



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

EESTI MEREAKADEEMIA Merenduskeskus

Merenduskeskus

Nadežda Abašina

LNG terminalide rajamistest Eesti sadamates

Lõputöö

Juhendaja: dotsent Arvo Käär

Tallinn 2021

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõikidele teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Nadežda Abašina

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 165999VDSR

Üliõpilase e-posti aadress: nadezda.97@mail.ru

Juhendaja dotsent Arvo Käär:

Töö vastab lõputööle esitatud nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

(ametikoht, nimi, allkiri, kuupäev)

Sisukord

Terminite ja lühendite loetelu	5
Sissejuhatus.....	6
LNG üldine iseloomustus	7
Maagaasi keemilisest koostisest	7
LNG osa globaalses energeetikas	7
LNG kasutamisest	8
LNG kasutamise soodustamine laevakütusena	10
Jaemüügi veeldatud maagaasi protsess	12
LNG turu prognoosist.....	14
Veeldatud naftagaasikütuse efektiivsusest	14
Metaan tagab mootorite pikema eluea.....	14
Mere- ja jõesadama kulude vähendamise terviklik lahendusest	15
Ohud	16
Plahvatus.....	16
Aurupilve teke ja süttimine	16
Ülikülma vedeliku mõju	17
Keeva vedeliku paisuva aurupilve plahvatus	17
Kohalike elanike tervise ja ohutuse kaitse	18
Turvalisus	18
Töötervishoid ja tööohutus	19
Oht veeldatud maagaasi rajatistes	21
Veeldatud maagaasi faasiülekanne.....	21
Külm kontakt	21
Keemilised ohud	21
Suletud ruum.....	22
Veeldatud maagaasi rajatisted: tulekahjud ja plahvatused.....	23
Lenduvad heitmed	26
Struktuurilise riski vähendamise tehnikad isotermliste veeldatud maagaasi hoidlate töötamise ajal	26
Riskianalüüsi metoodilised alused.....	28
Riskimaatriks	29
Riskide kirjeldus.....	30
Ohualad.....	30
Sildumiskai	31

Produkti torustik.....	32
Mahutipark.....	33
LNG aurustid.....	35
BLEVE efekt	36
Muuga ja Sillamäe sadamates ning Pakri poolsaarele (Paldiski) rajatavate LNG terminalide riskianalüüsi alane võrdlus	39
Analüüsi ulatus	39
Muuga sadam	40
LNG terminali rajamisest Muuga sadamas	40
Sillamäe LNG terminalist.....	44
LNG terminali rajamisest Sillamäe sadamas	46
Paldiski Pakrineeme	53
Pakrineeme Sadama OÜ Paldiski veeldatud maagaasi terminalist	53
Keskkonnamõju hindamise aruanne	53
LNG terminali rajamisest Pakri poolsaarel.....	53
Järeldused	57
Kokkuvõte	58
Viidatud allikate loetelu.....	59
LISAD.....	61

Terminite ja lühendite loetelu

LNG (*liquefied natural gas*)- veeldatud maagaas

ALOHA – „Areal Locations of Hazardous Atmospheres“. Programmi nimetus.

CAO / CSO - hädaseiskamise ja gaasiohu tuvastamise

Lombituli – veeldatud gaasi lekkimisel mahutist või torustikust moodustub lekkekohale põlev lomp süüteallika olemasolul.

Jugatuli, leektuli – veeldatud või rõhu all olevgaas väljapääsemisel mahutis või torustikust olevast avausest, kui seguneb õhuga ning süüteallika olemasolul süttib, tekitades jugatule (leektule).

Sähvatustuli, pahvaktuli – lenduva tuleohtliku aine atmosfääri sattumisel tekib õhuga segunev gaasipilv, mis süüteallika olemasolul süttib/plahvatab.

BLEVE - Keev vedeliku auruplahvatus (rõhu all vedelikku sisaldava anuma purunemine, mille temperatuur on jõudnud üle keemistemperatuuri).

Rv - Kaugus väga ohtliku tsooni välispiirist ohtliku objektini määratakse väga ohtliku tsooni raadiusega.

Re - Kaugus eriohu tsooni välispiirist ohtliku objektini määratakse eriohu tsooni raadiusega.

Ro – Madala riskitsooni välispiiri ja ohtliku rajatise vaheline kaugus määratakse ohtliku tsooni raadiuse järgi.

Sissejuhatus

Maailmas arendatakse, täiustatakse ja muudatakse ettevõtete tootmisprotsesse. Gaaside kasutamine, ladustamine, töötlemine ja transportimine omandab üha rohkem tähtsust arenevas maailmas. Enamik veeldatud gaase on põlevad, plahvatusohtlikud, mürgised ning seetõttu nendega ümberkäitumine vajab erilist tähelepanu ja ettevaatust.

Eesmärgi saavutamiseks on lõputöö raames püstitatud järgmised ülesanded:

- Millised on veeldatud maagaasi omadused?
- Millised on LNG käitlemise võimalikud ohud?

Selle eesmärgi saavutamiseks kasutab autor järgmisi uurimismeetodeid: dokumentide analüüs ja matemaatilised arvutused arvutiprogrammiga ALOHA.

Väitekiri annab teavet veeldatud maagaasi omaduste kohta ja analüüsib kavandatava terminali riske.

LNG üldine iseloomustus

Veeldatud maagaas (LNG - veeldatud maagaas) on maagaas, mida kunstlikult veeldatakse, jahutades seda temperatuurni -162 °C . Sel juhul vähendatakse gaasi mahtu 600 korda.

Praktikas tähendab see seda, et veeldatud maagaasi maht on kokku surutud olekus (tavaliselt rõhul 20 Mpa).

Maagaasi keemilisest koostisest

Keemilise koostise osas on veeldatud maagaas mitmekomponendiline süsivesinike segu, milles metaanisisaldus on üle 95% ja ülejäänud 5% on etaani, propaani ja butaani segu.

LNG osa globaalses energeetikas

LNG osatähtsus maagaasi rahvusvahelises kaubanduses järk-järgult suureneb. Kui 2002. aastal moodustas veeldatud maagaasi osa 25,8%, siis 2008. aastal tõusis see 29,2% -ni ja jõudis 2016. aastal 32% -ni. Absoluutarvudes suurenes veeldatud maagaasi tootmine 143-lt 346,6 miljardi kuupmeetrini. (Basic Properties of LNG, 2019)

LNG kasutamisest

Kütuste kasutamist mõjutab riikide energiapoliitika, mis eelistab taastuvkütuseid.

Tööstuses on maagaas jätkuvalt oluline, isegi asendamatu, kuna annab suure paindlikkuse tööstusprotsesside juhtimisel ning on samas nii keskkonda säästev kui majanduslikult mõistlik. Eelkõige sõltub tulevikus tarbitav maagaasi kogus tööstusettevõtete gaasikasutuses sellest, kuidas läheb kohalikul tööstusel tervikuna, kas jäädakse ellu konkurentsivõime teiste riikidega ja kas lisandub uusi tööstusettevõtteid.

Eraklientide ja kinnisvara arendajate jaoks on gaasiküte endiselt atraktiivne, kui vaid kaugküttepiirkond ei piira. Põhjus on hinnas – samaväärse mugavusastmega kütustest (automatiseeritud, ei vaja ladustamist, puhas) on gaas kõige soodsam. Soojuspumpade populaarsus on küll kasvanud ning uutes arendustes võib neil olla teatud eeliseid uute energiatõhususe miinimumnõuete tõttu. Samas vajavad kõik soojuspumbad külma ilmaga lisaenergiat elektrilt ja toovad kaasa varjatud kulusid. Seega gaasiühenduse olemasolu korral kinnistul eelistatakse meie kogemuse järgi kütteallikana pigem gaasi, tulevikku on ka kombineeritud lahendustel, näiteks päike+gaas. Alternatiivlahendusi kaalutakse pigem siis, kui gaasiga liitumise võimalust pole või see on liiga kallis (toru tuleb tuua kinnistu juurde kaugemalt). (Применение СПГ, 2021)

Transpordis on maagaas tõusuteel, eriti ühistranspordis, kaubaveos. Proportsioonid on siin kaldumas kodumaise biometaani kasuks.

Maagaas aga ei kao samuti autotranspordist, kuivõrd biometaani tootmiseks on vajalik teha investeeringuid, mis võtavad aega, samas maagaas on igal ajahetkel olemas. Maagaas on „sild“ üleminekul fossiilsetelt kütustelt taastuvatele energiaallikatele ja maagaasi infrastruktuur (torustik) mängib siin väga olulist rolli, k.a. vesinikutehnoloogia arengul. Kindlasti on maagaasil suur kasvupotentsiaal laevanduses, kus järjest lisandub veeldatud maagaasi (LNG-d) kasutavaid laevu.

Maagaasi ja biometaani energeetiline tihedus normaaltingimustel on väike võrreldes vedelkütustega. (Peatükk Meetmete sotsiaal-majandusanalüüs, 2015)

Tabel 1. Hinnang meetmele 9: „Veeldatud maagaasi (LNG) kasutamise saadustamine laevakütusena riiklike tasude ümber korraldamisel“

	1	2	3	4	5	6	7	Koondhinnang meetmele
Hinnang kriteeriumile	11	9	3	3	3	3	4	36

Kriteeriumid

1. Selle tegevuse mõju suurus erinevatele rühmadele.
2. Tegevuste, sealhulgas kõrvaltoimete mõju erinevatele aladele.
3. Rakendamise keerukus (kui keeruline on tegevust (nt haldustööd) läbi viia ja hooldada)
4. Meetme tõhusus eesmärgi saavutamisel, merenduseksperdid.
5. Tegevuse kestus eesmärgi saavutamiseks.
6. Tegevuse avalik heakskiit.
7. Tegevuskulud (valitsuse otsesed kulutused)

LNG kasutamise soodustamine laevakütusena

Meetme eesmärk on piirata laevaliiklusest tulenevat õhureostust nii, et selle tõttu toitainete sisaldusveesambas ei suureneks ning ei põhjustaks otsest ega kaudset negatiivset mõju mere ökosüsteemile ja elurikkusele. Üleminek maagaasiküttele saab toimuda, kui uued laevad ehitatakse juba veeldatud maagaasi-küttega ja juba olemasolevatel laevadel ehitatakse küttesüsteemid ümber. Meede hõlmab riiklike toetussüsteemide ja soodustuste loomist. Meede koosneb kolmest komponendist: terminali ja taristu rajamine, laevade ümberehitamisetootamine ja riiklike soodustuste loomine. LNG terminali rajamine on oluline maagaasi kasutamisel laevakütusena. LNG terminali vajadus ei lähtu mitte niivõrd keskkonnakaitselistest eesmärkidest kui niivõrd energiajulgeoleku eesmärkidest. Meetme sihtrühm on laevandus.

Hinnangu järgi on antud meetme mõju ettevõtetele negatiivne, sest LNG-laeva soetamine ja olemasolevalaeva ümberehitamine eeldab lisakulutusi (osa hindamiskriteeriumist 1). Lisaks võib raskesti ennustatav kasutatud LNG-laevade hind takistada üleminekut uuele kütusele. Hinnangu andmisel keskkonnamõjudele (osa hindamiskriteeriumist 2) on vaja arvestada asjaoluga, et kuigi mitme õhusaaste heide on väiksem (SO₂, NO_x ja CO₂), võib LNG-le üleminek suurendada CO₂-heidet, mis tuleneb käitlemisel tekkivast lekkest (nn *methane slip*). Rakendamise keerukust on hinnatud keskmiseks. Kirjeldatud meede eeldab suuri avaliku sektori kulusid (hindamiskriteerium 7). Samas aitab meetme rakendamisele kaasa energiasõltumatuse eesmärk.

Meetme mõju avaldumise aegsihi saavutamisel (hindamiskriteerium 5) on hinnanguliselt kuni 10 aastat. LNG-le üleminek sobib ainult kindla marsruudiga laevadele ning meetme mõju merekeskkonnale on piiratud, sest laevakütuse lämmastikuheide on väike eutrofeerumise allikas.

Lisaks ülal nimetatud soodustustele oleks võrdlemisi lihtsalt ja väikse kuluga võimalik rakendada riiklike tasude diferentseerimist (näiteks veeteede tasu hinnaalandus LNG-alustele). Sarnase meetme hinnang erineb uue meetme algsest kirjeldusest, hindamiskriteeriumide 1, 2, ja 7 lõikes. Uus koondhinnang on 31 (vt Tabel 2).

