Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Annika Juhanson

KÜTUSETANKLATE ÕNNETUSVÕIMALUSTE PÕHITÜÜBID JA OHUALAD

Lõputöö

Juhendaja:

Kady Danilas, MA

Kaasjuhendaja:

Ants Tammepuu, MA

Tallinn 2013

ANNOTATSIOON

Kolledž: Päästekolledž	Kuu ja aasta: Mai 2013
Töö pealkiri: Kütusetanklate õnnetusvõimaluste põhitüübid ja ohualad	
Töö autor: Annika Juhanson	Olen nõus oma lõputöö kättesaadavaks tegemisega elektroonilises keskkonnas. Allkiri:
Lühikokkuvõte: Käesolev lõputöö on kirjutatud teemal „Kütusetanklate õnnetusvõimaluste põhitüübid ja ohualad". Lõputöö põhiosa pikkuseks on 40 lehekülge. Lõputöö sisaldab 5 tabelit ja 14 joonist. Töö on kirjutatud Eesti keeles ja võõrkeelne kokkuvõte on inglise keeles. Lõputöö eesmärk on anda ülevaade levinud kütusetankla tüüpide õnnetusvõimaluste põhitüüpidest ja sellest tulenevalt soovitada igale tankla tüübile standardset ohuala suurust. Eesmärgi saavutamiseks kasutati uurimismeetodina dokumendianalüüsi ning arvutusprogramme. Antud lõputööd saab kasutada: • Maa-ameti kaadirakenduse „ohtlikud ettevõtted“ tanklate ohualade ühtsemaks muutmisel • planeerimisprotsessis, objektide ehitamise võimalikkus tankla lähedusse • päästetöös, ohualade määramisel Lõputöö tulemusena anti ülevaade võimalikest õnnetustest tanklates ning ohualadest. Leiti erinevatele tankla tüüpidele standardne ohuala	
Võtmesõnad: kütus, tankla, ohuala, õnnetusvõimalused, kütuseveok, kütusemahuti	
Võõrkeelsed võtmesõnad: fuel, gas station, danger zone, accident possibility, fuel tank truck, fuel tank	
Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia	
Kaitsmisele lubatud Kolledži direktor: Margus Möldri	Allkiri:
Vastab lõputöö nõuetele Juhendaja: Kady Danilas	Allkiri:

SISUKORD

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU 3
SISSEJUHATUS 4
1. TANKLATE TÜÜBID JA VÕIMALIKUD ÕNNETUSED 6
1.1. Töös käsitletavad kütusetanklate tüübid ja hoiustatavad kütused üldiselt 6
1.2. Tanklate võimalikud õnnetused 8
1.2.1. Tanklatega seonduvad õnnetused täpsemalt 12
2. ÜLEVAADE ERINEVATEST KÜTUSETANKLATEST EESTIS 16
3. TANKLA ÕNNETUSTELE OHUALADE LEIDMINE 19
3.1. Uuringu metodoloogia 19
3.2. Tanklate ja veokite ohualade leidmine 20
5. JÄRELDUSED 32
5.1. Suurimad ohualad 32
5.2. Standardohualad erinevatele tankla tüüpidele 33
KOKKUVÕTE 35
SUMMARY 37
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU 38
TABELITE JA JOONISTE LOETELU 40
LISA 1 GAASIMAHUTI OHUALA ALOHA ARVUTUS BLEVE KORRAL 41
LISA 2 50 m^3 MAHUGA GAASIVEOKI OHUALA ALOHA ARVUTUS BLEVE KORRAL 43
LISA 3 21 m^3 MAHUGA GAASIVEOKI OHUALA ALOHA ARVUTUS BLEVE KORRAL 45
LISA 4 7 m^3 MAHUGA GAASIVEOKI OHUALA ALOHA ARVUTUS BLEVE KORRAL 47
LISA 5. GAASIMAHUTI OHUALA EHITISE SUHTES 49
LISA 6. 50 m^3 MAHUGA GAASEIVEOKI OHUALA EHITISE SUHTES 51
LISA7. 21 m^3 MAHUGA GAASEIVEOKI OHUALA EHITISE SUHTES 53
LISA 8. 7 m^3 MAHUGA GAASEIVEOKI OHUALA EHITISE SUHTES 55
LISA 9. VABARIIGI VALITSUSE MÄÄRUS NR 28 LISA 1 57

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

Ohuala - ala, mille piires tekib käitises toimunud õnnetuse korral oht inimeste elule ja tervisele või varale.[1]

Maa-alune kütusemahuti - kütusemahuti, mille pealispind on (kaitsekambrit arvestamata) madalamal planeeritud maapinnast ja mis on kaetud vähemalt 0,6 m paksuse pinnasekihiga.[2]

Maapealne kütusemahuti - kütusemahuti, mis paikneb kas maapinnal lahtise taeva all või ruumis või kaitsekambris (s.h konteineris).[3]

BLEVE - keeva vedeliku paisuva auru plahvatus.[4]

Vedelgaas - kergete süsivesinike segu, mis normaaltingimustel on gaasilises olekus ning mida saab veeldada rõhu tõstmise või temperatuuri alandamise teel. Vedelgaasi peamised komponendid on propaan, propeen ja butaan ja ning nende isomeerid.[5]

VCE - Põlevkemikaali hajunud aurupilve plahvatus.[6]

---

[1] Nõuded ohtliku ja suurõnnetuse ohuga ettevõtte kohustuslikule dokumentatsioonile ja selle koostamisele ning avalikkusele edastatavale teabele ja õnnetusest teavitamisele, Vabariigi Valitsuse 17.02.2011 määrus nr 28, RT I, 29.12.2011, 188, lisa 1

[2] Ehitise Tuleohutus Osa 5; Kütuseterminalide ja tanklate tuleohutus, Eesti Standard, EVS 812 – 5;2005, Eesti Standardikeskus, lk 2

[3] *ibid*, lk 2.

[4] Talvari, A., „*Ohtlikud Ained*“, teine, täiendatud trükk, Sisekaitseakadeemia, 2006, lk 38

[5] Vedelgaasi Seadmed ja Lisavarustus; Nõuded vedelgaasi (LPG) mahutiklappidele ja abiseadmetele ning nende katsetamine, Eesti Standard EVS – EN 13175; 2003+ A2: 2007, Eesti Standardikeskus, lk 4

[6] Rajaste, A., *Naftasaaduste keskkonnaohtlikuse analüüs,* diplomitöö, Tallinna Tehnikaülikool (2000), lk 16

SISSEJUHATUS

Kütusetanklad on tuleohtlikke kemikaale käitlevad objektid. Kuni 1.10.2011. a kuulusid tanklad kemikaaliseaduse alusel ohtlike ettevõtete kategooriasse. Sellest tulenevalt olid nad kohustatud jagama Päästeametile teavet oma tegevuse ja hädaolukorras tegutsemise kohta, sealhulgas määrama õnnetuse korral tekkiva ohuala suuruse. Ohtlikke kemikaale käitlevate objektide ohualade kaardistamine on vajalik nii ruumilise kui valmisoleku planeerimise jaoks.

Päästeamet on ettevõtetelt saadud info põhjal koostanud Maa-ameti kaadirakenduse „ohtlikud ettevõtted“, kus on kajastatud Eesti kemikaaliseaduse mõistes suurõnnetuse ohuga ja ohtlikud ettevõtted ning isaks ettevõtted, mis kuni 1.10.2011 kuulusid kemikaaliseaduse mõistes ohtlike ettevõtete kategooriasse, sealhulgas kütusetanklad, mis moodustavad kaardirakenduses enamiku objektidest, kokku ca 400. Kaardistatud tanklate ohualad on hetkel väga erinevad. Pärinedes valdavalt ettevõtte hädaolukorra lahendamise plaanidest, on ka nende saamiskäik (arvutus, teabeallikas) jäänud tihtipeale selgusetuks.

Tulenevalt eelnevast on vajadus kaardirakenduses olevate tanklate ohualad ühtlustada. Kuna enamus kütusetanklaid ei ole alates 1.10.2011 kemikaaliseaduse mõistes ohtlikud ettevõtted, pole ettevõtjad ise kohustatud oma riske, sealhulgas ohuala suurust enam hindama. Seetõttu tuleb erinevat tüüpi tanklate riski ja võimalikku ohuala suurust hinnata Päästeametil, et ühtlustada Maa-ameti kaardirakenduse sisu, milleks antud lõputöö annab sisendi.

Lõputöö eesmärgiks on anda ülevaade levinud kütusetankla tüüpide õnnetusvõimaluste põhitüüpidest ja tulenevalt sellest soovitada igale tankla tüübile standardset ohuala suurust.

Selleks, et lõputöö eesmärki saavutada on püstitatud järgmised uurimisülesanded:

- Selgitatakse välja iga tanklatüübi puhul võimalikud õnnetused;

- Luuakse erinevatest Eesti kütusetanklate tüüpidest ülevaade;
- Leitakse iga tankla tüübi puhul väljavalitud õnnetusele ohuala;
- Määratakse standardohualad;

Eesmärgi saavutamiseks kasutatakse uurimismeetodina dokumendianalüüsi ning arvutusprogramme.

Käesolev lõputöö koosneb neljast peatükist, need omakorda alapeatükkidest. Esimeses peatükis antakse teoreetiline ülevaade kütusetanklate võimalikest õnnetustest. Teises peatükis kajastatakse Eesti erinevaid kütusetanklate tüüpe. Kolmandas peatükis annab autor ülevaate uuringu metodoloogiast ja arvutab väljavalitud õnnetustele erinevad ohualad. Neljandas peatükis teeb autor saadud ohualadest kokkuvõtte ja määrab erinevatele tankla tüüpidele standardohuala.

Autor soovib tänada lõputöö juhendajat Kady Danilast, kaasjuhendajat Ants Tammepuud ning kõiki, kes aitasid kaasa lõputöö valmimisele.

1. TANKLATE TÜÜBID JA VÕIMALIKUD ÕNNETUSED

Tankla on teenindusjaama territooriumi osa või iseseisev käitis, millel on tankurid, mahutid ja muud vajalikud ehitised põlevvedelike piiratud koguste hoidmiseks, mootorsõidukite tankimiseks põlevvedelikega ning neilt kasutatud määrdeõlide vastuvõtuks.[7]

1.1. Töös käsitletavad kütusetanklate tüübid ja hoiustatavad kütused üldiselt

Antud peatükis annab autor ülevaate erinevatest tankla tüüpidest ning kütustest, mida edaspidi töös käsitletakse. Oluline on teada, mida erinevates tanklates hoiustatakse, kuna vastavalt nende ainete omadustele ning tankla tüüpide iseärasusest on võimalik töö käigus leida iseloomulikud õnnetused ning sellest tulenevalt ka ohualad.

Autor käsitleb antud töös tanklaid kus on maapealsed või maa- alused kütusemahutid ning tüüpi, kus kasutatakse eelpool nimetatud mahuteid koos. Lisaks nendele võimalustele käsitleb autor tankla tüüpi, kus kütusemahutite kõrval kasutatakse ka vedelgaasi maapealseid mahuteid (edaspidi gaasimahuti).

Vedelgaas

Vedelgaas on segu propaanist ja butaanist, mida hoiustatakse vedelal kujul muutuval temperatuuril rõhu alla olevates mahutites.[8] Vedelgaasiks nimetatakse sellist gaasi, mis normaaltemperatuuril ja rõhul 1,6 MPa veeldub. Vedelgaas seguneb hästi õhuga ja põleb tahmata.[9]

---

[7] Eesti Standardikeskus, *Ehitise Tuleohutus Osa 5*, *supra nota 3*, lk 4.
[8] Pintaric, Z, N., „Assessment of the Consequences of Accident Scenarios Involving Dangerous Substances", *85 Process Safety and Environmental Protection* (2007), no 1, 23- 28, p 27
[9] Martin, K., *„Materjaliõpetus",* konspekt autotehnikutele, Põltsamaa Ametikool (2010), lk 5

Vedelgaas on lõhnatu, värvitu gaas. Vedelgaasile lisatakse väikeses koguses väga iseloomulikku ebameeldiva lõhnaga orgaanilisi väävliühendeid merkaptaane (dioalkohole). Seda selleks, et vedelgaasi lekked oleks kergemini avastatavad.[10]

Bensiin

Bensiin on värvitu, kergesti voolav ning ainult temale omase tugeva lõhnaga vedelik. Bensiin on peamiselt mootorkütusena kasutatav kergete süsivesinike segu, värvusetu ning kergesti süttiv vedelik. Bensiin saadakse peamiselt nafta töötlemisel. Selle aine leekpunkt on – 43^0 C.[11]

Bensiin on eriti tuleohtlik vedelik, mis eraldab madalal temperatuuril süttivat auru, mis on süttiv koheselt peale maha voolamist. Tule ja plahvatuse oht süüteallika olemasolul on väga suur.[12]

Diiselkütus

Diiselkütus on peamiselt mootorikütusena kasutatav süsivesinike segu, mis keeb temperatuuri vahemikus 200- 350^0 C. Saadakse enamasti nafta töötlemisel. Diiselkütus on hele, kollaka värvusega, veidi õline vedelik. Diiselkütuse leekpunkt on üle 55^0 C. Diiselkütust saadakse mitmete nafta destillatsiooniproduktide (gasool, solaarõli, petrooleum) segamisel.[13]

[10] Talvari, A., *Ohtlikud ained, supra nota 3*, lk 145
[11] *ibid*, lk 16
[12] Vilu, V., *„Materjaliõpetus”* õppematerjal, Järvamaa Kutsehariduskeskus (2012), lk 14
[13] Martin, K., *Materjaliõpetus, supra nota 7*, lk 3

1.2. Tanklate võimalikud õnnetused

Antud peatükis annab autor ülevaate võimalikest õnnetustest, mis võivad tanklatest aset leida. Käsitletakse iga tankla tüüpi ja seal ladustatavat kütust. Lisaks toob autor välja mõningad õnnetused, mis on reaalselt juba aset leidnud. Juhul, kui ei ole välja toodud reaalset sündmust, annab autor ülevaate kirjanduse najal.

