalasuv meteojaam asuvad erinevates ilmastikutingimustes (näiteks Harku ilmajaam ja Paldiski sadam).

Endiselt leiab KRA koostamisel laialdast kasutamist Pasquille'i atmosfääri stabiilsusklasside süsteem.

Käesoleva ohutusraamatu kokkuleppelised meteoandmed erinevad viite [IPO] kokkuleppelistest meteoandmetest.

Viitest [KNMI92] võetud kokkuleppelised meteoandmed on järgmised:

Õhutemperatuur	- aasta keskmine õhutemperatuuri väärtus 9,3 °C
Maapinna temperatuur	- võrdne õhutemperatuuriga
Veepinna temperatuur	- võrdne õhutemperatuuriga
Õhurõhk	- aasta keskmise õhurõhu väärtus 1015,1 hPa
Õhuniiskus	- aasta keskmise õhuniiskuse väärtus 83%
Päikesekiirguse soojusvoog	- aasta keskmine väärtus 364, 584 J /cm ²

Reaalselt on õhutemperatuur ja maapinna temperatuur erinevad. Täpsemate tulemuste saamiseks on vaja otsustada, millist vahet arvutustes kasutada.

5. SÄRITUSTE JA KAHJUSTUSTE MODELLEERIMINE

5.1 SISSEJUHATUS

Peale kemikaali vabanemise parameetrite kindlaksmääramist on vaja hinnata ohtliku kemikaali säritust ja sellele järgnevaid kahjustusi. Kuna Hollandi ametlikud riskianalüüside koostamise juhendid on koondanud ohtlike kemikaalide vabanemisel tähelepanu põhiliselt inimeste hukkumise tõenäosusele, hinnatakse ainult võimalikke surmajuhtumeid.

Selles peatükis kirjeldatakse meetodeid, mida saab kasutada ohtlike kemikaalide vabanemisega seotud ühe inimese hukkumistõenäosuse ja hukkunute tõenäolise osakaalu väljaarvutamiseks.

Vaadeldakse kahte põhilist parameetrit:

Hukkumistõenäosus P_E - näitab ohtliku kemikaali särituse alale sattunud üksikisiku hukkumise tõenäosust. Loetakse, et üksikisik asub särituse ajal väljaspool hoonet ja on kaitseta. Selle parameetri alusel määratakse kindlaks individuaalriski kontuurjooned.

Hukkunute tõenäoline osakaal F_E - näitab, milline osa teatud kohas paiknevatest inimestest võib särituse tagajärjel hukkuda. Vähemalt teatud osa hinnatavas kohas paiknevatest inimestest asub hoonetes või kannab kaitseriietust. Seepärast määratakse kaks hukkunute tõenäolise osakaalu näitajat - $F_{E_{in}}$ ja $F_{E_{out}}$. Neid parameetrid kasutatakse grupiriskide väljaarvutamisel.

Mürgiste kemikaalide ja soojuskiirguse särituse puhul kasutatakse hukkumistõenäosuse väljaarvutamiseks probitsuhteid.

5.2 KAHJUSTUSTE MODELLEERIMINE

Individaal- ja grupiriskide väljaarvutamiseks KRA tegemise käigus on vaja kindlaks määrata hukkumistõenäosus särituse puhul. Seda saab teha erinevates mudelites probitsuhete abil. Seost mingi ohtliku väljundi tõenäosuse ja vastava probiti vahel näitab valem

$$P = 0.5 \times \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{Pr - 5}{\sqrt{2}} \right) \right] \quad (5.1)$$

kus :

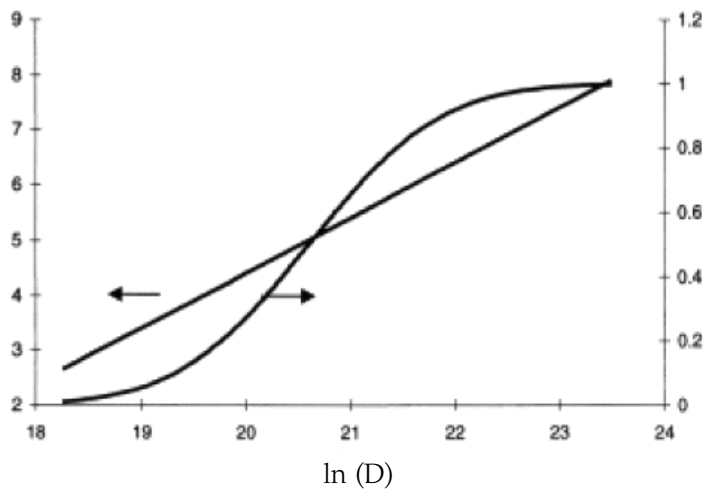
$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \quad (5.2)$$

Seos probiti ja tõenäosuse vahel on esitatud ka tabelis 5.1.

Probiti ja tõenäosuse omavahelise seose olemust selgitab joonis 5.1. Tõenäosuse sigmoidfunktsiooni kõverjooneline graafik asendatakse probitsuhte sirgjoonelise graafikuga.

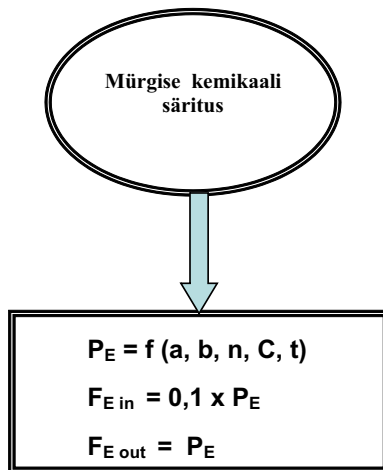
P	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	-	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
0.1	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
0.2	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
0.3	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
0.4	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
0.5	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
0.6	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
0.7	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
0.8	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
0.9	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33

Tabel 5.1
Probiti ja tõenäosuse seos



Joonis 5.1 Hukkumistõenäosus ammoniaagi särituse puhul ja probit sõltuvalt säritusdoosist D (vt 5.2.2).

5.2.2 MÜRGINE SÄRITUS



Joonis 5.2. Hukkumistõenäosus mürgise kemikaali särituse puhul ja hukkunute tõenäolise osakaalu väljaarvutamine väljas ning sees.

Mürgise kemikaali särituse korral saab hukkumise probiti välja arvutada järgmise valemi alusel:

$$Pr = a + b \times \ln(Cn \times t), \quad 5.3$$

kus:

Pr - hukkumise tõenäosusele vastav probit [-]

a, b, n - kemikaali mürgisust näitavad konstandid (vt tabel 5.2)[-]

C - kemikaali kontsentratsioon õhus [mg/m³]

t - säritusaeg [min]

Valemi 5.2 alusel väljaarvutatud probiti järgi saab tabelist 5.1 leida hukkumistõenäosuse särituse puhul.

Märkused:

1. Konstandi a väärtus sõltub kemikaali kontsentratsioonist ja säritusajast. Valemi 5.3 annab usaldusväärse tulemuse, kui kontsentratsioon ja säritusaeg on väärtusele vastavates piirides.

2. Probit on esitatud toksidoosi funktsioonina. Toksidoos $D = Cn \times t$, kui kontsentratsioon C on säritusaja jooksul konstantne. Kui kontsentratsioon säritusaja jooksul muutub, siis $D = \int Cn dt$.

3. Säritusaja maksimaalseks kestuseks tuleb lugeda 30 minutit, alates mürgise pilve hinnatavasse kohta jõudmise hetkest. Pilve saabumisajaks loetakse hetke, mil hukustumisõenäose väärtuseks saab 1%.

4. Hoones on mürgise kemikaali kontsentratsioon mürgise pilve hoonest ülemineku ajal väiksem kui väljas. Seda võib arvesse võtta teguriga, mille väärtus on 0,1. Hoones hukkunute osakaalu hindamiseks on vaja väljaspool hoonet hukkunute osakaalu korrutada selle teguriga. Teguri 0,1 asemel võib hoones hukkunute osakaalu välja arvutada ruumi ventilatsioonikiiruse baasil. Seda meetodikat on kirjeldatud ohutusraamatus CPR16. Sel juhul on vaja meeles pidada, et toksidoos hoones sõltub nii pilve ülemineku kestusest, ventilatsioonikiirusest ülemineku ajal ning ventilatsioonikiirusest peale ülemineku.

- Pilve ülemineku kestus sõltub hoone kaugusest kemikaali vabanemiskohast ning KVM iseloomust. Seega on vaja hoones sees saadud toksidoos välja arvutada iga KVM jaoks eraldi.

- Ventilatsioonikiirus sõltub oluliselt ruumi tüübist ja vanusest, ilmastikutingimustest ja sellest, kas aknad on avatud või suletud.

- Eeldatakse, et inimesed ei tea, millal mürgine pilv on hoonest üle läinud. Järelikult on ventilatsioonikiirus peale pilve ülemineku võrdne ventilatsioonikiirusega üleminekuajal kuni hetkeni, mil avatakse aknad, see on mitte varem kui 30 minutit peale pilve kohalejõudmist.

- Maksimaalne säritusaeg on 30 minutit. Seepärast võib lugeda maksimaalseks vahemikuks pilve ülemineku lõppemise ja akende avamise vahel samuti 30 minutit.

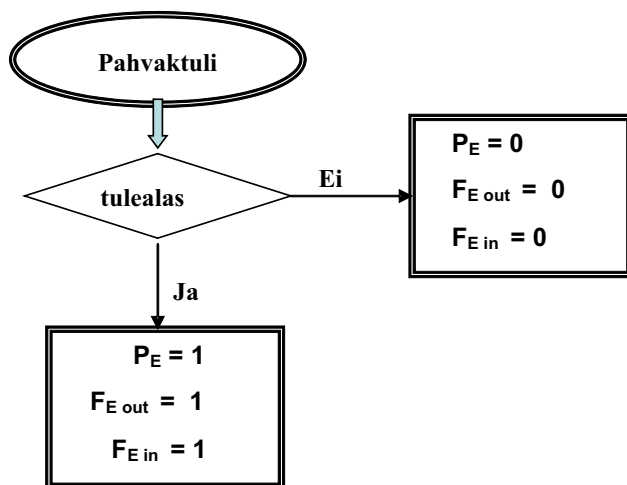
5. Konstantide a, b ja n väärtused on esitatud tabelis 5.2. Täiendavaid andmeid konstantide kohta on võimalik leida viitest [RIVM99].

6. Konstantide tuletamise meetodikat akuutsete mürgkemikaalide jaoks on kirjeldatud viites [CPR16].

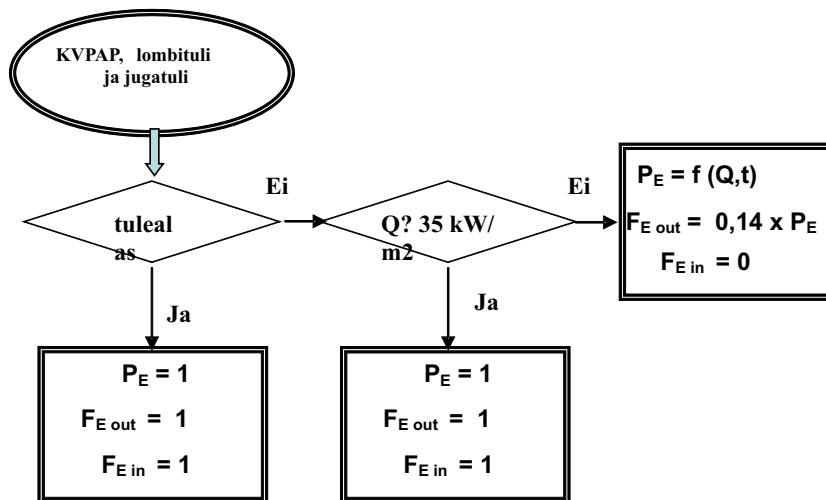
Kemikaal		a	b	n
Akroeliin	1092	-4,1	1	1
Allüülalkohol	1098	-11,7	1	2
Ammoniaak	1005	-15,6	1	2
Broom	1744	-12,4	1	2
Süsinikoksiid	1016	-7,4	1	1
Kloor	1017	-6,63	0,5	2,75
Etüleenoksiid	1040	-6,8	1	1
Vesinikkloriid	1050	-37,3	3,69	1
Väävelsesinik	1053	-11,5	1	1,9
Metüülbromiid	1062	-7,3	1	1,1
Lämmastikoksiid	1067	-18,6	1	3,7
Fosgeen	1076	-10,6	2	1
Vääveldioksiid	1079	-19,2	1	2,4

Tabel 5.2
Valemi 5.3 konstantide väärtused

5.2.3 PÕLENG



Joonis 5.3 Hukkumistõenäosuse väljaarvutamine pahvaktule puhul.



Joonis 5.4 Hukkumistõenäosuse väljaarvutamine KVPAP, lombitule ja jugatule puhul.

Hukkumise tõenäosuse arvestuslikud väärtused P_E ja hukkunute osakaal $F_{E\ in}$ ja $F_{E\ out}$ pahvaktule puhul on esitatud joonisel 5.3.

Hukkumise tõenäosuse arvestuslikud väärtused P_E ja hukkunute osakaal $F_{E\ in}$ ja $F_{E\ out}$ KVPAP, lombitule ja jugatule puhul on esitatud joonisel 5.4.

Soojuskahjustuste tagajärjel hukkamise probitsuhte saab nende juhtumite puhul välja arvutada alljärgneva valemi abil:

$$Pr = -36,38 + 2,56 \times \ln(Q^{4/3} \times t) \quad (5.4)$$

kus :

Pr – hukkamise tõenäolisusele vastav probit [-]

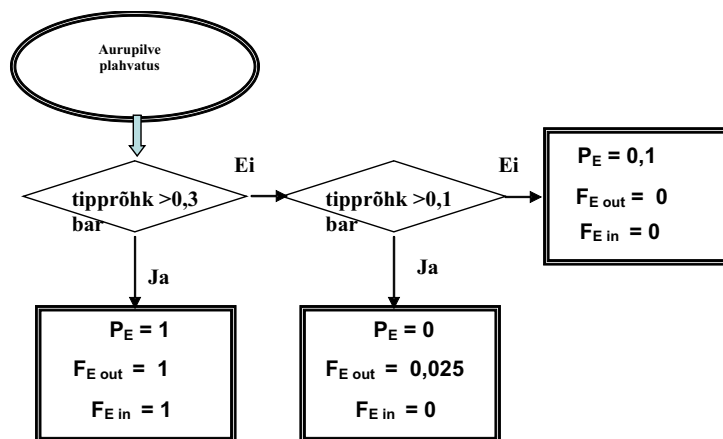
Q - soojuskiirguse intensiivsus [W/m^2]

t - säritusaeg [s]

Märkused:

1. Kasutatud probitsuhe vaadatakse üle. Täpsustatud suhe esitatakse uues „Rohelises raamatus“ [CPR 16] .
2. Tuleala välispiiriks pahnaktule korral on LEL kontuurjoon süttimise hetkel.
3. Säritusaeg on võrdne põlemisajaga. Kuid maksimaalne säritusaeg on 20 sekundit.
4. On kokku lepitud, et inimesed hoones on kaitstud seni, kuni hoone ei sütti põlema. Hoone süttimise soojuskiirguse künnisväärtuseks on 35 kW/m^2 . Kui hoone süttib, hukuvad kõik selles asuvad inimesed. Seega $F_{E_{in}} = 1$, kui soojuskiirguse intensiivsus saavutab väärtuse 35 kW/m^2 ja $F_{E_{in}} = 0$, kui soojuskiirguse intensiivsus on väiksem kui 35 kW/m^2 .
5. Grupiriskide hindamisel loetakse, et inimesed on kaitstud seni, kui riided ei ole põlema süttinud. Riietus vähendab hukkunute arvu 0,14 korda. Riietuse süttimise künnisintensiivsuseks loetakse 35 kW/m^2 . Kui riietus süttib põlema, inimene hukub. Seega $F_{E_{out}} = 0,14 \times P_E$, kui soojuskiirguse intensiivsus on väiksem kui 35 kW/m^2 .

Aurupilve plahvatuse ülerõhu ohtlik mõju



Joonis 5.5 Hukkamise tõenäosuse väljaarvutamine aurupilve plahvatuse puhul.

Joonisel 5.5 on esitatud hukkamise tõenäosuse arvestuslikud väärtused aurupilve plahvatuse puhul. Neid ei saa kasutada lõhkeainete detonatsiooni korral.

5.3 ELANIKKOND

5.3.1 ELANIKKONNA PAIKNEMISE ISEÄRASUSTE HINDAMINE.

Nii individuaalsete kui grupiriskide hindamisel ja süttimise tõenäosuse kindlaksmääramisel on väga oluline teada, kuidas paikneb elanikkond hinnataval alal. Elanikkonna paiknemise hindamisel on vaja järgida järgmisi reegleid:

1. Elanikkonna paiknemise hindamisel on vaja arvestada seda, kuidas paiknevad inimesed antud hetkel. Uute asumite elanikkonna paiknemist tuleb hinnata nende asumite arenguplaanide alusel. Andmed elanikkonna paiknemistiheduse kohta tuleb võtta nendest plaanidest. Kui puuduvad täpsed andmed uute asumite kohta, on vaja kasutada elanikkonna paiknemistiheduse jaoks kokkuleppelisi väärtusi [CPR16]. Informatsiooni täpsusele esitatavad nõuded sõltuvad KRA eesmärgist.

2. Puhkealade elanike paiknemistihedus võib erinevatel aastaegadel olla erinev. Seepärast on vaja grupiriskide hindamisel teha aastaegade jaoks erinevad riskianalüüsid. Kui tegemist on suurte massikogunemise objektidega (näiteks staadionid), on riskianalüüsi tegemisel vaja arvestada, et erinevatel päevadel ja erinevatel ajahetkedel võib olla inimeste arv nendel objektidel väga erinev. Kui ajavahemik, mille jooksul on taolistel objektidel palju inimesi, on suhteliselt lühike, võib riskianalüüsi koostamisel seda inimeste arvu suurenemist mitte arvestada. Näiteks kui suurõnnetuse ajal suure grupi inimeste staadionil asumise tõenäosus on väiksem kui 10^{-9} , võib sellise sündmuse hindamise riskianalüüsist välja jätta.

3. On vaja hinnata kohalikke õigusakte, mis määravad kindlaks, kuidas paiknevad inimesed hinnataval alal (näiteks kaupluste ja koolide tööaeg, massiürituste toimumise aeg jne). Milliseid inimgrupe millistel objektidel arvesse võetakse, sõltub vahetult KPRA eesmärkidest.

4. Inimeste paiknemistihedus hinnataval alal sõltub paljudest teguritest. Üldjuhul eristatakse päevast ja öist paiknemistihedust. Seejuures on vaja järgida järgmisi reegleid:

- päev hõlmab ajavahemikku 08.00- 18.30, öö ajavahemikku 18.30-08.00.
- elurajoonides paiknevate inimeste osa moodustab päeval 0,7% elanikkonnast, öösel 1,0%. Kui elurajoonis paiknevad koolid või büroohooned, on vaja päeval arvestada seal paiknevaid inimesi.
- loetakse, et tööstusrajoonides on päeval hõivatud 100% töökohtadest. Kui ettevõtetes on öine vahetus, siis öösel on tööstusrajoonides hõivatud 20% töökohtadest, kui öine vahetus puudub, siis tööstusrajoonis öösel inimesi ei ole.

Põhimõtteliselt peaksid olema andmed inimeste paiknemistiheduse kohta nii detailsed kui võimalik. Praktikas võib olla raske hankida detailseid andmeid elanikkonna kohta. Andmeid elanikkonna kohta võib saada erinevatest allikatest – kohalikud omavalitsused, kommertssüsteemid, GIS. Võib kasutada ka järgmisi andmete hankimise võtteid:

1. Majade ülelugemine kaardil. Hollandis võib üldjuhul lugeda, et üheperekon-naelamus elab keskmiselt 2,4 inimest.
2. Kui andmed elanike paiknemistiheduse kohta puuduvad (näiteks ala arenguplaan on koostatud alles üldjoontes), võib kasutada kokkulepitud andmeid viitest [CPR16].
3. Kui kasutatakse hinnatava ala keskmist paiknemistihedust, on vaja arvestada ka teedel toimivas liikluses osalejaid.

5.3.2 HOONETES JA HOONETEST VÄLJAS OLEVATE INIMESTE SUHE

Grupiriskide väljaarvutamisel on vaja eeldada, et osa hinnatava ala inimestest on suurõnnetuse korral hoonetes või kannavad kaitseriietust. Seepärast jaotatakse kõik hinnataval alal paikneda võivad inimesed kahte gruppi:

- hoonetes paiknevad või kaitseriietust kandvad inimesed – nende osakaal on $f_{\text{pop.in}}$
- hoonest väljas paiknevad inimesed – nende osakaal on $f_{\text{pop.out}}$.

Nende osakaalude kokkuleppelise väärtused on esitatud tabelis 5.3

	$f_{\text{pop.in}}$	$f_{\text{pop.out}}$
Päeval	0,93	0,07
Öösel	0,99	0,01

Tabel 5.3

Lisa 5.A

KOMMENTAARID

5.A.1 ÜLDALUSED

Suhted ohtliku väljundi tõenäosuse ja probiti vahel tabelis 5.1 on võetud viitest [CPR16].

5.A.2 MÜRGISED KEMIKAALID

Mürgiste kemikaalide probitsuhet on kirjeldatud viites [CPR16]. Probitsuhte koefitsiendid a , b ja n on võetud viitest [KO24.2]. Erandi moodustavad ammoniaak ja fosgeen. Ammoniaagi probitsuhte koefitsiendid on võetud viitest [KO59] ja fosgeeni probitsuhte koefitsiendid viitest [KO86]. Mitme kemikaali jaoks on viites [KO24.2] esitatud kaks probitsuhet, ühes $n = 1$ ja teises $n = 2$. Viites [CPR16] on soovitatud, kui n väärtus on teadmata, kasutada probitsuhet, milles $n = 2$.

Vastavalt viitele [IPO] loetakse kokkuleppeliselt maksimaalseks säritusajaks 30 minutit. Säritusaja maksimaalse väärtuse kehtestamine on vajalik, kuna probitsuhe näitab, et pikaajaliste särituste puhul hukub inimene tõenäoliselt isegi siis, kui tegemist on vähese mürgise kontsentratsiooniga, aga on säritusaeg piisavalt pikk. Kuna tegelikkuses seda ei juhtu, loetakse, et arvestusliku säritusaja piirväärtuseks on 30 minutit. Piirväärtuse valik põhineb hinnangul, et 30 minutit on piisav kannatanu evakueerimiseks ja esmaabi osutamiseks.