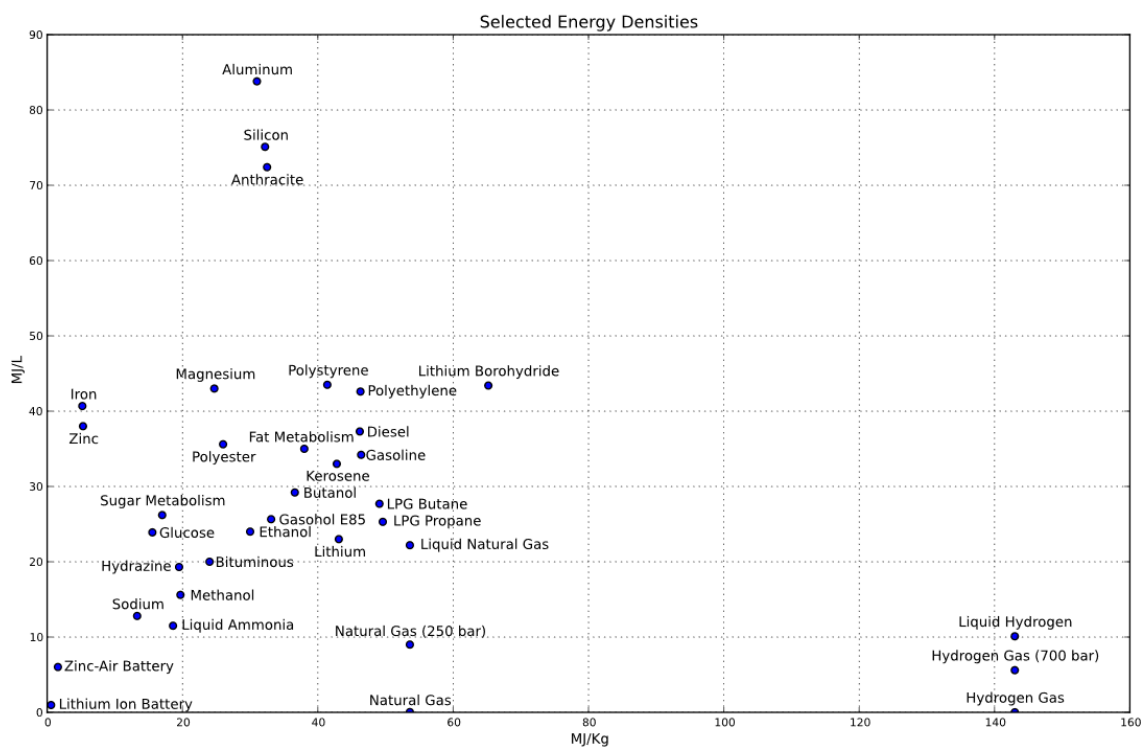
Tabel 2. Hinnang meetmele 9: „Veeldatud maagaasi (LNG) kasutamise soodustamine laevakütusena“

	1	2	3	4	5	6	7	Koondhinnang meetmele
Hinnang Kriteeriumile	10	8	3	3	3	3	1	31

Energiatihedus on füüsikaline suurus, mis väljendab energiat ruumalaühiku kohta või energiat massiühiku kohta. Energiat ruumalaühiku kohta nimetatakse energia ruumtiheduseks.

Kõrgema energiatiheduse puhul on väiksem kulu salvestamisele ja transpordile LNG on suur energiatihedus massi järgi ja väike ruumala järgi (vt Joonis 1).

(Energiatihedus,2018)

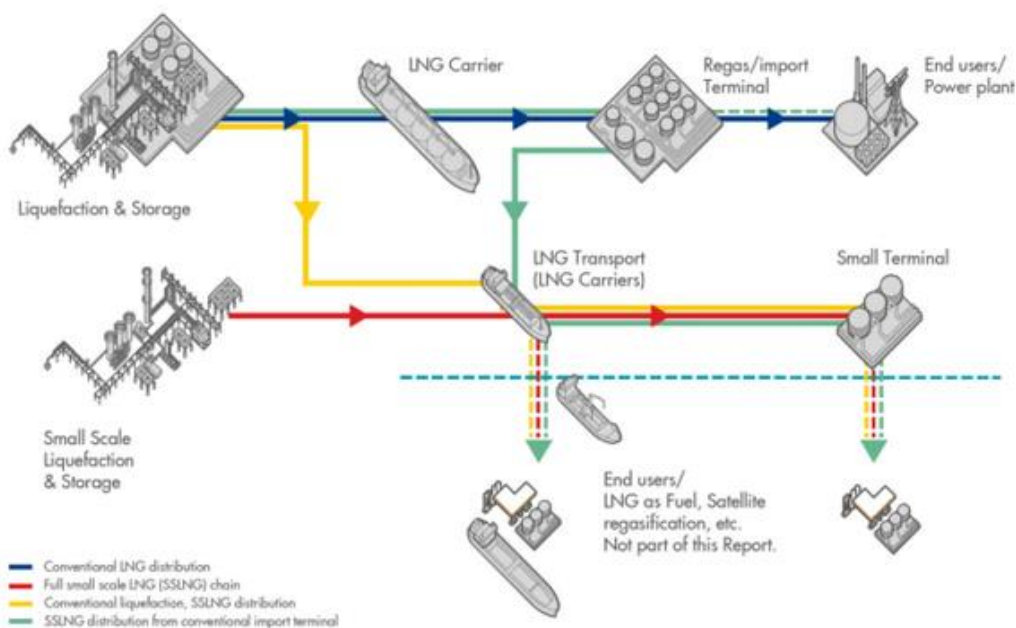


Joonis 1. Erinevate kütiste energiatiheduste võrdlus

Jaemüügi veeldatud maagaasi protsess

Traditsiooniline LNG-protsessi ahel koosneb mitmest järjestusest, nagu on näidatud allpool Joonis 2. Maagaas ekstraheeritakse maakoorest. Seejärel maagaas muudetakse veeldatud faasi. Pärast seda protsessi LNG laaditakse veeldatud maagaasi tankeritele, et transportida veeldatud maagaas LNG terminali.

LNG tootmine väikeses ulatuses nõuab teistsugust perspektiivi/tootmistehnoloogiat võrreldes tavapärase suurtootmise ahelaga. (Retail LNG Process,2017)



Joonis 2. Jaemüügi veeldatud maagaasi skeem

LNG hoiustamiseks ja vaheladustamiseks kasutatakse krüogeensete ainete hoiumahuteid, mis koosnevad kahest teineteise sees asuvast mahutist. Sisemine (esmane) LNG-hoiumahuti valmistatakse suure niklisisaldusega terasesulamist, mis talub LNG madalaid temperatuure ega muutu rabedaks. Välimise (teisese) hoiumahuti ülesanne on kaitsta sisemist mahutit vigastuste eest ning vältida LNG lekkeid, juhuks kui sisemine mahuti peaks hakkama lekkima.

Krüogeenseid aineid veetakse maanteetranspordis kahte tüüpi tsisternidega: vaakum- ja termotsisternidega.

Termotsisternide puhul on oluline valida õige isolatsioon, mis on õige paksusega tsisterni kahe põhiosa vahel, et vähendada soojusvoost tulenevat krüogeense aine soojenemist ja võimaldada suuremat säilitamisaega. Väiksema soojusvoo tulemusel on transpordi sõidukaugus suurem.

Vaakumtsisterni puhul kasutatakse vaakumit ja isolatsioonimaterjalina perliiti. Perliit on loodusliku silikaadi nimetus, milles on 65-75% SiO_2 , 10-20% Al_2O_3 ja 2-5% vett.

Tööstuslikuks kasutamiseks tuleb perliiti töödelda. Perliidi peamiste eelistena võib välja tuua järgmise: tegemist on loodusliku materjaliga, keemiliselt neutraalne, tulekindel ja kõige odavam tööstuslik isolatsioonimaterjal. Perliidi termilised omadused sõltuvad selle aine tera suurusest ja tihedusest. Krüogeensete ainete tsisternide puhul on püsiv perliidi tihedus vahemikus 128- 152 kg/m^3 . Perliidi peamine puudus on tihtipeale see, et ta vajub tsisterni alumisse osasse, mille tulemusena tekib ebahühtlane isolatsioon. (Buil, et al., 2013)

Veeldatud maagaasi tootmine ja kasutamine energiaallikana on üks paljulubavamaid maailma energiavaldkondi.

Veeldatud maagaas võimaldab gaseerida kaugeid kohti ja piirkondi, mida gaasitorude võrk ei hõlma, mis muu hulgas võimaldab kaasata kaugemaid piirkondi põllumajanduse ringlusse.

Kütuseliigina saab veeldatud maagaasi kasutada peaaegu kõigil mootoritel, mis tarbivad diislikütust. Ja seadmete kompaktsus ja ohutus võimaldab teil luua bensiinijaamu mis tahes bensiinijaama asukohtades, isegi linnas.

Veeldatud maagaas on ladustamiseks, transportimiseks ja tarbimiseks vajalike tingimuste osas kõige vastuvõetavam.

(Kondratjev, 2013)

LNG turu prognoosist

Absoluutarvudes taastuvatest energiaallikatest toodetav energia kasvab rohkem kui 300%. Maagaas mängib tulevikus olulist rolli energiavarustuse probleemide lahendamisel, kuna see on keskkonnasõbralik ja tarbijale taskukohane kütus ning selle varud maailmas on tõeliselt suured.

Erilise koha kasvava ülemaailmse energianõudluse probleemide lahendamisel omistatakse veeldatud maagaasile. (ЕЖЕГОДНЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ РЫНКОВ СПГ КОНЦЕРНА «ШЕЛЛ», 2020)

Veeldatud naftagaasikütuse efektiivsusest

Kütusena saab veeldatud maagaasi kasutada peaaegu kõigis diiselmootorites. Gaas seguneb diislikütusega ja siseneb põlemiskambrisse. Arvestades metaani suurt kalorisaldust, jõuab gaasi asendav kütusekogus 60–70% -ni, mis vähendab märkimisväärselt sõidukite käitamise kulusid. Diislikütuse ja metaani segust töötavad kütusemootorid saavutavad suurema jõudluse - pöördemomendi, võimsuse ja tõhususe, võrreldes diislikütuse sarnase asendamisega propaani-butaaniga (LPG). Kaasaegsete elektroonilise süütega mootorite jaoks on metaan ideaalne kütus. See seguneb põlemiskambris kergesti õhuga ja tagab õhu ja kütuse segu optimaalse jaotuse. Metaanil on kõrged löögivastased omadused. See võimaldab teil rakendada suurt tihendussuhet (12:1) ja mootori võimsust märkimisväärselt suurendada. Statistika näitab: metaani asendamise keskmine maht diislikütuses on 60%. Kütusegaasi asendamise määrasid on võimalik saavutada veelgi tõsisemate mootorimuudatuste tõttu. Pärast ümberehitust saab mootor igal ajal naasta ainult diiselseisrežiimi - kasutades käsikäigu režiimi. Selline vajadus võib tekkida näiteks juhul, kui metaan jookseb sõiduki paakides otsa. (ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА В РОССИИ, 2017)

Metaan tagab mootorite pikema eluea

Seisukohad, et gaas rikub mootorit, põhineb propaani-butaani (LPG) kasutamisele. Selle segu koostis on varieeruv, seega on oht täita auto halva kvaliteediga gaasiga ehk kütusega, mis pole hooaja jaoks sobiv. Metaani puhul, mille koostis on homogeenne, sellist ohtu ei esine. Metaan on puhtam kütus, mida ei töödelda, välja arvatud puhastamine, kuivatamine ja kompressoris kokkusurumine. Lisaks ei pesta metaani kasutamisel silindritest eralduvat õlikilet ära, nagu bensiini või diislikütuse puhul, mis tagab mootori optimaalsema töö ja

määrimise, vähendades oluliselt selle kulumist. Silindrites puudub ka detonatsioon, mis vähendab kolvi ja vāntvõlli elementide koormust.

(ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА В РОССИИ, 2017)

Mere- ja jõesadama kulude vähendamise terviklik lahendus

Veeldatud maagaasi laialdase kasutamise peamiseks takistuseks on maagaasi transportimiseks mõeldud erilaevade, terminalide ja sõidukite kõrge hind.

2015. aastal oli maailmas juba üle 400 aktiivse veeldatud maagaasi tankeri ning lähema paari aasta jooksul oli kavas käivitada üle 120 üksuse.

(КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ПО СНИЖЕНИЮ ЗАТРАТ ДЛЯ МОРСКИХ И

РЕЧНЫХ ПОРТОВ, 2018)

Ohud

LNG ohtlikkus seisnebki peaausjalikult tema aurustumisproduktide tuleohtlikkuses. Metaan saab süttida siiski vaid juhul, kui ta on õhuga segunenud kindlas vahekorras. Metaani ja õhu segu alumine süttimispiir (*lower flammability limit – LFL*) on 5 mahuosa metaani juures ja ülemine süttimispiir (*upper flammability limit – UFL*) 15 mahuosa metaani juures. Allpool 5% piiri on metaani ja õhu segu süttimiseks liiga lahja ning ülevalpool 15% liiga rikas.