Tanklates on unikaalne kooslus, sisaldades suurtes kogustes ohtlike materjale samas kui mõned nende seadmed on mõeldud otseseks kasutuseks klientidele. Tuleohtlike vedelike ja gaasiliste toodete tarnimine, ladustamine ning laiali jagamine koos tiheda sõidukite läbivooluga ning inimeste kohal viibimisega, tekitab võimaliku ohu allika. Ohuks võib osutuda tulekahju või plahvatus ning inimeste kokkupuude, erinevate ohtlike ainetega.[14]

On mitmeid erinevaid viise ja põhjuseid miks esineb tanklates tulekahjusid ja plahvatusi. Prantsuse ökoloogia ministeeriumi poolt koostatud uuringus, kütusetanklates juhtunud õnnetustest, käsitleti 270 Prantsusmaal ja mujal maailmas aset leidnud õnnetust. Uuringust selgub, et õnnetustega mille tagajärjeks on tulekahju, plahvatus või ohtlike ainete vabanemine on seotud eelkõige mahutid ning torustikud. 202 juhul oli tegemist vedelkütustega (bensiin ja diiselkütus) ning 12 juhul vedelgaasiga.[15]

[14]French Ministry of Ecology, „ *Petrol Station Accidents France 1958- 2007*" (2009), <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/ressources/station_service_final_ukweb_jan091.pdf > (27.02.2013)
[15] French Ministry of Ecology, *Petrol Station Accidents ,supra nota 8,* p 3-4

Peamised ohutegurid, seotud vedelgaasi, bensiini ja diislit käsitlevates tanklates, mis võivad põhjustada inimestele ja keskkonnale kahju on järgmised;[16]

Tabel 1. Vedelgaasile, bensiinile ja diiselkütusele omased õnnetused (Autori tabel)

Omane õnnetus	**Vedelgaas**	**Bensiin ja diiselkütus**
Keeva vedeliku paisuva auru plahvatus (BLEVE)	X	
Aurupilve plahvatus (VCE)	X	X
Sähvaktuli	X	X
Jugatuli	X	
Lombituli	X	X
Mahuti põlemine	X	X

Gaasimahutiga võimalikud õnnetused

Kõige ebasoodsamaks stsenaariumiks, mis on seotud vedelgaasiga loetakse äkilist hermeetilisuse kadu ehk mahuti purunemist. Kuigi selle õnnetuse juhtumise tõenäosust hinnatakse väikeseks, on aspekte, millest ei saa mööda vaadata. Sellise õnnetuse võivad esile kutsuda näiteks kõrval oleva mahuti tulekahju, maavärin, terrori rünnakud või kõrvalekalle tavapärastest käsitlemise protseduuridest neutraalsetes atmosfääri tingimustes.[17]

Talviste väljutiste ja vaiksete öiste olude puhul, on eeldatud stabiilsed tingimused. Tuvastatud tulemusteks on BLEVE, jugatuli või põlevvedeliku aurupilve plahvatus. Antud stsenaariumi puhul on mõjutavaks parameetriks vabaneva LPG mass. BLEVE soojusmõju tsoonid väiksemate kui 50 t koguste puhul ulatuvad ligikaudu 500 meetrini, suuremate koguste puhul eeldatakse nende tsoonide suuruseks isegi kuni 1500 m. Ülerõhu mõju tsoonide suurus varieerub mõnest sajast meetrist koguste puhul alla 10 t kuni 1000 ja 2500 meetrini suuremate koguste puhul. [18]

Ilmastiku tingimused ei mängi BLEVE ja VCE puhul olulist rolli kuna need juhtuvad peaaegu koheselt ja vahetult väljalaskepunkti läheduses ning tingimused materjali dispersiooniks atmosfääris

[16] Melchers, R, E., Feutrill, W, R., „ Risk Assessment of LPG Automotive Refuelling Facilities", *Reliability Engineering and System Safety* (2001), 283- 290, p 285; Pintaric, Z, N., *Assessment of the Consequences of Accident Scenarios, supra nota 7*, p 26
[17] Pintaric, Z, N., *Assessment of the Consequences, supra nota 7*, p 26
[18] ibid, p 27

on ebaolulised. Jugatule puhul mõõdetakse mõjutsoone kasutades kontsentratsiooni distantsi kuni 0.5 LFL (madalaim plahvatus või süttimispiir), mis sõltub hajuvuse tõttu väga suurel määral atmosfääri tingimustest. Seega on suurimad tsoonid jugatule puhul saadud kõige stabiilsemate atmosfääritingimuste puhul, madala tuule kiirusega, nagu on defineeritud talviste väljutuste puhul. Selline ilmaolukord viitab väga madalale turbulentsile koos aeglase materjali dispersiooniga valitud kontsentratsioonis.[19]

LPG koostise mõju talvistes tingimustes erineva segu puhul on LPG segu mõju tulemuste mõjutsoonidele keskmine. Maksimaalsed erinevused tsoonides erinevate segude vahel varieeruvad 130 meetrist BLEVE puhul, kuni 400 meetrini VCE puhul. Koguste puhul alla 50t on need erinevused praktiliselt ebaolulised. BLEVE ja VCE puhul suurenevad tsoonid mõningal määral propaani koguse vähenemisel segus, samas ei saa täheldada sama reeglit jugatule puhul.[20]

Maapealse kütusemahutiga võimalikud õnnetused

Maapealsete mahutite puhul on samuti suurima õnnetuse stsenaariumiks mahuti äkiline purunemine. Millest vabaneb põlevvedelik ning võib tekkida lombitulekahju ning maha valgunud põlevvedeliku peale tekib vedelikust eralduv aurupilv mis saavutades õige kontsentratsiooni ja süttides toob endaga kaasa plahvatuse (põlevkemikaalide aurupilvede plahvatus).[21]

Põhilised faktorid, mida tuleb maapealsetes kütusemahutites bensiini ja diiselkütuse puhul silmas pidada, on lekked ning kütuse aurude vabanemine.[22]

[19] *ibid*, p 28
[20] *ibid*, p 28
[21] Atherton, W., Ash, J. W., „Review of Failures, Causes and Consequences in the Bulk Storage Industry", *Liverpool John Moores University*, p 1, < http://www.lightningsafety.com/nlsi_lls/Causes-of-Failures-in-Bulk-Storage.pdf> (12.03.2013)
[22] French Ministry of Ecology, *Petrol Station Accidents, supra nota 9*, p 4

Maa-aluse mahutiga seonduvad õnnetused (Bensiin ja diisel)

Maa-aluse mahutiga seonduvad õnnetused on reeglina tingitud kas mahuti seinade, torustiku purunemisest või mahuti üle täitmisest. Mahuti ületäitmine ei ole niivõrd suur probleem, kuna tänapäeva mahutid on varustatud märguande süsteemidega. Maa-aluse mahuti lekkeid on raske avastada kuna väliseid tundemärke pole. Mahutite sein võib järele anda tänu korrosioonile või pinnase ebastabiilsuse tagajärjel. Suureks ohuks võib pidada kütuseaurude vabanemist ja plahvatust maa- aluse mahuti torustikust.[23] Maa-aluse mahuti lekked kujutavad ohtu eelkõige keskkonnale. [24]

1996. aastal Sattus Itaalias pinnasesse kümneid liitreid kütust ning reostuse likvideerimine võttis aega kuid. Tanklas lisati kahele eelnevalt paigaldatud mahutile üks 100 m^3 mahuti, et vältida puudujääki. Hooldustööde käigus avastati, et toru, mis peaks olema ühenduses maa-aluse mahutiga ei olnud ühendatud. Kuu jooksul oli pinnassesse lekkinud kümneid liitreid kütust. Pinnas oli reostunud, kuid põhjavesi jäi puutumata. Reostuse likvideerimine võttis aega kuid.[25]

Kütuse- ja gaasiveoki võimalikud õnnetused tanklates

Kütuse või vedelgaasiveoki (edaspidi gaasiveok) viibimine tanklas võib kujutada erinevaid ohte. Ohtu võivad kujutada teised sõidukid, selle enda varustus, põlevvedelike või vedelgaasi maha laadimine, voolikute süsteem maha laadimise ajal ning veoki enda sisu ja olemus üldiselt.[26]

Vedelgaasi transportivate veokite õnnetuste korral võib tekkida tulekahju ja plahvatus. Nendest halvimaks stsenaariumiks peetakse BLEVEt. On kahte erinevat tüüpi BLEVEt- põlevat ja mittepõlevat ehk külma. Esimene neist tekib soojuskiirguse näol, kui on väline kokkupuude tulega. Teine võib olla põhjustatud kokkupõrkest veokiga, näiteks liiklusavarii näol, või veoki mahuti äkilise purunemise teel, mis võib juhtuda materjali defektist või ületäitmisest. On suurem tõenäosus, et juhtub põlev BLEVE kui külm.[27] Võib esineda ka jugatuli sähvaktuli, lombituli ja VCE.

---

[23] *ibid*, p 4.
[24] Nieminen, M, P, „Environmental protection Standards at petrol stations", *534 Julkaisu* (2005), nr 534, lk 34.
[25] French Ministry of Ecology, *Petrol Station Accidents, supra nota 9*, p 12.
[26] Chakrabarti, U, K., „Route risk evaluation on class-2 hazmat transportation*", 89 Process safety environmental protection* (2011), 248- 260, p 252
[27] Paltrinieri, N., „Cost-Benefit Analysis of Passive Fire Protections in Road LPG Transportation*", 32 Risk Analysi* (2012), no 2, 200- 219, p 201

40t mahutavusega kütuseveoki puhul, stabiilsetes talvistes ilmastikutingimustes, kus maha laadimise protseduuril voolik puruneb on õnnetuse võimalikeks väljunditeks on sähvaktuli, jugatuli, lombi tulekahju ja VCE. Sähvaktule mõju tsoon varieerub 120- 230 meetrini, tsoon on talvel oluliselt väiksem kuna rõhk paagis on oluliselt madalam. Jugatule mõju võib ulatuda kuni 240 meetrini ning suureneda regulaarselt pealevoolu kiirusest sõltuvalt. Lombi tulekahju puhul saab arvesse võtta vaid talviseid olusid kuna suvistes tingimustes aine aurustub kiiresti. Lombi tulekahju ohtlikuks tsooniks võib pidada 140 meetrit. VCE puhul võib mõju tsoon ulatuda 600 meetrini, kuid seda talvel, teistel aastaaegadel see varieerub ja väheneb kuna olud ei ole piisavalt stabiilsed.[28]

1978 aastal Hollandis toimus õnnetus, millega olid seotud vedelgaasi mahuti ja veok. Mahuti täitmise ajal tekkis veoki täitevoolikus leke, mis süttis veoki mootori kuumpunktiga kokkupuutel. Sellest tulenevalt suleti lähedal olevad teed ning raudtee liiklusele. Süttimise tagajärjel tekkis 20 minutit hiljem vedelgaasi veokis BLEVE. Moodustus 40 meetrise läbimõõduga tulekera mis ulatus 20 meetri kõrgusele maapinnast. Mahutist tulenevad fragmendid paiskusid kuni 125 meetri kaugusele sündmuskohast. Soojuskiirgust LPG mahutist vabanedes hinnati 180 kW/m^2.[29]

Põlevvedeliku (bensiini ja diiselkütuse) veokite õnnetuseks on kõige suurema tõenäosusega kütuse leke, selle süttimisel lombituli ning kütuseaurudest tekkinud pilve plahvatus. Tanklates oleva kütuse veoki kõige tõenäolisemad õnnetuse väljunditeks on ohutusnõuete rikkumise tõttu kütuseveoki süttimine tankla mahutite täitmisel, naftasaaduste väljavoolamine hooletuse või mehhaaniliste vigastuste tõttu.[30]

1.2.1. Tanklatega seonduvad õnnetused täpsemalt

Autor käsitleb antud peatükis kõiki eelpool selgitatud õnnetustsenaariumite tulem õnnetusi individuaalselt ning annab nende olemusest selgema ülevaate.

[28] Pintaric, Z, N., *Assessment of the Consequences, supra nota 7*, p 30
[29] French Ministry of Ecology, *Petrol Station Accidents 1970- 2005, supra nota 9*, p 2.
[30] ibid, p 4

Mahuti põlemine

Mahutis olev kütus süttib põlema. See võib toimuda näiteks välgu löögist või süütamisest. Bensiiniaurude plahvatamisel võib mahuti puruneda ja põlev kütus paiskub vallituse taha. Sellisel juhul käsitletakse seda lombitulekahjuna.[31]

Põlevvedelikku sisaldav maapealne mahuti või mahutid tuleb paigutada vallitusalasse. Ühes vallitusalas võib maksimaalselt olla 8 mahutit kogumahtuvusega 120 000 m^3. Kuni 50 m^3 mahuteid võib ühes vallitusalas olla maksimaalselt 16. Vallitusala maht peab olema nii suur, et sellesse mahuks 1,1-kordne vallitusalas paiknevast suurimast mahutist väljavoolanud põlevvedelik.[32]

Lombituli

Lombituli saab suure tõenäosusega alguse leketest ning sealt vabanenud põlevvedeliku maha voolamisest ning süttimisest. Selline oht tekib, kui põlevvedelik ei ole piisavalt kiiresti ära voolanud ja süttib.[33] Lombitule suurimaks ohuteguriks võib lugeda põlevvedeliku leegi soojuskiirgust. Kuna diiselkütuse süütamiseks on vaja suuremat süttimisallikat kui põlevvedeliku leegi enda soojuskiirgust, siis kõige tõenäolisemalt võib kütustest süttida maha voolanud bensiin.[34]

Sähvaktuli

Vedelgaasi, bensiini või diiselkütuse mahutist vabanemisel tekkinud tuleohtliku aurupilve süttimisel võib kiiret põlemist saata plahvatuslaine ohtlik ülerõhk või kiire põlemine toimub plahvatuseta.[35] Peamised sähvaku mõjud on tingitud soojuskiirgusest. Kui põlemisprotsessi tagajärjel tekib intensiivne turbulents võib leek suureneda tulekahjuks või plahvatuseks. Leegi kiirendus ja üha kasvav surve on tingitud sellest, et gaas või kütus on kinnistes oludes ning välja pääsemine on muudest kohtadest takistatud.[36]

---

[31] Karsanov, J., ,,Eesti kütuseterminalide riskianalüüside võrdlus, Lõputöö, Sisekaitseakadeemia (2012), lk 13.
[32] Eesti Standardikeskus., *Ehitise Tuleohutus Osa 5, supra nota 3*, lk 12.
[33] Melchers, R, E., Feutrill, W, R., *Risk Assessment, supa nota 10*, p 284
[34] Karsanov, J., *Eesti Kütuseterminalide Riskianalüüside võrdlus, supra nota 13*, lk 13
[35] Hollandi ohutusraamatud, ,,Soojuskiiruse ja plahvatuse mõju inimestele ja ehitistele", *Siekaitseakadeemia*, Tallinn, (2008), lk 40
[36] Melchers, R, E., Feutrill, *W, R., Risk Assessment, supra nota 10* , p 284

Hooneid ja rajatisi ohustatavateks sähvaktule väljunditeks on vahetu kokkupuude leegiga ja põleva pilve soojuskiirgus. Kui vabanenud gaasipilve kontsentratsioon on plahvatusohtlikes piirides, võib selle levimisteele jäänud süüteallikas tekitada pilves kiiresti leviva põlemisrinde. Kui põlemiskiirus on piisavalt suur, võib tekkida rõhu- või lööklaine.[37]

Jugatuli

jugatuli on põhjustatud vedelgaasi vabanemisest ja süttimisest kui mahuti, torustik või voolikud, ventiilid, liitmikud on mõranenud või purunenud. Vabanemise rõhu tõttu tekib pikk leek. Jugatule mõjuks on eelkõige soojuskiirgus, mis eraldub leegist. Soojuskiirgus sõltub vedelgaasi vabanemise kiirusest.[38]

Aurude vabanemisel, kui ava on suur (mitte rohkem kui 20 mm) on jugatulel suhteliselt madal soojus väljalase ning piiratud pikkus, ehk vähem kui 5 meetrit. See on siiski piisav mõjutamaks kaitsmata hoiuanumat kui jugatule suunda ei suudeta kontrollida (seda võib juhtuda vooliku mõraga) või parandada (see võib juhtuda kui torustik ja ventiilid ei ole nõuetekohaselt disainitud).[39]