Hoones asuvate inimeste säritusaeg võib olla pikem, kui mürgise pilve hoonest ülehoovamisaeg. Säritusaja kestust hoones mõjutab ventilatsioonisüsteem. Mürgise kemikaali kontsentratsiooni hoones võib välja arvutada, kasutades maja ventilatsioonimudelit. Ventilatsioonimudeli kasutamine on küllaltki keeruline. Kontsentratsioon hoones sõltub mitmest tegurist, esmajoones meteotingimustest ja ventilatsioonisüsteemi töörežiimi parameetritest. Lisaks on vaja märkida, et mürgise kemikaali kontsentratsioon kogu hoones ei ole ühesugune ning võib olla erinevates ruumides väga erinev, kuna ventilatsioon on erinev. Vaatamata sellele, et ventilatsioonimudel on keerukas, on vaja seda võimaluse korral kasutada.

Ventilatsioonimudeli kasutamise juhised on esitatud viites [CPR16].

Praktikas kasutatakse ventilatsioonimudelit harva. Selle asemel kasutatakse üldist nõrgendustegurit. Viites [IPO] on kokkuleppelise nõrgendusteguri kokkuleppeliseks väärtuseks hoones asuvate inimeste jaoks võetud 0,1.

Sõltuvalt hoonetes ja väljaspool hooneid asuvate inimeste osakaalu muutumisest päeval ja öösel, on vaja lähtuda järgmistest üldjuhustest:

1. Inimesed väljaspool hooneid on kaitsemata, seepärast ei ole vaja korrutada väljaspool hooneid asuvate inimeste osakaalu FE out nõrgen dusteguriga.

2. Inimesed hoones on kaitstud. Hoones asuvate inimeste osakaalu näitaja FE,in on vaja korrutada nõrgendusteguriga 0,1. Päeval asub väljaspool hooneid kokkuleppeliselt 7% elanikkonnast. Kui võtta arvesse, et hoonetes asuvate inimeste nõrgendustegur on 0,1, võib lugeda, et kogu hinnataval alal asuva elanikkonna jaoks võib nõrgenduskoefitsiendi väärtuseks võtta 0,16. Öösel on kokkuleppeliselt 99% inimestest hoonetes (5.3.2) ja ainult 1% hoonetest väljas. Kuigi öösel on atmosfääri suurema stabiilsuse tõttu mürgise gaasipilve hajumise ulatus suurem, kasutatakse nõrgendustegurit ainult hoonetes asuvate inimeste jaoks - 0,1 FE,in.

5.A.3 PÖLENG

Pahvaktule, KVPAP, jugatule ja lombitule soojuskiirguse mõju alale sattunud inimeste hukkumise tõenäosuse väljaarvutamise meetoodika on võetud viitest [CPR16].

Sellest erinev meetoodika on esitatud viites [KO20.2], kus on määratletud kahjustusala mõiste. Näiteks pahvaktule ohualaks on leegiala ja KVPAP jaoks soojuskiirguse tase 12,5 kW/m². Ohualas määratletakse hukkumise tõenäosus hoonetes ja hoonetest väljas asuvate inimeste jaoks eraldi.

Sähvaktule leegialas on hukkumise tõenäosuseks 1,0, kuna sel alal on soojuskiirguse energia väga suur ning inimeste riided süttivad põlema. Väljaspool leegiala on hukkumise tõenäosus 0.

KVPPA, jugatule ja lombitule leegialast väljaspool arvutatakse hukkumise tõenäosus välja soojuskiirguse parameetrite alusel.

Pahvaktule leegiala piiriks loetakse LEL kontuurjoone maksimaalne raadius enne pilve süttimist.

Kokkuleppeliselt loetakse maksimaalseks säritusajaks 20 sekundit. Selle väite aluseks on hinnang, et soojuskiirguse alla sattunud t inimestel on võimalus pageda 20 sekundi jooksul ohutusse kohta. Viites [IPO] oldi seisukohal, et asumis on inimestel kergem leida varju ning võeti grupiriskide väljaarvutamisel maksimaalseks säritusajaks 10 sekundit. Kuid viimasel ajal on jõutud ühisele seisukohale, et nii ettevõtte territooriumil kui ettevõtte läheduses asuvates asumites on vaja võtta üks kokkuleppeline maksimaalne säritusaeg 20 sekundit.

Individaalriskide väljaarvutamisel kasutatakse soojuskiirguse tagajärjel hukkumise tõenäosuse väljaarvutamisel kaitsmata inimese probisuhet. Riietuse kaitsetoimet see suhe ei arvesta.

Grupiriskide hindamise käigus võetakse inimese hukkumise tõenäosuse väljaarvutamisel arvesse inimeste tavalise väljaskäimise riietuse kaitsetoimet. Sellise riietuse kaitsetoimet arvestatakse, kasutades väljaspool hooneid asuva elanikkonna jaoks nõrgendustegurit 0,14. Kuid kui riietus süttib, on inimese hukkumise tõenäosuse väärtus 1,0.

Riietuse süttimise künniseks loetakse:

$$Q^2 \times t = 2,5 \cdot 10^4 \text{ kW}^2 / \text{m}^4 \text{ s} \text{ [CPR16]}.$$

20- sekundilise säritusaja jooksul on selliseks süttimise künniseks soojuskiirguse intensiivsus 35 kW/m². Kuna kokkuleppeliselt loetakse sellist soojuskiirguse intensiivsust ka puithoonete süttimise künnisväärtuseks, saab sellist künnisväärtust kasutada inimeste hukkumise künnisväärtusena puithoonestusega asumis nii väljaspool hooneid kui ka hoonetes.

Hoonete kaitsvat toimet arvestatakse KRA koostamisel. Varem kasutati hoonete kaitsva toime arvestamiseks kahte erinevat lähenemist:

1. Ettevõtete KRA koostamisel ei arvestatud hoonete kaitsvat toimet. Väljaspool ettevõtteid paiknevate inimeste puhul kasutati nõrgendustegurit 0,14 nii hoonetes kui hoonetest väljas paiknevate inimeste puhul.
2. Kaubajaamade hoonetes paiknevate inimeste hukkumise künniseks loeti soojuskiirguse intensiivsust 40 kW/m². Sellest künnisest madalama soojuskiirguse intensiivsuse puhul loeti kokkuleppeliselt, et hoonetes asuvad inimesed on kaitsstud ja jäävad ellu. Hoonetest väljas asuvate inimeste puhul ei kasutatud nõrgenduskoefitsienti 0,14.

Käesolevas ohutusraamatus kasutatud mudelite puhul eeldatakse, et hoonetes asuvad inimesed on kaitsstud seni, kuni hoone ei sütti põlema. Kui hoone süttib, tekib inimeste hukkumise oht. Kahjuks on erialases kirjanduses väga vähe teavet hoonete süttimise kohta. Olemasoleva informatsiooni alusel võib teha järelduse, et [CPR16] :

- aknaklaasid purunevad soojuskiirguse intensiivsuse 4 kW/m² puhul,
- kriitiline soojuskiirguse tase (süttimine toimub pikaajalise kiirituse korral) on 25-35 kW/m² puidu, plastiku, tekstiili ning puitlaastpaatide jaoks. Lahtiste süüteallikate (näiteks sädemed) korral on sellise taseme väärtuseks 10-15 kW/m².

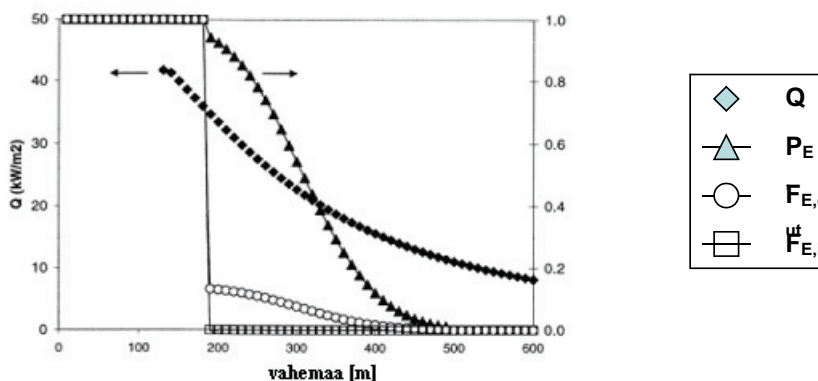
- välisvooderdus süttib siis, kui soojusvoo ja säritusaja kestuse kombinatsioon vastab suhtele

$$Q^2 \times t \geq (2,5 - 4,5) 10^4 \text{ kW}^2 / \text{m}^4 \text{ s} .$$

20- sekundilise kiiritusaja puhul on minimaalseks kiirgusvoo intensiivsuseks 35 kW/m².

Sellest lähtudes loetakse siin kokkuleppeliselt hoonete süttimiskünniseks soojuskiirguse intensiivsust 35 kW/m².

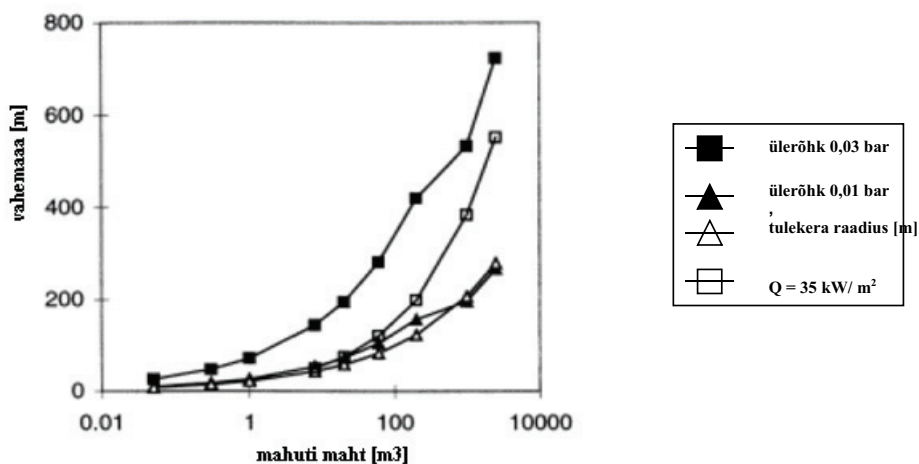
100- tonnise LPG mahuti KVPAP soojuskiirguse mõju parameetrid on esitatud joonisel 5.A.1



Joonis 5.A.1 100- tonnise propaanimahuti KVPAP väljundite parameetrid (purunemisrõhk 15 bar).

Taolise juhtumi puhul loetakse üldjuhul, et suurem osa inimesi on KVPAP korral hoonetes. Seepärast võib oletada, et kasutades hoonetes asuvate inimeste grupiriskide hindamiseks varem kasutatud meetodit, võib saada usaldusväärsed tulemused. Kaubajaamade ja kemikaaliladude jaoks erinevad selle meetodi ja siin kirjeldatud mudelite tulemused väga vähe, kuna ühest küljest künnisväärtuse väärtuselt 35 kW/m² väärtusele 40 kW/m² suurendab küll hoonetes olevate inimeste grupiriske, kuid samal ajal väljas asuvate inimeste puhul vähendab nõrgendustegur 0,14 nende grupiriske.

On vaja arvestada, et KVPAP puhul on väljundiks ka plahvatuslaine. Tavaliselt plahvatuslaine mõju KRA koostamisel ei arvestata, kuid vajadusel võib plahvatuslaine ülerõhu tagajärgede hindamiseks kasutada meetodikat, mida on kirjeldatud „Kollase raamatu“ [CPR14] 7. peatükis. TNO tegi hulga arvutusi erineva ruumalaga mahutite KVPAP soojuskiirguse ja ülerõhu mõju võrdlemiseks. Tulemused on esitatud joonisel 5.A.2 .



Joonis 5.A.2 Propaanimahuti KVPAP väljundite parameetrite sõltuvus mahuti kaugusest.

On vaja arvesse võtta ,et :

- ülerõhu 0,03 bar puhul purunevad aknad,
- ülerõhu 0,1 bar puhul saavad 10% hoonetest raskeid kahjustusi ning hoonetes asuvate inimeste hukkumise tõenäosus on 0,025 (vt alajagu 5.2.4),
- soojuskiirguse intensiivsuse 35 kW/m² puhul on inimesed hoones täiesti kaitstud.

Arvutuste tulemused näitavad, et kaitsmata inimeste puhul on KVPAP tulekera ohtlikum kui plahvatuslaine. Kuid KVPA grupiriskide hindamisel peab olema ettevaatlik. Arvutused näitavad, et kaugusel, kus soojuskiirguse intensiivsus on 35 kW/ m², võib plahvatuslaine ülerõhk olla 0,003-0,1 bar. Järelikult võivad sellisel kaugusel puruneda aknad. Akende purunemisel võivad tekkida inimeste elu ohustavad killud ning hoone kaitsevõime väheneb. Kuna kaasaegsetel hoonetel on suure pindalaga klaasseinad, on küsitav, kas kõik hoones olevad inimesed on 35 kW/m² puhul täiesti kaitstud.

Oletuse, et inimesed hoones on soojuskiirguse väärtuse 35 kW/m² puhul täiesti kaitstud, aluseks on kaks tingimust:

- inimesed hoones varjuvad väga kiiresti kaitsvate seinte taha,
- inimesed ei saa akende purunemise korral surmavaid klaasikildude lööke.

On vaja märkida, et viimane eeldus on kooskõlas alajaoga 5.2.4, kus on näidatud, et ülerõhu korral, mille väärtus on väiksem kui 0,1, on inimeste hukkamise tõenäosus 0.

5.A.4 ÜLERÕHU MÕJU

Inimeste hukkamise tõenäosus PE on välja arvatud kolme erineva tsooni jaoks. Parameetrid joonisel 5.5 on võetud viitest [IPO].

Selles viites kasutatud hoonetest väljas olevate inimeste osakaalu näitaja 0,025 ei ole eriti täpne. Täpsustavad uuringud näitavad, et:

1. KVPAP korral tulekerast väljaspool, kuid 0,1 bar ülerõhu kontuurjoones asuvatest hoonetest kuni 10% purunevad.
2. Üks kaheksast täielikult purunenud hoones asuvast inimesest hukkab.

Sellest järeldub, et hoonetes asuvate inimeste hukkamisteguri väärtuseks võib võtta $0,1 \times 0,125 = 0,0125$, mis on kaks korda väiksem kui viites [IPO].

6. ARVUTUSED JA TULEMUSTE ESITAMINE

6.1 SISSEJUHATUS

KRA tulemuseks on individuaalriskide ja grupiriskide kvantitatiivsed parameetrid.

Individuaalriski parameetrik on üksikisiku hukkmise tõenäosus ohtliku kemikaali mahutist vabanemise (KMV) korral. Üksikisiku all mõeldakse kaitsmata inimest, kes satub ohtliku kemikaali mõju alla peatükis 5 esitatud säritusaja jooksul.

Grupiriski parameetrik on õnnetuses vähemalt N inimese üheaegse hukkmise tõenäosus. Eeldatakse, et osa õnnetusse sattunud inimestel on teatud kaitse (vt 5. peatükki). Grupiriski väljendab FN graafik, kus N on hukkunute arv ning F õnnetuste, milles võib hukkuda N või rohkem inimest, tõenäosus.

Käesolevas peatükis kirjeldatakse individuaal- ja grupiriskide parameetrite väljaarvutamise meetodikat ning tulemuste esitamist.

6.2 INDIVIDUAAL- JA GRUPIRISKIDE VÄLJAARVUTAMINE

Allpool on esitatud individuaal- ja grupiriskide väljaarvutamise meetodika mürgiste ja kergestisüttivate kemikaalide puhul. Alljagu 6.2.1 kirjeldab ohuvõrgustikku, alljagu 6.2.2 individuaalriskide ja alljagu 6.2.3 grupiriskide väljaarvutamist. Süttimisjuhtumeid kirjeldatakse alljaos 6.2.4. Väga oluliseks sammuks on hukkmise tõenäosuse ja hukkunute osakaalu kindlaksmääramine. Nende parameetrite väljaarvutamise meetodika on esitatud alajagudes 6.2.5 ja 6.2.6.

Siin kirjeldatud meetodikat kasutatakse paljudes erinevates arvutiprogrammides. Esitatud materjal ei kata kõiki võimalikke juhtumeid, vaid ainult tutvustab arvutusprintsipi. Siin esitatud meetodikad eeldavad, et on võimalik kasutada atmosfääri stabiilsusklasside ja tuulesuuna tõenäosuste tabelleid.

6.2.1 OHUALAARVUTUSVÕRGUSTIK

Individuaal- ja grupiriskide väljaarvutamine algab arvutusvõrgustiku sidumisest ohualaga. Arvutusvõrgustiku (järgnevalt võrgu) ruudu keskpunkti nimetatakse võrgupunktiks. Individuaalriski parameetrid arvutatakse kõikide ohuala võrgupunktide jaoks. Ruudu mõõtmed peavad olema valitud nii, et ruudu pindala suurus ei mõjutaks oluliselt arvutustulemusi, kuna individuaalrisk võib ruudu erinevates punktides olla väga erinev.

Reeglina peab juhtumite jaoks, mille puhul ohuala raadius on väiksem kui 300 meetrit, ruut olema mitte suurem kui 25 x 25 meetrit. Kui ohuala raadius on suurem kui 300 meetrit, võib ruudu mõõtmeteks valida 100 x 100 meetrit. Vajaduse korral võib kasutada ohuala keskpunkti kuni 300 meetri kaugusel ruute 25 x 25 meetrit, kaugemal ruute 100 x 100 meetrit

Järgnevalt on vaja kindlaks määrata inimeste arv igas ruudus. Inimeste ohualas paiknemise kindlaksmääramisel on vaja järgida 5. peatükis esitatud juhiseid. Loetakse, et inimesed igas ruudus on hajutatud ühtlaselt, see tähendab, et

inimeste paiknemistihedus on kogu ruudus ühesugune. Vajaduse korral on vaja hinnata suurte inimgruppide paiknemist teatud ruutes.

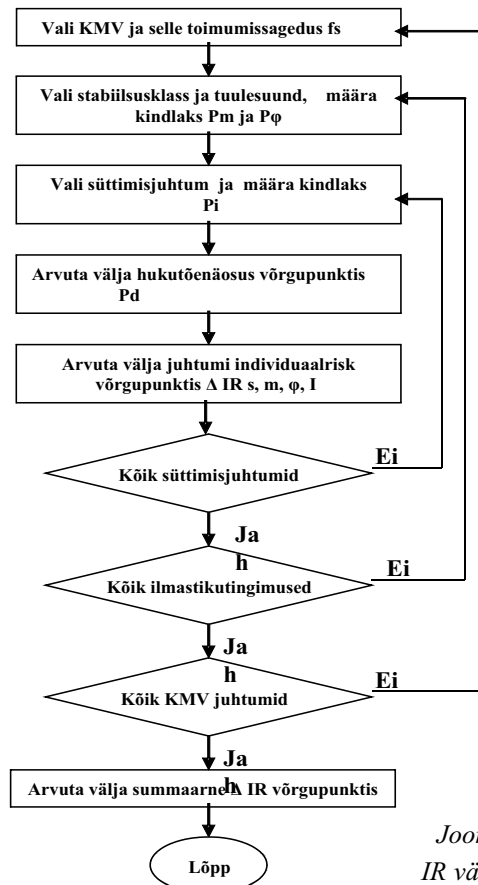
Lõpuks on vaja kindlaks määrata süttimise tõenäosus igas ruudus. Kokkuleppeliselt loetakse, et süttimisallikas asub ruudu keskpunktis.

6.2.2 INDIVIDUAALRISKIDE VÄLJAARVUTAMINE

Individuaalriski parameeter arvutatakse välja igas ruudu keskpunktis eraldi. Arvutustoimingu algoritm on esitatud joonisel 6.1. Üksikisiku hukkumise tõenäosus arvutatakse välja iga võimaliku KMV juhtumi puhul arvestades eraldi iga:

- atmosfääri stabiilsusklassi,
- süttimisjuhtumit i (ainult kergestisüttivate kemikaalide puhul),
- iga tuulesuunda.

Individuaalriski summaarne parameeter arvutatakse välja iga ohuala võrgupunkti jaoks.



Joonis 6.1 Individuaalriski IR väljaarvutamise algoritm

Võrgupunkti individuaalriski parameetri IR väljaarvutamiseks on vaja:

1. Valida KMV juhtum S ning määrata kindlaks selle juhtumi toimumissagedus fs. Erinevaid KMV juhtumeid ja nende toimumissagedusi on kirjeldatud 2. peatükis.
2. Valida atmosfääri stabiilsusklass M ja selle tõenäosus Pm. Erinevaid stabiilsusklasside on kirjeldatud 4. peatükis. Vali tuulesuund φ ja selle tõenäosus P φ . Tuulesuuna tõenäosus valitakse lähtuvalt hinnatavast atmosfääri stabiilsusklassist. Sageli kasutatakse ilmastikutingimuste tõenäosust Pm x P φ . See on tõenäosus, et stabiilsusklass M ja tuule suund φ toimivad üheaegselt.
3. Kui on tegemist kergestisüttivate gaasidega, tuleb valida süttimisjuhtum i ja selle tõenäosus Pi. Süttimisjuhtumeid on kirjeldatud alljaos 6.2.4.
4. Arvutada välja hukkumise tõenäosus võrgupunktis Pr valitud KMV, ilmastikutingimuste ja süttimisjuhtumi (kui tegemist on kergestisüttiva kemikaaliga) korral. Pr väljaarvutamise meetodika mürgiste kemikaalide jaoks on esitatud alajaos 6.2.5 ning kergestisüttivate kemikaalide jaoks alajaos 6.2.6. Kokkuleppeliselt on võrgupunkti arvustuslik kõrgus maapinnast 1 m.
5. Arvutada välja valitud KMV juhtumi S individuaalrisk ΔIRs [a-1] hinnatavas võrgupunktis, kasutades alljärgnevat valemit:

$$\Delta IR_{S,M,\varphi,i} = f_S \times P_M \times P_\varphi \times P_i \times P_d \quad (6.1)$$

6. Korrata iga KMV juhtumi jaoks samme 3 - 5 iga süttimisjuhtumi ja 2 - 5 iga ilmastikutingimuse jaoks. Summaarne individuaalrisk hinnatavas võrgupunktis

$$IR = \sum_S \sum_M \sum_\varphi \sum_i \Delta IR_{S,M,\varphi,i} \quad (6.2)$$

6.2.3 GRUPIRISKI VÄLJAARVUTAMINE.

Grupiriski väljaarvutamise algoritm on esitatud joonisel 6.2.