Kemikaaliseaduse järgi tuleb iga seadet ja ettevõtet, kus käideldakse ohtlikku kemikaali teatud minimaalmäärast suuremas koguses, käsitleda kui ohtlikku või suurõnnetuse ohuga ettevõtet. Sellega kaasneb kohustus hinnata kõiki selle kemikaali käitlemisega seonduvaid riske, mis võivad viia õnnetuse tekkimiseni. Kuivõrd LNG on kemikaaliseaduse järgi ohtlik kemikaal, siis koostatakse iga LNG-käitise kohta riskianalüüs, kus määratletakse võimalikud LNG käitlemisega seotud ohud, nende tekkimise tõenäosus ja mõju ulatus ning kirjeldatakse kasutusele võetud ohtude leevendamise meetmeid. LNG-käitiste puhul keskendutakse LNG käitlemisega seotud ohtudele.

(Опасные факторы на объектах СПГ, 2007)

Plahvatus

Plahvatus - millega kaasneb aine ruumala ja/või temperatuuri ülikiire tõus ja aine või tema oleku ülimalt kiire muutumine. Plahvatus toimub, kui aine teeb ülikiiresti läbi keemilise reaktsiooni, näiteks reageerib hapnikuga (põleb) või pääseb kontrollimatult suure rõhu alt välja. LNG kontrollimatuks väljapääsemiseks nii esmasest kui ka teisest LNG-hoiumahutist peavad need mõlemad olema vigastatud. LNG-d hoitakse hoiumahutites küll ülimadalal temperatuuril (-160°C), kuid selle temperatuuri säilitamiseks vajatakse vaid üsna madalat rõhku. Betoonist väliskestaga mahutite tavapärased tööõhud ulatuvad 2–3 baarini, terasest kestaga LNG-hoiumahutite kõrgeimad rõhud on 7 baari juures. Kuna kasutatavad rõhud on suhteliselt madalad, siis ei saa ka mõlema LNG-hoiumahuti üheaegne vigastus tekitada märkimisväärset plahvatust. (Объекты СПГ: пожары и взрывы, 2007)

Aurupilve teke ja süttimine

Kui krüogeenne aine pääseb kontrollitud temperatuuriga hoiumahutist välja, hakkab ta aurustuma ja tema olek muutub vedelast taas gaasiliseks. Algselt on tekkiv gaas ümbritsevast õhust külmem ja raskem ning see tekitab soojeneva vedeliku lombi kohale udutaolise moodustise ehk aurupilve. Aurupilv hakkab õhuvoolude kaasabil nii horisontaal- kui ka vertikaalsuunas liikuma ning võib enne täielikku atmosfääris haihtumist ulatuda vedelikulombist üsna kaugemale. Aurupilve kokkupuude süüteallikaga põhjustab selle süttimise.

LNG-aurude süttimiseks on vaja samaaegselt täita kaks tingimust: metaani osakaal peab jääma süttimispiiride (5–15%) sisse ja aurupilvel peab olema kontakt piisavalt võimsa süüteallikaga. Adekvaatsed ohutusvahendid ja korrektsed LNG käitlemise protseduurid on mõeldud selleks, et nad kontrolliksid LNG väljapääsemist ja aurupilve tekkimist ning minimeeriksid selle mõju. (Руководство по охране окружающей среды, 2007)

Ülikülma vedeliku mõju

Kui krüogeenne vedelik puutub kokku kaitsmata inimnahaga, põhjustab see külmapõletust. Krüogeense vedeliku kokkupuude mõningate materjalidega (näit süsinikteras) võib põhjustada nende külmahaprust ning pinge all purunemist.

LNG leviku piiramiseks rajatakse LNG-mahutite ümber vallitusala või mõni muu sarnane konstruktsioon. Et vältida LNG-ga kokkupuudet, tuleb LNG-seadmeid käitaval personalil kanda kaitseriietust ning kasutada kaitsevahendeid.

(Руководство по охране окружающей среды, 2007)

Keeva vedeliku paisuva aurupilve plahvatus

Keeva vedeliku paisuva aurupilve plahvatus (*boiling liquid expanding vapor explosion – BLEVE*) kujutab endast plahvatust, mis toimub siis, kui hermeetilises mahutis oleva aine temperatuur tõuseb märksa kõrgemaks selle keemistemperatuurist ning sellega kaasnev rõhu tõus purustab mahuti. Kasutatakse LNG-hoiumahuteid, mis on konstrueeritud ja ehitatud selliselt, et BLEVE tekkimine on neis välistatud.

(Руководство по охране окружающей среды, 2007)

Kohalike elanike tervise ja ohutuse kaitse

Kohalike elanike tervise ja ohutuse tagajärjed veeldatud maagaasi rajatiste ehitamisel ja demonteerimisel on sarnased enamiku muude tööstusrajatistega.

Kohaliku elanikkonna tagajärjed tervisele ja ohutusele veeldatud maagaasi rajatiste kasutamisel on seotud vedela või gaasilise maagaasi tahtmatu lekke ohuga. Põlevgaasi- või soojuskiirgus ning ülerõhk võivad mõjutada väljaspool ala asustatud piirkondi, kuid maagaasi veeldamisega hästi kavandatud ja hallatavates rajatistes otseselt seotud suuremahuliste õnnetuste tõenäosus on tavaliselt tühine. Veeldatud maagaasi rajatiste asukoha määramine ja nende ohutu kauguse määramine asustatud aladest ja/või naaberkonstruktsioonidest peaks põhinema veeldatud maagaasi tuleohu (kaitse termilise kiirguse eest), aurupilve tekke (kaitse tuleohtlike aurude hajutamise eest) või muude tõsiste ohtude hindamisel.

Elanikkonna riskitegurite hindamisel ja neutraliseerimisel tuleks juhinduda tunnustatud rahvusvahelistest standarditest, näiteks standardist EN1473. Tuleks kaaluda veeldatud maagaasi hooldate ja muude rajatiste ohutu kõrvaldamise määratluste vastuvõtmist läheduses asuvate alade kaitsmiseks.

Veeldatud maagaasi rajatistes peab olema olemas hädaolukorrale valmisoleku ja reageerimise kava, võttes arvesse kohaliku elanikkonna ja kohaliku infrastruktuuri rolli veeldatud maagaasi lekke või plahvatuse korral. Veeldatud maagaasi rajatistega seotud laevaliikluse laadi, sealhulgas peale- ja mahalaadimist tuleks võrrelda laevaliikluse protseduuride ja meretegevustega selles piirkonnas. Maagaasi veeldusjaama heitmiseks ja laevadele laadimiseks vajalike seadmete paigutamisel tuleks arvestada ka teiste laevaliinide ja muude meretegevuste olemasolu piirkonnas (näiteks kalandus, huvitegevus).

Turvalisus

- Objektide loata juurdepääs on vaja välistada, tarades need ümber perimeetri ja paigaldades kontrollitavad pääsupunktid (valvega sissepääsud).
- On vaja kehtestada elanikkonnale juurdepääsu piirang.
- Tuleks rajada vastavad märgid ja piirata piirkonnad, mille kaitse piiritletakse.
- Autode liiklusmärgid peaksid selgelt eristama veoautode / kaubaautode ning külastajate ja töötajate autode sissepääsud.
- Vaja on varustada kaitse läbitungimise eest (näiteks valvekaamerad).
- Maksimaalse jälgimisvõime saavutamiseks ja tungimise võimaluse minimeerimiseks peaksid objektid olema piisavalt valgustatud.

(Охрана окружающей среды, 2007)

Töötervishoid ja tööohutus

Töötervishoiu ja tööohutuse küsimusi tuleks käsitleda tervikliku ohu- või riskianalüüsi osana, mis hõlmab näiteks ohu tuvastamise uuringut [HAZID], ohu ja toimivuse uuringut [HAZOP] või muid riskihindamise uuringuid. Neid tulemusi tuleks kasutada töökaitse kavandamisel ja ohutuse tagamisel konstruktsioonide kavandamisel ja ohutuseeskirjade väljatöötamisel, samuti ohutute töötavade ettevalmistamisel ja levitamisel.

Rajatised peaksid olema kavandatud vigastuste või õnnetuste riski vältimiseks või vähendamiseks ning peaksid võtma arvesse koha valitsevaid keskkonnatingimusi, sealhulgas loodusõnnetuste, nagu maavärinad ja orkaanid, tõenäosust.

Töökaitse- ja ohutusmeetmete valdkonna meetmete kavandamise eesmärk on kinnitada süstemaatilise ja struktureeritud lähenemisviisi vastuvõtmist töökaitse- ja ohutusmeetmetele, juhtimisvahendite kättesaadavust, mis tagavad riskide vähendamise praktiliselt teostatavale madalale tasemele, personali vajaliku koolituse läbimist ning varustuse turvalises seisukorras hoidmist. Rajatistes on soovitatav moodustada töötervishoiu ja tööohutuse komitee.

Tööruumides tuleks välja töötada ametlik töölubade süsteem. See süsteem tagab kõigi potentsiaalselt ohtlike tööde ohutu teostamise ning annab kehtivad load kavandatud tööks, tõhusa selgituse töö olemuse, sealhulgas sellega kaasnevate ohtude kohta, ja protseduuri ohutu isoleerimise tagamiseks, mis viiakse läbi enne töö alustamist. Seadmed tuleks märgistada vajadusega need välja lülitada, nii et hoolduse ajal või enne demonteerimist oleksid kõik seadmed vooluallikatest isoleeritud.

Rajatistes peaks olema vähemalt väljaõppinud esmaabipersonal (haiglaeelse hoolduse töötajad töökohal) ja vahendid ohvri lühikeseks ajaks kaugraviteenuste osutamiseks. Sõltuvalt personali arvust ja rajatise keerukusest võib objektile olla ka arstiabi koos meditsiinitöötajaga. Erijuhtudel võib alternatiiviks olla telemeditsiin.

Rajatiste projekteerimise ja kasutamise üldsätted, millega nähakse ette peamiste töökaitse ja tööohutuse riskide juhtimine, on esitatud keskkonna, tervise ja töökaitse üldises juhendis. Samuti antakse üldised juhised ehituse ja dekomisjoneerimise kohta, samuti juhised kutseõppeks töökaitse ja tööohutuse valdkonnas, isikukaitsevahendid ning ohtlike füüsikaliste, keemiliste, bioloogiliste ja radioloogiliste tegurite tõrje kõikides tööstusharudes.

Veeldatud maagaasi rajatiste tööst tulenevad töötervishoiu ja tööohutuse probleemid hõlmavad järgmist:

- Tulekahjud ja plahvatused
- Veeldatud maagaasi faasiülekanne

- Külm kontakt
- Keemilised ohud
- Suletud ruum

Laevadel maagaasi veeldamisega seotud tervishoiu ja tööohutuse küsimusi ning nendega seotud soovitusi käsitletakse laevanduse keskkonna, tervise ja tööjõu kaitse suunistes. Mahutites ja gaasilaevades veeldatud gaase vedavate laevade ehitamisel ja varustamisel tuleb järgida Rahvusvahelise Mereorganisatsiooni (IMO) välja töötatud gaasi vedajate rahvusvahelise koodeksi (ICG) nõudeid. Lisasoovitused sisalduvad standardites, eeskirjades, põhimõtetes ja juhendites, mille on välja andnud Rahvusvaheline Gaasi Vedajate ja Gaasiterminalide Käitajate Selts (OMOGT).

(Охрана труда и техника безопасности,2007)

Oht veeldatud maagaasi rajatistes

Lisaks tulekahju ja plahvatuse riskifaktoritele veeldatud maagaasi rajatistes on ka mitmeid muid ohtlikke tegureid (arvestage, et lisaks sellele on veeldatud maagaasi tehase jaoks arvukalt riske projekteerimise ja projekti rahastamise etapis).

Veeldatud maagaasi faasiülekanne

Suure koguse veeldatud maagaasi mahutites hoidmisel on vedeliku faasi liikumise võimalus paagi sees võimalik. Selline liikumine võib tekkida siis, kui veeldatud maagaas on mahutis jagatud mitmeks erineva tihedusega kihiks, mis põhjustab rõhu erinevust, mis nõuetekohaselt toimivate kaitseventiilide puudumisel võib põhjustada struktuurikahjustusi.