Põlevkemikaali hajunud aurupilve plahvatus (VCE)

Hajunud kütuseaurude plahvatus võib toimuda kas viivitamatult peale vabanemist või viivitusega, kui aurupilv on jõudnud juba vabanemiskohast kaugele hajuda. Aurupilve plahvatuse tagajärjed sõltuvad kemikaali keemilistest omadustest, vabanemise iseloomust, süüteallika võimsusest ja ilmastiku tingimustest. Põlevkemikaali hajunud aurupilve plahvatuse põhiliseks ohuteguriks on plahvatuslaine eesserva maksimaalne ülerõhk.[40] Vedelgaasi puhul esineb seda siis kui vedelgaasi pilv vabaneb lekkena mahutist süttimata, süttimine toimub hiljem. Süttimine võib toimuda märkimisväärse distantsi kaugusel vabanemise kohast. Tulemuseks on vedelgaasi põlemine kiirusel, mis on võrdväärne plahvatusega.[41]

---

[37] Hollandi ohutusraamatud, *Soojuskiiruse ja plahvatuse mõju, supra nota 15*, lk 40
[38]Pintaric, Z, N., *Assessment of the Consequences, supra nota 7*, p 26
[39] Melchers, R, E., Feutrill, W, R., *Risk Assessment, supra nota 10*, p 285
[40] Rajaste, A., *Naftasaaduste keskkonnaohtlikuse analüüs, supra nota 4*, lk 16
[41] Melchers, R, E., Feutrill, W, R., *Risk Assessment, supra nota 10*, p 285

Keeva vedeliku paisuva auru plahvatus (BLEVE)

Nõrgestatud kestaehituse ja siserõhu tõusu kombinatsioon tingib auru momentaalse vabanemise ja süttimise. Seda nähtust nimetatakse BLEVEks. BLEVE tekib, kui süttivat vedelikku kiirelt kuumutada suhteliselt kõrgete temperatuurideni võrreldes selle keemistemperatuuriga. Tavaliselt pole kaubatsisternide ventileerimisseade suuteline leevendama tohutut siserõhu tõusu, mis tekib aurude paisumisel. Tsistern puruneb, mis toob kaasa suure tulekera plahvatuse. Kui põlenguleegid puudutavad mahuti kesta ning mahutit ei jahutata tekib metallstruktuuri viga 10 kuni 30 minutit pärast esimest leegipuudet.[42]

Põhilisteks BLEVE ohuga kemikaalideks on propaan, vesinik, hapnik ja ammoniaak. Bensiini või naftamahuti BLEVE võib toimuda ainult siis, kui mahuti satub suure intensiivsusega tulekoldesse. Põhiliseks ohuparameetriks BLEVE korral on soojuskiirgus, samuti purunenud mahuti killud. Mahutist väljapääsenud vedelgaasi süttimise korral moodustub tulekera. Selle suurus oleneb mahutis lõhkemise hetkel oleva aine kogusest. Tulekera kuju oleneb sellest, kuidas mahuti puruneb ja sees oleva vedeliku temperatuurist.[43]

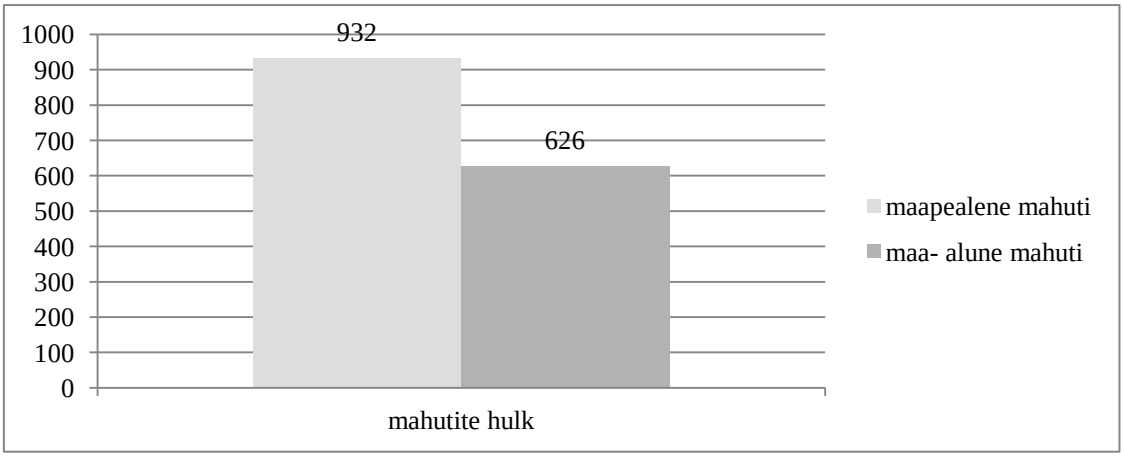
[42] Talvari, A., *Ohtlikud ained, supra nota 3*, lk 38

[43] Papazoglou, I, A., Aneziris, O, N., „Uncertainty quantification in the health consequences of the boiling liquid expanding vapour explosion phenomenon", *Hazardous Materials A67* (1999), 217- 235, lk 218

2. ÜLEVAADE ERINEVATEST KÜTUSETANKLATEST EESTIS

Inspecta Estonia OÜ andmete kohaselt kasutatakse Eesti tanklates kütuse hoiustamiseks maa-aluseid ning maapealseid mahuteid. Vedelgaasi hoiustamiseks kasutatakse maapealseid mahuteid. Nende mahutite täitmiseks ning kütuste ning vedelgaasi transportimiseks kasutatakse veokeid. Kuna ohualade arvutamiseks võetakse arvesse kõige kehvem õnnetuse stsenaarium, siis autor käsitleb oma töös kõiki eelpool nimetatud tanklate tüüpe ning kütuse- ja gaasiveokeid.[44]

Maa- ameti kaardirakendusest selgub, et Eesti tanklates hoiustatakse reeglina bensiini ja diiselkütust, mõningates tanklates on olemas ka vedelgaasi mahutid. Seal välja toodud tanklate ohualade raadiused varieeruvad 20 meetrist kuni 300 meetrini. Sealjuures kõige sagedasemaks ohuala raadiuseks on leitud 150 meetrit.[45]



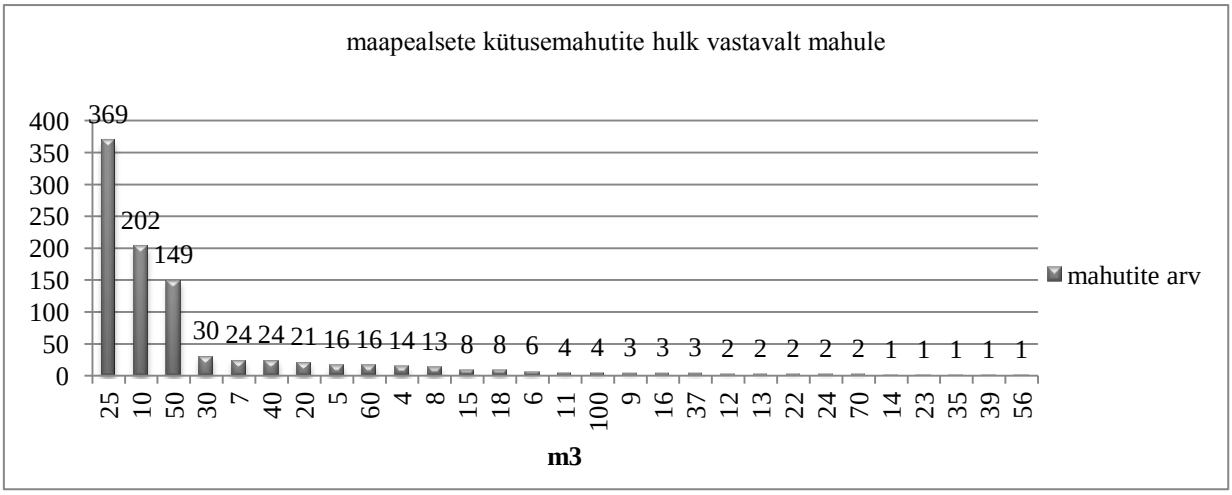
Joonis 1. Maa- aluste ja maapealsete kütusemahutite vahekord Eestis (autori joonis)

Üleval olevalt jooniselt on näha, et Eesti tanklates kasutatakse bensiini ja diiselkütuse hoiustamiseks enim maapealseid mahuteid. See omakorda tähendab, et on suurem tõenäosus

[44] Inspecta Estonia OÜ andmebaas, 2012, Statistika Eestis kasutatavate tanklate ja kütuse- ja gaasiveokite kohta
[45] Kriisireguleerimise osakond, 2012, Maa- ameti rakenduse excel versioon tanklate ohualadest.

lombitulele.[46] Maa- aluste mahutite suurimaks õnnetuseks on keskkonnareostus ning plahvatuse ja tulekahju tõenäosus on suhteliselt väike.[47]

Inspecta Estonia OÜ andmete kohaselt on Eestis kasutatavate maapealsete kütusemahutite suurused samuti vägagi erinevad. Kõige sagedamini kasutatakse 25 m^3 ja 10 m^3 ruumalaga mahuteid.



Joonis 2. Maapealsete kütusemahutite hulk vastavalt mahutile (autori joonis)

Vedelgaasi hoiustamiseks kasutatakse maapealseid mahuteid. Levinuimaks suuruseks on 5 m^3 ning mahutid täidetakse 90 % ulatuses kogu mahust. Eesti suurimaks, vedelgaasi turule toojaks autogaasi näol on AS Reola Gaas, kellel on üle Eesti viis tanklat.[48]

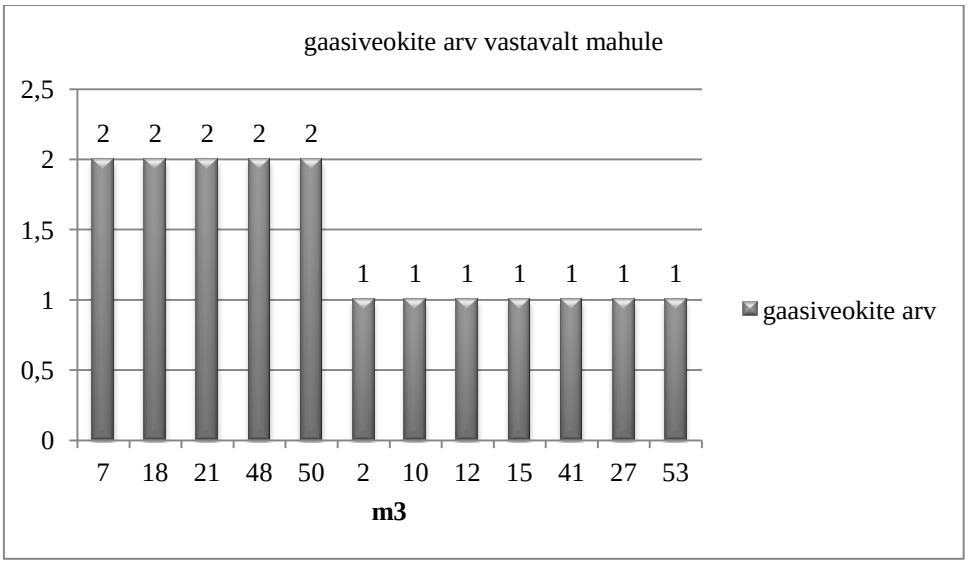
Tabel 2. Gaasimahutite vedelgaasi maksimaalne kogus mahutis

nr	Tankla	Autogaasi maksimaalne kogus mahutis [t]
1	Tartu Ringtee	4,42
2	Pärnu Olerex	4,29
3	Tallinn Vesse	4,42
4	Tallinn Ehitajate	4,42
5	Tallinn Laagri	4,42

Selleks, et kütus ja gaas tarbijani jõuaks kasutatakse kütuse- ja gaasiveokeid. Veokeid millele teostab kontrolli Inspecta Estonia OÜ on kokku 127, millest 17 on gaasiveokid ning 110

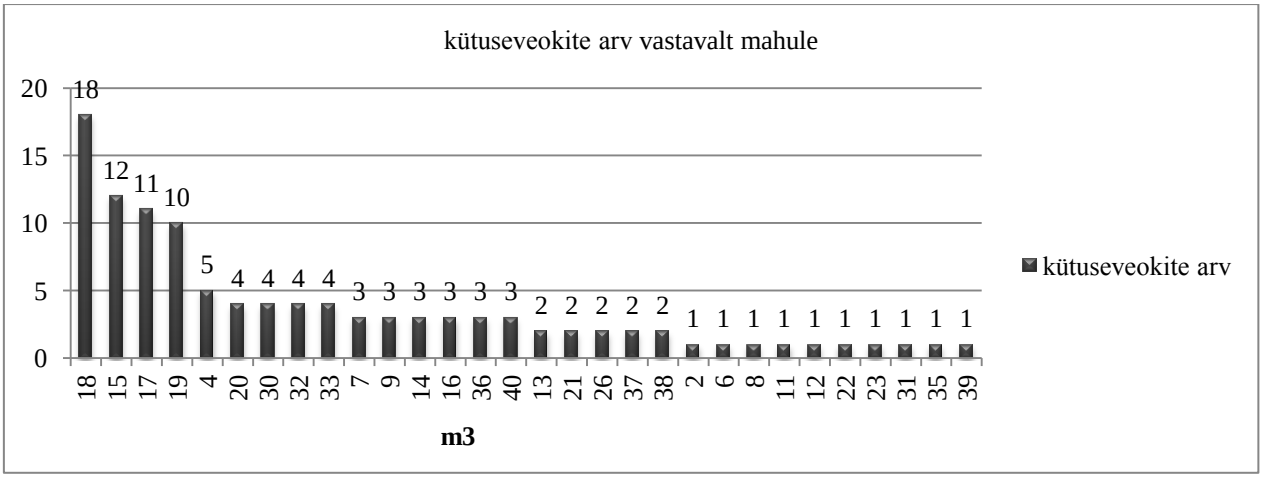
[46] Juhanson, A., „Kütusetanklate õnnetusvõimaluste põhitüübid ja ohualad, diplomitöö“, Sisekaitseakadeemia (2013), lk 11
[47] *ibid*, lk 12
[48] AS Reola Gaas, 2012, Excel formaadis andmed tanklatele vastavatest mahutite suurustest

kütuseveokid (bensiin ja diiselkütus). Nagu all järgnevatest joonistest selgub varieeruvad gaasiveokid mahult üpriski suurelt. Mahtude vahemikud on 2st m^3 kuni 53 m^3 ni. Kõige enam leidub siiski 7, 18, 21, ja 50 m^3 mahuga.[49]



Joonis 3. Gaasiveokite arv Eestis vastavalt mahule (autori joonis)

Kütuseveokite (bensiin ja diiselkütus) suurused varieeruvad veelgi enam ning nende hulk Eestis on märkimisväärselt suurem gaasiveokite hulgas. Nagu all olevast jooniselt näha, varieeruvad kütuseveokite mahud 2st m^3 kuni 40m^3 ni. Kõige enam leidub Eestis siiski 18, 15, 17 ja 19 m^3 kütuseveokeid.[50]



Joonis 4. Kütuseveokite arv Eestis vastavalt mahule (Autori joonis)

[49] Inspecta Estonia OÜ, *Andmebaas, supa nota 18*
[50] Inspecta Estonia OÜ, *Andmebaas, supa nota 18*

2.1. Uuringu metodoloogia

Lõputöö eesmärgini jõudmiseks viiakse uurimismeetodina läbi statistiline andmeanalüüs, dokumendianalüüs ning arvutusmeetmed. Lõputöös oleva uuringu tulemuste töötlemiseks kasutas autor Microsoft Exceli tabelarvutusprogrammi, ohualade leidmiseks vedelgaasi puhul programmi ALOHA ning põlevvedelike (bensiin ja diiselkütus) Urmas Paejärve poolt loodud Exceli rakendust. Statistilise andmeanalüüsi tarbeks koostas autor erinevaid jooniseid ja tabeleid. Analüüsist parema ülevaate saamiseks on autor lisanud omapoolsed kommentaarid. Dokumendianalüüsiks ning ohualade arvutamiseks sai autor vajalikud andmed kriisireguleerimise osakonnast ning Inspecta Estonia OÜ-st.