Alguses arvutatakse välja üksiku KMV vabanemise juhtumi jaoks iga ilmastikutingimuse ja süttimisjuhtumi jaoks võimalik hukkunute arv N iga võrgupunkti jaoks. Järgnevalt on vaja iga võrgupunkti jaoks välja arvutada hukkunute tõenäoline arv ka teiste KMV juhtumite jaoks. Viimaseks on vaja välja arvutada sündmuse, et hukkub mitte vähem kui N inimest, läbiv tõenäosus.

Grupiriski väljaarvutamiseks on vaja:

1. Valida :

- KMV S juhtum ja selle toimumissagedus,
- stabiilsusklass M ja selle tõenäosus P_m ,
- tuulesuund ϕ ja selle tõenäosus P_ϕ ,
- süttimisjuhtum i ja selle tõenäosus P_i (ainult kergestisüttivate kemikaalide puhul).

2. Valida võrguruut ja määrata kindlaks inimeste arv ruudus N_{cell} .

3. Arvutada välja hukkuda võivate inimeste osakaal F_d valitud võrgupunktis valitud KMV juhtumi valitud stabiilsusklassi M , tuule suuna ϕ ja süttimisjuhtumi i jaoks. Arvutusmetoodika mürgiste kemikaalide jaoks on esitatud alajaos 6.2.5 ning kergestisüttivate kemikaalide jaoks alajaos 6.2.6.

4. Arvutada välja punktis 3 määratletud juhtumi puhul hukkuda võivate inimeste arv $\Delta N_{s,m,\phi,i}$.

$$\Delta N_{s,m,\phi,i} = F_d \times N_{cell} \quad (6.3)$$

5. Korrata samme 2 - 4 kõikide võrgupunktide jaoks. Arvutada välja valitud KMV juhtumi korral kõikides võrgupunktides hukkuda võivate inimeste arv $N_{s,m,\phi,i}$:

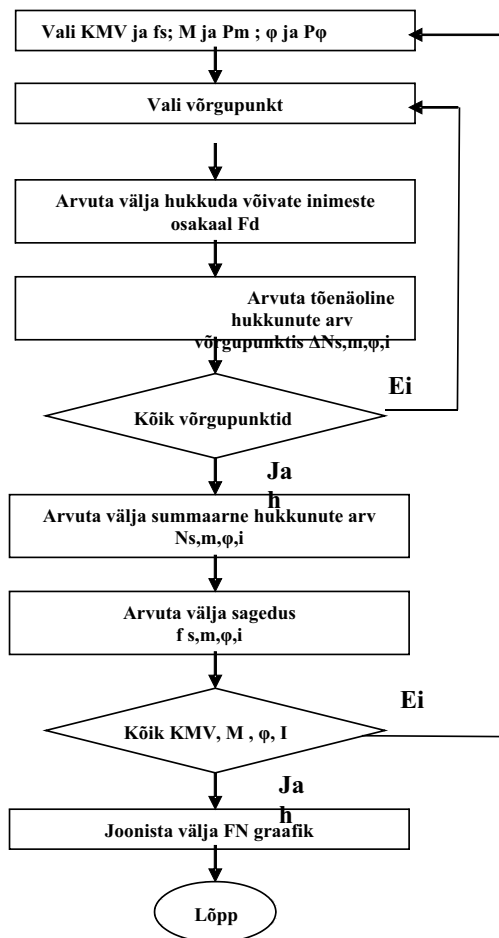
$$N_{s,m,\phi,i} = \sum \text{kõik võrgupunktid } \Delta N_{s,m,\phi,i} \quad 6.4$$

6. Arvutada välja punktis 3 esitatud juhtumi toimumise tõenäosus $f_{s,m,\phi,i}$:

$$f_{s,m,\phi,i} = f_s \times P_m \times P_\phi \times P_i \quad 6.5$$

7. Korrata samme 1 - 6 kõikide KMV juhtumite, ilmastikutingimuste ja süttimisjuhtumite puhul. Joonistada välja kõikide läbivate sageduste $f_{s,m,\phi,i}$ FN graafik.

$$FN = \sum_{S,M,\phi,i} f_{S,M,\phi,i} \text{ with } N_{S,M,\phi,i} \geq N \quad 6.6$$



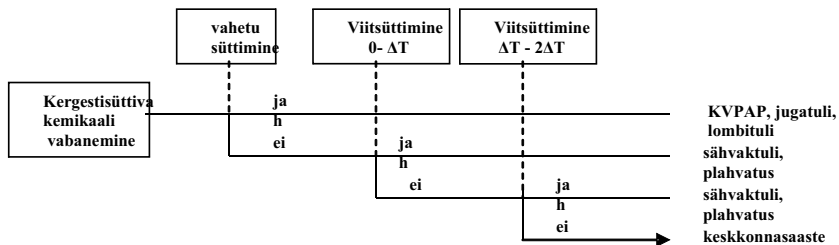
Joonis 6.2 Grupiriski väljaarvutamise algoritm

6.2.4 VABANENUD KERGESTISÜTTIVA KEMIKAALI SÜTTIMISJUHTUMITE KINDLAKSMÄÄRAMINE

Kergestisüttivate kemikaalide mahutist vabanemise korral sõltuvad vabanemise tagajärjed sellest, kas järgneb vahetu või viitsüttimine. Vabanemise situatsiooni kirjeldab joonis 6. Sündmuste puu näitab, millised vabanemise võimalikud väljundid võivad toimuda peale vabanenud kemikaali vahetut või viitsüttimist teatud ajavahemike $0-\Delta T$, $\Delta T-2\Delta T, \dots$ järel (ΔT on arvutuslik ajavahemik).

Vabanemise võimalikeks väljunditeks võivad olla:

- KVPAP,
- jugatuli ja lombituli,
- sähvaktuli,
- plahvatus.



Joonis 6.3 Kergeltsüttiva kemikaali vabanemise sündmuste puu näide

Viitsüttimise parameetrite väljaarvutamiseks võib kasutada sõltuvalt kemikaali vabanemise iseloomust kahte erinevat meetodikat, mida vaadeldakse 4. peatükis.

Metoodika A, mida kasutatakse, kui on teada reaalsete süttimisallikate asukohtad, on kirjeldatud alajaos 6.2.4.1. Seda meetodikat kasutatakse tavaliselt grupiriskide väljaarvutamisel ja väga harva erandjuhtudel individuaalriskide hindamiseks.

Vaba välja meetoodika B on kirjeldatud alajaos 6.2.4.2. Sead meetodikat kasutatakse tavaliselt individuaalriskide hindamiseks.

6.2.4.1 SÜTTIMISJUHTUDE HINDAMISE SÜTTIMISALLIKAPÕHINE MEETOD (MEETOD A).

Selles meetodis kasutatakse andmeid reaalsete süttimisallikate kohta. Süttimisjuhtumi i tõenäosuse P_i väljaarvutamise algoritm valitud KMV juhtumi S jaoks, stabiilsusklassi M ja tuulesuuna Φ puhul, on esitatud joonisel 6.4.

Süttimise parameetrite väljaarvutamiseks on vaja teha järgmised sammud::

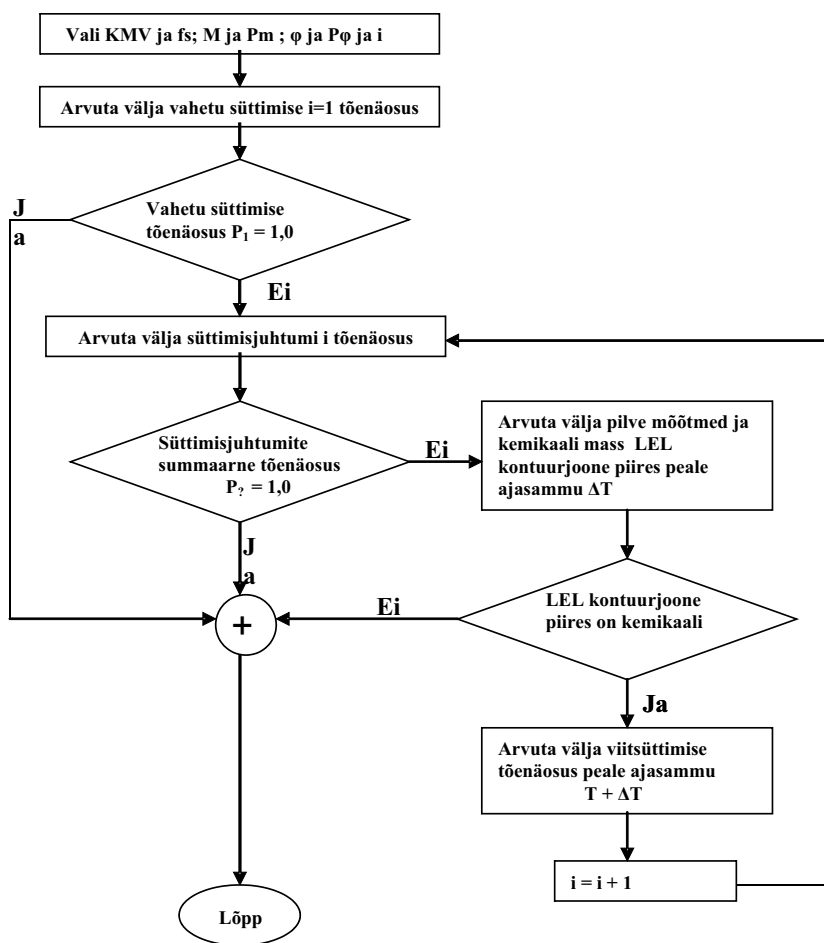
1. Valida KMV juhtum S , stabiilsusklass M ja tuulesuund Φ .
2. Arvutada välja vahetu süttimise tõenäosus. Selle määrab kindlaks esimese süttimisjuhtumi - vahetu süttimine.

3. Kui vahetu süttimise tõenäosus ei ole 1, on vaja välja arvutada pilve parameetrid peale ajasammu ΔT .

4. Kui hajuvus pilves on kergestisüttiv kemikaal LEL kontuurjoone piires, arvutada välja viitsüttimise tõenäosus ajasammu ΔT jooksul, kasutades valemit 4.A.1. See annab järgmise süttimisjuhtumi - viitsüttimine - ajavahemikul $0 - \Delta T$.

5. Summeerida kõikide süttimisjuhtumite tõenäosus.

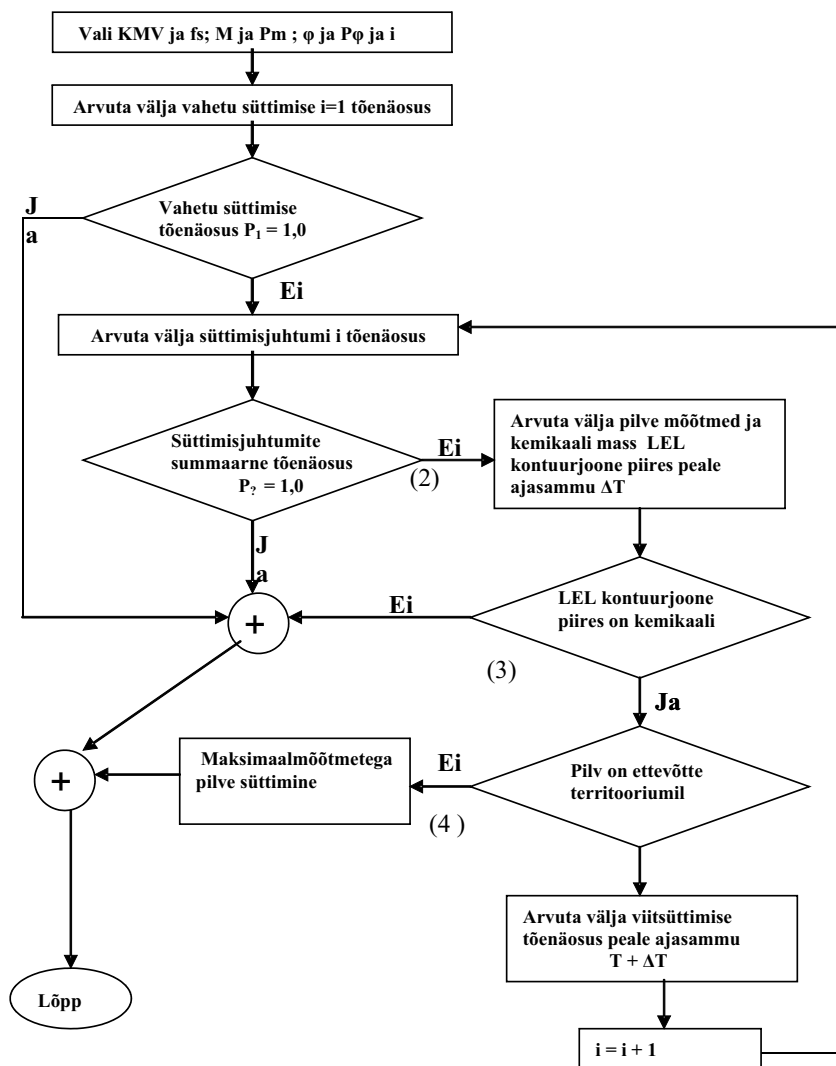
6. Korrata samme 3 - 5 seni, kuni kõikide süttimisjuhtumite tõenäosus jääb väiksemaks kui 1 või LEL kontuurjoone piires ei ole kergelt süttivat kemikaali.



Joonis 6.4 Süttimisjuhtumite hindamise süttimisallikapõhise meetodika algoritm

6.4.2.2 SÜTTIMISJUHTUMITE VABA ALA HINDAMISE METOODIKA

Süttimisjuhtude vaba ala hindamise metoodikas võetakse arvesse ainult ettevõtte territooriumil olevaid süttimisallikaid. Kui vabanenud kemikaali pilv pole ettevõtte territooriumil põlema süttinud, loetakse kokkuleppeliselt, et pilv süttib siis, kui on saavutanud maksimaalsed LEL kontuurjoone mõõtmed (vt 4. peatükki). Metoodika algoritm on esitatud joonisel 6.5.



Joonis 6.5 Süttimisjuhtumite hindamise vaba ala metoodika algoritm

Algoritmi põhilised sammud:

1. Valida KMV juhtum, stabiilsusklass ja tuule suund.
2. Arvutada välja vahetu süttimise tõenäosus. See määrab kindlaks esimese süttimisjuhtumi - vahetu süttimine.
3. Kui vahetu süttimise tõenäosus ei ole 1, on vaja arvutada välja pilve parameetrid peale ajasammu ΔT .
4. Kui hajuv pilves on kergestisüttiv kemikaal LEL kontuurjoone piires, arvutada välja viitsüttimise tõenäosus ajasammu ΔT jooksul, võttes arvesse ainult ettevõtte territooriumil paiknevaid süttimisallikaid ja kasutades valemit 4.A.1. See annab järgmise süttimisjuhtumi - viitsüttimine - ajavahemikul $0 \div \Delta T$.
5. Summeerida kõikide süttimisjuhtumite tõenäosus.
6. Korrata samme 3 - 5 ajasammuga seni, kuni kõikide süttimisjuhtumite summaarne tõenäosus jääb väiksemaks kui 1, pilve kemikaali mass jääb LEL kontuurjoone sisse ja pilve LEL kontuur ei välju ettevõtte territooriumi piirest.
7. Kui LEL kontuurjoon väljub ettevõtte territooriumi piiridest (4), vabanenud kemikaali mass on LEL kontuurjoone piires (3) ja vahetu süttimise tõenäosus on väiksem kui 1, on vaja välja arvutada täiendav süttimisjuhtum - viitsüttimine maksimaalmõõtmega pilves. Selle sündmuse tõenäosuse saab välja arvutada valemist

$$P_{vsm} = (1 - \sum P_i).$$

6.2.5 HUKKUMISE TÕENÄOSUSE PD JA HUKKUNUTE OSAKAALU VÄLJAARVUTAMINE MÜRGISE KEMIKAALI KMV JUHTUMI PUHUL

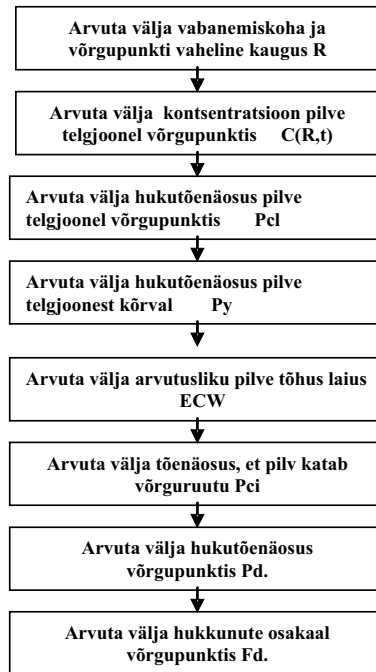
Individaalsete ja grupiriskide hindamisel on kõige olulisemaks toiminguks hukutõenäosuse P_d ja hukkunute osakaalu F_d väljaarvutamine iga võrgupunkti jaoks. Nende väljaarvutamiseks on vaja teada KMV juhtumi parameetreid, stabiilsusklassi ja tuule suunda.

Arvutusmetoodika algoritmid on näidatud joonistel 6.1 ja 6.2. Selles alajaos kirjeldatakse individuaal- ja grupiriskide väljaarvutamist mürgise kemikaali KMV juhtumi puhul, kui vabanenud kemikaali pilv katab ainult ühte tuulesektorit.

Juhtumit, kui pilv katab mitut tuulesektorit, on kirjeldatud alajaos 6.2.6.

Võrgupunkti Pd ja Fd väljaarvutamise algoritm on esitatud joonisel 6.6. Tavaliselt asendatakse arvutusmudelis reaalne mürgine pilv võrgupunkti arvutusliku pilvega, mille kontsentratsioon pilve telgjoonel on ühesugune kogu võrguruudus ja väheneb pilve telgjoonest eemaldumisel.

Hukkumise tõenäosus võrgupunkti Pd arvutatakse välja kui sündmus, milles arvestuslik pilv on võrgupunkti kohal ja mürgise kemikaali särituse tagajärjel seal paiknev inimene hukkub.



Joonis 6.6 Hukkumise tõenäosuse ja hukkunute osakaalu väljaarvutamine võrgupunkti

Algoritmi põhilised sammud:

1. Arvutada välja vabanemiskoha ja võrgupunkti vaheline kaugus R.
2. Arvutada välja kontsentratsioon pilve telgjoonel $C(R,t)$ 1 m kõrgusel maapinnast kõikidel hinnatavatel ajahetkedel t (vt 4. peatükis kirjeldatud meetodikat).
3. Arvutada välja hukkamise tõenäosus P_{cl} ja hukkunute osakaal F_{cl} pilve telgjoonel kaugusel r ja 1 m kõrgusel maapinnast (vt meetodikat alajaos 5.2.2).

Hukkunute osakaal arvutatakse välja kui hoonetes ja hoonetest väljas paiknevate inimeste hukkamise osakaalude summa

$$F_{cl} = F_{E,in} \times f_{pop,in} + F_{E,out} \times f_{pop,out} \quad (6.7)$$

kus:

- $F_{E,in}$ - hoonetes hukkunute osakaal,
 $f_{pop,in}$ - hoonetes paiknevatel inimestel osakaal,
 $F_{E,out}$ - väljas hukkunute osakaal,
 $f_{pop,out}$ - väljasolijate osakaal.

4. Hukkamise tõenäosus väheneb telgjoonest eemaldumisel. Seepärast on vaja välja arvutada hukkamise tõenäosus $P(y)$, kus y on võrgupunkti kaugus telgjoonest.

5. Arvutada välja pilve arvestuslik laius ($ECW(R)$).

Sellel sammul asendatakse reaalne mürgine pilv kaugusel R arvestusliku pilvega, mille kontsentratsioon on pilve telgjoonel kogu ruudus ühesugune. Seega on ühesugune ka ühesuguse särituse korral hukkamise tõenäosus. Arvestusliku pilve laius valitakse nii, et arvestuslikus pilves oleks hukkunute tõenäoline arv võrdne reaalses pilves hukkunute arvuga. Arvestusliku pilve laius $ECW(R)$ tuleb määrata hukkamisintegraali $PI(R)$ abil. Hukkamisintegraal on pilve teljest y kaugusel hukutõenäosuse integraal:

$$PI(R) = \int_{-\infty}^{\infty} P(R, y) dy \quad (m) \quad 6.8$$

kus:

- y - võrgupunkti kaugus pilve teljest,
 $P(R, y)$ - hukutõenäosus punktis (R, y) .

Arvutuste aluseks võetakse integraali väärtus punktis, kus hukutõenäosus on 1%.

Pilve arvestuslik laius arvutatakse välja järgmise valemi abil:

$$ECW(R) = \frac{PI(R)}{P_{cl}(R)} \quad (m) \quad 6.9$$

6. Arvutada välja sündmuse tõenäosus P_{ci} , arvestades, et võrgupunkt satub arvestusliku pilve alla. Lihtsustatult võib lugeda, et selle tõenäosuse väärtus on:

$$P_{ci}(R) = \frac{n_{ws} \times ECW(R)}{2 \times \pi \times R} \quad 6.10$$

kui võrgupunkt asub tuulesektoris

ja

$P_{ci} = 0$ kui võrgupunkt ei asu tuulesektoris.

Parameeter n_{ws} on võrdne tuulesektorite arvuga.

Selle valemi kasutamist on täpsemalt kirjeldatud lisas 6.A .

7. Arvutada välja hukutõenäosus P_d võrgupunktis:

$$P_d = P_{cl} \times P_{ci} \quad 6.11$$

8. Arvutada välja hukkunute osakaal võrguruudus:

$$F_d = F_{cl} \times P_{ci} \quad 6.12$$

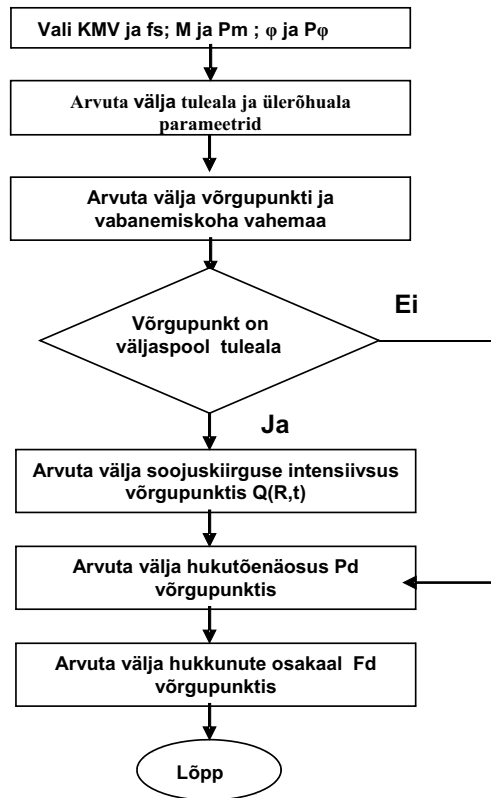
Arvutusnäide on esitatud lisas 6.B .