Veeldatud maagaasi faaside liikumise vältimiseks soovitatakse võtta eelkõige järgmised meetmed:

- Jälgida veeldatud maagaasi rõhku, tihedust ja temperatuuri hoidlates kogu vedeliku kolonni kõrguse ulatuses;
- Kaaluda veeldatud maagaasi segamissüsteemi paigaldamist paagi sisse;
- Varustada mahutid kaitseklappidega, mille disain on ette nähtud veeldatud maagaasi faaside võimaliku liikumise jaoks;
- Paagi varustamiseks mitme erinevale tasemele asetatud täiteseadmega, tagades eraldumise vältimiseks erineva tihedusega veeldatud maagaasi jaotuse paagi ruumala ulatuses.

(Конструкционные методы, 2017)

Külm kontakt

Veeldatud maagaasi ladustamise ja ümberlaadimise ajal võivad töötajad kokku puutuda ülimaldala temperatuuriga tootega. Rajatistesse paigaldatud seadmed, mis võivad madala temperatuuri tõttu olla tööohutuse seisukohast ohutegurid, tuleks viivitamatult avastada ja pakkuda neile asjakohast kaitset töötajate juhusliku kokkupuute eest sellega. Töötajaid tuleks juhendada külma pinnaga kokkupuutumise ohu korral (näiteks külmakahjustused) ja vajadusel töötajaid koos isikukaitsevahenditega (nt kindad, isoleerivad rõivad). (Конструкционные методы, 2017)

Keemilised ohud

Iga kasutatud kemikaali jaoks peab olema materjali ohutuskaart (WSP), mis peab asuma rajatistes kergesti juurdepääsetavas kohas. Üldine hierarhiline lähenemisviis keemiliste ohtudega kokkupuute vältimiseks on esitatud keskkonna, tervise ja töökaitse üldsuunistes.

Rajatised peaksid olema varustatud usaldusväärse gaasi tuvastamise süsteemiga, et isoleerida heiteallikas ja vähendada eralduva gaasi kogust. Süsteemi rõhu ja väljundvoolu kiiruse vähendamiseks tuleks kasutada rõhulangetusseadmeid. Lisaks tuleks suletud ruumi sisenemiseks lubade väljastamisel ja selles töö tegemisel juhinduda gaasituvastusseadmete näitudest. (Конструкционные методы, 2017)

Suletud ruum

Nagu igas muus tööstuses, võivad ka kinnistes ruumides esinevad riskitegurid töötajatele surmavad olla. Suletud ruumides töö laad ja õnnetuste tõenäosus võivad varieeruda sõltuvalt rajatise seadmetes ja infrastruktuuris saadaolevate veeldatud maagaasi rajatiste konstruktsioonist. (Конструкционные методы, 2017)

Veeldatud maagaasi rajatised: tulekahjud ja plahvatused

Veeldatud maagaasi rajatiste tule- ja plahvatusohu tegurid hõlmavad tuleohtlike gaaside ja vedelike, hapniku olemasolu, samuti süttimisallikaid veeldatud maagaasi ümberlaadimisel ja / või tuleohtlike ainete lekkeid ja lekked. Võimalike süüteallikate hulka kuuluvad elektrostaatiliste laengute tekitatud sädemed, välk ja lahtised leegid. LNG hädaolukord võib põhjustada aurustuva vedeliku kihi moodustumise, mis võib põhjustada selle vedeliku süttimist või aurustumise tagajärjel levida maagaasipilve.

Elektrostaatilised laengud võivad tekkida liikuva vedeliku kokkupuutel muude materjalidega, sealhulgas torujuhtmete ja kütusepaakidega toodete ümberlaadimise ajal. Lisaks võivad elektrostaatilised laengud koguneda loputuspaakide ja -seadmete veeaerosoolidesse ja aurudesse, eriti keemiliste puhastusvahendite juuresolekul.

Lisaks keskkonna, tervise ja töökaitse üldsuunistes sisalduvatele soovitudele ohtlike materjalide ja nafta käitlemise ning hädaolukordadeks valmisoleku ja hädaolukordadele reageerimise kohta tuleb maagaasi veeldusjaamades kohaldada järgmisi erimeetmeid:

1. Veeldatud maagaasi rajatised tuleks kavandada, ehitada ja käitada vastavalt tule- ja plahvatusohu vältimise ja kontrolli rahvusvahelistele standarditele, sealhulgas sätetele ohutu vahemaa kohta rajatise reservuaari ning rajatise ja naabruses asuvate hoonete vahel.

Kui alade vahelist vahekaugust pole võimalik tagada, tuleks kaaluda plahvatuskindlate seinte ehitamise võimalust, et eraldada rajatise tootmiskohad teistest objektidest ja / või suurendada ehitiste tugevust.

2. Järgida veeldatud maagaasi laadimisel transportimiseks (näiteks raudteele, autopaakidesse, gaasilaevade reservuaaridesse) ja tarnitud veeldatud maagaasi tühendamisel ohutuseeskirju, sealhulgas tõrkekindlate juhtventiilide ning hädaseiskamis- ja gaasiohu avastamissüsteemi (CAO/CSO) kasutamist.
3. Tulekahjuohuolukordades ametliku tegevuskava koostamine koos selle plaani elluviimiseks vajalike ressursside eraldamise ja väljaõppe korraldamisega, sealhulgas tulekustutusvahendite kasutamise ja evakuaatsioonimeetodite väljaõppega. Kavandatavad meetmed võivad hõlmata kooskõlastamist kohalike omavalitsuste või naaberrajatistega. Täiendavad juhised hädaolukordadeks valmisoleku ja hädaolukordadele reageerimise kohta on esitatud keskkonna, tervise ja töökaitse üldsuunistes.
4. Kaitse võimalike süttimisallikate vastu hõlmab:

- Usaldusväärne maandus, et vältida elektrostaatiliste laengute kuhjumist ja pikselöögi ohtu (sealhulgas kehtestatud kord maanduskontaktide kasutamiseks ja hooldamiseks);
- Struktuuriliselt ohutute elektripaigaldiste ja sisemiselt ohutute tööriistade kasutamine;
- Mis tahes tulutöö tootmiseks lubade süsteemi kehtestamine ja nende tootmiseks kohustuslik kord hooldustööde ajal, sealhulgas mahutite nõuetekohane loputamine ja tühjendamine;
- Projekteerimisetapis rakendage elektriseadmete asukohtade klassifikatsiooni ohtaseme järgi.

Süttimisallikate neutraliseerimine on eriti oluline kohtades, kus on võimalikud tuleohtlikud auru-õhu segud, näiteks tsisternide aururuumis, raudtee- või autopaakide aururuumis mahalaadimise ajal, aurude kogumise või taaskasutussüsteemide läheduses, isothermiliste tsisternide kaitseklapide läheduses, lekke lähedal või reostust.

5. Rajatised peaksid olema piisavalt varustatud tulekustutusvastuseadmetega, mis vastavad tunnustatud rahvusvahelistele tehnilistele nõuetele tuleohtlike ja tuleohtlike materjalide tüübi ja koguse kohta rajatistes. Kustutusvahendite näideteks on liikuvad / kaasaskantavad seadmed, näiteks tulekustutid ja spetsiaalsed sõidukid. Statsionaarsed tulekustutusseadmed võivad sisaldada vahtkustutusseadmeid ja suure jõudlusega pumpasid. Haloon-tulekustutussüsteemide kasutamist peetakse tööstuses vastuvõetamatuks praktikaks, mida tuleks vältida. Statsionaarsed tulekustutusseadmed võivad sisaldada ka paakide külge kinnitatud vahtkustuteid ning tühjendus- ja laadimispiirkondades automaatse või käsitsi juhitava tulekustutussüsteemi. Vesi ei sobi veeldatud maagaasi põlengu kustutamiseks, kuna see suurendab veeldatud maagaasi aurustumist.
6. Kõik tuletõrjerajatised peavad asuma rajatise turvalistes kohtades, tule eest kaitstud kauguse või tuletõkkeseintega.
7. Plahvatusohtliku atmosfääri loomist suletud ruumis tuleb vältida, see ruum tühjeneb.
8. Eluruumid peavad olema kaitstud vahemaa või tuleseintega. Ventilatsioonisüsteemi õhu sisselaskevad peavad takistama suitsu sisenemist elutuppa.
9. Transpordisüsteemidest toodete (nt tankerid, raudtee- ja maanteetsisternid ning tsisternid) peale- ja mahalaadimiseks tuleks kasutusele võtta ohutu protseduur, sealhulgas tõrkekindlate kaitseventiilide ja hädaseiskamiseseadmete / -süsteemide kasutamine.

10. Tuleohtlikes olukordades tegevuskava koostamine, tagades selle plaani elluviimiseks vajalikud ressursid.
11. Tuleohutus- ja reageerimismeetmete koolituse korraldamine personali koolituse ja töökaitse- ja tööohutusalase koolituse osana, sealhulgas tulekustutusvahendite kasutamise ja evakuatsioonimeetodite koolitus koos laiendatud tuletõrjekoolituse kursuse korraldamisega spetsiaalsele tuletõrjebrigaadile.

(Конструкционные методы, 2017)

Lenduvad heitmed

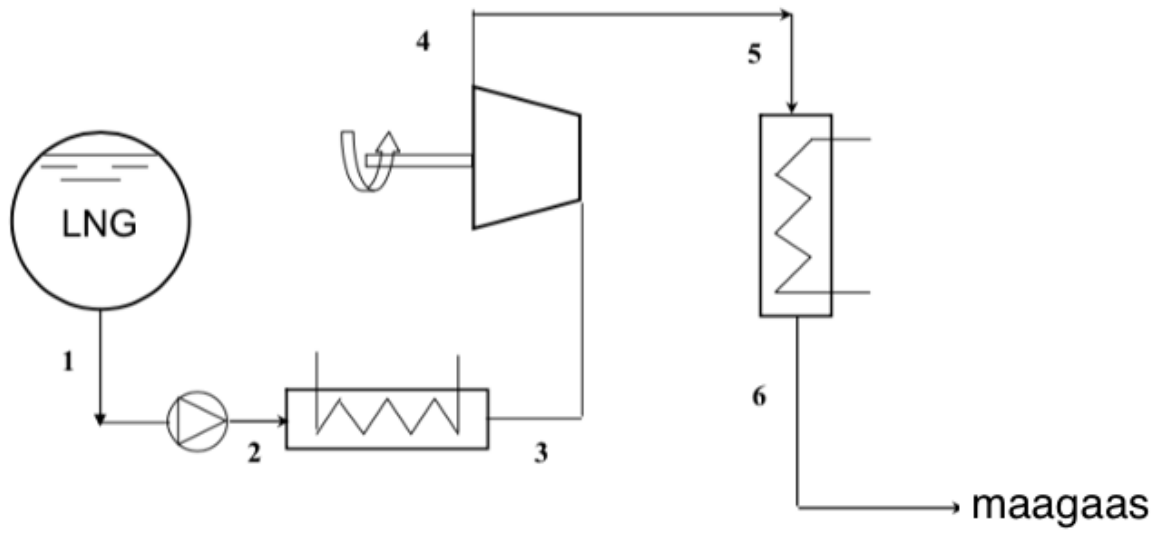
Veeldatud maagaasi rajatiste atmosfääri lenduvaid õhku paisatavaid heitmeid võib seostada gaasi eemaldamisega ilma põlemiseta, lekkeid torudest, ventiilidest, ühenduskohtadest, äärikutest, torude lõpus avatud õlitihenditest, pumbatihenditest, kompressoritihenditest, kaitseklapidest ja mahutitest ning peale- ja mahalaadimisega üldiselt. (Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, 2007)

Struktuurilise riski vähendamise tehnikad isotermiliste veeldatud maagaasi hoidlate töötamise ajal

Veeldatud maagaasi hoidlate reaalsete õnnetuste analüüs tõi välja järgmised peamised ohud ja võimalikud õnnetuste stsenaariumid:

- veeldatud maagaasi aurude eraldumine ilma järgneva süütamiseta;
- veeldatud maagaasi aurude eraldumine, millele järgneb süttimine;
- Veeldatud maagaasi aurude plahvatus kinnises ruumis.