Ohualade leidmiseks valis autor Eestis esinevate tanklatüüpidele enim iseloomulikud ning suurimat kahju toovad õnnetuste stsenaariumid. Lisaks käsitleb autor kütuseveokite ja gaasiveokite suurimate õnnetuste ohualasid. Kõige tõenäolisemaks õnnetuseks maapealse kütusemahuti puhul on lombitul, maa- aluse kütusemahuti puhul keskkonnareostus, gaasimahuti puhul BLEVE. Kütuseveoki puhul peetakse kõige tõenäolisemaks lombituld ning gaasiveoki puhul BLEVEt.[51]

Arvutatavad ohualad jagunevad kolme alagruppi, milleks on eriti ohtlik ala, väga ohtlik ala ja ohtlik ala. Eriti ohtlikuks alaks loetakse ohuala osa, milles on õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele hukkumise tõenäosus 50% ning ehitise kahjustused nende mahust suuremad kui 50%. Väga ohtlikuks alaks loetakse ohuala osa, milles on õnnetuse ohtliku väljundi mõjul võimalik inimese hukkumise ning ehitise kahjustused nende mahust vahemikus 1- 49%. Ohtlikuks alaks loetakse ohuala osa, milles võib õnnetuse ohtlik väljund tekitada inimesele tervise kahjustusi ning hoonetele kergeid kahjustusi.[52]

[51] Juhanson, A., *Kütusetanklate õnnetusvõimaluste põhitüübid ja ohualad, supra nota 18*, lk 10- 14
[52]Vavariigi Valitsus, *Nõuded ohtliku ja suurõnnetuse ohuga ettevõtte supra nota 3*. Lisa 1

Tabel 3. Õnnetused millele leitakse ohuala, vastavalt tankla liigile (autori tabel)

Õnnetus millele leitakse ohuala	Maapealne Kütuse mahuti	Vedelgaasi mahuti	Kütuseveok	Vedelgaasiveok
BLEVE		X		X
Lombituli	X		X	

2.2. Tanklate ja veokite ohualade leidmine

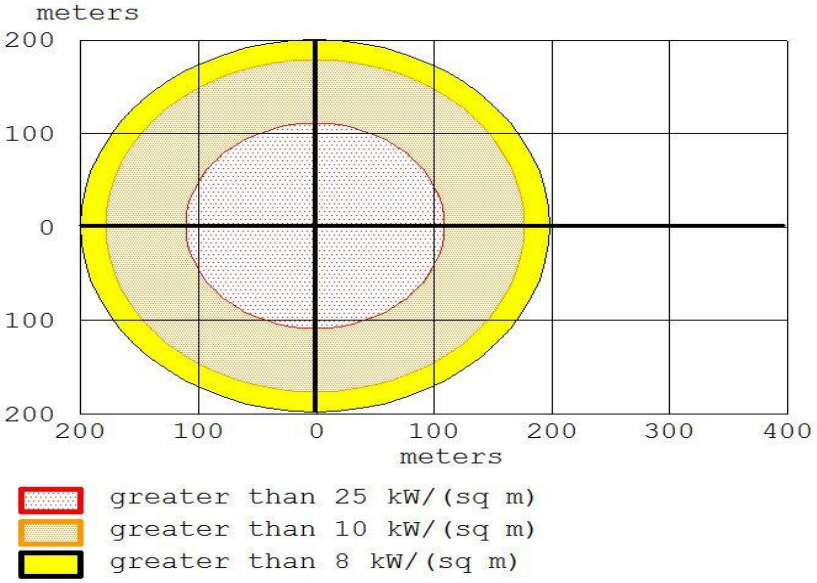
Autor kasutab kõikide ohualade leidmiseks ühtseid ilmastikutingimusi. Kuna üldises plaanis ei mängi need suurt rolli.[53] Oluline on, et ohualad saaksid arvutatud ühtsetel tingimustel. Inspecta Estonia OÜ andmete kohaselt ei täideta mahuteid üle 90% nende mahust.

Vedelgaasiga seonduvate ohualade parameetriks võttis autor Vabariigi valitsuse määruse nr 28 lisa 1 välja toodud riskianalüüside käigus määravate ohualade jaoks sätestatud parameetrid. Milleks on lühiajalise soojuskiirguse parameetrid inimeste kui ehitiste puhul. (vt LISA 5)

Gaasimahuti

Gaasimahutitele kõige omasem ning enim kahju toov õnnetuse stsenaarium on BLEVE. Mahuti ohuala arvutamiseks kasutas autor programmi ALOHA. Algandmeteks valis autor mahuti mahuks 5 m^3 kuna mahuti täidetakse 90 protsendi ulatuses mahuti kogu mahust. Inspecta OÜ andmetel on sellise suurusega mahutid Eestis enim levinud. Raadiuseks valis autor 1 meetrit, kuna see on neile omane. Kuna vedelgaasi põhikoostisosa on propaan, kasutas autor just seda ainet. ALOHA poolt välja arvutatud ohualad on välja toodud järgmises joonises;

[53]Paejärv, U., „Vedelkütuste põlemise dünaamika“, Arvutuste tegemine Excel tabelarvutusprogrammis (2013), lk 6



Joonis 5. Gaasimahutite ohualad BLEVE korral

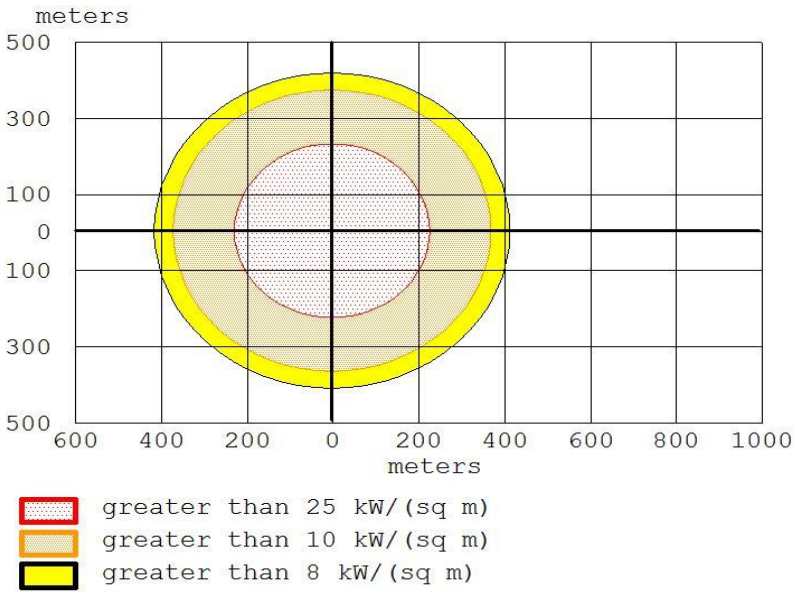
Täpne arvutuskäik ja ohualad on välja toodud lisades. (vt LISA 1)

Arvutusest ning jooniselt selgub, et gaasimahutil millega on toimunud BLEVE on kõige ohtlikumaks alaks 110 meetrit. See tähendab, et 110 meetri kaugusel on tulekera tugevuseks 25 kW/m^2 ja õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele on hukkumise tõenäosus 50%. 178 meetri juures on tulekera intensiivsus 10 kW/m^2 ning õnnetuse ohtliku väljundi mõjul võimalik inimese hukkumine 1- 49%. 199 meetri juures on tulekera intensiivsus 8 kW/m^2 ning õnnetuse ohtlik väljund võib tekitada inimesele tervise kahjustusi.

Gaasiveok

Nagu gaasimahutile on ka sama aine veokile kõige suurema kaaluga ning tõenäoliseim õnnetuse stsenaarium BLEVE. Kuna gaasiveokeid on Eesti teedel liikumas erinevate mahtudega, käsitleb autor oma töös kolme enimlevinud gaasiveokit ning arvutab neile omased ohualad.

Gaasiveoki, millel on toimunud BLEVE, ohuala arvutamiseks valis autor järgmised parameetrid; maht 50 m^3 (kuna see on suurim enim levinud kütuseveoki maht Eestis) ning mahuti raadiuseks 1 m. ALOHA poolt välja arvutatud ohualad on välja toodud järgmisel joonisel;

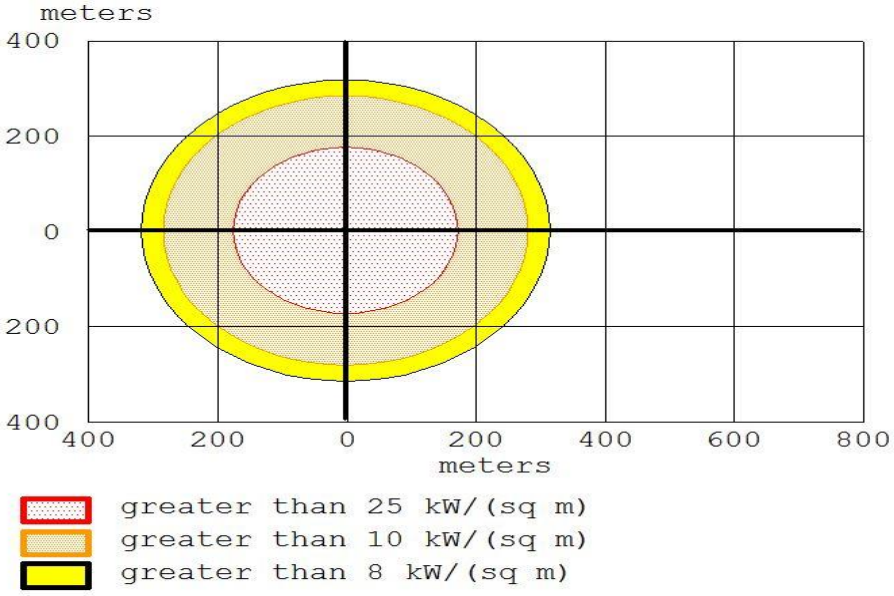


Joonis 6. 50 m^3 mahuga gaasiveoki ohualad BLEVE korral

Täpne arvutuskäik ja ohualad on välja toodud lisades. (vt LISA 2)

Arvutusest ning jooniselt selgub, et gaasimahutil millega on toimunud BLEVE on kõige ohtlikumaks alaks 229 meetrit. See tähendab, et 229 meetri kaugusel on tulekera tugevuseks 25 kW/m^2 ja õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele on hukkumise tõenäosus 50%. 371 meetri juures on tulekera intensiivsus 10 kW/m^2 ning õnnetuse ohtliku väljundi mõjul võimalik inimese hukkumine 1- 49%. 415 meetri juures on tulekera intensiivsus 8 kW/m^2 ning õnnetuse ohtlik väljund võib tekitada inimesele tervise kahjustusi.

Teiseks gaasiveoki mahuks valis autor 21 m^3 (kuna see on enim levinud gaasiveokite mahtudest keskmise suurusega). Raadiuseks kasutas autor 1 meetrit. Kõik teised parameetrid ning aine olid samad mis gaasimahuti ja eelneva gaasiveoki puhul. All järgnevas joonises on välja toodud ohualad, mis kehtivad antud gaasiveokile.

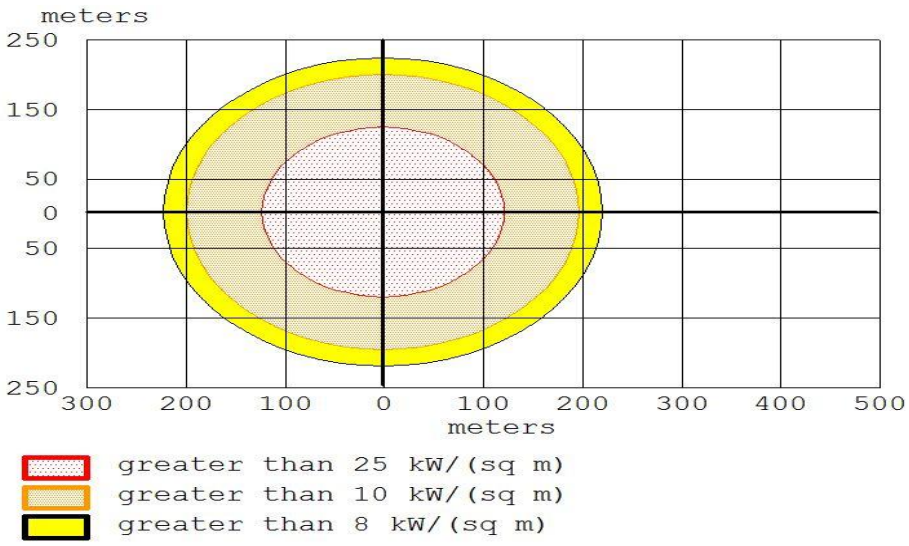


Joonis 7. 21 m^3 mahuga gaasiveoki ohualad BLEVE korral

Täpne arvutuskäik ja ohualad on välja toodud lisades. (vt LISA 3)

Arvutusest ning jooniselt selgub, et gaasimahutil millega on toimunud BLEVE on kõige ohtlikumaks alaks 174 meetrit. See tähendab, et 174 meetri kaugusel on tulekera tugevuseks 25 kW/m^2 m^2 ja õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele on hukkumise tõenäosus 50%. 284 meetri juures on tulekera intensiivsus 10 kW/m^2 ning õnnetuse ohtliku väljundi mõjul võimalik inimese hukkumine 1- 49%. 315 meetri juures on tulekera intensiivsus 8 kW/m^2 ning õnnetuse ohtlik väljund võib tekitada inimesele tervise kahjustusi.

Kolmandaks gaasiveoki mahuks valis autor 7 m^3 (kuna see on enim levinud gaasiveokite mahtudest väikseima suurusega). Raadiuseks kasutas autor 1 meetrit. Kõik teised parameetrid ning aine olid samad mis gaasimahuti ja eelnevate gaasiveoki puhul. All järgnevas joonises on välja toodud ohualad, mis kehtivad antud gaasiveokile.