6.2.6 HUKKUMISE TÕENÄOSUS PD JA HUKKUNUTE OSAKAALU FD VÄLJAARVUTAMINE KERGESTISÜTTIVA KEMIKAALI KMV JUHTUMI PUHUL

Selles alajaos kirjeldatakse hukkumise tõenäosuse P_d ja hukkunute osakaalu F_d väljaarvutamist võrgupunktis kergestisüttiva kemikaali KMV juhtumi puhul. Kergestisüttiva kemikaali ohtlik mõjuala võib olla suhteliselt suur ning katta mitut tuulesektorit. Seepärast peab arvestama, et nii jugatuli, lombituli, sähvak-tuli kui plahvatus võib aset leida keskmise tuulesektori telgjoonel. Selleks, et mõjuala kataks üheaegselt mitut tuulesektorit, peab süttimisallikas olema võrdlemisi lähedal vabanemiskohale.

Kui mõjuala on suhteliselt kitsas ning katab ainult ühte tuulesektorit (vt 6.2.5), võib kasutada P_d ja F_d väljaarvutamiseks samasuguseid toiminguid kui mürgiste kemikaalide puhul.

Arvutusalgoritm on esitatud joonisel 6.7



Joonis 6.7 Hukkumise tõenäosuse ja hukkunute osakaalu väljaarvutamine
Algoritmi põhisammud:

1. Arvutada välja tuleala mõõtmed põlengu ning ülerõhu 0,3 ja 0,1 bar kontuurjooned plahvatuse korral.
2. Määrata kindlaks võrgupunkti asukoht tuleala piiri, ülerõhu kontuurjoonte ja soojuskiirguse allika suhtes.
3. Arvutada välja soojuskiirguse intensiivsus $Q(R,t)$ võrgupunktis, mis asub väljaspool põlengu tuleala, KVPAP tulekera. Arvutusmetoodika on esitatud „Kollases raamatus“ (CPR 14E).
4. Arvutada välja hukkumise tõenäosus võrgupunktis P_d , kasutades 5. peatükis kirjeldatud metoodikat

5. Arvutada välja hukkunute osakaal võrguruudus, kasutades 5. peatükis kirjeldatud meetodikat.

$$F_d = F_{E,in} \times f_{Pop,in} + F_{E,out} \times f_{Pop,out} \quad (6.13)$$

Märkus: Kui on tegemist sähvaktulega, muutub hukkumise tõenäosus hüppelisest nullist üheni. Et saada parem individuaalse ja grupiriski tasemete eristus, on soovitatav võtta pahvaktule korral, kui võrguruut kattub tulealaga osaliselt, hukutõenäosus võrdseks tulealaga kaetud võrguruudu ja kogu ruudu pindalade suhtega. Sama võtet võib kasutada ka 0,3, ja 0,1 bar kontuurijoonte puhul.

6.3 TULEMUSTE ESITAMINE

Nii individuaalriskide kui grupiriskide kvantitatiivse hinnangu tulemused tuleb esitada selgelt ja arusaadavalt.

Individuaalriski hinnangu tulemused on vaja esitada kontuurjoontena topokaardil. Individuaalriski on vaja esitada ühe inimese aasata jooksul hukkumise tõenäosuse abil. Kaardile on vaja kanda ühe inimese aasta jooksul hukkumise tõenäosuse väärtuste 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} kontuurjooned. Soovitatav on kasutada sobivaid kaarte. Kõige paremad mastaabid on 1:10 000, 1.25 000, 1.50 000 või 1.250.000.

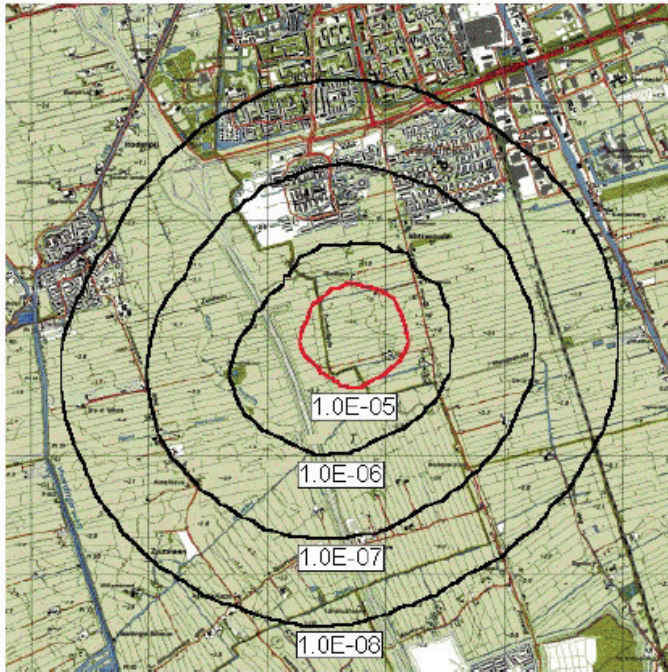
Grupiriski hinnangu tulemused on vaja esitada F-N graafiku vormis.

Graafiku x- teljele kantakse hukkunute arv N. Teljele on hukkunute arv kantud logaritmi- mastaabis. N minimaalne väärtus on 1.

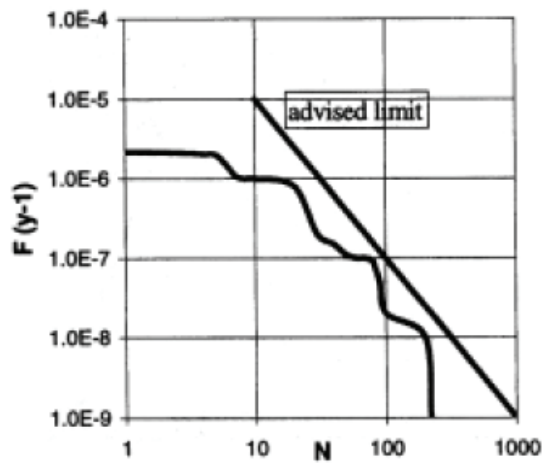
Graafiku y- teljele kantakse juhtumite, mille puhul võib olla mitte vähem kui N hukkunut, läbivõetõenäosus. Tõenäosus teljel on logaritmi- mastaabis. Tõenäosuse minimaalne väärtus on 10^{-9} aastas .

Lisaks individuaalriskile ja grupiriskile võib esitada ka teisi KRA tulemusi, mida võib kasutada ohtude hindamisel ja riskide maandamise ettepanekute tegemisel.

Individuaalriski kaardi näide on esitatud joonisel 6.8 ja F- N graafiku näide joonisel 6.9 .



Joonis 6.8 Individuaalriskide kontuurjoonte kaart



Joonis 6.9 F- N graafiku näide (soovituslik limiit $F < 10^{-3} \times N^{-2}$ aastas kui $N \geq 10$)

LISA 6.A TÕENÄOSUS, ET KEMIKAALIPILV KATAB VÕRGUPUNKTI

Hukkamise tõenäosuse P_d väljaarvutamisel on vaja teada, milline on võrgupunkti kemikaalipilve alla sattumise tõenäosus P_{ci} . Lihtsustatult võib lugeda, et selle tõenäosuse väärtus on

$$P_{ci}(R) = \frac{n_{ws} \times ECW(R)}{2 \times \pi \times R} \quad 6.10$$

kui võrgupunkt asub tuulesektoris

ja

$P_{ci} = 0$ kui võrgupunkt ei asu tuulesektoris.

Parameeter n_{ws} on võrdne tuulesektorite arvuga.

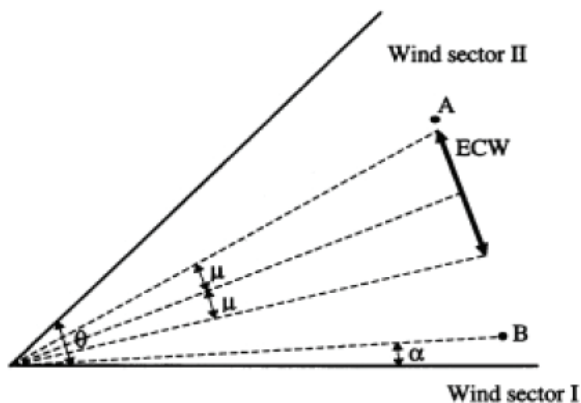
Selle valemi kasutamist on täpsemalt kirjeldatud käesolevas lisas.

Valemi tuletuskäik on näidatud joonisel 6.A.1

Algvaalem võrgupunkti A jaoks on järgmine :

$$P_{ci} = \frac{2 \times \mu}{\theta} = \frac{2 \times \pi \times (ECW(R) / (2 \times \pi \times R))}{2 \times \pi / n_{ws}} = \frac{n_{ws} \times ECW(R)}{2 \times \pi \times R} \quad 6.A.2$$

Valem on õige ainult võrgupunkti jaoks, mis jääb tuulesektoris keskele ja kitsa pilve jaoks. Kuid kui naabersektorite tuulesuuna tõenäosus P_{ϕ} omavahel oluliselt ei erine, võib kasutada valemit ka võrgupunktide jaoks, mis asuvad tuulesektoris piiri läheduses ning laiade pilvede jaoks.



Joonis 6.A.1 Võrgupunkti kemikaalipilve alla sattumise tõenäosuse väljaarvutamine

Kui võrgupunkt asub vahetult tuulesektori piiri ääres, on vaja kasutada kahe sektori mõju hindamist.

Näiteks joonisel 6.A.1 kujutatud punkt B, mille jaoks, kui $\alpha < \mu$, on II sektori tõenäosus P_{ci}

$$P_{ci,II}(R) = \frac{n_{ws} \times ECW(R)}{2 \times \pi \times R} \frac{\alpha + \mu}{2 \times \mu} \quad 6.A.3$$

ja I sektori tõenäosus P_{ci}

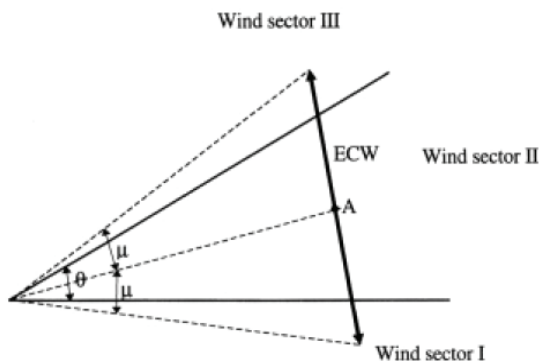
$$P_{ci,I}(R) = \frac{n_{ws} \times ECW(R)}{2 \times \pi \times R} \frac{\mu - \alpha}{2 \times \mu} \quad 6.A.4$$

Kui kahe sektori omavaheline tõenäosus on suhteliselt ühesugune ($P_I \sim P_{II}$), siis on ka summaarne võrgupunkti pilve alale sattumise tõenäosus võrdne.

$$\begin{aligned} \Delta IR_{S,M,I} + \Delta IR_{S,M,II} &= f_S \times P_M \times P_{ci} \times (P_I \times P_{ci,I} + P_{II} \times P_{ci,II}) \\ &= f_S \times P_M \times P_{ci} \times P_I \times (P_{ci,I} + P_{ci,II}) \\ &= f_S \times P_M \times P_{ci} \times P_I \times P_{ci} \end{aligned} \quad 6.A.5$$

Siin on tegemist kahe naabersektoriga, mille tuulesuuna tõenäosus on suhteliselt ühesugune.

Kui tegemist on pilvega, mille laius on suurem kui $2 \times \pi \times R / n_{ws}$, siis valem näitab, et võrgupunkti pilve alla jäämise tõenäosus on suurem kui 1. See on muidugi vale väärtus, mida on vaja täpsustada. Joonisel 6.A.2 on näidatud, kuidas seda teha, kasutades kolme tuulesektoriit.



Joonis 6.A.2 Kolme tuulesektori mõju arvutamine

Võrgupunkti I ja III mõju alal sattumise tõenäosus

$$P_{ci,I}(R) = P_{ci,III}(R) = \frac{\mu - 0,5 \times \theta}{\theta} \quad 6.A.7$$

II sektori PCII = 1,

kui sektorite tuulesuuna tõenäosus on omavahel peaaegu võrdne

$$\begin{aligned} \Delta IR_{S,M,I} + \Delta IR_{S,M,II} + \Delta IR_{S,M,III} &= f_S \times P_M \times P_{ci} \times (P_I \times P_{ci,I} + P_{II} \times P_{ci,II} + P_{III} \times P_{ci,III}) \\ &= f_S \times P_M \times P_{ci} \times P_I \times (P_{ci,I} + P_{ci,II} + P_{ci,III}) \\ &= f_S \times P_M \times P_{ci} \times P_I \times P_{ci} \end{aligned} \quad 6.A.12$$

Tuleb märkida, et tuulesuuna tõenäosus P ja asustustihedus võivad erinevates sektorites olla väga erinevad ja seda on vaja arvesse võtta hukkumise tõenäosuse ja hukkunute osakaalu väljaarvutamisel.

LISA 6.B

INDIVIDUAALRISKI VÄLJAARVUTAMISE NÄIDE

Torujuhtme purunemisel toimis CO pidev vabanemine kiirusega 100 kg/s. Torujuhtme arvestuslik purunemissagedus on 5×10^{-7} 1/a. Vabanemiskoha kõrgus maapinnast on 1 meeter ja $z_0 = 0,1$ m. On vaja välja arvutada individuaalrisk võrgupunktis koordinaatidega (200,300), kasutades Rotterdami ilmastikutingimusi.

Arvutused tehakse ainult stabiilsusklassi D 5,0 m/s jaoks.

1. KMV juhtumiks on CO väljapihustumine purunenud torujuhtmest kiirusega 100 kg/s. Torujuhtme purunemise arvestuslik toimumissagedus $f_S = 5 \times 10^{-7}$ aastas.

2. Arvestuslik stabiilsusklass on D 5,0 m/s.

3. Hindamisele kuulub tuulesektor 1960- 2250. Sektoris on stabiilsusklass D 5,0 m/s ja selles tuulesuunas tõenäosus päeval 0,0376 ja 0,0362 öösel (vt lisa 4C). Päeva ja öö osakaal on 0,44 ja 0,56.

Stabiilsusklassi ja tuulesuuna koondtõenäosus

$$P_m \times P = 0,44 * 0,0376 + 0,56 * 0,0362 = 0,0368.$$

4. Hukkimise tõenäosus võrgupunktis (200,300)

4.1 Vabanemiskoha (0,0) ja võrgupunkti (200,300) vahemaa on 361 meetrit.

4.2 Gaussi sulgpilve mudeli alusel on mürgise kemikaali kontsentratsioon pilve telgjoonel

$$C(x, y, z) = \frac{q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(h-z)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(h+z)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$

Arvutused näitavad, et pilve telgjoonel 361 meetri kaugusel on gaasi kontsentratsioon pilves ($x = 361\text{m}$, $y = 0\text{m}$, $Z = 1\text{m}$) $C = 21,3 \text{ g/m}^3$.

4.3 CO hukkimise tõenäosuse probitsuhte koefitsiendid on järgmised:

$$A = -7,4; b = 1 \text{ ja } n = 1.$$

Võttes algandmeteks kontsentratsiooni telgjoonel $C = 21300 \text{ mg/m}^3$, säritusajaks 30 minutit, saame probiti väärtuseks 5,97. Sellele vastab hukkimise tõenäosus pilve telgjoonel 0,835.

4.4 Kemikaali kontsentratsioon telgjoonest eemal

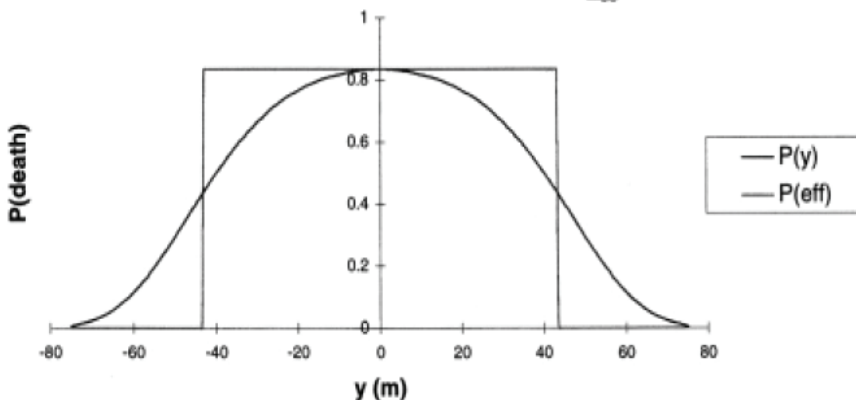
$$C(x = 361, y, z = 1) = 21300 \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \text{ mg m}^{-3}$$

Selle valemi alusel saab välja arvutada kontsentratsiooni telgjoonest y meetri kaugusel asuvas punktis ($x = 361\text{m}$, $y\text{m}$, $z = 1 \text{ m}$).

5. Hukkimise tõenäosuse väljaarvutamine

Tõenäosusintegraali valem:

$$PI = \int_{-\infty}^{\infty} P(y) dy$$



Joonis 6.B.1 Hukkimise tõenäosus kui tuule ristsuunakauguse y ja pilve arvutusliku laiuse funktsioon

Joonisel 6.B.1 on näidatud tõenäosusintegraali ja pilve arvutusliku laiuse graafikud.

Integraali väljaarvutamisel on pilve telgjoonest kaugusel y piiriks 1% hukkumise tõenäosus. Arvutused näitavad, et $PI = 72$ m. Pilve arvutuslik laius

$$ECW = \frac{PI}{P_{cl}} = \frac{72 \text{ m}}{0.835} = 86.2 \text{ m}$$

5.1 Tõenäosus, et võrgupunkt (200,300) jääb pilve alla

$$P_{ci} = \frac{n_{ws} \times ECW}{2 \times \pi \times R} = \frac{12 \times 86.2 \text{ m}}{2 \times \pi \times 361 \text{ m}} = 0.456$$

5.2 Hukkumise tõenäosus P_d võrgupunktis

$$P_d = P_{ci} \times P_{ci} = 0.381$$

6. KMV juhtumi –

toru purunemine stabiilsusklassi D %, 0 m/s ja tuule suuna 1960 -2250 puhul, on hukkumise tõenäosus

$$\Delta IR_{pipe \text{ rupture}, M, \phi} = f_{pipe \text{ rupture}} \times P_M \times P_\phi \times P_d = 7.0 \cdot 10^{-9} \text{ y}^{-1}$$

7. Selle juhtumi summaarne hukkumise tõenäosus kõikide ilmastikutingimuste (6 stabiilsusklassi ja 12 tuulesuunda) jaoks

$$\Delta IR_{pipe \text{ rupture}} = \sum_M \sum_\phi \Delta IR_{pipe \text{ rupture}, M, \phi}$$

Teiste tuulesuundade puhul on hukkumise tõenäosus 0. Teiste stabiilsusklasside osa saab välja arvutada analoogselt.

Neutraalsehajumise parameetrite väljaarvutamine

Kemikaali kontsentratsioon pilves telgjoonel on välja arvatud, kasutades Gaussi sulgpilve mudelit pideva vabanemise jaoks (valemid ja tabelid viitest 4.51, 4.53 ja 4.57 viites [CPR14]), eeldades, et kogu pilve sisu langeb alla maapinna kohale.

$$C(x, y, z) = \frac{q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(h-z)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(h+z)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$

Selle valemi parameetrid:

x - punkti kaugus vabanemiskohast piki pilve telgjoont $x = 361$ m,

y - punkti kaugus telgjoonest risti tuulesuunale, kui punkt on telgjoonel $y = 0$ m,

z - kõrgus maapinnast punktis, kus arvestatakse välja kontsentratsioon $Z = 0$ 1 m,

q - vabanemiskiirus, $q = 100$ kg/s,

h - vabanemiskoha kõrgus, $h = 1$ m,

u - tuulekiirus. Kuna vabanemiskoht on 1 meetri kõrgusel, kasutatakse arves-

tustes tuule kiirust 10 meetri kõrgusel, $u = 5,0$ m/s.

Hajumiskoeffitsientide δ_y ja δ_z väljaarvutamine

Nende koeffitsientide väljaarvutamiseks kasutatakse tuulekiirust u^*

$1/L = 0$ (tabel 4.7; stabiilsus-neutraalne),

$u_* = 0,434$ m/s (valem 4,3; $z = 10$ m, $z_0 = 0,1$ m, $u_a = 5$ m/s),

$h_i = 500$ m (tabel 4,7; $0,2 u_* / f \sim 700$ m),

$h = 1$ m (vabanemiskõrgus),

$\delta_v = 0,823$ m/s (valem 4.49),

$\delta_y (1\text{m}) = 41,2$ m (valem 4.54; $t=1$ h, $t_i = 300$ s, $u_a = 5$ m/s ja $x = 361$ m),

$\delta_y (10\text{m}) = 28,8$ m (valem 4.55; $t=10$ min, h) $t_i 0 300$ s, $u_a = 5$ m/s ja $x = 361$ m),

$\delta_z = 10,3$ m (valem 4,58 a).

Märkus: sulgudes on viite [CPR 14E] tabeli ja valemite numbrid.

7. KESKKONNARISKIDE KVANTITATIIVNE RISKIANALÜÜS.

KRA eesmärk on näidata, millised riskid võivad kaasneda ohtlike kemikaalide käitlemisega. Ettevõtte riskid arvestatakse välja, lähtudes ettevõtte ümbruse ohutuse tagamise vaatepunktist, näiteks väljaspool ettevõtte piire paikneva inimese hukkumise tõenäosus ettevõttes toimunud plahvatuse korral. Reeglina hinnatakse elu ja vara riske. Kuid täpselt samuti on vaja hinnata ohtlike kemikaalide käitlemisega seotud keskkonnariske.

Põhilised suurõnnetuste keskkonda ohustavad väljundid on:

1. Põhjavee saaste naftaproduktide mahavoolamise korral. Selle tagajärjel võivad tekkida ulatuslikud joogiveega varustamise probleemid.
2. Pinnavee saaste mürgiste kemikaalidega. Selle tagajärjel võib elu saastatud veekogus pikaks ajaks ohtu sattuda.
3. Maapinna saastamine ohtlike kemikaalidega (näiteks dioksiidid ja asbest). Selle tagajärjel võivad suured maa- alad põllumaadena pikaks ajaks kõlb- matuks muutuda.