Arvestades tavapäraseid skeeme, kus maagaasi maksimaalne rõhk on 150 baari ja torujuhtme lõpprõhk on suurusjärgus 80 baari (tüüpiline pikamaajaotustorustikele), võib paisuturbiini tekitatav netovõimsus seda saab hõlpsalt hinnata suurusjärgus 20 kJ/kg , mis on umbes 60 kJ/kg turbiini entalpia erinevusena ja umbes 40 kJ/kg pumpade jaoks vajaliku spetsiifilise entalpia vahel: väga väike kogus külma energia suhtes. Torujuhtmetele vajaliku lõpprõhu madalamate väärtuste ja madala massivoolukiiruse korral võib see väärtus olla mõnevõrra kõrgem. Lisaks väidavad mõned autorid, et kui pärast gaasi paisumist on vaja kõrgsurvet, ei ole otsene paisumistsüklil kasutamiseks sobiv. Laiendustsüklit saab valida erinevatel viisidel, et maksimeerida saadavat energiat. Joonis 3 lihtsustatud skeemi saab parendada väljundvõimsuse suurendamiseks, võttes arvesse soovitud rõhu piirtingimusi. (Franco, Casarosa 2014)



Joonis 3. LNG otsene laienemistsükkel

METOODILINE OSA

Riskianalüüsi meetodilised alused

ALOHA (*ingl.k. - Areal Locations of Hazardous Atmospheres*) on arvutiprogramm. Programmi kasutatakse keemiliste heitkoguste kontrolliks, õnnetuste planeerimiseks ja isiku koosseisu koolitamiseks. ALOHA on erinevate õnnetuste modelleerimise programm. Arvutiprogramm võimaldab koostada (modelleerida) järgmised õnnetused: toksilisuse heited, soojuskiirguse mõju, ülerõhu poolt tekitatud õnnetused, plahvatused, keemilised heited, mille tulemusena hajutatakse mürgine gaas väliskeskkonda, tulekahjud. ALOHA programmi kasutades tehakse järgmised sammud: 1) määratakse linn, kus on toimunud õnnetus, selle kuupäev ja kellaaeg; 2) ALOHA andmebaasist valitakse keemiline aine; 3) määratakse ilmastiku tingimused; 4) pannakse paika reservuaari (mahuti) mõõdud; 5) pannakse paika aine olek ja kogus.

Riskianalüüsi riskihindamise meetodiks on esmane riskianalüüs (PHA) ja riskimaatriksanalüüsi meetod. PHA on analüüsimeetod, mida kasutatakse projekti varases staadiumis. PHA eesmärk on tuvastada ohud ja ohud, mis võivad kahjustada antud tegevust, rajatist või süsteemi.

Tabel 3. Hädaolukordade esitamise tõenäolisus

(Kohaldatud autori poolt)

Tõenäolisusaste	Tõenäolisus	Tõenäolisus 1 aasta jooksul	Selgitus
1	Väga väike	<0,005% kuni 0,05%	1 võimalus 100 000-st kuni 1 võimalus 10 000-st, et hädaolukord leiab aset 1 aasta jooksul
2	Väike	>0,05% kuni 0,5%	1 võimalus 10 000-st kuni 1 võimalus 1000-st, et hädaolukord leiab aset 1 aasta jooksul
3	Keskmine	>0,5% kuni 5%	1 võimalus 1000-st kuni 1 võimalus 100-st, et hädaolukord leiab aset 1 aasta jooksul
4	Suur	>5% kuni 50%	1 võimalus 100-st kuni 1 võimalus 10-st, et hädaolukord leiab aset 1 aasta jooksul
5	Väga suur	>50%	Suurem kui 1 võimalus 10-st, et hädaolukord leiab aset 1 aasta jooksul

Tabel 4. Hädaloikordade tagajäged raskusastmed

(Kohaldatud autori poolt)

Raskusaste	Tägajärg
A	Vähetahtis (Puudub)
B	Kerge
C	Raske
D	Väga raske
E	Katastroofiline

Riskimaatriks

Riskianalüüs koostati riskimaatriksi abil, milles riskiklassid on rühmitatud nelja tsooni. Riskiklassi määramisel tuleks arvesse võtta õnnetuse tõenäosuse hindamist ja õnnetuse tagajärgede hindamist. Numbri ja tähe kombinatsioon annab õnnetusohu klassi.

Tabel 5. Riskimaatriks

(Kohaldatud autori poolt)

Väga suur (5)					
Suur (4)					
Keskmine (3)					
Väike (2)					
Väga väike (1)					
	Vähetahtis (A)	Kerge (B)	Raske (C)	Väga raske (D)	Katastroofiline (E)

	Väga kõrge risk
	Kõrge risk
	Keskmine risk
	Madal risk

Riskide kirjeldus

Väga kõrge risk:

Väga kõrge riskiga hädaolukordi tuleks pidada esmaseks või kriitiliseks. Sellisteks hädaolukordadeks valmisolek tuleb tagada võimalikult kiiresti.

Väga kõrge riskiga hädaolukorrad on keskmisest tõenäolisemad ja prioriteet peaks olema valmisolek. Lisaks ennetusmeetmetele tuleb kriitilist tähelepanu pöörata hädaolukordadeks valmisolekuks, mis nõuab ühiseid õppusi ning asutuste koolitust ja ressursside planeerimist.

Kõrge risk:

Selle kategooria hädaolukordi tuleks pidada oluliseks riskiks. Sellised hädaolukorrad on mõnevõrra vähem tõenäolised kui väga suured riskid, kuid hädaolukorra võimalikke tagajärgi silmas pidades tuleb selleks valmis olla. Soovitav on korraldada agentuuri ühisõppusi ja planeerida ressursse leevendus- ja ennetusmeetmete rakendamiseks.

Keskmine risk:

Sellised hädaolukorrad on ebatõenäolised. Need tuleks valmistada vastavalt olemasolevatele võimalustele. Kolmandaks tuleb valmisoleku ja kavandatavate leevendusmeetmete tagamiseks tegeleda selle kategooria hädaolukordadega.

Madal risk:

Igapäevased häired ja õnnetused, mida iga asutus ja ettevõtte peab ise ette valmistama ning millega nad peavad saama ise hakkama.

Ohualad

Eriti ohtlik ala. Selles tsoonis võivad kõik esemed õnnetuse tagajärjel täielikult hävida ja kuni 50% kaitsmata inimestest võib surra. Kauguse eriti ohtliku tsooni välispiirist ohtliku objektini määrab eriti ohtliku tsooni raadius R_e . Eriti ohtliku tsooni välispiir on samal ajal väga ohtliku tsooni sisepiir.

Väga ohtlik ala. Selles piirkonnas võib õnnetus põhjustada tõsiseid vigastusi ja tõsiseid vigastusi. Kuni 1% kaitsmata inimestest võib surra. Kaugus väga ohtliku ala välispiirist

ohtliku objektini määratakse väga ohtliku ala raadiusega R_v . Väga ohtliku tsooni välispiir on samal ajal ka ohtliku tsooni sisepiir.

Ohtlik ala. Selles piirkonnas võib õnnetus põhjustada kergeid vigastusi ja kergeid vigastusi. Madala riskitsooni välimine piir on ühtlasi ohutsooni välimine piir. Kaugus madala riskitsooni välispiirist ohtliku objektini määratakse ohtliku tsooni raadiusega R_o .

LNG terminalist lähtused ohualad

Ohtlike alade arvutamiseks kasutati arvutiprogrammi ALOHA. Arvutused on tehtud järgmistes meteoroloogilistes tingimustes: tuule kiirus 5 m / s, kirdetuul (45 °), õhutemperatuur 15 ° C, osaliselt pilves, suhteline õhuniiskus 50%, ilma inversioonita.

Ohtlike tsoonide määratlemisel jagati terminali territoorium järgmisteks tsoonideks:

- kai veeldatud maagaasi tankeritelt vastuvõtmiseks;
- LNG torustik (LNG tanker – LNGmahutipark);
- LNG hoiuruum (LNG mahutipark);
- taasgaasistamise tsoon (veeldatud maagaasi aurustid).

Veeldatud maagaas on erinevate gaaside segu, millest suurema osa moodustab metaan (harilikult 95%–97%) ning väikeses koguses lisandub etaani, propaani ja muid raskemaid komponente. Tegemist ei ole standardse koostisega ning iga konkreetse maagaasisegu koostis sõltub gaasi leiukohast. Erinevates segudes on mõnevõrra erinevad ka veeldatud maagaasi tihedus ja keemistemperatuur. Seega läbi viidud arvutused on ka orienteeruvad.

Sildumiskai

Sadamas võib tankeri mahalaadimisel tekkida ohtlik kemikaalide leke laadimisseadmest.

Laadijate düüside läbimõõt on 16 cm. Lekke võimalikud põhjused:

- seadmete talitlushäire (korrosioon);
- inimlik viga (laadija vale ühendamine);

Ebasoodsad ilmastikutingimused (lained ja tuul panevad tankeri liikuma), laadimisseadmete mehaaniline mõju.

Tabel 6. Torustikest esinevate LNG lekete korral on ohtlikumaks inimesi ohustav lööklaine. Seega LNG-ga laadimisprotsessid tuleb läbi viia ainult eri ettevalmistust omava teenindava personali juuresolekul.

(Koostas Autor)

Metaani leke voolikutest laadimisseadmest tankeri lossimisel/ühendustorude diameeter 16 cm							
Õnnetuse stsenaarium	Metaani kogus mass (kg)/ maht (m^3)	Leegi pikkus m	Metaani põlemise aeg min	Ohuala suurus, m			
				Re	Rv	Ro	
				25 kW/m^2	10 kW/m^2	8 kW/m^2	37 kW/m^2
Inimesi ohustav							
Leektuli	14861/20813	13	60	10	19	21	
Lombituli	14861/20813	20	25	28	39	42	
Lööklaine	14861/20813		60 min/ väljumise aeg	1,5 atm/ 60 m	0,8 atm/ 63 m	0,24 atm/ 75 m	
Ehitisi ohustav							
Leektuli	14861/20813	13	60				10
Lombituli	14861/20813	20	25				24
Lööklaine	14861/20813		60 min/ väljumise aeg	0,35 atm/ 69 m	0,17 atm/ 83 m	0,03 atm/ /200 m	
Sähvatustuli	14861/20813		60	150000 ppm/33 m		50000 ppm/58 m	

Produkti torustik

Tootetorustik, mille kaudu veeldatud gaasi tankerist tankerisse pumbatakse, on umbes 1 km pikkune ja 36 cm läbimõõduga. Tootetorustiku võimaliku õnnetuse peamised põhjused on:

- torujuhtme materjali korrosioon ja väsimus;
- Mehaaniline löök konstruktsioonide varisemine).

Tabel 7 on toodud torustiku lekkel tekkivad võimalikud ohualad.

Tabel 7. Torustikest esinevate LNG lekete korral on ohtlikumaks inimesi ohustav lööklaine.
(Koostas Autor)

Metaani 1 km torustik tankerist mahutitesse lastimisel/ühendustorude diameeter 36 cm							
Õnnetuse stsenaarium	Metaani kogus mass (kg)/ maht (m ³)	Leegi pikkus	Metaani põlemise aeg min	Ohuala suurus, m			
		m		Re	Rv	Ro	
				25 kW/m ²	10 kw/m ²	8 kW/m ²	37 kW/m ²
Inimesi ohustav							
Leektuli	19580/27422	28	60	10	27	31	
Lombituli	19580/27422	20	33	28	39	42	
Lööklaine	19580/27422		60 min/väljumise aeg	1,5 atm/54 m	0,8 atm/60 m	0,24 atm/83 m	
Ehitisi ohustav							
Leektuli	19580/27422	28	60				10
Lombituli	19580/27422	20	33				24
Lööklaine	19580/27422		60 min /väljumise aeg	0,35 atm/73 m	0,17 atm/95 m	0,03 atm /233 m	
Sähvatustuli	19580/27422		60	150000 ppm/39 m		50000 ppm/67 m	

Mahutipark

Kavandatava terminali mahutipargi arvutamisel võetakse aluseks tankeris leiduva veeldatud maagaasi kogus. Plaanitav paak on 2x16600 m³. Paak koosneb sisemisest terasest kestast ja ümbritsevast eelpingestatud betoonkestast ja katusest. Veeldatud maagaasi kuumutamise ja aurustamise vähendamiseks täidetakse terase ja betooni kestade vaheline ruum soojusisolatsiooniga. Välisseinad takistavad auru väljumist sisepaagist ja kaitsevad seda plahvatuse põhjustatud ülerõhu, löökide, soojuskiirguse ja madalate temperatuuride eest. Ventilatsiooniseadmed ja lämmastiku puhastusseadmed tuleks paigaldada teraspaaki ning teraspaagi ja betoonkesta vahele, et paaki saaks kuivatada, puhastada ja kinnitada.