Joonis 8. 7 m^3 mahuga gaasiveoki ohualad BLEVE korral

Täpne arvutuskäik ja ohualad on välja toodud lisades. (vt LISA 4)

Arvutusest ning jooniselt selgub, et gaasimahutil millega on toimunud BLEVE on kõige ohtlikumaks alaks 122 meetrit. See tähendab, et 122 meetri kaugusel on tulekera tugevuseks 25 kW/m^2 ja õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele on hukkumise tõenäosus 50%. 198 meetri juures on tulekera intensiivsus 10 kW/m^2 ning õnnetuse ohtliku väljundi mõjul võimalik inimese hukkumine 1- 49%. 222 meetri juures on tulekera intensiivsus 8 kW/m^2 ning õnnetuse ohtlik väljund võib tekitada inimesele tervise kahjustusi.

Vedelgaasi kasutava tankla ohtlik ala ehitistele

Vabariigi valitsuse määruse nr 28 lisa 1 välja toodud riskianalüüside käigus määravate ohualade jaoks sätestatud parameetritest kasutas autor ohtliku ala leidmiseks ehitisele lühiajalist soojuskiirgust, milleks on 37 kW/m^2. Arvutustest selgus, et gaasimahuti puhul on ohtlikuks alaks ehitisele, kus kahjustused nende mahust on suuremad kui 50%, 88 meetrit. 50 m^3 mahuga gaasiveoki puhul on selleks alaks 182 meetrit, 21 m^3 puhul 138 meetrit ning 7 m^3 mahuga gaasiveoki puhul 98 meetrit. Eelnevalt mainitud tulemuste arvutuskäik ja joonised on toodud lisades. (vt Lisa 5- Lisa 8).

Põlevvedeliku lombitulekahju arvutamiseks kasutas autor U. Paejärve Excel tabelarvutusprogrammi. Arvutamiseks vajaminevaks infoks oli vaja tuvastada aine, lombi raadius, kõrgus tuulekiirus. Ilmastikutingimustena kasutas autor samu andmeid, mis vedelgaasi ohualade arvutamise puhul.

Maapealne kütusemahuti

Maapealse kütusemahuti kõige suuremaks ohuks loetakse mahuti purunemise käigus või üle täitmise käigus tekkinud lekkest lombi tulekahju. Kuna autoril oli mahuti andmetest olemas maht ja vallitusala peab olema 1,1 korda suurem suurima mahuti mahust, muid normatiive ei ole standarditest vallitusele välja toodud.[54] Kuna arvutuse läbi viimiseks vajaminevateks andmeteks on lombi raadius ja kõrgus, siis võttis autor lombi kõrguseks 1 meeter. Mahu ja vallituse kõrgusest tulenevalt oli autoril võimalik välja arvutada mahuti raadius. Raadiuse arvutamiseks kasutas autor järgmist valemit:

$V_{vallitus} = V_{mahuti} \times 1{,}1$

$V_{mahuti} = x\ m^3$; $h_{vallitus} = 1\ m$

$S = V_{mahuti} / h$

$R = S / (2\pi)$, kus

V_{mahuti} on mahuti ruumala ehk maht

$V_{vallitus}$- vallituse ruumala

$h_{vallitus}$- vallituse kõrgus

S- vallituse pindala

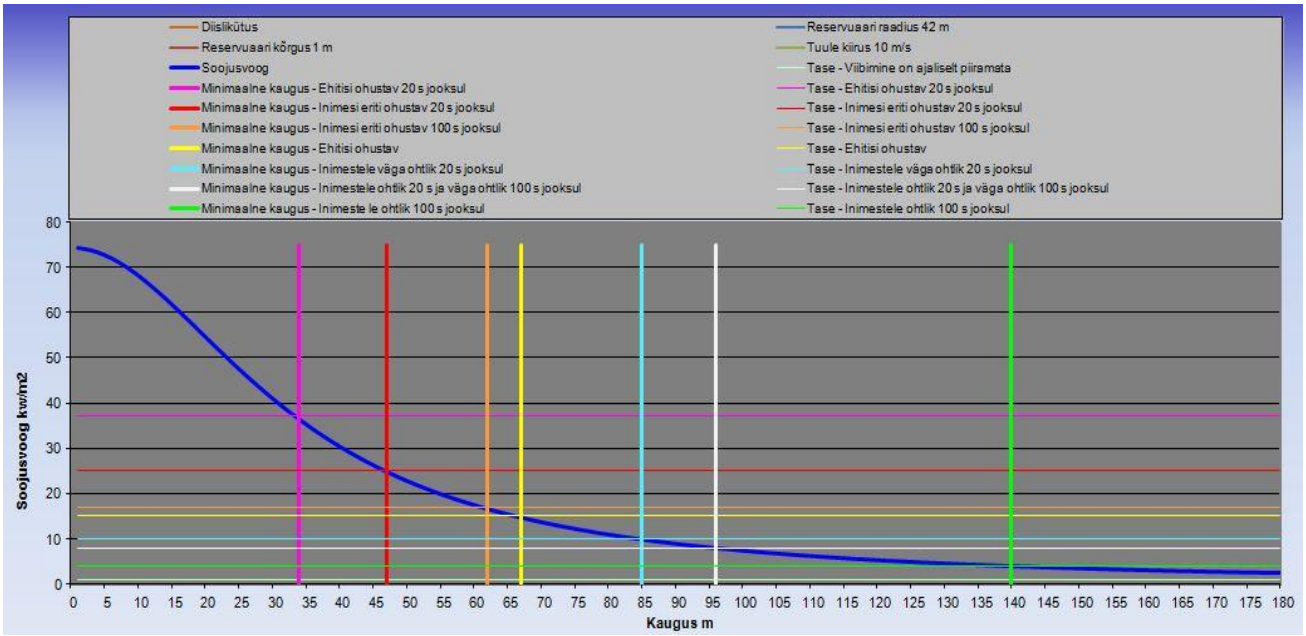
r- vallituse raadius

Kuna maapealsete kütusemahutite mahud varieeruvad märgatavalt, kasutas autor kahe enim levinud kütusemahuti mahtu ning arvutas neile ohualad lombitulekahju puhul. Ohualade parameetriteks võttis autor Vabariigi valitsuse määruse nr 28 lisa 1 välja toodud riskianalüüside käigus määravate

[54]Eesti Standardikeskus, *Ehitise Tuleohutus Osa 5,supra nota 3,* lk 12

ohualade jaoks sätestatud parameetrid. Milleks on keskpikad soojuskiirguse parameetrid inimeste puhul ning ehitiste puhul pikaajalise soojuskiirguse parameeter. (vt LISA 5)

Maapealsete mahutite mahtudest enim levinud on 25 m^3 mahutid. Autor arvutas antud mahuti vallitusalal toimuvale lombi tulekahjule omased ohualad. Eelpool mainutud arvutuskäigu tulemusena leidis autor, et lombitule raadius on 42 meetrit. All järgnevalt jooniselt on näha antud mahuti lombitule ohualad diiselkütuse puhul.

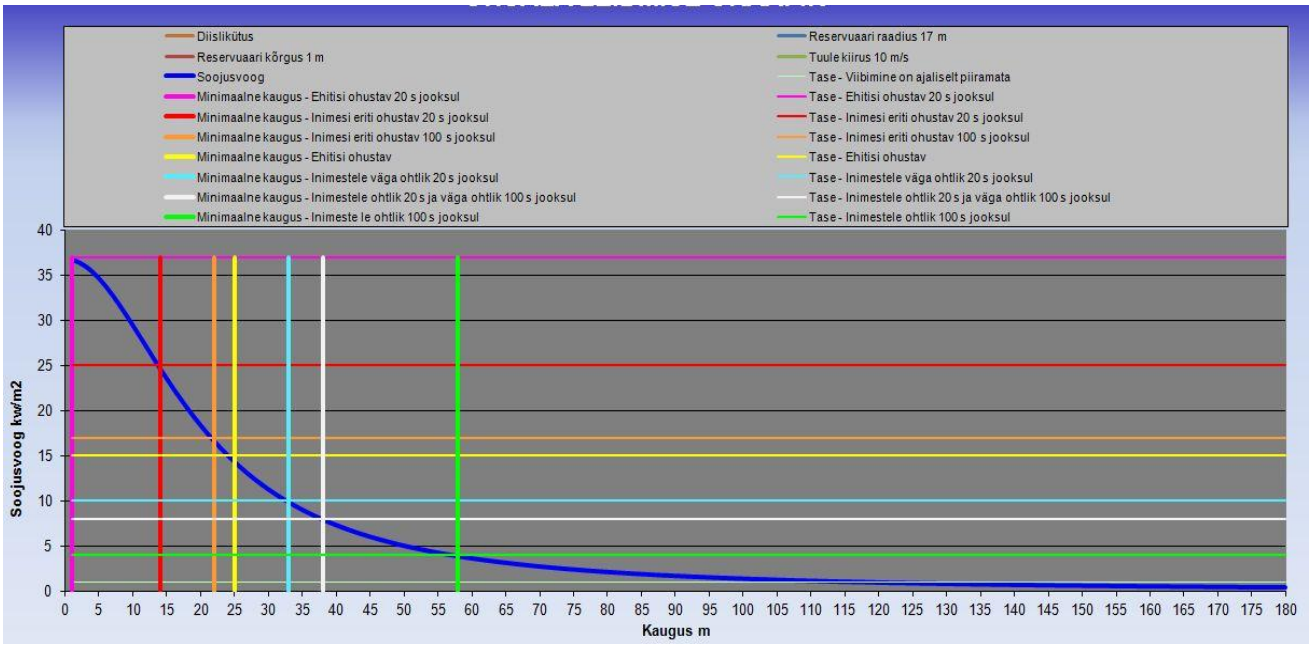


Joonis 9. 25 m^3 mahuga mahuti ohualad lombitulekahju korral diiselkütuse puhul

Jooniselt võib välja lugeda, et 62 meetri kaugusel sündmuskohalt on soojusvoog 17 kW/m^2, mis tähendab, et õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele on hukkumise tõenäosus 50%. 96 meetri juures on soojusvoog 8 kW/m^2, ning õnnetuse ohtliku väljundi mõjul on inimese hukkumise võimalus 1- 49%. 140 meetri juures on soojusvoog 4.0 kW/m^2, ning õnnetuse ohtlik väljund võib tekitada inimesele tervise kahjustusi. 67 meetri juures on soojusvoog 15 kW/m^2, mis on ehitist ohustav.

202 juhul kasutati maapealsetest mahutitest 10 m^3 mahuga mahuteid. Autor arvutas antud mahuti vallitusalal toimuvale lombi tulekahjule omased ohualad. Eelpool mainutud arvutuskäigu

tulemusena leidis autor, et lombitule raadius vallitusalas on 17 meetrit. All järgnevalt jooniselt on näha antud mahuti lombitule ohualad diiselkütuse puhul.

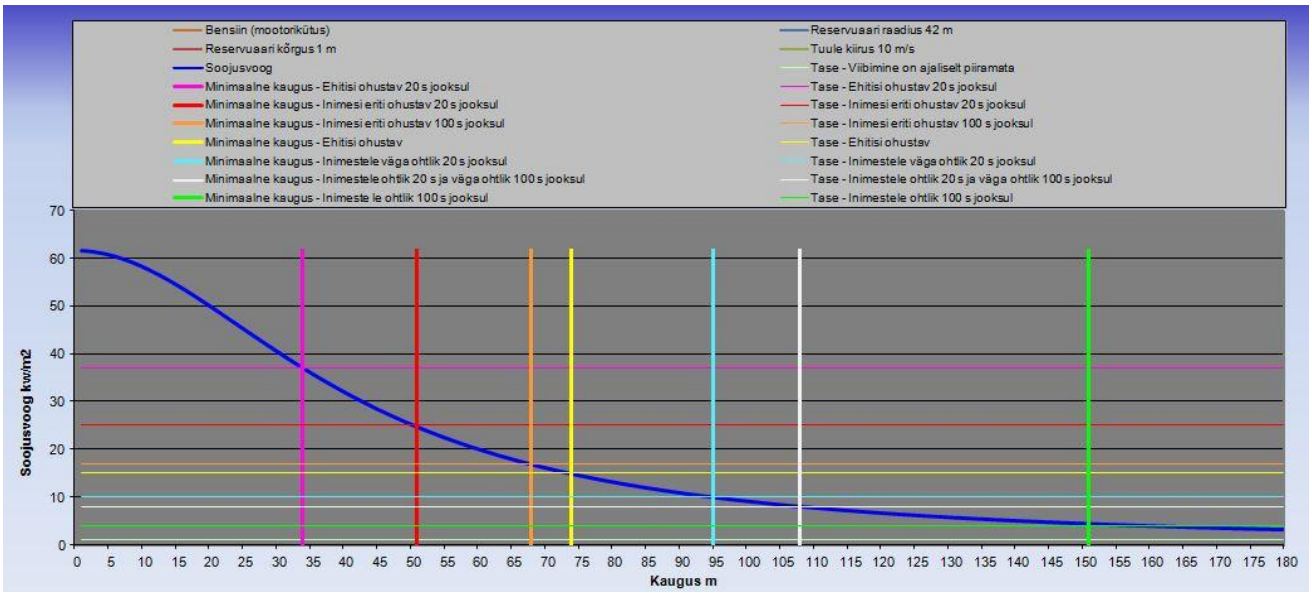


Joonis 10. 10 m^3 mahuga mahuti ohualad lombi tulekahju korral diiselkütuse puhul

Jooniselt võib välja lugeda, et 23 meetri kaugusel sündmuskohalt on soojusvoog 17 kW/m^2, mis tähendab, et õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele on hukkumise tõenäosus 50%. 37 meetri juures on soojusvoog 8 kW/m^2, ning õnnetuse ohtliku väljundi mõjul on inimese hukkumise võimalus 1- 49%. 56 meetri juures on soojusvoog 4.0 kW/m^2, ning õnnetuse ohtlik väljund võib tekitada inimesele tervise kahjustusi. 25 meetri juures on soojusvoog 15 kW/m^2, mis on ehitist ohustav.

Kuna puuduvad andmed, kui paljusid mahutitest kasutatakse Eestis diiselkütuse hoiustamiseks ning kui paljusid bensiini hoiustamiseks, siis leiab autor ohualad ka bensiini hoiustavatele mahutitele ohualad. Samade mahtudega nagu diiselkütuse puhulgi.