Keskkonnariskide KRA eesmärgiks on keskkonnariskide kvantitatiivsete para- meetrite kindlaksmääramine. Keskkonnariskide KRA peab olema sünd- muskeskkonna põhine.

Keskkonnasaaste sündmused võivad toimuda kolmes keskkonnakompo- nendis:

- õhus
- maapinnal (k.a põhjavesi)
- veepinnal.

Viimased suuremad keskkonnasaaste juhtumid on aset leidnud veekogude pinnal. Seepärast on vaja keskkonnariskide hindamisel panna pöhirõhk just sellele keskkonnakomponendile.

Hollandis on keskkonnariskide KRA tegemiseks kasutusel arvutiprogramm PROTEUS.

8.VIITED

- [AEC75] US Atomic Energy Commission. Reactor safety study - an assessment of accident risks in the U.S. Commercial Nuclear Power Plants; WASH-1400, Appendix III Failure data (and references therein), 1975.
- [AM94] AMINAL Dienst Gevaarlijke Stoffen en Risicobeheer. Handboek kanscijfers ten behoeve van het opstellen van een veiligheidsrapport. Brussels: AMINAL, 1994.
- [AVIV98] AVIV, RIZA, RIVM, VROM. PROTEUS V1.00. Enschede: AVIV, 1998.
- [BR97] Bridgis. Population data for the Netherlands in the year 1996. Druten: Bridgis, 1997.
- [BRZO] Besluit risico's zware ongevallen (besluit van 15 september 1988, Stb. 432; laatstelijk gewijzigd bij besluit van 20 juni 1994, Stb. 463). The Hague: SDU, 1988/1994.
- [Bu75] Bush S.H. Pressure Vessel Reliability. Trans. of AMSE - Journal of Pressure Vessel Technology, 1975.
- [Ch88] Chambers science and technology dictionary. Edingburgh: W & R Chambers Ltd and Cambridge University Press, 1988
- [COVO81] COVO Commission. Risk analysis of six potentially hazardous industrial objects in the Rijnmond area, a pilot study. A report to the Rijnmond public authority. Schiedam: Central Environmental Control Agency Rijnmond, 1981.
- [CPR12E] Committee for the Prevention of Disasters. Methods for determining and processing probabilities ('Red Book'), Second edition. The Hague: SDU, 1997.
- [CPR14] Committee for the Prevention of Disasters. Methoden voor het berekenen van fysische effecten. Voorburg: Ministry of Social Affairs and Employment, 19882.
- [CPR14E] Committee for the Prevention of Disasters. Methods for the calculation of physical effects (the 'Yellow Book'). The Hague: SDU, 19973.
- [CPR15] Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. Risico-analyse methode CPR-15 bedrijven. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1997.
- [CPR16] Committee for the Prevention of Disasters. Methods for the calculation of damage (the 'Green Book'). Voorburg: Ministry of Social Affairs and Employment, 19901
- [DIPPR] Daubert T.E. and Danner R.P. (eds.). DIPPR. Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals: Data Compilation. New York: Hemisphere Publishing Corp., 1992.

- [DNV96] DNV Technica. SAFETI 3.4 Theory Manual. London: DNV Technica, 1996.
- [DNV98] DNV Technica. PHAST 5.2. London: DNV Technica, 1998.
- [EU88] Richtlijn van de Raad van 7 juni 1988 betreffende de onderlinge aanpassing van dewettelijke en bestuursrechtelijke bepalingen van de Lid-Staten inzake de indeling, de verpakking en het kenmerken van gevaarlijke preparaten (88/379/EEG). Luxembourg: Office for official publications of the EC, 1988.
- [EU96] Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances. Luxembourg: Office for official publications of the EC, 1996.
- [EU98] Commission Decision of ___ 1998 on harmonized criteria for dispensations according to article 9 of Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances. Luxembourg: Draft 20.3.1998.
- [Gi97] Gilham S., Deaves D.M., Hoxey R.P., Boon C.R. and Mercer A. Gas build-up within a single building volume - comparison of measurements with both CFD and simple zone modelling. *Journal of Hazardous Materials* 53: 93-114, 1997.
- [Hu92] Hurst N.W., Hankin R.K.S., Wilkinson J.A., Nussey C., Williams J.C. Failure rate and incident databases for major hazards. Published in the Proceedings of the 7th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industry, Taormina, Italy 4 - 8 may 1992. Rome: SRP Partners, 1992.
- [IAEA89] International Atomic Energy Agency. Evaluating the reliability of predictions made using environmental transfer models. Vienna: IAEA, 1989.
- [IPO] IPO A73. Handleiding voor het opstellen en beoordelen van een extern veiligheidsrapport. IPO Project A73. The Hague: IPO, 1994. Committee for the Prevention of Disasters, Risk Evaluation. Publication RE-95-1; Tekstwijzigingen op de IPO A73. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1996.
- [IPORBM] AVIV. IPO RisicoBerekeningsMethodiek. Enschede: AVIV, 1997.
- [Ja71] Jacobs R.M. Minimizing hazards in design. *Quality Progress*, 1971.
- [KNMI72] KNMI (Royal Dutch Meteorological Institute). Climatological data of Netherlands stations. No. 8. Frequency tables of atmospheric stability. De Bilt: KNMI, 1972.
- [KNMI92] KNMI (Royal Dutch Meteorological Institute). Klimatologische gegevens van Nederlandse stations ; normalen en extreme waarden van 15 hoofdstations voor het tijdvak 1961-1990. De Bilt: KNMI, 1992.

- [KO9] Knelpuntenoverleg EVR. Aanwijzingssysteem per inrichtingson derdeel. KO 9. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment , 1989.
- [KO12] Knelpuntenoverleg EVR. Laad en loshandelingen. KO 12. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment 1989. Knelpuntenoverleg EVR. Laad en loshandelingen. KO 20-2. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment , 1989.
- [KO19-2] Knelpuntenoverleg EVR. Toepassen van het subselectie systeem bij een EVRplichtige inrichting met schepen. KO 19-2. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1989.
- [KO20-2] Het gebruik van parameters in de risico-analyse. KO 20-2. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1989.
- [KO22-5] Knelpuntenoverleg EVR. QRA ladende en lossende schepen. KO 22-5. The Hague: VROM, 1990
- [KO24-2] Gebruik toxiciteitsgegevens. KO 24-2. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment 1989.
- [KO59] Gebruik toxiciteitsgegevens. Ammoniakprobitfunctie. KO 59. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1992.
- [KO86] Gebruik toxiciteitsgegevens. Probitfunctie fosgeen. KO 56. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1994.
- [NATO92] Manual of NATO safety principles for the storage of military ammunition and explosives (AC258), Allied Ammunition Storage and Transport Publication 1 (AASTP-1), May 1992.
- [Le95] Leeuwen C.J. van, and Hermens J.L.M. (eds.). Risk assessment of chemicals: an introduction. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [NM86] Werkgroep Verspreiding Luchtverontreiniging. Invloed van een gebouw op de verspreiding van schoorsteenpluimen. Delft: Vereniging Lucht, 1986.
- [NNM98] Het Nieuw Nationaal Model. Infomil: Den Haag, 1998.
- [NR] Nadere Regels met betrekking tot rapport inzake de externe veiligheid (ministeriële regeling d.d. 3 februari 1989, Stcrt. 31). The Hague: SDU, 1989.
- [P172] Arbeidsinspectie. Arbeidsveiligheidsrapport; leidraad aanwijzing AVR-plichtige installaties. Publikatie P 172-1. Voorburg: Ministry of Social Affairs and Employment, 19881.
- [Pe84] Perry R.H., Green D.W. and Maloney J.O. (eds.). Perry's Chemical engineers' handbook. New York: McGraw-Hill, 1984.

- [Ph69] Phillips C.A.G. and Warwick R.G. A survey of defects in pressure vessels built to high standards of construction and its relevance to nuclear primary circuits. UKAEA AHSB(S) R162, 1969.
- [Re88] Reid R.C., Prausnitz J.M. and Poling B.E. The properties of gases and liquids. New York: McGraw-Hill, 19884.
- [RIVM99] RIVM. SERIDA. Safety Environmental Risk Database. Bilthoven: RIVM, 1999.
- [SA75] Science Applications Inc. LNG terminal risk assessment study for Los Angeles, California. Report prepared for western LNG Terminal Company, 1975
- [SAVE97] SAVE. Handleiding protocol voor het uitvoeren van een QRA voor goederenemplacementen. Apeldoorn: SAVE, 1997
- [Sm74] Smith T.A. and Warwick R.G. The second survey of defects in pressure vessels built to high standards of construction and its relevance to nuclear primary circuits. Safety and Reliability Directorate, SRD R30, 1974.
- [SRPI96] BIOMOVs II Steering Committee. An overview of the BIOMOVs II Study and its Findings. Stockholm; Swedish Radiation Protection Institute, 1996.
- [SRS] SRS Data bank.
- [SZW97] Beleidsregels arbeidsomstandighedenwetgeving. Besluit van de Staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid van 27 juni 1997, Directie Arbeidsomstandigheden, Arbo/AIS 9701436 tot vaststelling van beleidsregels op het gebied van de Arbeidsomstandighedenwetgeving (Beleidsregels arbeidsomstandighedenwetgeving). Supplement van de Nederlandse Staatscourant van 27 juni 1997. The Hague: SDU, 1997.
- [Ta98] Taylor J.R./ Taylor Associates ApS. Review of failure rate data for risk analyses. Version 1 Issue 1. Glumsoe: Neste and Taylor Associates ApS, 1998.
- [Ti97] Timmers, P.G.J. Berekening van het in- en extern risico van explosievenopslag met behulp van 'RISKANAL'. Draft, Rijswijk: TNO, 1997.
- [TNO83] TNO. LPG Integraal, rapport 1112 Effectmodellen LPG. Apeldoorn: TNO, 1983.
- [TNO98a] TNO. Ventilatieonderzoek naar infiltratie en verspreiding van buitenluchtverontreinigingen in woningen bij calamiteiten. Delft: TNO, 1998.
- [TNO98b] Logtenberg, M.Th.. Derivation of failure frequencies for LoC cases. TNO report TNO-MEP-R98/501. Apeldoorn: TNO, 1998.
- [TNO98c] TNO. Investigation into the consequences of introduction of the third version of the yellow book. TNO Report TNO-MEP-

- R98/457. Apeldoorn: TNO, 1998.
- [TNO98d] J.M. Ham and H.H. Schoten. Damage determining effects of BLEVE's. TNO-MEP note 1999IV/38-29171/HAJ/mba. Apeldoorn: TNO, 1998.
- [VITO97] Gheys K.. Onderzoek van berekeningsmethoden voor fysische effecten van het incidenteel vrijkomen van gevaarlijke stoffen. Eindrapport. VITO: Antwerpen, 1997.
- [VVoW95] Systematiek voor indeling van stoffen ten behoeve van risico-berekeningen bij het vervoer van gevaarlijke stoffen. Project Veilig Vervoer over Water; Deelproject S3b. The Hague: Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1995
- [We76] Welker J.R. et al. Fire safety aboard LNG vessels. NTIS AD/A - 030 619, 1976
- [Wi98] Witlox H.W.M. Modelling of building-wake dispersion. Londen: DNV Technica, 1998.
- [Ya77] Yaws C.L. Physical Properties. New York: McGraw-Hill, 1977.

ETTEVÕTTE KVANTITATIIVSE RISKIANALÜÜSI KOOSTAMISE JUHISED

„PUNANE RAAMAT“

TEINE OSA

TRANSPORT

SISUKORD

EESSÕNA

1. HINNATAVATE TEELÕIKUDE VALIK

- 1.1 Sissejuhatus
- 1.2 Vedude künnisväärtused
 - 1.2.1 Individuaalrisk
 - 1.2.2 Grupirisk
- 1.3 Raudteevedude künnisväärtused
 - 1.3.1 Individuaalrisk
 - 1.3.2 Grupirisk
- 1.3. Maanteevedude künnisväärtused
 - 1.3.1 Individuaalrisk
 - 1.3.2 Grupirisk
- 1.3. Siseveekogude vedude künnisväärtused
 - 1.3.1 Individuaalrisk
 - 1.3.2 Grupirisk

3. DETAILNE KVANTITATIIVNE RISKIANALÜÜS

- 3.1 Sissejuhatus
- 3.2 Maanteetransport
 - 3.2.1 Kemikaali mahutist vabanemise juhtumid
 - 3.2.2 Õnnetuste ja kemikaali vabanemise toimumissagedused ja juhtumite tõenäosus
 - 3.2.3 Vabanemisallika, hajumise, särituse ja kahjustuste modelleerimine
 - 3.2.4 Arvutused ja tulemuste esitamine
 - 3.2.5 Takistused
- 3.3 Raudteetransport
 - 3.2.1 Sissejuhatus
 - 3.2.2 Kemikaali mahutist vabanemise juhtumid
 - 3.2.3 Õnnetuste ja kemikaali vabanemise toimumissagedused ja juhtumite tõenäosus
 - 3.2.4 Vabanemisallika, hajumise, särituse ja kahjustuste modelleerimine
 - 3.2.5 Arvutused ja tulemuste esitamine
- 3.4 Veod siseveekogudel
 - 3.2.1 Sissejuhatus
 - 3.2.2 Kemikaali mahutist vabanemise juhtumid
 - 3.2.3 Õnnetuste ja kemikaali vabanemise toimumissagedused ja juhtumite tõenäosus
 - 3.2.4 Vabanemisallika, hajumise, särituse ja kahjustuste modelleerimine

3.2.5 Arvutused ja tulemuste esitamine

3.5 Torutransport

3.2.1 Sissejuhatus

3.2.2 Kemikaali mahutist vabanemise juhtumid

3.2.3 Õnnetuste ja kemikaali vabanemise toimumissagedused ja juhtumite tõenäosus

3.2.4 Vabanemisallika, hajumise, särituse ja kahjustuste modelleerimine

3.2.5 Arvutused ja tulemuste esitamine

4. BAASANDMED

4.1 Sissejuhatus

4.2 Kemikaalide liigitamine

5. VIITED

EESSÕNA

Käesolev juhend annab transpordi kvantitatiivsete riskianalüüside tegemiseks vajalikud lähteandmed. Juhend põhineb transpordiõnnetuste ettekannete analüüsil ning riigiametite ja transpordioperaatorite transpordiriske puudutavatel kokkulepetel. Need kokkulepped saavutati osapoolte ühistöö käigus, kus lõpliku otsuse tegi Hollandi transpordiministeerium. Juhendit saab kasutada auto-, raudtee- ja torustranspordi ning siseveekogude vedude riskianalüüside koostamisel. Juhendit ei saa kasutada terminalide ja kemikaale käitlevate ettevõtete sisetranspordi riskide hindamiseks.

1. HINNATAVATE TEELÕIKUDE VALIK

1.1 SISSEJUHATUS

Selleks, et hinnata, kas ohtlike kemikaalide vedu teatud teel vastab ümbritseva keskkoonas ohutusnõuetele, on vaja kindlaks määrata vedudega seotud individuaalsed ja grupiriskid. Õnneks ei ole vaja alati teha detailne, aega ja kulutusi nõudev kvantitatiivne riskianalüüs kogu tee jaoks. Selle asemel on võib valida tee ohtlikumad lõigud tehes järgmised kolm sammu:

1. Võrdle riskitaseme kiireks ja lihtsustatud kindlaksmääramiseks raudteelõigu aasta veosagedust vedude ohtliku sageduse künnisväärtustega. Kui kogu raudteelõigu veosagedus on väiksem künnisväärtusest, ei ole vaja sellel raudteelõigul teha kvantitatiivset riskide hinnangut. Sel juhul, kuigi lõigul võivad aset leida ohtlike kemikaalide vabanemise juhtumid, ei ole seal formaalselt probleeme välise ohutusega. Kui veosagedus on suurem veosageduse künnisväärtusest, on vaja teha selle raudteelõigu kvantitatiivne riskianalüüs.

2. Esiteks võib ohtliku lõigu riske hinnata arvutiprogrammi IPORBM abil (vt 2. peatükk). IPORM abil on võimalik välja arvutada hinnatava lõigu individuaalsed ja grupiriskid ja võrrelda neid Hollandis kehtivate välisohutuse kriteeriumidega. Kuigi IPORM tagab üldjuhul piisava täpsusega tulemused, võib teatud erijuhtumitel olla vaja detailsemat ja põhjalikumat riskianalüüsi, kasutades 3. peatükis kirjeldatud meetodikat. Reeglina ei ole võimalik täpselt ette kirjutada, millal IPORM kasutamine on piisav ja millal on vaja teha täpsustav kvantitatiivne riskianalüüs.

3. Tee kvantitatiivne riskianalüüs, kasutades 3. peatükis kirjeldatud meetodikat.

1.2 AUTOVEDUDE OHTLIKU SAGEDUSE LÄVIVÄÄRTUSED

On ilmne, et Hollandi ohtlike kemikaalide autovedude põhiline oht on seotud LPG veoga.

Autovedude künnisväärtused esitatakse kahes grupis:
 kergestisüttiv LPG (ohutusgrupp GF3),
 teised ohtlikud kemikaalid.

Künnisväärtused on kindlaks määratud järgmiste teetüüpide jaoks:
 kiirteed,
 asulavälised teed,
 asulasisesed teed.

1.2.1 INDIVIDUAALRIISK

Tabelis 1.1 on esitatud autovedude ohtliku sageduse künnisväärtused. Kui veosagedus on väiksem kui künnisväärtus, on individuaalriski tõenäosus väiksem kui 10-6 aastas.

Teetüüp	Künnisväärtus LPG jaoks (vedu / aastas)	Künnisväärtus kõikide ohtlike kemikaalide jaoks (vedu / aastas)
Kiirtee	6500	27000
Asulaväline tee	2300	7500
Asulasisesed teed	8000	22000

Tabel 1

Märkused:

1. Künnisväärtused on vaja alguses kindlaks määrata LPG jaoks ning seejärel kõikide ohtlike kemikaalide jaoks.
2. Künnisväärtus määratakse kindlaks keskmise liiklusohuga avatud teelõikude jaoks (lõigul puuduvad takistused). Kui kogemus näitab, et teatud paikades on liiklusõnnetuste sagedus suurem (näiteks ühetasandilistel ristmikel või raudtee ülesõidukohtadel), on vaja künnisväärtust hinnata väga hoolikalt ja teha täpsem kvantitatiivne riskianalüüs.
3. Kõik ohtlikud kemikaalid- tähistab järgmistesse gruppidesse kuuluvaid ohtlike kemikaale:
 LF - tuleohtlikud vedelikud,
 GF - tuleohtlikud gaasid,
 LT - mürgised vedelikud,
 GT - mürgised gaasid.
4. Ohtlike kemikaalide vedude künnisväärtused hõlmavad peaaegu kõiki ohtlike kemikaalide autovedusid valitud teelõigul, välja arvatud teatud arv eriti mürgiseid kemikaale. Sel juhul ei saa künnisväärtusi kasutada ning on vaja teha täpsem kvantitatiivne riskianalüüs.

Kemikaaligrupp	Vedu / aastas		
	Kiirtee	Asulaväline tee	Asula
GT2 või GT3	8000	3000	10000
GT4 või GT5	4000	2000	8000
LT2	10000	3000	8000
LT3	2000	700	2000
LT4	700	300	800

Tabel 1.2

Ohtlike kemikaalide autovedude individuaalse riski 10-6 /aastas künnisväärtused

1.2.2 SOTSIAALSED RISKID

Autotranspordi sotsiaalsete riskide põhjuseks on tavaliselt rõhu all veeldatud tuleohtlike gaaside (esmajoones LPG) vedu. Teelõigu autovedude sotsiaalsed riskid sõltuvad vedude sagedusest aastas, lõigu pikkusest ning asustustihedusest teelõigu ääres.

Tabelis 1.3 ja 1.4 on näidatud künnisväärtused, mille puhul ohtlike kemikaalide autovedudega ei kaasne sotsiaalne risk.

Asustustihedus [inimest /ha]	Künnisväärtus [vedu/ aastas] (ühelpool teed)		
	Kiirtee	Asulaväline tee	Asulasisene tee
100	500	200	500
90	600	200	700
80	700	200	800
70	900	300	1100
60	1300	400	1500
50	1800	600	2000
40	2800	1000	3500
30	5100	1800	6000
20	11000	4000	13500
10	45500	16000	53000

Tabel 1.3

Sotsiaalse riski künnisväärtused LPG jaoks

Asustustihedus [inimest /ha]	Künnisväärtus [vedu/ aastas] (ühelpool teed)		
	Kiirtee	Asulaväline tee	Asulasisene tee
100	2500	900	3500
90	3500	1200	4000
80	4000	1500	5000
70	5500	2000	6500
60	7500	2500	9000
50	10500	4000	13000
40	16500	6000	20500
30	29500	10500	36500
20	66500	23500	82000
10	266000	94000	326000

Tabel 1.4

Sotsiaalse riski künnisväärtused kõikide teiste ohtlike kemikaalide jaoks

Märkused:

1. Kännisväärtused on vaja alguses kindlaks määrata LPG jaoks ning seejärel kõikide teiste ohtlike kemikaalide jaoks.
2. Kännisväärtused on kindlaks määratud konservatiivselt, kuna on eeldatud, et inimesed paiknevad vahetult tee ääres.
3. Asustustihedus on kindlaks määratud kui keskmine inimeste arv alal, mille välispiir on 200 meetri kaugusel teeservast.
4. Kui inimesed paiknevad mõlemal pool teed, on tabelites esitatud kännisväärtused vaja jagada koefitsiendiga 4.
5. Kännisväärtus määratakse kindlaks keskmise liiklusohuga avatud teelõikude jaoks (lõigul puuduvad takistused). Kui kogemus näitab, et teatud paikades on liiklusõnnetuste sagedus suurem (näiteks ühetasandistel ristmikel või raudteeülesõidukohtadel), on vaja kännisväärtust hinnata väga hoolikalt ja teha täpsem kvantitatiivne sotsiaalsete riskide analüüs. Selleks võib kasutada arvutiprogrammi IPORBM.
6. Ohtlike kemikaalide vedude kännisväärtused hõlmavad peaaegu kõiki ohtlike kemikaalide autovedusid valitud teelõigul, välja arvatud teatud arv eriti mürgiseid kemikaale (LT3, LT4, või GT5). Sel juhul ei saa kännisväärtusi kasutada ning on vaja teha täpsem kvantitatiivne sotsiaalsete riskide analüüs. Selleks võib kasutada arvutiprogrammi IPORBM.