Tabel 8. Metaani leke mahutist läbi torustiku on teoreetiline, kuna mahutite konstruktsioonidega on püütud mahutipargist lähtuvat ohu ala minimiseerida. Torustikest esinevate LNG lekete korral on ohtlikumaks inimesi ohustav lööklaine. Maagaasi muudab omamoodi ohtlikuks ka asjaolu, et gaasilises olekus on see inimese poolt tajumatu. Transporditav metaan on lõhnatu, mistõttu maagaasi käitlemisel ja päästetöödel tuleb kasutada spetsiaalseid gaasidetektoreid. Veeldatud kujul transporditavat maagaasi ei saa odoreerida, kuna veeldamiseks peab gaas olema lisanditest puhas.

(Koostat Autor)

Metaani leke mahutist läbi torustiku/lekke ava diameeter 10 cm							
Õnnetuse stsenaarium	Metaani kogus mass (kg)/ maht (m ³)	Leegi pikkus	Metaani põlemise aeg	Ohuala suurus, m			
		m	min	Re	Rv	Ro	
Inimesi ohustav							
Lombituli	176642/247397	36	60	57	81	89	
Ehitisi ohustav							
Lombituli	176642/247397	36	60				48

Tabel 9. LNG lekete korral on ohtlikumaks inimesi ohustav lööklaine, so plahvatus. Arvutustes võime käsitleda erinevate diameetriga avadega seotud õnnetusjuhtumeid.

(Koostas Autor)

Metaani leke mahutist/lekke ava diameeter 10 cm							
Õnnetuse stsenaarium	Metaani kogus mass (kg)/ maht (m ³)	Leegi pikkus	Metaani põlemise aeg	Ohuala suurus, m			
		m	min	Re	Rv	Ro	
Inimesi ohustav							
Sähvatustuli	173459/242939		60	150000 ppm/65 m		50000 ppm/142 m	
Plahvatus	173459/242939		60	180	231	638	
Ehitisi ohustav							
Plahvatus	173459/242939		60	148	156	201	

Kui veeldatud gaas väljub mahutist, hakkab see kohe soojenema, muutudes veeldatud olekust gaasiliseks. Esmalt on tekkiv gaas ümbritsevast õhust raskem, tekitades väljunud vedelikulombi kohale aurupilve. Suuremahulise vallandumise korral on õhu ja gaasi segu mõnda aega ümbritsevast soojast õhust tihedam ning võib vaigse tuule või inversiooni korral

algsest lekkekohast küllaltki kaugemale levida, enne kui pilv lahjeneb madalamale alumisest segu süttimispiirist.

Gaasi edasisel soojenemisel ja temperatuuri tõustes üle $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ muutub see õhust kergemaks ning hakkab õhuga segunedes keskkonda hajuma.

Võrreldes ümbritseva keskkonna temperatuuriga, on veeldatud maagaasi keemistemperatuur erakordselt madal ($-162\text{ }^{\circ}\text{C}$), mistõttu lekke korral toimub väga kiire aurustumine gaasilisse olekusse. Mitmed uurijad on prognoosinud, et 10 000 tonni veeldatud maagaasi kiirel vabanemisel veekeskkonda toimub selle täielik gaasistumine umbes 5 minutiga.

LNG aurustid

Aurustites viiakse veeldatud maagaas tagasi gaasilisse olekusse. Aurustid võivad torujuhtmeõnnetuste ajal eraldada gaasi, mis võib kokkupuutel piisavalt võimsa süüteallikaga põhjustada joa leeki. See omakorda tekitab soojuskiirgust, mis põhjustab ümbritsevatele põletusi.

Tabel 10. LNG aurustite puhul LNG lekete korral on ohtlikumaks inimesi ohustav lööklaine.

(Koostas Autor)

Lekked LNG aurustist/lekke ava diameeter 10 cm/ mahuti maht 60 m ³							
Õnnetuse stsenaarium	Metaani kogus mass (kg)/ maht (m ³)	Leegi pikkus m	Metaani põlemise aeg min	Ohuala suurus, m			
				Re	Rv	Ro	
Inimesi ohustav							
Lombituli	17785/24908	19	60	27	37	41	
Plahvatus	17472/24470		60 min/väljumise aeg	1,5 atm/ 47 m	0,8 atm/ 53 m	0,24 atm/ 81 m	
Ehitisi ohustav							
Lombituli	17785/24908	19	60				
Plahvatus	17472/24470		60 min /väljumise aeg	0,35 atm/69 m	0,17 atm/ 95 m	0,03 atm /262 m	10
							23
Sähvatustuli	17472/24470		60	150000 ppm/22 m		50000 ppm/70 m	

BLEVE efekt

BLEVE (keeva vedeliku plahvatusohtlik auruplahvatus) on plahvatus, mis tekib siis, kui õhukindlas anum as oleva vedeliku temperatuur ületab oluliselt selle vedeliku keemistemperatuuri ja kui anum rõhu suurenemise tõttu puruneb. BLEVE võib põhjustada välisest tulekahjust tulenev soojuskiirgus ja paagi seinte hävimine. BLEVE peamised ohtlikud mõjud on otsene kokkupuude tulekeraga, tulekera kuumakiirgus ja lendav praht. Suurim oht on reservuaarist eralduva gaasipilve plahvatus ja reservuaaris laieneva aurupilve plahvatus. BLEVE tõenäosus on suurem, kui LNG veoauto satub liiklusõnnetusse.

Tabel 11. Antud efekt on kõige suurem inimeste ohustamise aspekti arvestades.

(Koostas Autor)

BLEVE efekt (keeva vedeliku paisuva auru plahvatus)							
Õnnetuse stsenaarium	Metaani kogus mass (kg)/ maht (m ³)	Leegi pikkus	Metaani põlemise aeg	Ohuala suurus, m			
		m	min	Re	Rv	Ro	
Inimesi ohustav							
BLEVE	22867/32026	Tulekera R=82,5 m	11	246	397	444	
Ehitisi ohustav							
BLEVE	22867/32026	Tulekera R=82,5 m	11				196

Tabel 12 on toodud õnnetuste tõenäosused (kirjanduse andmete alusel), raskusastmed (ALOHA programmi kasutuse alusel) ning sellest tulenevalt leitud riskiklass.

Tabel 12. Õnnestuste tõenäolisus, raskusaste ja riskiklass.

(Kohaldatud autori poolt)

Õnnetuse liik	Tõenäolisus	Raskusaste	Riskiklass
1. Sildumiskai			
1.1 Leektuli	2	B	2B
1. 2 Lombituli	3	B	3B
1.3 Sähvatustuli	4	B	4B
1.4 Plahvatus	2	C	2C
2. Produktitorustik			
2.1 Leektuli	2	B	2B
2. 2 Lombituli	3	B	3B
2.3 Sähvatustuli	4	B	4B
2.4 Plahvatus	2	C	2C
3. Mahutipark			
3. 1 Lombituli	3	B	3B
3.2 Sähvatustuli	3	C	3C
3.3 Plahvatus	4	D	4D
4. Regaseerimistsoon			
4. 1 Lombituli	3	B	3B
4.2 Sähvatustuli	3	C	3C
4.3 Plahvatus	4	D	4D
4.4 BLEVE	1	D	1D

Tabelis 13 on toodud ohuteguritest lähtuvalt riskimaatriks.

Riskide hindamine on etapp, mille käigus selguvad prioriteetsed ohutegurid. See tähendab, et kõik ohutegurid saavad terviseriski hinnangu, mille põhjal saab ohutegurid panna pingeritta: alates olulisematest ja lõpetades vähemolulistega. Riskimaatriksi põhimõte on see, et järjest hinnatakse kõiki ohutegureid. Iga ohuteguri korral püütakse otsustada, kui tõenäoline on selle mõjule pääsemine.

Koostatud riskimaatriks on toodud Tabel 13.

Tabel 13. LNG riskimaatriks.

(Koostas Autor)

Väga suur (5)					
Suur (4)		1.3; 2.3		3.3; 4.3	
Keskmine (3)		1.2; 2.2; 3.1; 4.1	3.2; 4.2		
Väike (2)		1.1; 2.1	1.4; 2.4		
Väga väike (1)				4.4	
	Vähetahtis (A)	Kerge (B)	Raske (C)	Väga raske (D)	Katastroofiline (E)

Keskmine riskiarv on 4B ning kõige tõenäolisemaks võib osutuda sähvatustuli. Kõige ohtlikumaks osutuv väikese tõenäosusega BLEVE plahvatus.

	Väga kõrge risk
	Kõrge risk
	Keskmine risk
	Madal risk

Muuga ja Sillamäe sadamates ning Pakri poolsaarele (Paldiski) rajatavate LNG terminalide riskianalüüsi alane võrdlus

Kaalutakse võimalust leida veeldatud maagaasi (LNG) vastuvõtmiseks terminal Muuga, Sillamäe sadamates või Pakri poolsaarele rajatavas sadamas. LNG terminal on kavandatud veeldatud maagaasi vastuvõtmiseks laevadelt, vedeliku hoidmiseks mahutites, veeldatud maagaasi aurustamiseks ja seejärel maagaasi tarnimiseks kõrgsurve jaotustorustikule või suurele kohalikule gaasitarbijale.

See projekt sisaldab esialgset riskihinnangut kuue võimaliku asukoha kohta. Hinnangu osana tehakse ettepanek terminali tehnoloogia üldiseks valimiseks, võttes arvesse sadamates olemasolevaid struktuure ja muid konkreetseid asukoha tingimusi.

Analüüsi ulatus

Selles analüüsis hinnatakse ohtu inimestele, kes on seotud veeldatud maagaasi terminali paiknemisega mõnes kahes sadamas ühest võimalikust asukohast. Analüüs sisaldab hinnangut võimalikele suurõnnetustele, sealhulgas võimalikele dominoefektidele.

Käsitletavate õnnetuste liigid on suured seadmete õnnetused; töötajatega seotud õnnetused, mis on seotud tehnoloogiliste seadmete rikete ja tööstusõnnetustega; seadmetega seotud keskkonnaõnnetused.

Tööõnnetused, nagu kukkumised, liiklusõnnetused ja elektriõnnetused, mis ei ole põhjustatud õnnetustest ja protsesside häiretest või seadmete rikestest, ei kuulu siia.

Uuring jaguneb järgmisteks põhiosadeks:

Kohakirjeldused, milles on üksikasjalikult kirjeldatud erinevaid asukohavõimalusi, võttes arvesse parameetreid, mis võivad mõjutada LNG terminali asukoha leidmise võimalust.

Veeldatud maagaasi tehnoloogia kirjeldus ja hinnang, pakkudes teavet veeldatud maagaasi tehnoloogia võimaluste ja nendega seotud projekteerimisparameetrite kohta. Veeldatud maagaasi tehnoloogia võimalusi hinnatakse konkreetse asukoha tingimuste põhjal, et valida LNG terminali jaoks parim ja ohutum tehnoloogia.

Ohustsenaariumi kindlakstegemine, kirjeldamine ja hindamine, pakkudes esmase riskianalüüsi esimest osa. See hõlmab veeldatud maagaasi terminali võimalike ohustsenaariumide, sealhulgas võimalike dominoefektide tuvastamist, kirjeldamist ja hindamist. Hinnatakse nii ohustsenaariumide sagedust kui ka võimalikke ulatuslikke tagajärgi.

Riskianalüüs ja -hindamine, pakkudes esialgse riskianalüüsi ja riskihindamise teist osa. See hõlmab kahe sadama erinevate kasutusvõimaluste riskihindamist ja riski hindamist vastavalt riskide aktsepteerimise kriteeriumidele.

Muuga sadam

Paldiski poolsaare veeldatud maagaasi terminali arvatud ohtlikud alad on rakendatavad ka Muuga sadama tööstuspargis.

Muuga sadam on Eesti suurim kaubasadam. Sadama territooriumil on viis A-kategooria hädaohukeskust:

1. AS DBT: taaskasutatav kemikaal - ammooniumnitraat;
2. Oiltanking Tallinn AS: töödeldavad kemikaalid - bensiin, diislikütus, isopreen;
3. VESTA Terminal Tallinn OÜ: töödeldavad kemikaalid - kütteõli, toornafta, diislikütus, bensiin;
4. AS Vopak E.O.S. Packterminal: töödeldavad kemikaalid - kütteõli, petrooleum, toornafta, bensiin, petrooleum, butaan, gaasikondensaat;
5. AS Vopak E.O.S. Terminal Steve: taaskasutatavad kemikaalid - bensiin, petrooleum, diislikütus, toornafta.

Muuga sadama territooriumil asub ka suurõnnetuse ohuga B-kategooria Neste Eesti AS-i terminal, kus töödeldakse bensiini, diislikütust ja orgaanilisi lahusteid.