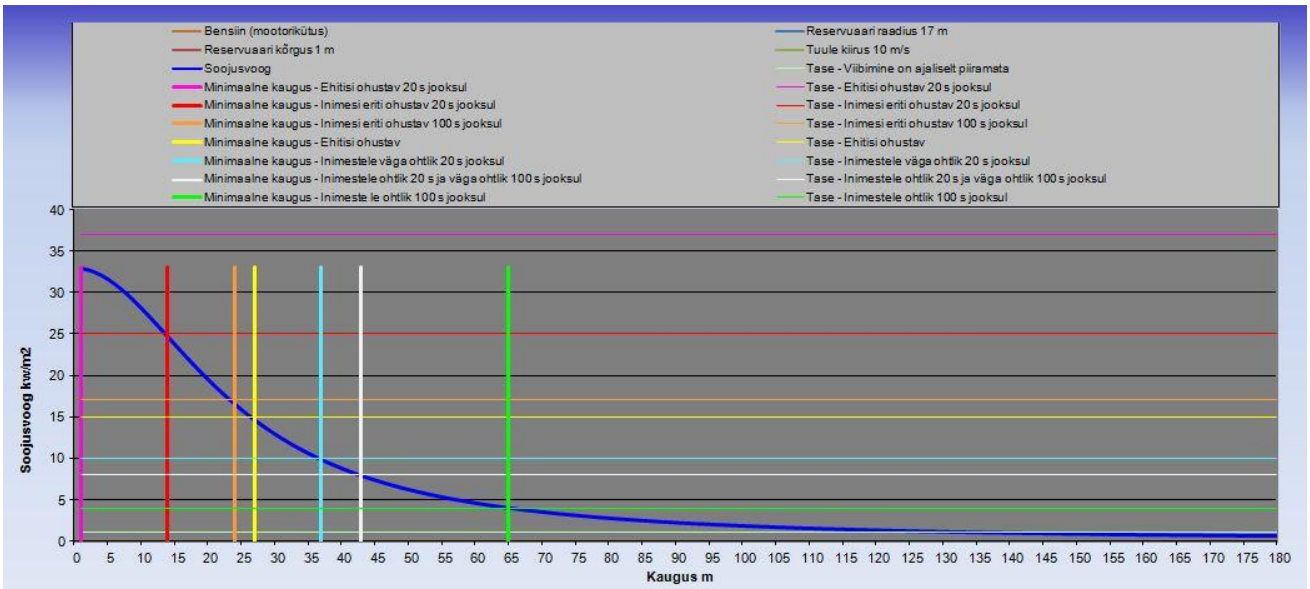
Maapealse kütusemahuti mahuks võetakse 25 m^3. Lombi tule raadiuseks võetakse sama arvutuse tulemusel, mis diiselkütuse puhulgi, 42 meetrit. All järgnevalt jooniselt on näha antud mahuti lombitule ohualad bensiini puhul.



Joonis 11. 25m^3 mahuga mahuti ohualad lombitulekahju korral bensiini puhul

Jooniselt võib välja lugeda, et 68 meetri kaugusel sündmuskohalt on soojusvoog 17 kW/m^2, mis tähendab, et õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele on hukkumise tõenäosus 50%. 108 meetri juures on soojusvoog 8 kW/m^2, ning õnnetuse ohtliku väljundi mõjul on inimese hukkumise võimalus 1- 49%. 151 meetri juures on soojusvoog 4.0 kW/m^2, ning õnnetuse ohtlik väljund võib tekitada inimesele tervise kahjustusi. 74 meetri juures on soojusvoog 15 kW/m^2, mis on ehitist ohustav.

202 juhul kasutati maapealsetest mahutitest 10 m^3 mahuga mahuteid. Autor arvutas antud mahuti vallitusalal toimuvale lombi tulekahjule omased ohualad. Eelpool mainitud arvutuskäigu tulemusena leidis autor, et lombitule raadius on 17 meetrit. All järgnevalt jooniselt on näha antud mahuti lombitule ohualad bensiini puhul.



Joonis 12. 10m^3 mahuga mahuti ohualad lombitulekahju korral bensiini puhul

Jooniselt võib välja lugeda, et 24 meetri kaugusel sündmuskohalt on soojusvoog 17 kW/m^2, mis tähendab, et õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele on hukkumise tõenäosus 50%. 43 meetri juures on soojusvoog 8 kW/m^2, ning õnnetuse ohtliku väljundi mõjul on inimese hukkumise võimalus 1- 49%. 65 meetri juures on soojusvoog 4.0 kW/m^2, ning õnnetuse ohtlik väljund võib tekitada inimesele tervise kahjustusi. 27 meetri juures on soojusvoog 15 kW/m^2, mis on ehitist ohustav.

Kütuseveokid

Kuna kütuseveokid täidavad mahuteid siis on suur tõenäosus, et täitmise protsessi juures võib juhtuda õnnetusi. Kütuseveokite kõige tõenäolisemaks õnnetuseks peetakse lombi tulekahju, mis saab tihti peale alguse vooliku purunemisest.[55]

Autor leiab ohuala nii diiselkütuse kui bensiini puhul 100 m^2 pindalaga lombi tulekahjule, kuna see on veokist vabanevale kütuseloigule omane suurus. Nõutavateks andmeteks raadius ja lombi kõrgus. Autor võtab lombi kõrguseks 1 cm kuna lombi kõrgus maapinnast varieerub pinnasest. Ohualade arvutamiseks on olemas lombi pindala. Raadiuse leidis autor järgmise valemi järgi:

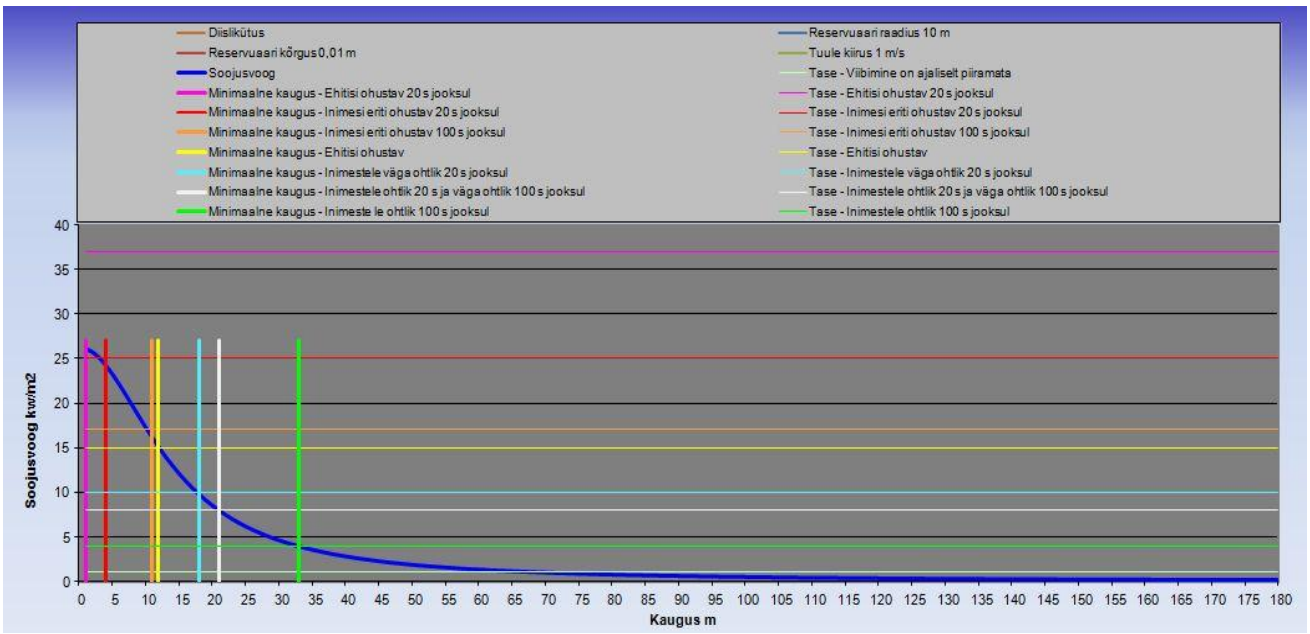
[55] French Ministry of Ecology, *Petrol Station Accidents, supra nota 9*, lk 4

$S = a^2$; $r = S / 2\pi$, kus

S on lombi pindala

r- lombi raadius

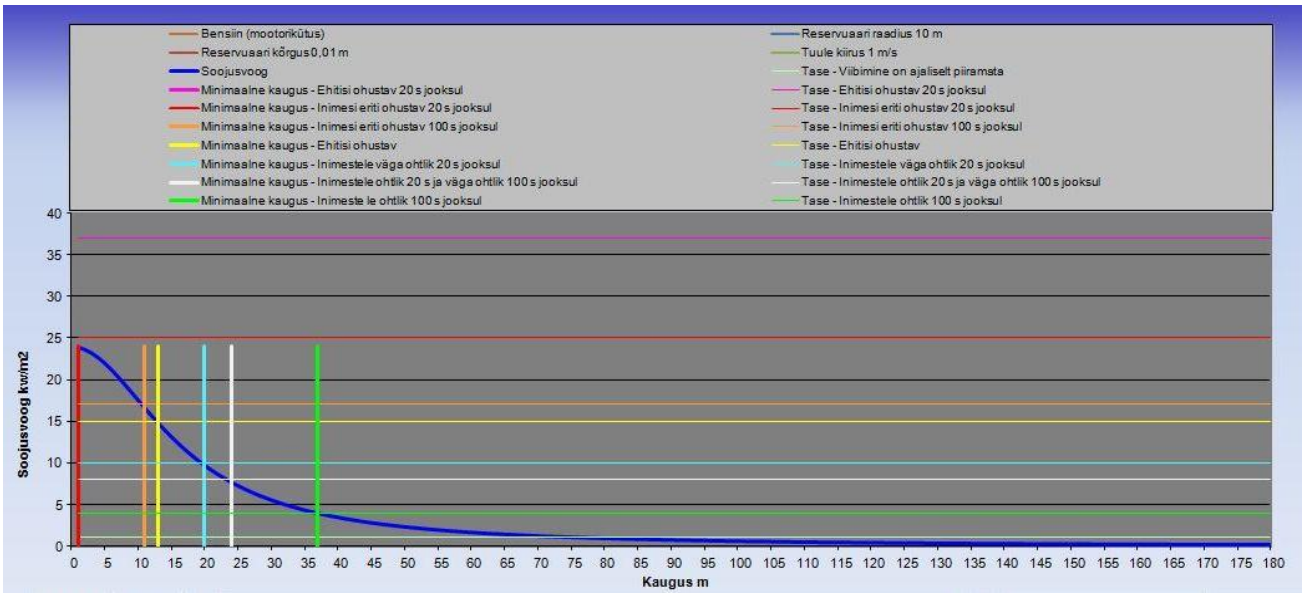
Kui lombi pindala on 100 m^2, siis eelpool toodud valemi järgi on raadiuseks 16 meetrit. Lombi tulekahju ohuala, kui tegemist on diiselkütusega võib välja lugeda alljärgnevalt jooniselt.



Joonis 13. Kütuseveoki ohuala lombi tulekahju korral diiselkütusega

Jooniselt võib välja lugeda, et 11 meetri kaugusel sündmuskohalt on soojusvoog 17 kW/m^2, mis tähendab, et õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele on hukkumise tõenäosus 50%. 21 meetri juures on soojusvoog 8 kW/m^2, ning õnnetuse ohtliku väljundi mõjul on inimese hukkumise võimalus 1- 49%. 33 meetri juures on soojusvoog 4.0 kW/m^2, ning õnnetuse ohtlik väljund võib tekitada inimesele tervise kahjustusi. 12 meetri juures on soojusvoog 15 kW/m^2, mis on ehitist ohustav.

Kui lombi pindala on 100 m^2, siis eelpool toodud valemi järgi on raadiuseks 16 meetrit. Lombi tulekahju ohuala, kui tegemist on bensiiniga, võib välja lugeda alljärgnevalt jooniselt.



Joonis 14. Kütuseveoki ohuala lombi tulekahju korral bensiiniga

Jooniselt võib välja lugeda, et 11 meetri kaugusel sündmuskohalt on soojusvoog 17 kW/m^2, mis tähendab, et õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimesele on hukkumise tõenäosus 50%. 24 meetri juures on soojusvoog 8 kW/m^2, ning õnnetuse ohtliku väljundi mõjul on inimese hukkumise võimalus 1- 49%. 36 meetri juures on soojusvoog 4.0 kW/m^2, ning õnnetuse ohtlik väljund võib tekitada inimesele tervise kahjustusi. 13 meetri juures on soojusvoog 15 kW/m^2, mis on ehitist ohustav.

3. JÄRELDUSED

3.1. Suurimad ohualad

Antud peatükis käsitleb autor uuringust selgunud ohualasid, andes ülevaate suurimast. Töös käsitletud erinevate kütusetanklate ja veokite ohualadest annab ülevaate järgnev tabel.

Tabel 4. Tanklatele vastavad ohualad (autori tabel)

		Inimestel			Ehitisele
	maht (m3)/ lombi pindala (m^2)	eriti ohtlik ala	väga ohtlik	ohtlik ala	ohuala
gaasi mahuti	5 m^3	110 m	178 m	199 m	88 m
gaasiveok	50 m^3	229 m	371 m	415 m	182 m
gaasiveok	21 m^3	174 m	282 m	315 m	138 m
gaasiveok	7 m^3	122 m	198 m	222 m	98 m
mahuti diiselkütus	25 m^3	62 m	96 m	140 m	67 m
mahuti diiselkütus	10 m^3	23 m	37 m	56 m	25 m
mahuti bensiin	25 m^3	68 m	108 m	151 m	74 m
mahuti bensiin	10 m^3	24 m	43 m	65 m	27 m
veok diiselkütus	100 m^2	11 m	21 m	33 m	12 m
veok bensiin	100 m^2	11 m	24 m	36 m	13 m

Kõige suurem ohuala on tanklatel, millel on gaasimahuti, kuna kõige kehvema õnnetuse järgi, kui toimub BLEVE, on ohuala raadiuse kaugeimaks määraks 199 meetrit. Kui tanklas on gaasiveok, mille mahuks on 50 m^3 ja antud veoki mahutiga tekib tulenevalt erinevatest asjaoludest BLEVE võib ulatuda ohuala raadius kuni 415 meetrini.

Eestis on enamus tanklad siiski sellised, mis hoiustavad vaid diiselkütust ja bensiini. Uuringu tulemustest selgub, et suuremaks ohuks on lombi tulekahju pigem bensiiniga kui diiselkütusega. Kuna sama suurusega mahuti (25 m^3) lombi tulekahju puhul on diiselkütuse ohtliku ala raadiuseks 140 meetrit ja bensiini puhul 151 meetrit. Selgub ka, et kui tanklas peaks olema kütuse veok ning mahuti täitmisprotsessi juures peaks vooliku purunemise tagajärjel toimuma lombi tulekahju, siis nende ohualad on mahutitega võrreldes väiksemad.

Ohtlik ala raadius ehitisele on küll märgavatavalt väiksem kui inimeste puhul, kuid on väärtuslikuks informatsiooniks planeerimisprotsessi juures. Kõige laiaulatuslikumat ohtu kujutavad vedelgaasi hoiustavad tanklad ning ohu ala määratlemisel tanklas tuleks eelkõige arvestada gaasiveokite ohualadega. Kui tegemist on tanklaga, kus hoiustatakse vaid diiselkütust ja bensiini tuleks ohuala puhul võtta bensiini maapealesest mahutist lähtuv ohuala.