1.3 OHTLIKE RAUDTEEVEDUDE KÜNNISVÄÄRTUSED

Ohtlike kemikaalide autovedude ümbruskonda ohustavad riskid sõltuvad veetavate kemikaalide omadustest, raudtee infrastruktuuri seisundist ja veokiirusest. Raudteed jagatakse sõltuvalt veokiirusest kahte gruppi:

kiired teed (veokiirus üle 40 km/h),

aeglasemad teed (veokiirus alla 40 km/h).

Ohtlikud kemikaalid jaotatakse Hollandi raudteedel gruppidesse ohukoodide alusel. Ohukood (nimetatakse ka Kemleri koodiks) kujutab endast kahe- või kolmekohalist numbrit ohuplakati ülemisel poolel ÜRO numbri kohal.

Kemikaaligrupp	Ohukood	Märkused
A	23,263,239	Tuleohtlikud rõhu all veeldatud gaasid(LPG)
B2	26,265,268 (välja arvatud kloor)	Mürgised rõhu all veeldatud gaasid, näiteks ammoniaak.
B3	Gaasi oma ohukood	Eriti mürgised, rõhu all veeldatud gaasid, näiteks kloor.
D3	Vedeliku oma ohukood	Mürgised vedelikud, näiteks akrüülonitriil.
D4	66,663,668,886,X88,X886	Väga mürgised vedelikud, näiteks vesinikfluoriid.
C3	33, 336, (välja arvatud akrüülonitriil) 338,339, X323, X333,X338.	Eriti tuleohtlikud vedelikud, näiteks bensiin.

*Tabel 1.5
Ohtlike kemikaalide liigitamine ohukoodi alusel*

1.3.1 INDIVIDUAALNE RISK

Tabelis 1,6 on esitatud C3 grupi kemikaalide ja kõikide ohtlike kemikaalide vedude künnisväärtused, mille puhul on ühe inimese hukkumise tõenäosus aastas väiksem kui 10^{-6} .

Tee tüüp	Künnisväärtus vagunit / aastas	
	Kemikaaligrupp C3	Ülejäänud ohtlikud kemikaalid
Kiired teed	3000	10^{-6} risk puudub
Aeglased teed	7000	10^{-6} risk puudub

Tabel 1.6

Ohtlike kemikaalide raudteevadude individuaalse riski 10^{-6} /aastas künnisväärtused

Märkused

1. Künnisväärtused tuleb kindlaks määrata kõigepealt grupi C3 ning seejärel teiste ohtlike kemikaaligruppide jaoks.
2. Künnisväärtused kehtivad avatud teedelõikudel (lõigul pole tunnelid ja takistusi) liikuvate vagunita jaoks. Sorteerimisjaamade ja haruteede jaoks on vaja kasutada teist meetodikat (vaata alajagu 3.3).
3. Aeglaste teede jaoks on vaja individuaalriski 10^{-6} tekkimiseks mitte vähem kui 55 000 vaguni vedamist aastas. Hollandi tingimustes ei ole sellised veomahud reaalsed ning seepärast loetakse, et individuaalriskid nendel teedel puuduvad.
4. Ülejäänud ohtlike kemikaalide hulka loetakse kemikaaligrupid, mis on esitatud tabelis 1.5, välja arvatud grupp C3.
5. Künnisväärtused on esitatud väga erinevate ohtlike vedude erinevate veomahtude jaoks. Kuid kui raudteelõigul veetakse suhteliselt suuri koguseid mürgiseid gaase (grupid D3, D4), aga veomahud ei too tabeli 1.5 alusel individuaalseid riske, on vaja teha nende vedude jaoks detailsem kvantitatiivne riskianalüüs. Võib lugeda, et kiirete teede jaoks on sel juhul D3 ja D4 gruppide 10^{-6} individuaalriski künnisväärtuseks vastavalt 13 000 ja 9000 vagunit aastas.

1.3.2 SOTSIAALNE RISK

Sotsiaalne risk sõltub veomahust raudteelõigul, elanike paiknemistihedusest ja asumite ning raudtee vahelisest kaugusest. Sotsiaalse riski tase tõuseb oluliselt, kui raudteelõigul veetakse mürgiseid gaase.

Kemikaaligrupp	Tee tüüp	
	Kiire tee	Aeglane tee
B3 (vaguneid /aastas)	60	2000

Tabel 1.7

Vedude künnisväärtused, mille puhul sotsiaalseid riske ei hinnata

Tabelis 1.8 on esitatud LPG ja teiste kemikaalide vedude künnisväärtused, millest väiksemate veomahtude korral ei hinnata raudteelõigu ääres sotsiaalset riski.

Asustustihedus [inimest /ha]	Künnisväärtus LPG jaoks [vagunit/ aastas]		Künnisväärtus ülejäänud kemikaalide jaoks [vagunit/ aastas]	
	Kiire tee	Aeglane tee	Kiire tee	Aeglane tee
100	1600	800	7500	37500
90	2000	10000	9000	46000
80	2500	12500	12000	585000
70	3000	16000	15000	76500
60	4500	22000	21000	104000
50	6500	32000	30000	150000
40	10000	50000	47000	234000
30	20000	88000	83000	416000
20	40000	200000	187000	risk puudub

Tabel 1.8

Sotsiaalse riski hindamise künnisväärtused

Märkused:

1. Künnisväärtused tuleb kindlaks määrata kõigepealt grupi C3, seejärel LPG ning seejärel teiste ohtlike kemikaaligruppide jaoks.
2. Künnisväärtused on kindlaks määratud konservatiivselt, kuna on eeldatud, et inimesed paiknevad vahetult tee ääres.
3. Asustustihedus on kindlaks määratud kui keskmine inimeste arv alal, mille välispiir on 200 meetri kaugusel teeservast. Kui inimesed paiknevad mõlemal pool teed, on vaja jagada tabelites esitatud künnisväärtused koefitsiendiga 4.
4. Künnisväärtused kehtivad avatud teedelõikudel (lõigul pole tunnelid ja takistusi) liikuvate vagunite jaoks. Sorteerimisjaamade ja haruteede jaoks on vaja kasutada teist meetodikat (vaata alajagu 3.3).
5. Ülejäänud ohtlike kemikaalide hulka loetakse kemikaaligrupid C3 ja A.

3. DETAILNE KVANTITATIIVNE RISKIANALÜÜS

3.1 SISSEJUHATUS

Käesolevas peatükis on vaatluse all Hollandi tingimustes toimuva ohtlike kemikaalide puisteveo detailne kvantitatiivne riskianalüüs. On määratud kindlaks, millised kemikaali mahutist vabanemise juhtumid on vaja lülitada kvantitatiivsesse riskianalüüsi. Vaadeldakse erinevate vabanemiste toimumissagedust ja vabanemisele järgnevaid ohtlikke väljundeid. Samas ei ole peatükis detailselt kirjeldatud vabanemisallikaid, kemikaalide hajumist, säritust ja kahjustusi. Selle asemel on näidatud, milline on nende väljundite hindamise eripära transpordis, võrreldes statsionaarsete ettevõtetega.

Esitatud kvantitatiivse riskianalüüsi üldisi reegleid saab kasutada riskide hindamiseks ohtlike kemikaalide transportimisel avatud teelõikudel (lõigud, kus puuduvad tunnelid ja mürabarjäärid). Takistusega lõigud on vaatluse all alajaos 3.2.5.

Põhiandmed, mida on vaja ohtlike kemikaalide kvantitatiivse riskianalüüsi tegemiseks, on järgmised:

- Transpordivoogude kirjeldus (teelõigul aastas liikuvate erinevat liiki kemikaalide laaditud veoüksuste arv, eraldi päeva ja öö jaoks).
- Transpordivahendite parameetrid.
- Teelõikude iseloomustus (tee tüüp, takistused).
- Liiklusõnnetuste arv ja nende tagajärgede raskus.
- Võimalike süttimisallikate kirjeldus.
- Veetavate ohtlike kemikaalide omadused.
- Teeäärse maastiku kirjeldus.
- Teeäärne asustustihedus.
- Meteoandmed.

Juhised nende andmete hankimiseks on esitatud järgnevates alajagudes ja käesoleva ohutusraamatu 4. peatükis.

Kvantitatiivse riskianalüüsi detailsus võib olla väga erinev ja sõltub sellest, kas kasutatakse hinnatava teelõigu võimalike õnnetuste täpsustatud toimumissagedust või üldisi arvestuslikke toimumissagedusi ning kas kasutatakse tagajärgede hindamisel ohtlike kemikaalide grupe või arvestatakse konkreetsete ohtlike kemikaalide veomahte. Eelistatav on kasutada konkreetsele teelõigule omaseid võimalike liiklusõnnetuste parameetrid. Kuid ei ole välistatud, et valitud teelõigu riskide hindamisel kasutatakse teiste võimalikult analoogsete parameetritega teelõikude õnnetuste statistikat. Selles küsimuses ei ole olemas üld-

iseid täpseid reegleid. Eelmises peatükis vaadeldud IPORBM arvutiprogramm on üldine, standardne ja lihtsustatud ohtlike kemikaalide vedude riskide hindamise meetodika. Käesolevas peatükis vaadeldakse konkreetsele teelõigule omaste parameetrite kasutamist kvantitatiivse riskianalüüsi koostamisel.

3.2 AUTOVEOD

3.2.1 KEMIKAALIDE VABANEMISE VÕIMALIKUD JUHTUMID

Ohtlike kemikaalide autovedude riskid on põhiliselt seotud puistevedudega. Ohtlike kemikaalide vedu väikepakendites (kastid, vaadid, balloonid jms) ning lõhkeainete ja radioaktiivsete materjalide vedu tavaliselt teelõigu KVA tegemisel arvesse ei võeta.

Teelõigu KVA koostamisel eristatakse tuleohtlike ja mürgiste kemikaalide (vedelikud ja gaasid) vedamist survemahutites ja survestamata mahutites.

Riskianalüüsi koostamisel arvestatakse, et tüüpilises paakauto survestamata mahutis on 23 tonni ohtlikku kemikaali, ning survestatud mahutis 20-23 tonni tuleohtlikke või 16 tonni mürgiseid kemikaale.

Ohtlike kemikaalide autovedude KRA tegemisel loetakse kokkuleppeliselt KMV arvestuslikeks juhtumiteks ohtlike kemikaalide autovedudel:

a) Survestamata mahutid ja konteinermahutid:

- kogu mahuti sisu väljavoolamine,
- 5 m³ kemikaali väljavoolamine,
- 0,5 m³ kemikaali väljavoolamine.

b) Survemahutid ja survestatud konteinermahutid:

- silmpilkne vabanemine purunenud mahutist,
- pidev vabanemine läbi augu, mille efektiivne läbimõõt on 50 mm (2 tolli).

Märkused:

1. KRA koostamisel ei ole vahet, kas tegemist on paakauto mahuti või konteinermahutiga.

2. Mõningaid kemikaale (näiteks vesinik) veetakse nii kokkusurutud gaasi kui jahutatud vedeliku vormis. Kui ühe kemikaali vormi aasta veomaht on oluliselt suurem võrreldes teise vormi aasta veomahuga, võib need veomahud ühendada ja hinnata vedude riske, võttes arvesse kemikaali suurema veomahu vormiga seotud ohtlikud väljundid.

3. Lõhkeainete ja radioaktiivsete materjalide autovedude puhul on nende võimaliku vabanemise juhtumid erinevad tuleohtlike ja mürgiste kemikaalide vabanemise juhtumisest. Lõhkeaineid ja radioaktiivseid materjale veetakse suhteliselt harva ning seepärast nende vabanemise juhtumeid teelõigu KRA tegemisel arvesse ei võeta.

4. 0,5m³ kemikaali vabanemise korral survestamata mahutist moodustub maapinnal väike lomp. Üldjuhul võetakse sellise lombiga seotud riskid teelõigu KRA koostamisel arvesse.

3.2.2 ÕNNETUSTE JA VABANEMISTE SAGEDUSED, OHTLIKUD VÄLJUNDID JA NENDE TÕENÄOSUS

Kemikaali vabanemise ohtliku väljundi sagedus f_{OV} teelõigul sõltub:

- liiklusõnnetuste sagedusest f_l (õnnetusi /veod *km),
- kemikaali olulise koguse (> 100kg) liiklusõnnetuse korral vabanemise sagedusest f_v ,
- kemikaali vabanemise ohtliku väljundi tõenäosusest p_{OV} .

Liiklusõnnetuste sageduse ja kemikaali liiklusõnnetuses vabanemise tõenäosuse korrutist nimetatakse ohtliku sündmuse (ohtliku kemikaali vabanemise) sageduseks.

$$f_l * f_v = f_{os}$$

Ohtliku sündmuse sageduse arvestuslikud väärtused on võetud viitest [AVIV99] ja esitatud tabelis 3.1 nii rõhumahutite kui rõhustamata mahutite jaoks. Nende sageduste kindlaksmääramise aluseks olid statistilised andmed liiklusõnnetuste kohta, milles vabanesid ohtlikud kemikaalid. Ohtliku kemikaali olulise koguse vabanemise tõenäosust ei ole võimalik otseselt liiklusõnnetuste statistikast tuletada.

Tee tüüp	Ohtliku sündmuse sagedus f_{os} [1/ veokid * km]	
	Rõhumahuti	Survestamata mahuti
Kiirtee	$4,32 * 10^{-9}$	$8,38 * 10^{-9}$
Asulaväline tee	$1,22 * 10^{-8}$	$2,77 * 10^{-8}$
Asulasisene tee	$3,54 * 10^{-8}$	$1,24 * 10^{-8}$

Tabel 3.1 Ohtliku sündmuse sagedus erinevate teede jaoks

Detailse riskihinnangu puhul võib lugeda, et konkreetse Hollandi teelõigu jaoks on ohtliku sündmuse ja vigastustega lõppenud liiklusõnnetuste vahel lineaarne sõltuvus. Seepärast saab teelõigu ohtliku sageduse kindlaks määrata, korrutades selle teelõigu liiklusõnnetuste sageduse vigastustega lõppenud liiklusõnnetuse arvestusliku sagedusega seda tüüpi teelõikudel. Seda toimingut on kirjeldatud alajaos 4.3.2.

Ohtlike kemikaalide vedude KRA lülitatakse järgmised ohtlikud väljundid:

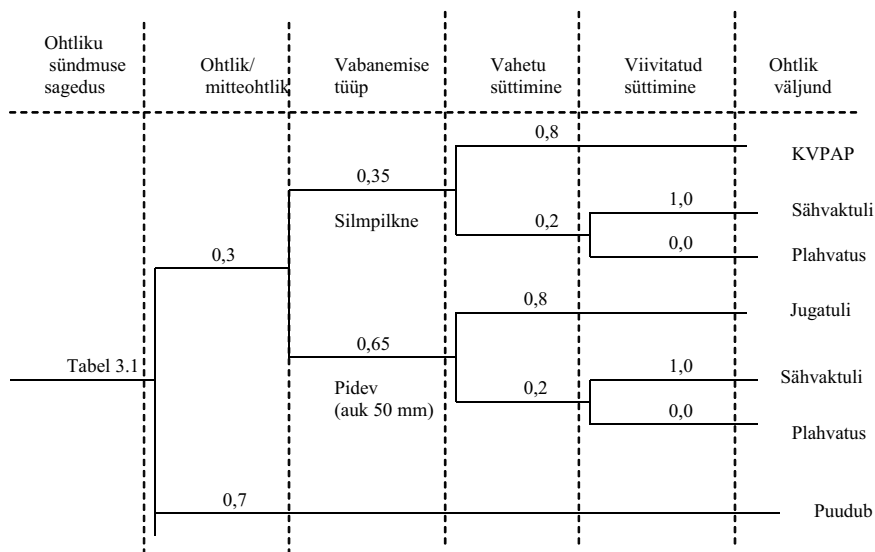
- mürgine gaasipilv,
- KVPAP,
- tulelont
- lombituli,
- sähvaktuli,
- plahvatus.

Ohtlike kemikaalide vedude KRA tegemisel kasutatakse kokkuleppeliselt tabelis 3.2 esitatud viivitamata ja viivitatud süttimise tõenäosust. Kui hinnatakse viivitatud süttimise sotsiaalseid riske, on vaja võimaluse korral kasutada võimalike süttimisallikate jaotusparameetreid kemikaalipilve levimisel. Kui need parameetrid ei ole teada, võib kasutada tabeli 3.2 tõenäosust.

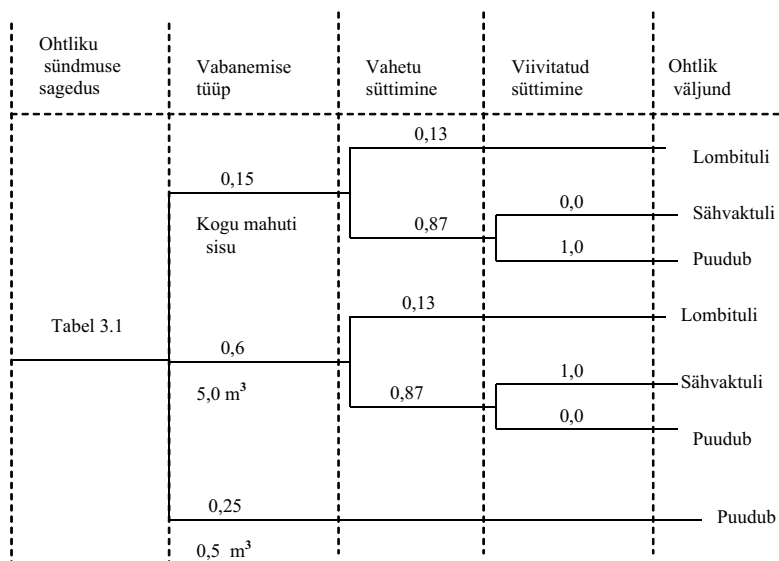
Viivitatud süttimise puhul tehakse alati tagajärgede konservatiivne hinnang. Seepärast loetakse kokkuleppeliselt, et süttimine toimub maksimaalse suurusega kergestisüttiva kemikaali aurupilves.

	Süttimise tõenäosus	
	Viivitamatu süttimine	Viivitatud süttimine
Tuleohtlik vedelik, kategooria F2	0,065	0,065
Tuleohtlik vedelik, kategooria F1	0,0043	-
Tuleohtlikud gaasid	0,8	0,2

Tabel 3.2



Joonis 3.1 Tuleohtliku gaasi vabanemise sündmustepuu



Joonis 3.2 Tuleohtliku vedeliku F2 vabanemise sündmustepuu

Ohtlikud väljundid ja ohtlike väljundite tõenäosus on esitatud tuleohtlike vedelike F2 ja tuleohtlike gaaside jaoks joonistel 3.1 ja 3.2. Kuna tuleohtlike vedelike viivitamatu ja viivatud süttimise ohtlikud väljundid on ühesugused, on joonisel nende tõenäosused liidetud ja kasutatud ühist juhtumit – väljavoolanud vedelikulombi süttimine (süttimise tõenäosus $p = 0,065 + 0,065 = 0,13$).

Tuleohtlike vedelike F1 puhul on viivatud süttimine välistatud, kuna nende puhul ei teki tuleohtlikku aurupilve väljaspool lombi piire.

Märkused:

1. Põlengu puhul võivad sattuda ümbritsevasse keskkonda mittepõlevad mürgised kemikaalid ja mürgised põlemisproduktid. Lahtise tule puhul (avatud teelõigud) kerkib kiiresti üles kõrge temperatuuriga suitsupilv, seepärast võib eeldada, et eluohtlikke mürgiste kemikaalide säritust ei toimu. Reeglina autovehete KRA analüüsi tegemisel mürgiste kemikaalide ja mürgiste põlemisproduktide riske arvesse ei võeta.

2. Rõhumahutite purunemisel võib siseenergia vabanedes tekkida plahvatuslaine ning mahuti killud suure kiirusega laiali lennata. Üldjuhul avatud teelõikudel plahvatuslaine ja kildude riske arvesse ei võeta.

3. Kemikaale, mis on üheaegselt tuleohtlikud ja mürgised, modelleeritakse peale nende vabanemist kui mürgise kemikaali hajumist ja peale süttimist kui tuleohtliku kemikaali põlemist. Kuna selline modelleerimine on suhteliselt keeruline, jagatakse taoline vabanemine kaheks iseseisvaks sündmuseks: mürgise kemikaali vabanemine ja tuleohtliku kemikaali vabanemine (vt alajagu 4.7. 3).

4. Tuleohtliku gaasipilve viivatud süttimise ohtlikud väljundid (kas sähvaktuli või plahvatus) sõltuvad sellest, millised takistused on pilve hajumisteel. Kokkuleppeliselt loetakse, et avatud teelõikudel tavaliselt pilve teel takistusi pole. Seepärast ei hinnata avatud teelõikude korral hajuva pilve plahvatusohte. Kuid tiheasustusi või takistuste alasid läbivate teelõikude puhul ei saa plahvatusohtu välistada.

3.2.3 VABANEMISALLIKATE, KEMIKAALI HAJUMISE, SÄRITUSE JA KAHJUSTUSTE MODELLEERIMINE

Peale seda, kui on kindlaks määratud võimalikud ohtlike kemikaalide vabanemise juhtumid, on vaja hinnata vabanemisallikaid, vabanenud kemikaali hajumist, mürgise kemikaali särituse parameetreid ja võimalikke kahjustusi. Kuigi nende tegurite modelleerimine ei erine oluliselt statsionaarsete ettevõtete riskianalüüsis kasutatavatest mudelitest, arvestada mõningaid eripärasusi, mida kirjeldatakse selles peatükis.

Märkused:

1. Pidevat kemikaali vabanemist transpordivahendi rõhumahutist vaadeldakse kui vabanemist läbi mahuti seinaga tekkinud teravate servadega augu. Vabanemiskoeffitsiendi väärtuseks võib võtta sel juhul $Cd = 0,62$. Kokkuleppeliselt eeldatakse, et tegemist on kahefaasilise vabanemisega. Vabanemisaeg määratakse kindlaks mahutis oleva kemikaali massi ja vabanemiskiiruse alusel. KRA tegemisel on kokkuleppeline pideva vabanemise maksimumaeg 30 minutit.

2. Rõhumahutist kemikaali pideva vabanemise puhul loetakse kokkuleppeliselt, et vabanenud kemikaal hajub horisontaalselt paralleelselt tuulesuunaga, kuna eeldatakse, et detailne informatsioon vabanemiskoha kohta puudub. Mahutist vabanenud tuleohtliku gaasi vahetul süttimisel loetakse kokkuleppeliselt, et süttinud jugatuli ei ole piiratud takistustega. Teistel juhtudel (tuleohtliku gaasipilve viitsüttimine, vedeliku pidev väljavoolamine, kokkusurutud mürgiste gaaside väljapuhustamine) eeldatakse, et hajuva kemikaali teel ei ole takistusi.