Samuti on kavas rajada veeldatud naftagaasi ümberlaadimise terminal, mille ohtlik ala on umbes 650 meetrit. Veeldatud maagaasi terminali ohtlik ala on sama mis on veeldatud naftagaasi terminali ohtlik ala.

Eeltoodud riskitsoonide arvutused näitavad, et selliste riskitsoonidega ettevõtte ei mahu Muuga sadama tööstusparki, ilma et see ohustaks teisi olemasolevaid terminale. Esmane doominoefekti sündmus võib esineda mis tahes läheduses asuvas ettevõttes. Muuga sadama territooriumil on ohtlikke ettevõtteid, mida võib avamise ajal seostada doominoefektiga.

LNG terminali rajamisest Muuga sadamas

AS Tallinna Sadam soovib LNG terminal kavandada regionaalse tähtsusega terminalina, et see vastaks kogu regiooni (Balti riigid ja lisaks ka Soome Vabariik) tarbijate vajadustele. Lisaks sellele on LNG terminal kavandatud Soome lahe piirkonna mereliikluse vajadusi katva keskse jaotusterminalina.

LNG terminali puhul oleks tegemist spetsiifilise ja funktsionaalselt koos toimivatest ehitistest koosneva ehitusliku kompleksiga, mille koosseisu kuulub ka kai ja lossimissild LNG tankerite

tühjendamiseks. Terminali maksimaalseks mahutipargi suuruseks planeeritakse kuni 400000 m³ LNG ja maksimaalseks väljastusvõimsuseks kuni 5miljardit Nm³ aastas.

Tulenevalt majandus- ja taristuministri määrusest nr 40 „Kemikaali ohtlikkuse alammäär ja ohtliku kemikaali künniskogus ning suurõnnetuse ohuga ettevõtte ohtlikkuse kategooria ja ohtliku ettevõtte määratlemise kord“ on planeeritav LNG terminal A-kategooria suurõnnetuse ohuga ettevõtte. Sellises mahus LNG terminali käsitletakse planeerimisseaduse mõistes olulise ruumilise mõjuga objektina. „Planeerimisseaduse“ (edaspidi PlanS) § 125 lg 1 punkt 4) kohaselt olulise ruumilise mõjuga ehitise asukoht on valitud üldplaneeringuga (üldplaneeringutes tavaliselt asukoha valikul ei kaaluta mitut võimalikku asukohta).

Lisaks A-kategooria suurõnnetuse ohuga ettevõttele lisanduvad müraallikad LNG terminali tegevusest. Peamised lisanduvad müraallikad on LNG terminali tegevused ja protsessid. Siiski tuleb arvestada, et kõige suurema müraemissiooniga müraallikad (LNG tanker lossimine, laadimisvarraste ja maabumissilla hüdroseade, maapealne tõrvik) ei tööta ööpäevaringselt, vaid periooditi sõltuvalt LNG terminali töörežiimist. Selliselt pikaajaline ekvivalentne müratase L_{pAeq} on madalam kui lühiaegsel müraallika töötamisel. Käesolevas staadiumis ei ole teada LNG terminali müraallikate täpsed asukohad, nende kõrgused, mahutite suurused, tööprotsessid jne ning see täpsustatakse projekteerimisstaadiumis. Projekteerimisel tuleb tagada, et kehtestatud tööstusmüra nõudeid müratundlike hoonete juures ei ületata, teostada täpsustav mürakaardistamine projekteerimisstaadiumis ja terminali käiku andmisel teostada helirõhutasemete kontrollmõõtmised erinevates LNG terminali töörežiimides terminali piiril ja lähimate müratundlike hoonete juures.

Plahvatus võib toimuda ka gaasi suure lekke kohast allatuult sadu meetreid eemal (viivitusplahvatus). Väikese gaasi lekke korral tekkinud gaasi-õhu süttimisvõimelise segu süütamine on võimalik väikese võimsusega süüteallika olemasolul (tekib nt elektrisäde lühise korral, metalli löike sädemed vms).

Esiolgu riskihinnangu arvestuste põhjal saab järeldada, et ettevõtte ohuala soojuskiirguse intensiivsuse (põlengujuhtulekahju korral) keskmiselt ohtlik ala on 70-72 m. See ala jääb üldiselt ettevõtte oma territooriumi piiridesse ja läänest kus ulatub betoonitehase territooriumini, kirdes ja põhjas jääb AS-ile Tallinna Sadam kuuluva sadama operaatorite poolt kasutatava autotee alasse. Inimesed tuleb põlenguallikast evakueerida vähemalt 110 m kaugusele. Ettevõtte ohualad kemikaali pihkamisel ja detonatsioonil (süüteallika olemasolul) tekkiva plahvatus ülerõhujlööklaine keskmiselt ohtlik ala jääb kuni 157 m kaugusele. Inimesed tuleb lekke asukohast evakueerida vähemalt 300 m kaugusele. Ettevõtte ohualad (kõige väiksema

tõenäosusega suurõnnetus) tingitud soojuskiirguse intensiivsusest jääb keskmiselt ohtlik ala kuni 516-660 m kaugusele.

Produktitorustikust tingitud soojuskiirguse keskmiselt ohtlikud ohualad jäävad kuni 97 m kaugusele. Inimesed tuleb evakueerida produktitorustikust lekkinud gaasi põlengu/tulekahju korral vähemalt 148 m kaugusele.

Kolmandatele isikutele planeeringulahenduse realiseerimisest tekkiva riski vähendamiseks tuleb terminali arendajal koostöös AS-iga Tallinna Sadam korraldada kõigi produktitoru võimalikus ohualas töötavate inimeste instrueerimine ohutuse tagamiseks ja ohuolukorras käitumiseks ning töötada välja vajalikud evakuatsiooniteed arvestades asjaoluga, et Nuudi tee kasutamine produktitoruga juhtunud intsidendi korral võib olla raskendatud või võimatu.

Muuga sadama tootmisala on jaotatud kolme valla - Viimsi ja Jõelähtme valla ning Maardu linna - haldusterritooriumide vahel. Joonis 4 näitab Muuga sadama tootmisala jagunemine eelnimetatud omavalitsuste vahel.



Joonis 4. Muuga sadama tootmisterritooriumi jaotumine Viimsi ja Jõelähtme valla ning Maardu linna vahel

Joonis 5 näitab erinevate objektide ohtlike alade ulatust Muuga sadama piirkonnas. Muuga sadama ohtlikud alad, Maardu raudteejaama sinine ala ja Muuga raudteeliini magenta on näidatud punasega. Joonise järgi otsustades erinevad erineva raskusastmega objektide ohutsoonid kattuvad.



Joonis 5. Erinevate ohualade omavaheline kattumine Muuga sadama lääneosa piirkonnas

Sillamäe LNG terminalist

Eestis on menetlemisel veel mitu LPG ja LNG terminali rajamise kava. Eesti Vabariigi Valitsus on otsustanud, et veeldatud gaaside terminalid luuakse erainvesteeringute toel ning riik toetab seadusandlusega vaba konkurentsi tekkimist. Sellest lähtuvalt ei kavandata Eestis tsentraalse gaasiterminali rajamist ega finantseerimist.

Terminali ehitamine ei mõjuta pinnase ja vee kvaliteeti. LNG käitlemisel tekib happelise reaktsiooniga kondensvett kuni 31,8 m³/h. Kondensvesi neutraliseeritakse enne 20%-lise NaOH lahusega. Vastavalt Eesti standardile EVS-EN 1473:2007 Installation and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations ei sisalda kondensvee suhtes ohtlikke aineid, mis võiksid avaldada vee kvaliteedile suurt mõju.

Projekti kohaselt juhitakse Terminalis tekkiv reovesi Sillamäe sadama kanalisatsiooni ja sealt jõesusse vastavalt tingimustele. Tehnoloogilise heitvee maksimaalne hulk moodustab vähem kui 5% käideldava heitvee kogusest. Reostuskoormus ei tõuse. Kui Terminal juhib reovee ja territooriumilt kogutud sademevee Sillamäe kanalisatsiooni ning saab kogu vajamineva tehnoloogilise- ja olemevee sadama veevõrgust, siis ettevõttel pole vaja taotleda endale vee erikasutusluba heitvee suublasse juhtimiseks ja vee võtmiseks veehaardest.

Terminalides mahutite põhjaseteid vedelate gaaside hoiustamisel ei teki. Lekkinud gaas aurustub jäägitult ning seega ei teki jäätmeid ka võimalike lekete likvideerimisel.

Ekspluatatsiooniga tekib seadmete hooldamisel vanaõli, määrdeaineid ja absorbente sisaldavaid jäätmeid. Sellised jäätmed kuuluvad ohtlike hulka. Nende hoiustamiseks vajalik ruum ja mahutid kavandatakse Terminali projekteerimise käigus. Jäätmed tuleb koguda, hoiustada ja anda jäätmeseaduse nõuetele vastavalt.

Valgusreostuse uurimiseks Eestis läbiti projekt mis kaasas Sillamäe linna. Tulemuste kohaselt on Sillamäe väiksema fooniga kui mitmed tööstus - ja kuurortlinnad. Eestis pole reostuse ulatust ning tagajärgi sadamates ja sadama-alal uuritud. Sadamad asuvad kahe ökosüsteemi piiril, seega võib mõju looduskeskkonnale suurem olla. Valguslahenduse projekteerimisel ajendatakse standarditest ja olulist rõhku pannakse ohutuse tagamisele. Kui projekteerimise edasistes etappides arvestatakse välja pakutud leevendusmeetmetega, siis ei põhjusta Terminali ekspluateerimine valgusreostust.

Vedelad gaasid on veekeskkonnale ohutud, lekke korral gaas aurustub jäägitult ning ei põhjusta näiteks naftasaaduste käitlemisel juhtunud õnnetustega võrreldavat merereostust. Seetõttu ei avalda Terminali kasutamine negatiivset mõju merekeskkonnale.

Õhu saaste tulemustest selgus, et teoreetiliselt halvimatel tingimustel, kui töötavad Terminali protsessid ja samal ajal esinevad kõige halvimaldastikutingimused, ei ületa ühegi saaste kontsentratsioon väljaspool tootmisterritooriumi nõutud piirväärtust. Piirväärtuste täitmine tootmisterritooriumi piiril on seadusandja poolt määratud eelduseks ettevõtte tegevusloa väljastamisele. Sillamäe piirkonnas on tegutsevate ettevõtete tõttu õhus palju lämmastik- ja süsinikoksiide. Uued ettevõtted peavad sellega arvestama ja valima oma tootmistehnoloogiad ja -mahud selliselt, et koosmõjus poleks nende saasteainete kontsentratsioon üle piirväärtuste. Lämmastikdioksiidid ja süsinikoksiidid jäävad piirkonna saasteallikatega madalamaks piirväärtusest. Lenduvate orgaaniliste ühendite tase Terminali saasteallikatest on võrreldes sadamas paiknevate naftasaaduste terminalide mõjuga praktiliselt olematu. Terminali mõju õhu kvaliteedile Sillamäel on küllalt vähene ning terminali tegevusele ei kaasne välisõhu piirväärtuste ületamist.

Kavandatud Terminal asub ohutuse tagamiseks soodsas kohas. See on kaitstud teistest ohtlikest ettevõtetest tuleneva ohu eest. Ettevõtteid kaitseb ca 20 m kõrgune kallas. Tekkinud plahvatuse jms korral vähendab kõrge klint purustava mõju ohuala oluliselt. Siiski jäävad Terminali ohualasse mitmed Sillamäel tegutsevad ettevõtted. Riskitöötajate elule ja tervisele ning ettevõtte varale kasvab.

Terminal asub tiheasustusest ca 3 km kaugusel. Ohualad ei ulatu Sillamäe elamumaadeni. LNG ja LPG käitlemine Terminalis ei suurenda oluliselt elanike riske. Risk elanikele tekib LPG transportimisel. Hädaolukord võib tekkida raudtee ja Tallinn-Narva põhimaantee ristumiskohal. Inimesed on ohustatud 560 m raadiuses ning hooned 246 m raadiuses. Riskide leevendamiseks on vajalik maantee viadukti ehitamine. Lubamatu on LPG vedu üle pideva liiklusega maantee ilma täiendavate ohutusmeetmeteta.

Raskemate tagajärgedega õnnetus võib juhtuda LPG käitlemisel. Tagajärgedeks on keeva vedeliku paisuvate aurude plahvatus või aurugaaside plahvatus. Õnnetuse tulemused võivad levida 1.5 km kaugusele. Tagajärjed võivad eskaleeruda ning kaasa haarata teisi Terminali üksuseid ja ehitisi.