3.2. Standardohualad erinevatele tankla tüüpidele

Kuna autor käsitles oma tööd enim levinud mahutite mõõtmeid ning kütuse- ja gaasiveokite mahtusid, siis on selle tulemusel võimalik määrata tanklatele standardohualad. Standardohualade määramisel lähtus autor inimestele ohtlikest parameetritest, mis on välja toodud Vabariigi Valitsuse määruse 28 Lisas 1, kuna nende ohualad on ulatuslikumad kui ehitisele seatud parameetrite omad.

Tabel 5. Standardohualad vastavalt tankla tüübile (autori tabel)

Tankla tüüp	**Suurima ohualaga õnnetus**	**Ohuala suurus**	**Ohtlik väljund**
Bensiin, diiselkütus ja vedelgaas	Gaasiveoki BLEVE	420 m (50 m^3 veok) 320 m (21 m^3 veok) 220 m (7 m^3 veok)	Soojuskiirgus
Bensiin, diiselkütus maapealsetes mahutites	Lombitulekahju	150 m (25 m^3 bensiini mahuti) 140 m (25 m^3 diiselkütuse mahuti) 70 m (10 m^3 bensiini mahuti)	Soojuskiirgus
Bensiin, diiselkütus maa-alustes mahutites	Kütuseveoki lekkest lombitulekahju (bensiin)	40 m (bensiini veok)	Soojuskiirgus

Üleval toodud tabelis on autor välja toonud standardohualad vatsavalt eri tüüpi tanklatele. Tabelis toodud näitajad on ümardatud, kuna standardohualade puhul ei ole enam oluline nii spetsiifilisi aspekte täheldada. Tabelis toodud ohualad lähtuvad inimesele ohtlikest parameetritest.

Tanklad, mis hoiustavad vedelgaasi, diiselkütust ja bensiini on standardne ohuala vastavalt gaasiveokiga toimuva BLEVE ohtlik ala, kuna see on kõige kaugemale ulatuv. Ohuala sõltub tanklat teenindava veoki mahust. Kui tanklas viibib õnnetuse hetkel 50 m^3 gaasiveok on ohuala raadiuseks 420 meetrit, kui 21 m^3 gaasiveok, siis 320 meetrit ning 7 m^3 mahuga gaasiveoki puhul 220 meetrit. Õnnetuse ohtlikuks väljundiks on soojuskiirgus.

Tanklates, mis hoiustavad vaid bensiini ja diiselkütust maapealsetes mahutites, on standardse ohuala tekitav õnnetus vastavalt mahutiga toimuv lombi tulekahju. Tanklates, kus hoiustatakse samal hulgal bensiini ja diiselkütust on ohuala vatsavalt bensiini mahutiga toimunud lombitulekahjust tulenevalt ning 25 m^3 mahuga mahutite puhul on ohualaks 150 meetrit ning 10 m^3 mahuga mahuti puhul 70 meetrit. Juhul, kui tanklas hoiustatakse diiselkütust enam bensiininist, siis on standardne ohuala vastavalt diiselkütuse mahutiga toimunud lombitulekahjule, mis on vastavalt 25 m^3 mahuga mahuti puhul 140 meetrit. Antud õnnetuse ohtlikuks väljundiks soojuskiirgus. Autor valis eelpool mainitud mahutite suurused, kuna need on Eestis enim levinud.

Tanklates, kus hoiustatakse bensiini ja diiselkütuseid maa- alustes mahutites on standardne ohuala vastavalt bensiini veokiga toimuv lombi tulekahju. Sellisel juhul on tankla standardseks ohualaks 36 meetrit. ning ohtlikuks väljundiks soojuskiirgus. Tanklaid, kus kasutatakse bensiini ja diiselkütuse hoiustamiseks nii maapealseid kui maa- aluseis kütusemahuteid, ei ole vaja eraldi välja tuua. Sellisel juhul on tankla standardne ohuala vastav tankla tüübile, kus hoiustatakse bensiini ja diiselkütust maapealsetes mahutites.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli anda ülevaade Eesti tanklate õnnetusvõimaluste põhitüüpidest, leida erinevatele kütusetanklatele ja neile omastele õnnetustele ohualad ning selle najal välja töötada erinevate tankla tüüpide standardohualad. Selleks kajastati teoreetilisi ja reaalselt aset leidnud õnnetusi kütusetanklates. Leiti enim levinud õnnetustele tanklate ohualad ning selle najal tehti järeldusi ning määrati erinevatele kütusetanklatele standardohualad. Eesmärgi saavutamiseks kasutati uurimismeetodina dokumendianalüüsi, arvutusmeetodeid ning ALOHAt ja Urmas Paejärve poolt välja töötatud exceli rakendust ohualade arvutamiseks.

Tanklate liigitamisel on oluline määrata, kas tegemist on maapealse või maa- aluse kütusemahutiga või vedelgaasi mahutiga. Sellest tulenevalt on ohualad tanklatel erinevad. Kui tanklas on gaasimahuti, siis tuleb arvestada veoki BLEVE-t, kui on maa-alused mahutid, siis kütuseveoki lombitulekahju. Kui tegemist on maapealsete mahutitega ilma gaasita tanklaga, siis tuleb arvestada lombitulekahju. Uurimuse tulemusena selgus, et gaasimahutite ning gaasiveokite suurimaks tõenäoliseks õnnetuseks on BLEVE. Nii diiselkütuse kui bensiini puhul osutus tõenäoliseimaks õnnetuseks lombitulekahju. Sama õnnetus oli tõenäoliseim ka kütuseveokite puhul, mis transportisid bensiini või diiselkütust.

Lõputöö autor leidis uurimuse tulemusel Eestis levinud tanklatele standard ohualad vastavalt tõenäolistele suurimat kahju kujutavatele õnnetustele. Tanklad, mis hoiustavad diiselkütuse ja bensiini kõrval vedelgaasi, on standard ohuala raadiuse suurusteks vastavalt 50 m^3 gaasiveoki korral 420 meetrit, 21 m^3 veoki korral 320 meetrit ning 7 m^3 mahuga gaasiveoki puhul 220 meetrit. Õnnetuse ohtlikuks väljundiks on soojuskiirgus ning saadud suurused näitavad ohtu inimestele, hoonete süttimise ohualad on väiksemad. Tanklad, mis hoiustavad vaid diiselkütust ja bensiini maapealsetes mahutites, on standard ohualadeks vastavalt mahuti suurusele ja seal hoiustatavale kütusele 150 meetrit, 140 meetrit ning 70 meetrit. Tanklad, kus hoiustatakse bensiini ja diiselkütuseid nii maapealsetes kui maa- alustes mahutites, on standardne ohuala sama mis maapealsete mahutite puhul. Tanklate puhul mis kasutavad bensiini ja diiselkütuse hoiustamiseks maa- aluseid mahuteid, on standardne ohuala 40 meetrit.

Lõputöös välja töötatud ohualasid saab rakendada Maa-ameti kaadirakenduse „ohtlikud ettevõtted“ tanklate ohualade ühtsetel alustel kajastamiseks. Uuringu käigus saadud tulemusi ning teavet võib kasutada ka päästetöös, hinnates mahuti suurust ja kütuse liiki võib määrata ohualad. Antud töö tulemusi on võimalik kasutada ka planeerimisprotsessis, tehes järeldusi, milliseid hooneid ja kui kaugele tanklast on otstarbekas ja ohutu rajada.

SUMMARY

The title of this thesis is „The main types of accident possibilities in gas stations and danger zones”. The length of the main body of the thesis is 40 pages. The thesis contains 5 tables and 14 figures. The paper is written in Estonian. The purpose of this thesis was to give a review of the main type of accident possibilities in a gas station and to recommend a standard danger zone to different gas station type. In order to achieve the goal of this thesis data analysis and calculation programs where used.

As a result of the research the author of the thesis recommended standard danger zones to different gas station types. The danger zones for the gas station that store gasoline, diesel and LPG are 420 meters, 320 meters and 220 meters- depending on the capacity of the LPG tank truck. The danger zones for the gas station that stores gasoline and diesel in an above ground storage tanks are 150 meters, 140 meters and 70 meters- depending on the capacity of the tank and the fuel stored. The danger zone for the gas station that stores gasoline and diesel in an underground storage tanks is 40 meters. The danger zone for the gas station that stores gasoline and diesel in an underground storage tanks and above ground storage tanks are the same as for the gas stations that store fuel only in an above ground storage tanks. All the results mentioned above show danger to people, the danger zones towards buildings are significantly smaller.

In conclusion, it can be said that the analysis of the data and the calculations carried out within the framework of this thesis was necessary in order to find standard danger zones for different gas station types. The results acquired from the thesis can be used when planning a build of a facility near a gas station, in rescue work for risk assessment and in order to correct the danger zones marked down at Estonian Land Board map application program.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

AS Reola Gaas, 2012, Excel formaadis andmed tanklatele vastavatest mahutite suurustest

Atherton, W., Ash, J. W., ,,Review of Failures, Causes and Consequences in the Bulk Storage Industry", *Liverpool John Moores University*, < http://www.lightningsafety.com/nlsi_lls/Causes-of-Failures-in-Bulk-Storage.pdf> (12.03.2013)

Chakrabarti, U, K., ,,Route risk evaluation on class-2 hazmat transportation", *89 Process safety environmental protection* (2011), 248- 260

Ehitise Tuleohutus Osa 5; Kütuseterminalide ja tanklate tuleohutus, Eesti Standard, EVS 812 – 5;2005, Eesti Standardikeskus

French Ministry of Ecology, ,, *Petrol Station Accidents France 1958- 2007*" (2009), <http://www.aria.developpementdurable.gouv.fr/ressources/station_service_final_ukweb_jan091.pdf > (27.02.2013)

Hollandi ohutusraamatud*, Soojuskiiruse ja plahvatuse mõju inimestele ja ehitistele*, Siekaitseakadeemia, Tallinn, (2008)

Inspecta Estonia OÜ andmebaas, 2012, Statistika Eestis kasutatavate tanklate ja kütuse- ja gaasiveokite kohta

Juhanson, A., *Kütusetanklate õnnetusvõimaluste põhitüübid ja ohualad,* diplomitöö, Sisekaitseakadeemia (2013)

Karsanov, J., *Eesti Kütuseterminalide Riskianalüüside võrdlus*, diplomitöö, Sisekaitseakadeemia (2012)

Kriisireguleerimise osakond, 2012, Maa- ameti rakenduse excel versioon tanklate ohualadest.

Martin, K., ,,*Materjaliõpetus",* konspekt autotehnikutele, Põltsamaa Ametikool (2010)

Melchers, R, E., Feutrill, W, R., ,, Risk Assessment of LPG Automotive Refuelling Facilities", *Reliability Engineering and System Safety* (2001), 283- 290

Nieminen, M, P, *,,Environmental protection Standards at petrol stations"*, *534 Julkaisu* (2005), no 534,

Nõuded ohtliku ja suurõnnetuse ohuga ettevõtte kohustuslikule dokumentatsioonile ja selle koostamisele ning avalikkusele edastatavale teabele ja õnnetusest teavitamisele, Vabariigi Valitsuse 17.02.2011 määrus nr 28, RT I, 29.12.2011, 188, lisa 1

Paejärv, U., „*Vedelkütuste põlemise dünaamika*“, Arvutuste tegemine Excel tabelarvutusprogrammis (2013)

Paltrinieri, N., „Cost-Benefit Analysis of Passive Fire Protections in Road LPG Transportation”, *32 Risk Analysi no 2* (2012), 200- 219

Papazoglou, I, A., Aneziris, O, N., „Uncertainty quantification in the health consequences of the boiling liquid expanding vapour explosion phenomenon”, *Hazardous Materials A67* (1999), 217-235

Pintaric, Z, N., „Assessment of the Consequences of Accident Scenarios Involving Dangerous Substances”, *85 Process Safety and Environmental Protection no 1* (2007), 23- 28

Rajaste, A., „Naftasaaduste keskkonnaohtlikuse analüüs, diplomitöö“, Tallinna Tehnikaülikool (2000)

Talvari, A., „*Ohtlikud Ained“*, teine, täiendatud trükk, Sisekaitseakadeemia (2006)

Vedelgaasi Seadmed ja Lisavarustus; Nõuded vedelgaasi (LPG) mahutiklappidele ja abiseadmetele ning nende katsetamine, Eesti Standard EVS – EN 13175; 2003+ A2: 2007, Eesti Standardikeskus

Vilu, V., *„Materjaliõpetus”* õppematerjal, Järvamaa Kutsehariduskeskus (2012)

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Tabel 1. Vedelgaasile, bensiinile ja diiselkütusele omased õnnetused (Autori tabel) 9
Tabel 2. Gaasimahutite vedelgaasi maksimaalne kogus mahutis 17
Tabel 3. Õnnetused millele leitakse ohuala, vastavalt tankla liigile (autori tabel) 20
Tabel 4. Tanklatele vastavad ohualad (autori tabel) 32
Tabel 5. Standardohualad vastavalt tankla tüübile (autori tabel) 33

Joonis 1. Maa- aluste ja maapealsete kütusemahutite vahekord Eestis (autori joonis) 16
Joonis 2. Maapealsete kütusemahutite hulk vastavalt mahutile (autori joonis) 17
Joonis 3. Gaasiveokite arv Eestis vastavalt mahule (autori joonis) 18
Joonis 4. Kütuseveokite arv Eestis vastavalt mahule (Autori joonis) 18
Joonis 5. Gaasimahutite ohualad BLEVE korral 21
Joonis 6. 50 m^3 mahuga gaasiveoki ohualad BLEVE korral 22
Joonis 7. 21 m^3 mahuga gaasiveoki ohualad BLEVE korral 23
Joonis 8. 7 m^3 mahuga gaasiveoki ohualad BLEVE korral 24
Joonis 9. 25 m^3 mahuga mahuti ohualad lombitulekahju korral diiselkütuse puhul 26
Joonis 10. 10 m^3 mahuga mahuti ohualad lombi tulekahju korral diiselkütuse puhul 27
Joonis 11. 25m^3 mahuga mahuti ohualad lombitulekahju korral bensiini puhul 28
Joonis 12. 10m^3 mahuga mahuti ohualad lombitulekahju korral bensiini puhul 29
Joonis 13. Kütuseveoki ohuala lombi tulekahju korral diiselkütusega 30
Joonis 14. Kütuseveoki ohuala lombi tulekahju korral bensiiniga 31

LISA 1 GAASIMAHUTI OHUALA ALOHA ARVUTUS BLEVE KORRAL

SITE DATA:

Location: TALLINN, ESTONIA

Building Air Exchanges Per Hour: 1.98 (unsheltered single storied)

Time: April 11, 2013 1521 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.2° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 10 meters/second from n at 3 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 12° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 6.37 meters

Tank Volume: 5 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: -5° C

Chemical Mass in Tank: 2.37 tons Tank is 90% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

Fireball Diameter: 75 meters Burn Duration: 6 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 110 meters --- (25 kW/(sq m))

Orange: 178 meters --- (10 kW/(sq m))

Yellow: 199 meters --- (8 kW/(sq m))

LISA 2 50 m^3 MAHUGA GAASIVEOKI OHUALA ALOHA ARVUTUS BLEVE KORRAL

SITE DATA:

Location: TALLINN, ESTONIA

Building Air Exchanges Per Hour: 1.98 (unsheltered single storied)

Time: April 11, 2013 1540 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.2° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 10 meters/second from n at 3 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 7 tenths

Air Temperature: 12° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 63.7 meters

Tank Volume: 50 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: -5° C

Chemical Mass in Tank: 23.7 tons Tank is 90% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

Fireball Diameter: 161 meters Burn Duration: 11 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 229 meters --- (25 kW/(sq m))

Orange: 371 meters --- (10 kW/(sq m))

Yellow: 415 meters --- (8 kW/(sq m))

LISA 3 21 m^3 MAHUGA GAASIVEOKI OHUALA ALOHA ARVUTUS BLEVE KORRAL

SITE DATA:

Location: TALLINN, ESTONIA

Building Air Exchanges Per Hour: 1.98 (unsheltered single storied)

Time: April 11, 2013 1553 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.2° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 10 meters/second from n at 3 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 12° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 26.7 meters

Tank Volume: 21 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: -5° C

Chemical Mass in Tank: 9.95 tons Tank is 90% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

Fireball Diameter: 121 meters Burn Duration: 9 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 174 meters --- (25 kW/(sq m))

Orange: 282 meters --- (10 kW/(sq m))

Yellow: 315 meters --- (8 kW/(sq m))

LISA 4 7 m^3 MAHUGA GAASIVEOKI OHUALA ALOHA ARVUTUS BLEVE KORRAL

SITE DATA:

Location: TALLINN, ESTONIA

Building Air Exchanges Per Hour: 1.98 (unsheltered single storied)

Time: April 11, 2013 1603 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.2° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 10 meters/second from n at 3 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 12° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 8.91 meters

Tank Volume: 7 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: -5° C

Chemical Mass in Tank: 3.32 tons Tank is 90% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

Fireball Diameter: 84 meters Burn Duration: 7 seconds

THREAT ZONE:

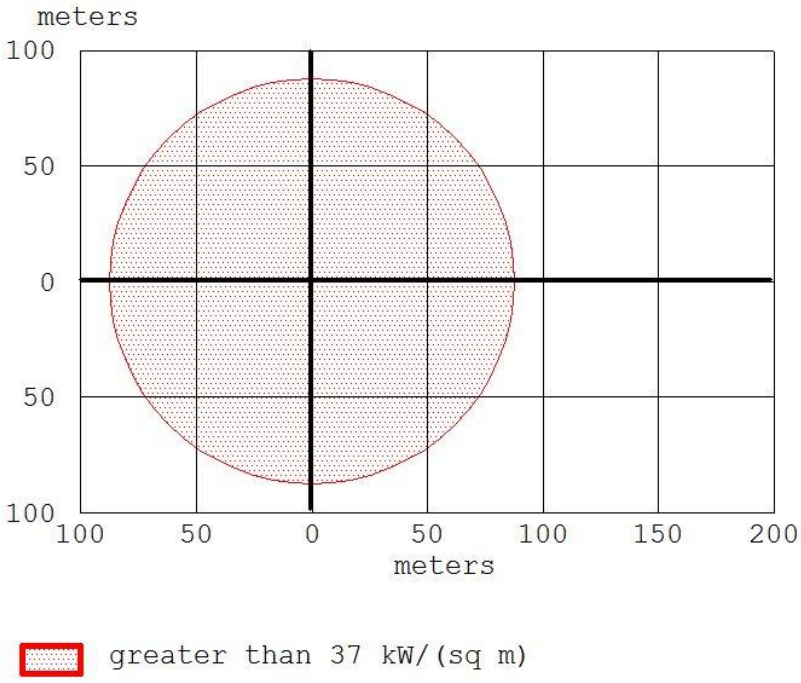
Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 122 meters --- (25 kW/(sq m))

Orange: 198 meters --- (10 kW/(sq m))

Yellow: 222 meters --- (8 kW/(sq m))

LISA 5. GAASIMAHUTI OHUALA EHITISE SUHTES



SITE DATA:

Location: TALLINN, ESTONIA

Building Air Exchanges Per Hour: 1.98 (unsheltered single storied)

Time: May 11, 2013 1820 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.2° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 10 meters/second from n at 3 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 12° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 6.37 meters

Tank Volume: 5 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: -5° C

Chemical Mass in Tank: 2.37 tons Tank is 90% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

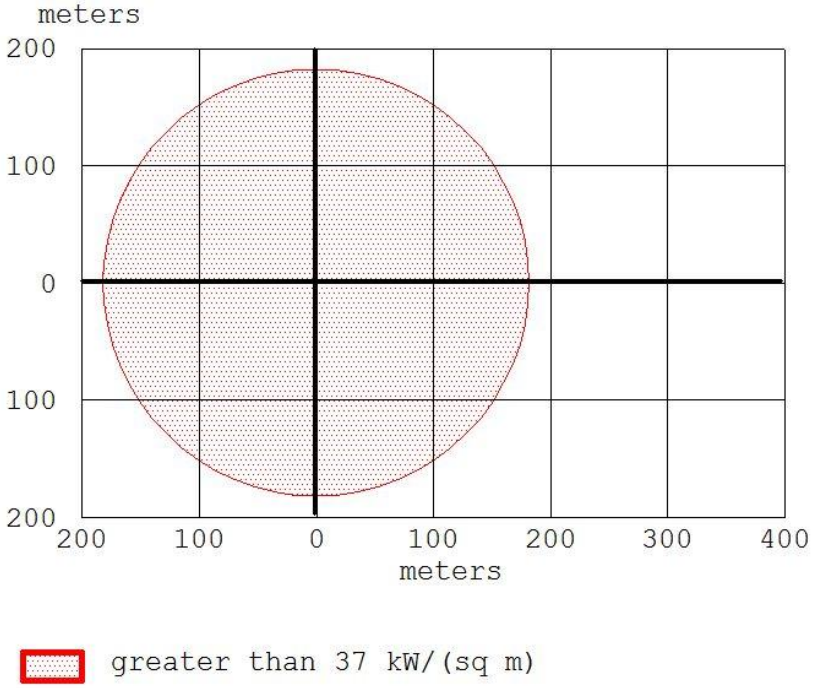
Fireball Diameter: 75 meters Burn Duration: 6 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 88 meters --- (37 kW/(sq m))

LISA 6. 50 m^3 MAHUGA GAASEIVEOKI OHUALA EHITISE SUHTES



SITE DATA:

Location: TALLINN, ESTONIA

Building Air Exchanges Per Hour: 1.98 (unsheltered single storied)

Time: May 11, 2013 1844 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.2° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 10 meters/second from n at 3 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 12° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 63.7 meters

Tank Volume: 50 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: -5° C

Chemical Mass in Tank: 23.7 tons Tank is 90% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

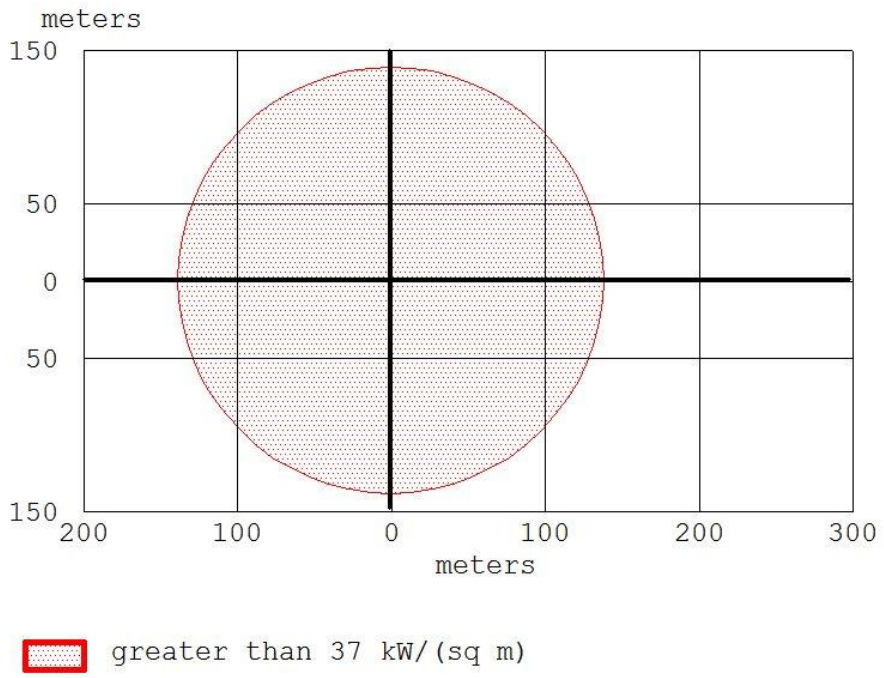
Fireball Diameter: 161 meters Burn Duration: 11 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 182 meters --- (37 kW/(sq m))

LISA7. 21 m^3 MAHUGA GAASEIVEOKI OHUALA EHITISE SUHTES



SITE DATA:

Location: TALLINN, ESTONIA

Building Air Exchanges Per Hour: 1.98 (unsheltered single storied)

Time: May 11, 2013 1850 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.2° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 10 meters/second from n at 3 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 12° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 26.7 meters

Tank Volume: 21 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: -5° C

Chemical Mass in Tank: 9.95 tons Tank is 90% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

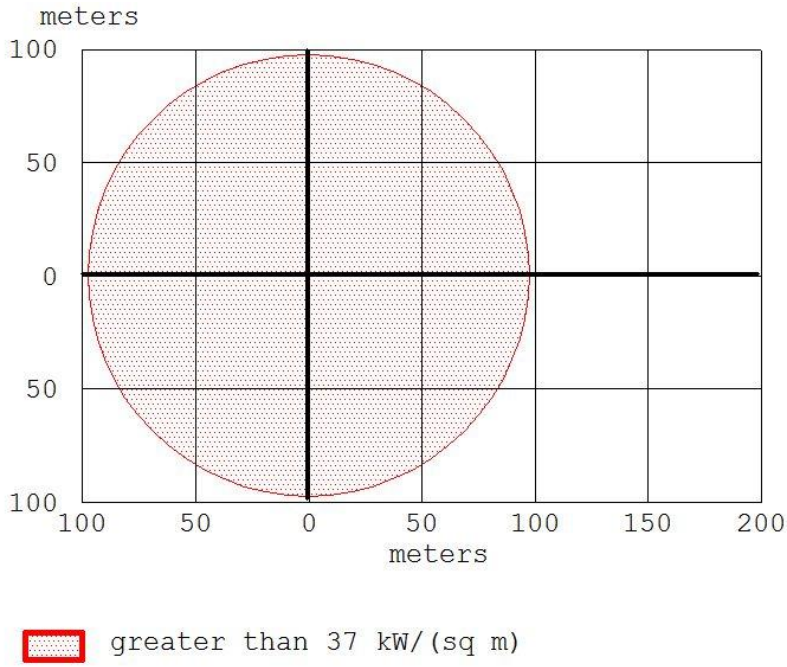
Fireball Diameter: 121 meters Burn Duration: 9 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 138 meters --- (37 kW/(sq m))

LISA 8. 7 m^3 MAHUGA GAASEIVEOKI OHUALA EHITISE SUHTES



SITE DATA:

Location: TALLINN, ESTONIA

Building Air Exchanges Per Hour: 1.98 (unsheltered single storied)

Time: May 11, 2013 1854 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.2° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 10 meters/second from n at 3 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 12° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 8.91 meters

Tank Volume: 7 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: -5° C

Chemical Mass in Tank: 3.32 tons Tank is 90% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

Fireball Diameter: 84 meters Burn Duration: 7 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 98 meters --- (37 kW/(sq m))

LISA 9. VABARIIGI VALITSUSE MÄÄRUS NR 28 LISA 1

Vabariigi Valitsuse 17. veebruari 2011. a määruse nr 28
„Nõuded ohtliku ja suurõnnetuse ohuga ettevõtte
kohustuslikule dokumentatsioonile ja selle koostamisele ning
avalikkusele edastatavale teabele ja õnnetusest teavitamisele"
lisa

RISKIANALÜÜSI KÄIGUS MÄÄRATAVATE OHUALADE PARAMEETRID

Ohuala[1] liigitus ja definitsioon	**Kemikaalide kontsentratsioon[5]**	**Ülerõhk** (inimesi ohustav tase) **bar**	**Ülerõhk** (ehitisi ohustav tase) **bar**	**Lühiajaline (kuni 20 sek) soojuskiirgus kW/m²**		**Keskpikk (kuni 100 sek) soojuskiirgus kW/m²**	**Pikaajaline (üle 15 min) soojuskiirgus kW/m²**
				Inimesi ohustav tase	Ehitisi ohustav tase	Inimesi ohustav tase	Ehitisi ohustav tase
Eriti ohtlik ala[2]	LC50 (30 min)	1,5	0,35	25	37	17	15
Väga ohtlik ala[3]	AEGL-3 (30 min)	0,8	0,17	10		8	
Ohtlik ala[4]	IDLH	0,24	0,03	8		4	

[1] Ohuala on ala, mille piires tekib käitises toimunud õnnetuse korral oht inimeste elule ja tervisele või varale.
[2] Eriti ohtlik ala – ohuala osa, milles on õnnetuse ohtliku väljundi mõjul inimese hukkumise tõenäosus 50% ning ehitiste kahjustused nende mahust suuremad kui 50%.
Eriti ohtliku ala välispiiri kaugust ohtlikust objektist tähistatakse raadiusega Re.
[3] Väga ohtlik ala – ohuala osa, milles on õnnetuse ohtliku väljundi mõjul võimalik inimese hukkumise ning ehitiste kahjustused nende mahust vahemikus 1–49%.
Väga ohtliku ala välispiiri kaugust ohtlikust objektist tähistatakse raadiusega Rv.
[4] Ohtlik ala – ohuala osa, milles võib õnnetuse ohtlik väljund tekitada inimestele tervisekahjustusi ning hoonetele kergeid kahjustusi.
Ohtliku ala välispiir on üheaegselt ka ohuala välispiiriks. Ohtliku ala välispiiri kaugust ohtlikust objektist tähistatakse raadiusega Ro.
[5] Kemikaali kontsentratsiooni väärtused määratakse kirjanduse ja andmebaaside andmete põhjal eraldi iga konkreetse kemikaali puhul. Enamlevinud kemikaalide vastavad kontsentratsioonide väärtused tuuakse välja Päästeameti juhendmaterjalis. Määratakse kolm kontsentratsiooni taset:
– LC50 (30 min) – (*Lethal concentration 50%*) kemikaali kontsentratsioon, mis põhjustab 30minutise kokkupuute jooksul hinnanguliselt 50% kaitsmata isikute hukkumise;
– AEGL-3 (30 min) – (*Acute Exposure Guideline Level*) kemikaali minimaalne kontsentratsioon, mis võib põhjustada kaitsmata isiku eluohtlikke tervisekahjustusi või hukkumist;
– IDLH – (*Immediately Dangerous to Life or Health*) suurim kemikaali kontsentratsioon, mis 30 minuti jooksul ei tekita tervele inimesele pöördumatuid tervisekahjustusi ega takista inimese evakueerumist.

Marko Pomerants
Siseminister