3. Vedeldatud gaasi silmapilkse vabanemise korral sõltub kemikaali aurupilve mass adiabaatilise aurustumise tegurist χ .

Adiabaatilise aurustumise tegur χ	Kemikaali mass aurupilves (milline osa kogu mahutis olnud kemikaalist)
$\chi < 0,1$	$2^* \chi$
$0,1 \leq \chi < 0,36$	
$\chi \geq 0,36$	1

Tabel 3.3

Kemikaali mass pilves silmpilkse vabanemise korral

4. Kokkuleppeliselt eeldatakse, et vedeldatud tuleohtliku gaasipilve vahetule sündimisele järgneb KVPAP ning sellesse kaasatakse kogu pilve mass.
5. Rõhustamata mahutist väljavoolanud vedelikulombi mõõtmed sõltuvad paljudest teguritest, millest põhilisteks on:
 - väljavoolu kiirus,
 - vedeliku mass mahutis,
 - tee ja teeäärse maapinna tasetasus,
 - maapinna kalle,
 - laialivoolamist piiravad takistused.

Kuna nende tegurite kohta puuduvad tavaliselt täpsed andmed, kasutatakse KRA tegemisel lombi arvestuslikku pindala. Kogu transpordivahendi mahutist välja voolanud vedelikulombi arvestuslikuks pindalaks on soovitatav lugeda 1200 m² ja 5 m³ vabanemise korral 300m² [VeVoWeg96].

6. Kasutatavaid meteoandmeid on kirjeldatud käesoleva ohutusraamatu esimese osa 4. peatükis. Kasutada tuleb teelõigu läheduses paikneva ilmajaama statistilisi andmeid. Vajaduse korral võib kasutada mitme ilmajaama andmeid.
7. 4. peatükis on näidatud, kuidas kasutada maapinna ebatasasuse arvestamiseks ebatasasustegurit z_0 . Vajaduse korral võib erinevate teelõikude jaoks kasutada erinevaid ebatasasustegureid.
8. Eeldatakse, et kemikaalipilve hajumise ajal ei toimu pilves keemilisi reaktsioone.
9. Plahvatusi ja kahjustusi on kirjeldatud RIVM99 5. peatükis. Kokkuleppeliselt loetakse KVPAP soojuskiirguse maksimaalseks kestuseks 20 sekundit.
10. Elanikkonna asustustihedust on vaja detailselt hinnata 300 meetri laiuses vööndis mõlemal pool teed, kuna tuleohtlike vedelike ja gaaside transportimisel jääb erinevate stsenaariumide kohaselt inimesi ohustavate väljundite ohtlik kaugus põhiliselt 300 meetri piiridesse.

3.2.4 ARVUTUSED JA TULEMUSTE ESITAMINE

KRA väljunditeks on individuaalrisk ja grupirisk, mis arvutatakse välja ja esitatakse viite [RIVM]) 6. peatükis kirjeldatud meetodikat kasutades.

1. Arvutusvõrgustiku ruudu mõõtmed peavad olema niivõrd väikesed, et nad ei mõjutaks arvutuste tulemusi. Kui teelõigul veetavate ohtlike kemikaalide hulgas domineerivad tuleohtlikud vedelikud ja gaasid ning ohtlike väljundite ohuala ei välju 300 meetri vööndist, ei tohiks ruudu mõõtmed olla suuremad kui 25*25 meetrit.

2. Sobiva riski kontuurjoone saamiseks on vaja võimalike liiklusõnnetuste kohad valida võrdsetel vahemaadel teelõigu alguse ja lõpu vahel. Valitud õnnetuskohtade arv peab olema selline, et riskikontuurjoon oluliselt ei muutuks, kui kohtade arvu veel suurendada.

3. Grupiriski väljaarvutamiseks on reeglina vaja eelnevalt välja valida juhuslikud teelõigud. Kuid teelõigud võib valida ka nii, et saada maksimaalne grupirisk.

4. Nii individuaalriski kui grupiriski väljaarvutamise tulemused tuleb esitada võimalikult näitlikult ja ülevaatlikult. Soovitav on esile tõsta teelõigud, kus riskid on kõige suuremad. On vaja näidata erinevate kemikaalide riskid ja riskide erinevus päeval ja öösel.

3.2.5 TAKISTUSED

Teatud teelõik võib olla osaliselt kaetud või seal võib olla tunnel. Samuti võivad olla tee kõrval takistuseks mürakaitseseinad. Üksikud teelõigud võivad olla tõstetud maapinnast kõrgemale (sillad ja viaduktid) või asuda maapinnast allpool. Taoliste takistuse olemasolu ja nende mõju ohtlikele väljunditele on vaja KRA tegemisel kvantitatiivselt hinnata.

Erinevad takistused mõjuvad erinevate kemikaalide vabanemise ohtlikele väljunditele erinevalt.

Takistuste mõju teelõigu riskidele on vaja hinnata, võttes arvesse iga juhtumi eripära. Puuduvad üldised reeglid ja juhised, kuigi on olemas mitmed arvutiprogrammid, mis võimaldavad hinnata teatud takistuste mõju teelõigu riskidele.

3.3 RAUDTEETRANSPORT

3.3.1 SISSEJUHATUS

Käesolevas peatükis antakse ülevaade ohtlike kemikaalide raudtee magistraalteedel, sorteerimisjaamades ja külgteedel toimuvate puistevedude detailse KRA metoodikast. Siin on kindlaks määratud, milliseid kemikaali mahutist vabanemise juhtumeid on vaja raudteevedude KRA tegemisel arvesse võtta. Esitatakse arvestuslikud raudteeõnnetuste sagedused, neile järgnenud kemikaali vabanemise ohtlikud väljundid ja nende väljundite arvestuslik tõenäosus. Vabanemisallikate, vabanenud kemikaali hajumise, särituse ja kahjustuste modelleerimist ei ole põhjalikult kirjeldatud. Esile on tõstetud ainult raudtee ohuallikate ja statsionaarsete ettevõtete ohtude modelleerimise erinevused.

Raudteevedude KRA reeglid on üldised ja kasutatavad nii raudteelõikude kui sorteerimisjaamade ning külgteede jaoks.

Põhilisteks lähteandmeteks raudteevedude KRA tegemisel on:

- veovoogude kirjeldus (raudteelõiku aastas läbivate ohtlike kemikaalidega laaditud tsisternide arv iga veetava ohtliku kemikaali jaoks, eraldi päeval ja öösel),
- veovahendite iseloomustus (maht, töörohk),
- liikumisteede iseloomustus,
- sorteerimisjaamade ja külgteede iseloomustus,
- sorteerimisjaamade ja külgteede toimingute iseloomustus,
- õnnetusjuhtumite sagedus,
- võimalike süttimisallikate iseloomustus,
- veetavate ohtlike kemikaalide omadused,
- raudteeäärse maastiku iseloomustus,
- meteoandmed,
- asustustihedus magistraalteede, sorteerimisjaamade ja külgteede ohualas.

3.3.2 OHTLIKU KEMIKAALI RAUDTEEVEOKI MAHUTIST VABANEMISE JUHTUMID (KMV)

Ohtlike kemikaalide raudteevedude ohu peamiseks allikaks on tuleohtlike gaaside (A), mürgiste gaaside (B2 ja B3), mürgiste vedelike (D3 ja D4) ning tuleohtlike vedelike (C3) vedu.

Teiste ohtlike kemikaalide vedamise oht on oluliselt väiksem ning raudteevedude KRA tegemisel neid arvesse ei võeta.

Põhilisteks KMV juhtumiteks raudteel on [SAVE95, SAVE95a]:

- leke läbi 3-tollise augu tsisterni seinas,
- tsisterni seina rebenemine.

Märkused:

1. Õnnetused lõhkeainete ja radioaktiivsete materjalidega erinevad oluliselt eelpoolnimetatud ohtlike kemikaalide vabanemistest, reeglina on nende veomahud väga väikesed ja nende vedamisel rakendatakse väga rangeid ohutusmeetmeid. Seepärast jäetakse lõhkeainete ja radioaktiivsete materjalide raudteevedude riskid raudtee KRA tegemisel arvestamata.

2. Ohtlike kemikaalide vabanemine väikepakendites(kastid, vaadid, balloonid jms) erineb oluliselt ohtlike kemikaalide vabanemisest puisteveol. Nende vabanemiste ohud ei mõjuta oluliselt raudteevedude riske ning seepärast jäetakse ohtlike kemikaalide vedu väikepakendites tavaliselt raudteevedude KRA tegemisel arvestamata.

3.3.3 ÕNNETUSTE JA KEMIKAALI VABANEMISE SAGEDUS, OHTLIKUD VÄLJUNDID JA NENDE TÕENÄOSUS

Kemikaali raudteeveoki mahutist vabanemise juhtumite stsenaariumid on magistraalteel, sorteerimisjaamas ja külgteel erinevad.

3.3.3.1 KÜLGTEE

Külgtee on raudteelõik, mis ühendab magistraalteed või sorteerimisjaama terminaliga. Külgteele on iseloomulik:

- pööranguid suunatakse ümber käsitsi,
- maksimaalne liikumiskiirus on 30 km/h,
- ühetasandilised raudteeülesõidukohad,
- puuduvad signaalid ja semaforid.

Külgteede liiklusõnnetuste arvestuslik sagedus on kindlaks määratud viites [SAVE95a]. Raudteevedude tegemisel eristatakse külgtee sorteerimisjaama teesosa ja külgtee jaamavälise teesosa riske.

Arvestuslikud liiklusõnnetuste sagedused on järgmised:

- sorteerimisjaama teesosal – $1.1 \cdot 10^{-6}$ liiklusõnnetust ühe kilomeetri kohta,
- jaamavälisel teesosal – $8,4 \cdot 10^{-7}$ liiklusõnnetust ühe kilomeetri kohta.

Raudteeõnnetus	Rõhustamata mahuti	Rõhumahuti
Kokkupõrge	0,1	0,01
Ühe veoki õnnetus	0,1	0

Tabel 3.4

Kemikaali raudteeveoki mahutist vabanemise tõenäosus külgtsee raudteeõnnetuse korral

3.3.3.2 SORTEERIMISJAAM

Sorteerimisjaama puhul on kindlas määratud kaheksa erinevat raudteeõnnetusse stsenaariumit. Milliseid neist võetakse arvesse riskianalüüsi koostamisel, sõltub sorteerimistoimingute iseloomust. Sorteerimisjaama võimalike raudteeõnnetuste stsenaariumid on järgmised :

1. Rongide kokkupõrge jaama sisse- või väljasõidul.
2. Rongi kokkupõrge ooteteel seisvate vagunitega.
3. Koostatud rongi kokkupõrge ooteteel seisvate tsisternidega.
4. Tsisternide kokkupõrge veduri vahetamisel.
5. Ühe tsisterniga toimunud õnnetus.
6. Sorteerimistoimingu õnnetus.
7. Tsisterni tehniline rike.
8. Mahavoolanud kütuselombi tulle sattunud tsisterni KVPAP.

Stsenaarium		Õnnetuse sagedus	KMV tõenäosus	
			Rõhustamata mahuti	Rõhumahuti
Nr1	ATP olemas	$5,5 * 10^{-7}$ rongi kohta	0,1	0,01
	ATP puudub	$5,5 * 10^{-6}$ rongi kohta	0,1	0,01
Nr2		$2,12 * 10^{-5}$ rongi kohta	0,1	0,01
Nr3		$2,12 * 10^{-5}$ rongi kohta	0,1	0,01
Nr4		$1,0 * 10^{-6}$ rongi kohta	0,05	0,005
Nr5		$2,7 * 10^{-5}$ rongi kohta	0,1	0,01
Nr6		$1,76 * 10^{-5}$ tsisterni kohta aastas	0,1	0,01
Nr7		$5,0 * 10^{-7}$ tsisterni kohta	1	1
Nr8		vaata märkust	0	1

Tabel 3.5

Sorteerimisjaama võimalike raudteeõnnetuste arvestuslikud sagedused ja kemikaali vabanemiste tõenäosus

Märkus:

KVPAP sagedus sorteerimisjaamas f arvutatakse välja järgmise valemi abil:

$$f = f_0 * N * n_{p,tot} * (t/24) * (T/365) * R,$$

kus :

f - KVPAP arvestuslik sagedus aastas,

f_0 - suurpõlengu arvestuslik sagedus = $3,1 * 10^{-7}$ tuleohtliku kemikaaliga täidetud tsisterni kohta,

- N - tuleohtlikku kemikaaliga täidetud tsisternide vedavate rongide arv aastas,
 n - survemahutiga tsisternide arv rongis,
 A_p - mahavoolanud kütuselombi pindala (= 600 m²),
 A_{tot} - sorteerimisjaama pindala (m²),
 t - tundide arvööpäevas , mille jooksul on survestatud tsisternid sorteerimis-
 jaamas
 T - survemahutitega tsisternide vedavate rongide arv aastas.
 R - riskivähendamistegur (= 0,1)

Valemi aluseks on eeldus, et sorteerimisjaamas on üheaegselt nii survestamata tuleohtlike kemikaalidega laaditud kui survemahutitega raudteetsisternid. Kui neid tsisternide ei ole sorteerimisjaamas üheaegselt, on KVPAP tõenäosus 0. Kui korrutada õnnetuste sagedus KMV tõenäosusega, saame kemikaali sorteerimisjaamas vabanemise arvestusliku sageduse. Kuna ainult 10% KMV on ümbritsevale keskkonnale ohtlikud, on vaja kemikaali vabanemise sagedus korrutada teguriga 0,1. See reegel ei kehti stsenaariumide 7 ja 8 puhul.

Arvestuslikud sagedused ja tõenäosused on antud ühe rongi või ühe tsisterni jaoks. Neid on vaja sorteerimisjaama riske hinnates korrutada jaamas aasata jooksul käideldud rongide või tsisternide arvuga. Viites [SAVE97] on esitatud käideldavate rongide ja tsisternide arvu jaotamine rühmadeks ja nendele rühmadele vastavad arvestuslikud väärtused.

Reaalne veeremite tsisternide arv aastas	1-12	13-50	51-100	101-200	201-300	301-400	jne
Arvestuslik arv	0	50	100	200	300	400	jne

Tabel 3.6

Rongide või tsisternide reaalse arvu teisendamine arvestuslikuks

Kui rongis on veeremid ainult üht tüüpi kemikaaliga, pole vaja arvestuslikke arve täpsustada.

Kui rongis on erinevat tüüpi kemikaalidega laaditud veeremid ning kemikaali vabanemise sagedus on antud rongi kohta, on vaja teatud kemikaali vabanemise sageduse kindlaksmääramiseks rongi vabanemise sagedus korrutada teguriga, mis näitab, millise osa moodustavad hinnatava kemikaaliga laaditud vagunid rongi vagunite koguarvust.

Stsenaariumide 1-6 puhul võib üle 100 kg kemikaali vabanemine olla silmapilkne või pidev. Silmapilkse vabanemise kokkuleppeline arvestuslik tõenäosus on 0,4 ja pideva vabanemise tõenäosus 0,6.

3.3.3.3 MAGISTRAALTEED

Üldine arvestuslik raudteeõnnetuste sagedus magistraalteedel on $3,6 \cdot 10^{-8}$ vagun- kilomeetri kohta [SAVE95]. Kui on teada, et kiirus raudteelõigul on suurem kui 40 km/ tunnis, on vaja korrutada arvestuslik sagedus teguriga 1,26 ning kui kiirus on väiksem kui 40 km/ tunnis, siis teguriga 0,62.

Kui teelõigul on samatasandilised raudteeülesõidukohad, tuleb arvestuslikku õnnetuste sagedust suurendada $0,8 \cdot 10^{-8}$ võrra, see tähendab, et sellise lõigu puhul on raudteeõnnetuse tõenäosus $4,4 \cdot 10^{-8}$ vagun-kilomeetri kohta.

Kemikaali raudteeõnnetuses veeremi mahutist vabanemise arvestuslik tõenäosus on esitatud tabelis 3.7

Lubatud kiirus	tõenäosus	
	Üle 100 kg kemikaali vabanemise tõenäosus	
	Survestamata mahuti	Survestatud mahuti
< 40 km /h	$7,9 \cdot 10^{-2}$	$7,9 \cdot 10^{-4}$
> 40 km /h	$5,6 \cdot 10^{-1}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$

Tabel 3.7

Üle 100 kg kemikaali raudteeõnnetuses veeremi mahutist vabanemise arvestuslik tõenäosus

Nii nagu ka sorteerimisjaamades on kemikaali vabanemise puhul silmpilkse vabanemise kokkuleppeline arvestuslik tõenäosus 0,4 ja pideva vabanemisetõenäosus 0,6.

Tuleohtlike gaaside vabanemisel mahutist on aurupilve vahetu süttimise arvestuslikuks kokkuleppeliseks tõenäosuseks silmpilkse vabanemise korral 0,8 ja pideva vabanemise korral 0,5. Tuleohtlike vedelike vahetu süttimise tõenäosus on 0,5.

Kui rongis on nii tuleohtlike vedelikega survestamata tsisternid kui tuleohtlike või mürgiste gaasidega rõhutsisternid, suureneb KVPAP plahvatuse oht. Sel juhul on vaja järgida alljärgnevaid juhiseid:

- kui rongi koosseisus on tsisternid nii tuleohtlike gaaside kui tuleohtlike vedelikega, on vaja KVPAP tõenäosust korrutada teguriga $(N+1)$, kus N on tuleohtlike vedelikega laaditus vagunite arv rongis,
- kui rongi koosseisus on tsisternid nii mürgiste gaaside kui tuleohtlike vedelikega, on vaja silmpilkse vabanemise tõenäosust korrutada teguriga $(0,8N+1)$, kus N on tuleohtlike vedelikega laaditus vagunite arv rongis,
- kui rongi koosseisus on ainult rõhutsisternid vedeldatud tuleohtlike gaasidega, siis KVPAP tõenäosus ei suurene [SAVE95].

3.3.4 VABANEMISALLIKATE, KEMIKAALI HAJUMISE , SÄRITUSE JA KAHJUSTUSTE MODELLEERIMINE

Peale seda, kui on kindlaks määratud kemikaali mahutistvabanemise võimalikud juhtumid ja nende ohtlikud väljundid, on vaja kindlaks määrata vabanemisallika ja kemikaali ümbritsevasse keskkonda hajumise parameetrid, arvutada välja säritusdoosid ja määrata kindlaks võimalikud kahjustused. Kuigi nende tegurite modelleerimine ei erine oluliselt statsionaarsete ettevõtete riskianalüüsis kasutatavaid mudeleid, tuleb nende mudelite kasutamisel arvestada mõningaid raudteevedude eripärasusi, mida kirjeldatakse selle peatükis.

1. Raudteeveeremite rõhustamata mahutite puhul ei arvutata väljavoolamise parameetreid, vaid loetakse, et kütuselombi kokkuleppeline arvestuslik pindala on pideva väljavoolamise puhul 300m² ja silmpilkse vabanemise puhul 600m². Aurupilve hajumiskiiruseks loetakse väljaarvutatud aurustumiskiirust. Aurustumise parameetrite väljaarvutamisel loetakse, et killustikukihi paksus on 0,15 m ja killustikutüki diameeter 1 CFD.

2. Rõhu all vedeldatud gaaside silmpikse vabanemise korral loetakse, et välja paiskub kahefaasiline segu. Vedelik, mis koos gaasiga välja ei paisku hakkab aurustuma, ning väljapaiskunud kemikaalipilve massile tuleb lisada väljapaikamata kemikaali 1 minuti jooksul aurustunud mass. Lekke puhul loetakse, et aurustub kogu mahavoolanud vedel kemikaal.

3. Kokkuleppeliseks raudteeveeremi mahuti mahtuvuseks loetakse :
 tuleohtlikud gaasid – 48 tonni,
 mürgised gaasid - 50 tonni,

On oodata suuremate mahutite kasulevõtmist (2010). Sel juhul võib veeremi mahutis olla 54 tonni tuleohtlikku gaasi, kuni 60 tonni kloori või kuni 58 tonni ammoniaaki.

4. Tuleohtliku gaasi silmpikse vabanemise korral kaasatakse vahetu süttimise korral keeva vedeliku paisuvaaurupilve plahvatusse kogu rõhumahuti sisu.

5. Tuleohtliku gaasi pideva vabanemise korral toob vahetu süttimine kaasa joatule.

6. Kemikaali pideva vabanemise puhul rõhumahutist loetakse kokkuleppeliselt läbi augu mahuti seinas ($D = 3''$, $Cd = 0,67$).

7. Kasutatavaid meteoandmeid on kirjeldatud käesoleva ohutusraamatu 4.peatükis. On vaja kasutada teelõigu või sorteerimisjaama läheduses paikneva ilmajaama statistilisi andmeid. Vajaduse korral võib kasutada mitme ilmajaama andmeid.

8. Samas peatükis on näidatud ka kuidas kasutada maapinna ebatasasuse arvestamiseks ebatasasustegurit z_0 . Vajaduse korral võib erinevate teelõikude jaoks kasutada erinevaid ebatasasustegureid.

9. Eeldatakse, et kemikaalipilve hajumise ajal ei toimu pilves keemilisi reaktsioone.

10. Plahvatusi ja kahjustusi on kirjeldatud [RIVM99] 5.peatükis.

Kokkuleppeliselt loetakse KVPAP soojuskiirguse maksimaalseks kestuseks 20sek.

3.2.4 ARVUTUSED JA TULEMUSTE ESITAMINE

KRA väljunditeks on individuaalrisk ja grupirisk, mis arvutatakse välja ja esitatakse viite [RIVM)] 6. peatükis kirjeldatud metoodika abil.

1. Arvutusvõrgustiku ruudu mõõtmed peavad olema niivõrd väikesed, et need ei mõjutaks arvutuste tulemusi. Kui teelõigul veetavate ohtlike kemikaalide hulgas domineerivad tuleohtlikud vedelikud ja gaasid ning ohtlike väljundite ohuala ei välju 300 meetri vööndist, ei tohiks ruudu mõõtmed olla suuremad kui 25*25 meetrit.

5. Sobiva riski kontuurjoone saamiseks on vaja võimalike liiklusõnnetuste kohad valida võrdsetel vahemaadel teelõigu alguse ja lõpu vahel. Valitud õnnetuskohtade arv peab olema selline, et riskikontuurjoon oluliselt ei muutuks, kui kohtade arvu veel suurendada.

6. Grupiriski väljaarvutamiseks on vaja eelnevalt välja valida juhuslikud teelõigud. Kuid teelõigud võib valida ka nii, et saada maksimaalne grupirisk.

7. Nii individuaalriski kui grupiriski väljaarvutamise tulemused tuleb esitada võimalikult näitlikult ja ülevaatlikult. Soovitav on esile tõsta teelõigud, kus grupiriskid on kõige suuremad. On vaja näidata erinevate kemikaalide riskid ja riskide erinevus päeval ja öösel.

3.5 TORUTRANSPORT

3.5.1 SISSEJUHATUS

Käesolevas jaos on esitatud mööda torujuhtmeid transporditavate ohtlike kemikaalide kvantitatiivse riskianalüüsi üldjuhised. On näidatud, milliseid KMV juhtumeid on vaja lülitada riskianalüüsi ja ära toodud torujuhtmete purunemise arvestuslikud sagedused ning nende purunemiste ohtlike väljundite arvestuslik tõenäosus. Vabanemisallikate ja vabanenud kemikaali hajumise, särituse ja kahjustuste modelleerimist ei ole põhjalikult kirjeldatud. Esile on tõstetud ainult torustranspordi ohuallikate ja statsionaarsete ettevõtete ohtude modelleerimise põhilised erinevused.

Torustranspordi KRA tegemisel on vaja järgmisi lähteandmeid:

1. Torujuhtme tehnilised andmed (toru diameeter, ohutusklappide asukoht, transporditavate kemikaalide omadused ja voolukiirus).
2. Võimalike süttimisallikate iseloomustus.
3. Toruga külgnevate maastikualade iseloomustus.
4. Meteoandmed.
5. Asustustihedus torustrassi ääres.

Märkused:

1. Käesolevas paragrahvis on vaatluse all ainult maapealsed torujuhtmed.
2. Seda paragrahvi ei saa rakendada torujuhtmete puhul, mida mööda transporditakse metaani ja teatud põlevvedelikke (K1, K2, K3). Sel juhul on vaja kasutada spetsiaalseid ohutustabeleid, mis määravad kindlaks minimaalse vahe-
maa torujuhtmete ning elamute vahel. Need tabelid leiab viites [IPORBM].

3.5.2 KEMIKAALI VABANEMISE JUHTUMID

Torutranspordi KRA tegemisel on vaja arvestada kahte põhilist kemikaali vabanemise juhtumit:

- leke läbi 20 mm diameetriga augu torujuhtme seinas,
- toru rebenemine.

3.5.3 ÕNETUSTE ARVESTUSLIKUD SAGEDUSED NING OHTLIKE VÄLJUNDITE TÕENÄOSUS

Torujuhtme õnnetuste arvestuslikud sagedused 1 km kohta aastas on esitatud tabelis 3.15. Sagedused on võetud maaluste torujuhtmete jaoks viitest [SAVE95b].

Torujuhtme tüüp	Õnnetuste arvestuslik sagedus [1/km aasata]
Pakett-torujuhe	$7,0 * 10^{-5}$
NEN - 3650	$6,1 * 10^{-4}$
Teised	$2,0 * 10^{-3}$

Tabel 3.15

Märkused:

1. Pakett-torujuhe on juhe, milles üksteise kõrval paikneb mitu toru. Kemikaali vabanemise sagedus taolistest torujuhtmetest on väiksem, kuna võetakse kasu-
tusele täiendavad ohutusmeetmed.

Lekke ja torujuhtme purunemise arvestuslikud sagedused on esitatud tabelis 3.16

Torujuhtme tüüp	Leke	Toru rebenemine
Pakett-torujuhe	0,9	0,1
Teised	0,75	0,25

Tabel 3.16

Kemikaali torujuhtmest vabanemise ohtlikeks väljunditeks on:

- mürgine kemikaalipilv,
- jugatuli,
- tulekera,
- lombituli,
- pahvaktuli,
- plahvatus.

Vahetu süttimise tõenäosus on esitatud tabelis 3.17 [SAVE95b].

Kemikaal	Vahetu süttimise tõenäosus	
	Leke	Rebenemine
Kergestisüttiv gaas	0,04	0,09
Vedeldatud kergestisüttiv gaas	0,14	0,30

Tabel 3.14

Vesiniku vabanemise puhul on vaja arvesse võtta, et selle kemikaali vabanemisel torujuhtmest on süttimise tõenäosus suurem, kuna vesiniku süttimiseks vajalik välise süttimisallika energia on teistest tuleohtlikest kemikaalidest väiksem.

3.5.4 VABANEMISALLIKA, HAJUMISE, SÄRITUSE JA KAHJUSTUSTE MODELLEERIMINE

Vabanemisallika modelleerimisel tuleb teha vahet kemikaali lekke ja toru rebenemise vahel.

3.5.4.1 LEKE

Kui võib juhtuda, et leket kohe ei avastata ning ohutusklappe kohe ei suleta või nende sulgemine ebaõnnestub, loetakse kokkuleppeliselt, et pideva toru töörohul toimuva lekke arvestuslikuks kestuseks tuleb võtta 30 minutit.

Kui ohutusklapid on suletud, siis :

- gaasi puhul jätkub leke seni, kuini ohutusklappide vahele jäävas torulõigus on rõhk langenud atmosfäärirõhuni,
- vedeliku puhul kestab leke seni, kuni vedeliku aururõhk torus saab atmosfäärirõhuga võrdseks. Kui toru kulgeb maapinnast kõrgemal, on vaja arvesse võtta raskusjõu mõju,
- vedeldatud gaasi puhul on vaja kasutada kahefaasilise (vedelik-gaas) vabanemise mudelit.

3.5.4.2 TORU REBENEMINE

Toru rebenemise puhul on vaja suurendada torust vabanenud vedeldatud gaasi kemikaali väljaarvutatud kogust 2 korda, kuna on tegemist kahefaasilise vabanemisega.

Kuni pumpade seiskumiseni on vaja suurendada vabanemiskiirust pumpade

tootlikkuse võrra. Vedeliketorude puhul on vaja arvesse võtta ka raskusjõu mõju.

Märkused :

1. On vaja hinnata, kas pumpade tootlikkus rebenemise korral suureneb, kuna rõhk torus võib langeda.

2. Augu paiknemist toru seinal (vabanemissuunda) ei võeta arvesse, kuna puuduvad usaldusväärsed andmed vabanemissuuna mõju hindamiseks.

3. Kokkuleppeliselt loetakse mahavoolanud kemikaalilombi maksimaalseks pindalaks 300 m^2 ja sügavuseks $0,1 \text{ m}$.

4. Etaani puhul, võttes arvesse selle kriitilist temperatuuri, sõltuvad rebenemise korral vabanemise parameetrid väga oluliselt ümbritseva õhu ja maapinna temperatuurist. Lekke puhul on erinevad ohtliku väljundi riskid oluliselt sellest, kas tegemist on ühe- või kahefaasilise vabanemisega.

5. Maapinna aurustamisteguriks loetakse $1800 \text{ W/ K s}^{1/2}$.

6. KRA koostamisel on vaja kasutada käesoleva ohutusraamatu esimese osa paragrahvi 4.10 andmeid

7. Maapinna ebatasustegur z_0 määratakse kindlaks, kasutades käesoleva ohutusraamatu esimese osa 4. peatükis kirjeldatud meetoodikat. Vajaduse korral võib kasutada erinevate torulõikude puhul erinevaid ebatasasustegureid. Teguri kokkuleppeline väärtus on $z_0 = 1,0 \text{ m}$.

8. Särituste ja kahjustuste parameetrite kindlaksmääramiseks on vaja kasutada käesoleva ohutusraamatu 5. peatükis kirjeldatud meetoodikat.

Peale vabanemise parameetrite kindlaksmääramist ei erine torujuhtme kvantitatiivne riskide hindamine statsionaarsete ettevõtete riskide hindamisest.

3.5.5 ARVUTUSED JA TULEMUSTE ESITAMINE

Torujuhtme KRA väljunditeks on individuaalriski kontuurjooned ja grupiriski graafikud. Riskide väljaarvutamise ja tulemuste esitamise meetoodika on esitatud käesoleva ohutusraamatu esimese osa 6. peatükis.

4. BAASANDMED

4.1 SISSEJUHATUS

Tehnilise süsteemi KRA tegemise esimeseks sammuks on selle süsteemi iseloomulike parameetrite näitajate ja nende muutumise piiride kindlaksmääramine. Transpordisüsteemide puhul on seda suhteliselt raske teha, kuna erinevate võimalike õnnetuskohtade ja transpordivahendite iseloomulikud parameetrid ning veetavate kemikaalide omadused võivad olla väga erinevad.

Põhiandmed, mida on vaja ohtlike kemikaalide kvantitatiivse riskianalüüsi tegemiseks, on järgmised:

- Transpordivoogudekirjeldus (teelõigul aastas liikuvate erinevat liiki kemikaalide laaditud veoüksuste arv, eraldi päeval ja öösel).
- Transpordivahendite parameetrid.
- Teelõikude iseloomustus (tee tüüp, takistused).
- Liiklusõnnetuste arv ja nende tagajärgede raskus.
- Võimalike süttimisallikate kirjeldus.
- Veetavate ohtlike kemikaalide omadused.
- Teeäärse maastiku kirjeldus.
- Teeäärne asustustihedus.
- Meteoandmed.

Nende andmete hankimise meetodika, parameetrite soovituslikud arvestuslikud väärtused ja viited kasutatud allikatele olid vaatluse all 3. peatükis. Jagu 4.2 kirjeldab ohtlike kemikaalide rühmitamise meetodikat, mida kasutatakse ohtlike kemikaalide transportimise KRA tegemisel Hollandis. Ülejäänud jagudes kirjeldatakse, kuidas Hollandis hangitakse andmeid erinevate transpordiõnnetuste ja erinevate teede kohta.

4.2 OHTLIKE KEMIKAALIDE KLASSIFITSEERIMINE

Kuna transporditakse väga erinevaid ohtlike kemikaale, on vajadus neid rühmitada ja määrata kindlaks kemikaalide klassifitseerimisalused.

Peale seda lihtsustub ohtlike kemikaalide riskianalüüs, kuna selle asemel, et hinnata iga veetava kemikaali riske, saab teha riskianalüüsi palju väiksema arvu ohtlike kemikaalide grupi jaoks. Hollandis kasutatava ohtlike kemikaalide klassifitseerimismetoodika aluseks on kemikaalide aineolek, lendavus, tuleohtlikkus ja mürgisus. Meetodika on tihedalt seotud ADR ja RID klassifikatsioonimetoodikatega. Liigitamise esimeseks sammuks on ohtlike kemikaalide jaotamine nelja põhiklassi.

Põhiklass	
GF	Tuleohtlik gaas
LF	Tuleohtlik vedelik
GT	Mürgine gaas
LT	Mürgine vedelik

Tabel 4.1
Ohtlike kemikaalide põhiklassid

Igas põhiklassis on üks või enam ohtlike kemikaalide liiki, mida tähistakse numbriga põhiklassi tähistuse kahe tähe järel - suurem number näitab suuremat ohtu. Näiteks LT4 on ohtlikum kemikaal kui LT 1. Kemikaale, mis on üheargselt nii tuleohtlikud kui mürgised, tähistakse ühendatud liigitähisega. Näiteks etüleenoksiidi (ÜRO nr 1040) tähiseks on GF1/GT3.

Ohtlike kemikaalide põhiklasside liigid ja nende klassifitseerimisalused on esitatud alljärgnevatel tabelitel. Liikidesse GF0 ja GT0 kuuluvad ka kokkusurutud gaasid ja jahutatud vedelikud, kuna transpordi KRA tegemisel on vaja neid arvesse võtta.

Aineolekud

Aineolek	Põhiparameeter	Põhiparameetri väärtus
Gaas	T_{keem}	$T_{keem} < 293 \text{ K}$
Vedelik	T_{keem}, T_{sul}	$T_{keem} > 293 \text{ K}$ ja $T_{sul} < 293 \text{ K}$
Tahke	T_{sul}	$T_{sul} > 293 \text{ K}$

Aineoleku parameetrid

Parameetri tähis	Parameeter ja ühik
LC_{50}	LC_{50} - inh- rat- 1 tund [ppm]
T_k	Kriitiline temperatuur [K]
T_{keem}	Keemistemperatuur
T_{sul}	Sulamistemperatuur
P_{20}	Aururõhk temperatuuril 20°C [mbar]
T_l	Leekpunkt

Liigid

Tuleohtlik gaas

Klass GF	IMDG-, „tuleohtlik” ADR/ RID –klass 2.2 ; 2.4 F, TF FTC	
Kriitiline temperatuur	Liik	Keemistemperatuur
$T_k < 293 \text{ K}$	GF0	$T_{keem} < 182 \text{ K}$
$T_k > 440 \text{ K}$	GF1	$T_{keem} > 273 \text{ K}$
$T_k = 400-440 \text{ K}$	GF2	$T_{keem} = 253-273 \text{ K}$
$T_k = 293-440 \text{ K}$	GF3	$T_{keem} = 182-253 \text{ K}$

Mürgine gaas

Klass GT		LC ₅₀ < 5*10 ⁴			
Kriitiline temperatuur	Liik				Keemistemperatuur
	<10 ²	10 ² - 10 ³	10 ³ - 10 ⁴	10 ⁴ - 5*10 ⁴	
T _k < 293 K	GT0	GT0	GT0	GT0	T _{keem} < 182K
T _k > 440 K	GT5	GT4	GT3	GT2	T _{keem} > 273K
T _k = 400-440 K	GT5	GT5	GT4	GT3	T _{keem} = 253-273K
T _k = 293-440 K	GT5	GT5	GT5	GT4	T _{keem} = 182-253K

Tuleohtlik vedelik

Klass GF	T ₁ < 334K (<61 ⁰ C)	
Liik		
LF1	T ₁ > 296 K (>23 ⁰ C)	
LF2	T ₁ < 296K (<23 ⁰ C)	

Mürgine vedelik

Klass LT		LC ₅₀ < 5*10 ³			
Aururõhk [mbar]	Liik				Keemistemperatuur
	<10 ¹	10 ¹ - 10 ²	10 ² - 10 ³	10 ³ - 5*10 ³	
P ₂₀ < 10	LT2	LT1			> 373K
P ₂₀ = 10 -50	LT3	LT2	LT1		T _{keem} = 353-373K
P ₂₀ = 50-200	LT4	LT3	LT2	LT1	T _{keem} = 323-353K
P ₂₀ = 200-700	LT5	LT4	LT3	LT2	T _{keem} = 303-323K
P ₂₀ > 700	LT6	LT5	LT4	LT3	T _{keem} < 303K

Märkus:

Vee transpordi korral on vaja täiendavalt arvesse võtta:

1. Ei ole vaja arvestada uppuvaid kemikaale, mille tihedus on suurem kui vee tihedus temperatuuril 20⁰C (1,03).
2. Ei ole vaja arvestada ka kemikaale, mis veega reageerides eraldavad mürgiseid ja tuleohtlikke gaase, kuna nende kemikaalide veomahud on tavaliselt väga väikesed.
3. Kui vees mittelahustuva tuleohtliku vedela kemikaali tihedus on temperatuuril väiksem kui 1.03 ja P₂₀ väiksem kui 700 mbar, on vaja arvesse võtta, et veepinnal ujuv kemikaal võib olla ohtliku aurupilve allikaks. Praktika näitab, et sel juhul võib vähendada liigi numbrit 1 võrra. Näiteks praktiliselt mittelahustuva kemikaali (lahustuvus vees on väiksem kui 400mol/l) liigiks võib lugeda LT2 asemel LT1.

5. VIITED

- [ADNR] Reglement voor the vervoer van gevaarlijke stoffen over de Rijn (Regulations for the carriage of dangerous substances over the Rhine), SDU, The Hague, 1998
- [AEA95] Handleiding risicobepalingsmethodiek en doorrekenen maatregelen (Manual for risk determination method and the consequences of measures), AEA Technology Netherlands B.V., The Hague, 1995
- [AVIV93] Aandachtspunten Hoofdvaarwegen (Points of interest for Major waterways). AVIV, Enschede, 1993.
- [AVIV94] Fundamenteel onderzoek naar kanscijfers voor risicoberekeningen bij wegtransport gevaarlijke stoffen. (Fundamental research on probability numbers for risk assessment of road transport) Enschede: AVIV, 1994.
- [AVIV94] Handleiding risicoberekening wegtransport gevaarlijke stoffen. Bepaling faalkansen. (Manual for risk assessment of road transportation of dangerous substances. Specification of chances of failure) AVIV, Enschede, 1994.
- [AVIV95] Methodology for categorising substances in risk calculations of the transport of hazardous materials. Safety on waterway transport project S3b. AVIV, Enschede, 1995.
- [AVIV99] Methodology for categorising substances in risk calculations of the transport of hazardous materials. AVIV, Enschede 1999 (to be published).
- [AVIV97] Risico's wegtransport gevaarlijke stoffen (Risks of road transport of dangerous substances) AVIV, Enschede, 1997.
- [AVV] Wegwijzer voor de binnenscheepvaart (Handbook for inland navigation). AVV, Rotterdam
- [AVV97a] Vaarwegen in Nederland (Waterways in the Netherlands). Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Advisory service Traffic and Transport, Rotterdam, 1997.
- [AVV97b] Kerncijfers hoofdvaarwegen. (Key data main waterways) Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Advisory service Traffic and Transport, Rotterdam 1997.
- [Buis] Structuurschema Buisleidingen (Structure Scheme for Pipelines) Kamerstuk 11; 173 53, nrs. 1-2
- [CPR14E] Committee for the prevention of disasters, Methods for the calculation of physical effects (the "Yellow Book"), The Hague SDU 1997, PGS 2.
- [IPORBM] IPO Risicoberekeningsmethodiek IPO (IPO Risk Calculation Methodology). AVIV, Enschede, 1997.

- [MSCN95] Kok M., Tak C. van der, Gebruikershandleiding van het verkeers- en ongevalsmodel versie 1.2, (Users Guide to Traffic and Accident Model Version 1.2), MSCN Wageningen, 1995
- [NEA97] Beneden rivieren also hoofdtransportas, Scheepvaartprognoses 2015. (Tidal rivers as main transporters, Shipping forecasts 2015) NEA, Rijswijk 1997.
- [NEA98] Scheepvaartprognoses Zeeburg en Lekkanaal (Shipping forecasts Zeeberg and Lekkanaal). NEA, Rijswijk, 1998.
- [NEN92] Eisen voor stalen transportleidingen (Requirements for steel transport lines). NEN 3650,1998.
- [PROT98] Protocol QRA seagoing vessels: a project proposal, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1998.
- [RIVM99] Guideline for Quantative Risk Assessment.
- [SAVE88] Risico's van het bulkvervoer van brandbare en giftige stoffen over het water (Risks of bulk transport of flammable and toxic substances by water), SAVE, Apeldoorn, 1988.
- [SAVE95] Basisfaalfrequenties voor het transport van gevaarlijke stof over de vrije baan (Basic failure frequencies for transport of dangerous substances on open rail track). Report 951675-556, produced for N.V. Nederlandse Spoorwegen. SAVE, Apeldoorn, 1995.
- [SAVE95a] Basisfaalfrequenties voor het transport van gevaarlijke stoffen per spoor (emplacementen). (Basic failure frequencies for transport of dangerous substances in rail yards). Report 951599, SAVE, Apeldoorn, 1995.
- [SAVE95b] Risico's vervoer gevaarlijke stoffen, deelproject A74: buisleidingen; deel 1 (Risks of the transport of dangerous substances, project A74: pipelines; part I). Report 951250- 586, produced for workgroup IPO-A74, SAVE, Apeldoorn, 1995.
- [SAVE97] Handleiding/protocol voor het uitvoeren van een QRA voor goederenemplacementen. (Handbook/protocol for the carrying out of a QRA for goods yards). Report 971071 - A27, produced for the Ministry of Transport, Public Works and Water Management. SAVE, Apeldoorn, 1997.
- [SWOV97] Risico's onderscheiden naar wegtype (Risk differences between road types). R- 96-62. SWOV, Leidschendam, 1997.
- [V&W89] Nota risico's van het bulkvervoer van brandbare en giftige stoffen langs de vaarweg Rotterdam-Duitsland, Bijlage 1 (Note on the risks of bulk transport of flammable and toxic substances along the waterway Rotterdam-Germany, Annex 1) The Hague, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1989

- [VeVoWeg96] Eindrapport deelnota 3; handreiking risicobepalingsmethode externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen over de weg & voorbeeldstudie. Project Veiligheid Vervoer over de Weg. (End report part 3: Handbook for risk determination method for external safety of transport of dangerous substances by road and example study. Project Safety of Transport by Road) The Hague: Ministry of Transport. Public Works and Water Management, 1996.
- [VNG98] Handreiking externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen, (Handbook on external safety in the transport of dangerous substances) Association of Dutch Communities; Ministry of Transport, Public Works and Water Management; Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment; Ministry of Internal Affairs, The Hague 1998
- [VROM84] Zonering langs hoge druk aardgastransportleidingen (Zoning along high pressure natural gas transport lines) Circulaire van de minister van VROM (Circular of the minister of Housing, Spatial Planning and Environment), 26 November 1984 Reference DGMH/B no. 0104004.
- [VROM91] Circulaire voor de zonering langs K1-, K2-, en K3-vloeistofleidingen. Bijlage bij brief van minister van VROM van 24 april 1991. (Circular for the zoning along K-1, K-2, and K-3 liquid lines. Annex to the letter of the minister of Housing, Spatial Planning and Environment of 24 April 1991) reference DGM/SR/1221254.
- [VROM95] Risicobenadering voor NS-goederenemplacementen. (Risk approach for NS freight yards). VROM-circulaire (Circular of the Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment), 1995.
- [VVoW95] Systematiek voor indeling van stoffen ten behoeve van risicoberekeningen bij het vervoer van gevaarlijke stoffen. Project Veilig Vervoer over Water; Deelproject S3b. (System for the categorisation of substances with respect to risk calculations for the transport of dangerous substances). The Hague: Ministry of Transport. Public Works and Water Management, 1995.
- [VW98] Quantitative risk assessment for transportation of hazardous materials. IPO Risk Calculation Methodology. Road-Rail-Water-Pipeline. The Hague, Ministry of Transport. Public Works and Water Management, 1998.
- [WL95] Kok M., Klopstra D., Jong J.H. de, Veiligheid Vervoer over Water: Modelleren van maatregelen (Safe Transport by Water: Modelling of measures), Waterloopkundig Laboratorium (The Hydrodynamic Laboratory), Delft 1995