Statistikat vaadates ja toimunud juhtumisi arvestades on LNG käitlemine kordades väiksema riskitasemega kui LPG, suurim ohtlikkus tuleneb LPG füüsikalistest ja keemilistest ohuteguritest. LNG käitlemise üks tõenäolisemaid suurõnnetusi võib toimuda produktitorustikuga. Õnnetuse ohuala võib ulatuda 816 meetrini.

Maagaasi torustiku õnnetuste tõenäosus on väga väike, sest trass on maa-alune ning sellel on kaitsevöönd. Võimalikuks osutub maa-aluse gaasitorustiku vigastamine kaevetööde käigus. Selle ennetamiseks tuleb kaeve- ja ehituslubade väljaandmisel väga täpselt arvestada nende paiknemisega.

Doominoefekti tekkimise võimalus pole välistatud. Suurim tõenäosus tekkimiseks on naaberettevõttes ja olemasoleva AS BCT produktitorustikuga. Doominoefekt põhjustaks naaberettevõttes raskeid tagajärgi. Ammoniaagi torustiku lõhkemisel võib ohuala ulatuda mitme kilomeetri kaugusele. Doomino riski vältimiseks tuleb arendajal teha koostööd asjakohase teabe vahetamisel, üldsuse ja naaberobjektide teavitamisel. Ohu vähendamiseks peavad ettevõtted õnnetuste vältimiseks oma aruannetes ja hädaolukorra lahendamise plaanides arvesse võtma ohu laadi ja ulatust ning teavitama üldsust ning asutusi, kes vastutavad ettevõtte väliste hädaolukorra lahendamise plaanide ettevalmistamise ja koostamise eest.

Sotsiaalmajanduslike ja keskkonnakaitseliste mõjude omavahelisel võrdlemisel on eelistatud kavandatud tegevuste elluviimine arvestades sealjuures kõigi vajalike leevendavate meetmetega.

LNG terminali rajamisest Sillamäe sadamas

Planeerimisseaduse kohaselt ei koostata veealade planeerimiseks detailplaneeringut. Uute territooriumite moodustamist merre reguleerib Veeseadus, mille kohaselt on veekogu põhja pinnase paigaldamine ja tahkete ainete veekogusse uputamine vee erikasutus. Selline tegevus toimub vee erikasutusloa alusel seatud tingimuste raames. Vee erikasutusloa merre täitmiseks on andnud Keskkonnaministeerium. Terminali rajamine on kooskõlas Sillamäe linna arengukava ja üldplaneeringuga ning Sillamäe Kesk 2 (osaliselt), Kesk 2B, Kesk 2C, Kesk 2F, Kesk 2E, Tüksamäe, Sõtke 1, Sõtke 2/17 maa-alade ja nendega piirnevate alade detailplaneeringutega.

Terminali arendamise projektist sõltumatult on Eestis menetlemisel veel mitu LPG ja LNG terminali rajamise kava. Eesti Vabariigi Valitsus on otsustanud, et veeldatud gaasi/de

terminalid rajatakse erainvesteeringute toel ning riik toetab seadusandlusega vaba konkurentsi tekkimist. Sellest lähtuvalt ei kavandata riigi poolt Eestis ühe tsentraalse gaasiterminali rajamist ega finantseerimist.

Terminali ehitamine ei avalda mõju pinnase ja vee kvaliteedile. LNG käitlemisel tekib happelise reaktsiooniga kondensvett kuni 31,8 m³/h. Tekkinud kondensvesi neutraliseeritakse enne 20%-lise NaOH lahusega. Vastavalt Eesti standardile EVS-EN 1473:2007 *Installation and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations* ei sisalda kondensvesi ohtlikke aineid, mis võiksid heitvee suublasse juhtimisel avaldada vee kvaliteedile olulist mõju. Projekti kohaselt juhitakse Terminalis tekkiv heitvesi Sillamäe sadama kanalisatsiooni ja sealt edasi suublasse vastavalt kehtiva vee erikasutusloa tingimustele. Terminali tehnoloogilise heitvee maksimaalne arvutuslik hulk moodustab vähem kui 5% Sillamäe sadama käideldava heitvee kogusest. Reostuskoormus suublale ei tõuse. Kui Terminal juhib reovee ja territooriumilt kogutud sademevee Sillamäe sadama kanalisatsiooni ning saab kogu vajamineva

tehnoloogilise- ja olemevee sadama veevõrgust, siis ei ole ettevõttel vaja taotleda endale vee erikasutusloa heitvee suublasse juhtimiseks ja vee võtmiseks veehaardest.

Terminalides tavapäraseid mahutite põhjaseteid veeldatud gaaside hoiustamisel ei teki. Kuna lekkinud gaas aurustub jäägitult, siis ei teki jäätmeid ka võimalike lekete likvideerimisel.

Ekspluatatsiooni käigus tekib seadmete hooldamisel vanaõli, määrdeaineid ja absorbente sisaldavaid jäätmeid. Sellised jäätmeid on liigitatud ohtlike hulka. Nende hoiustamiseks vajalik ruum ja mahutid kavandatakse Terminali projekteerimise käigus. Kõik tekkivad jäätmed tuleb koguda, hoiustada ja üle anda liigiti jäätmeseaduse nõuetele vastavalt.

Veeldatud gaasid on veekeskkonnale ohutud, lekke korral vette sattunud gaas aurustub jäägitult ning ei põhjusta näiteks naftasaaduste käitlemisel juhtunud õnnetustega võrreldavat merereostust. Seetõttu ei avalda Terminali ekspluateerimine negatiivset mõju merekeskkonnale.

Terminali läheduses, Sillamäe sadama läänepiiril on Päite loodus- ja maastikukaitseala. Terminali ekspluateerimine ei avalda mõju Päite maastikukaitseala niiskusrežiimile. Päite maastikukaitseala kaitse eeskirjaga vastuolus olevaid töid või tegevusi Terminali ehitamise ja ekspluateerimise käigus kavas ei ole.

Piirväärtuste täitmine tootmisterritoriumi piiril on seadusandja poolt määratud eelduseks ettevõtte tegevusloa (välisõhu saasteloa) väljastamisele. Sillamäe sadama piirkonnas juba tegutsevate ettevõtete tegevuse tulemusena on välisõhus palju lämmastik- ja süsinikoksiide.

Uued, oma tegevust kavandavad ettevõtted, peavad sellega arvestama ja valima oma tootmistehnoloogiad ja -mahud selliselt, et koosmõjus (nn kumulatiivne mõju) ei oleks nende saasteainete kontsentratsioon üle kehtestatud piirväärtuste. On selgunud, et lämmastikdioksiidi ja süsinikoksiidi kontsentratsioonid jäävad koosmõjus kõikide piirkonna saasteallikatega madalamaks piirväärtusest. Maksimaalne lenduvate orgaaniliste ühendite tase Terminali saasteallikatest on võrreldes sadamas paiknevate naftasaaduste terminalide mõjuga praktiliselt olematu. Terminali mõju välisõhu kvaliteedile Sillamäe piirkonnas on küllalt vähene ja terminali tegevus ei too kaasa välisõhu kvaliteedi piirväärtuste ületamist.

Kavandatud mahus ohtlike gaaside käitlemise korral on Terminal A kategooria suurõnnetuse ohuga ettevõtte. Selline ettevõtte võib kemikaali käidelda üksnes tegevusloa alusel. Tegevusloa saamiseks tuleb esitada Tehnilise Järelevalve Ametile taotlus. A-kategooria suurõnnetuse ohuga ettevõttes võib kemikaali käidelda üksnes tegevusloa alusel. Tegevusloa saamiseks tuleb esitada Tehnilise Järelevalve Ametile taotlus.

Ohutuse tagamiseks on kavandatav Terminal soodsas kohas. Terminal on kaitstud teistest ohtlikest ettevõtetest tuleneva ohu eest. Olemasolevaid ettevõtteid kaitseb ca 20 m kõrgune klint. Tekkinud plahvatus, lombitule jms korral vähendab kõrge klint purustava mõju ohuala oluliselt. Siiski jäävad Terminali ohualasse mitmed Sillamäe sadamas tegutsevad ettevõtted. Teoreetiline risk nende töötajate elule ja tervisele ning ettevõtte varale kasvab. Kemikaaliseaduse kohaselt peab suurõnnetuse ohuga ettevõtte omanik omama vastutuskindlustust kemikaali käitlemisest tekkida võiva kahju hüvitamiseks. Kindlustusvõtja peab valima kindlustussumma, mis on mõistlik, arvestades kemikaalide käitamisega seotud tegevuskohta, kemikaalide kogust ja käitlemise viisi, tegevuse ja sellest tuleneda võivate kahjustuste ulatust ning muid asjaolusid. Kindlustussumma peab olema piisav, et katta vähemalt otsese varalise kahju ning tervise kahjustamise, kehavigastuse tekitamise ja surma põhjustamise korral ka saamata jäänud tulu. Kindlustussumma ei tohi olla väiksem kui 400 000 eurot. Sobiva kindlustuse puudumisel võib otsustaja keelustada, piirata või peatada suurõnnetuse ohuga ettevõtte tegevust.

Terminal asub tiheasustusest ca 3 km kaugusel. Terminali ohualad ei ulatu Sillamäe linna elamumaadeni. Päite küla elamumaadeni võib ohuala ulatuda väga ebasoodsate tingimuste korral. LNG ja LPG käitlemine Terminalis ei suurenda oluliselt ümberkaudsete elanike riske. Risk kohalikele elanikele tekib LPG transportimisel. Peamine koht, kus võib hädalukord tekkida, on raudtee ja Tallinn-Narva põhimaantee ristumiskoht. Inimesed on ohustatud 560 m raadiuses ning ehitised 246 m raadiuses. Hädavajalik on riskide leevendamiseks maanteeviadukti ehitamine. Seni on lubamatu LPG vedu üle tiheda liiklusega Tallinn-Narva

põhimaantee ilma täiendavate ohutusmeetmeteta.

Riskimaatriksist selgub, et kõige raskemate tagajärgedega suurõnnetus võib toimuda LPG käitlemisel. Raskeimate tagajärgedega suurõnnetus on LPG mahuti keeva vedeliku paisuvate aurude plahvatus või mahuti lekkest põhjustatud aurugaaside plahvatus. Tagajärjed võivad kanduda kuni 1500 m kaugusele. Õnnetuse tagajärjed võivad eskaleeruda ning kaasa haarata teisi Terminali üksuseid ja rajatisi.

Arvestades statistikat ja toimunud õnnetusi on LNG käitlemine kordades väiksema riskitasemega kui LPG käitlemine. LPG suurem ohtlikkus seisneb tema füüsikalistest ja keemilistest ohuteguritest. LNG käitlemise üks tõenäolisemaid suurõnnetusi võib toimuda produktitorustikuga. Õnnetuse ohuala võib ulatuda 816 m kaugusele.

Maagaasi ühendustorustiku õnnetuste tõenäosus on väga väike, sest gaasitrass on maa-alune ning sellel on kaitsevöönd. Võimalikuks osutub maa-aluse gaasitorustiku vigastamine kaevetööde käigus. Selle ennetamiseks tuleb kaeve- ja ehituslubade väljaandmisel väga täpselt arvestada gaasitrasside paiknemisega.

Doominoefekti tekkimise võimalus ei ole välistatud. Kõige suurem tõenäosus doominoefekti tekkimiseks on naaberettevõttes ning olemasoleva AS BCT produktitorustikuga. Tekkinud doominoefekt põhjustaks naaberettevõttes raskeid tagajärgi. Ammoniaagi produktitorustiku purunemisel võib ohuala ulatuda mitme kilomeetri kaugusele. Doominoefekti riski vältimiseks tuleb arendajal teha koostööd asjakohase teabe vahetamisel, üldsuse ja naaberobjektide teavitamisel.

Ohu vähendamiseks peavad ettevõtted suurõnnetuste vältimiseks oma ohutusuannetes ja hädaolukorra lahendamise plaanides arvesse võtma suurõnnetuse ohu laadi ja ulatust ning teavitama üldsust ning asutusi, kes vastutavad ettevõtte väliste hädaolukorra lahendamise plaanide ettevalmistamise ja koostamise eest.

Sotsiaalmajanduslike ja keskkonnanõuetega mõjude omavahelisel võrdlemisel on eelistatud kavandatud tegevuste elluviimine arvestades sealjuures kõigi vajalike leevendavate meetmetega.

Territooriumi pindala on umbes 26 hektarit. Joonis 6 on näidatud terminali kavandatud asukoht.



Joonis 6. Sillamäe LPG/LNG kavandatud asukoht

Eelkõige suurendab kohalike elanike riski vedelgaasi transportimine.

Seadmed / rajatised või protsess

Ohtlik kemikaal

Üksikasjad

Veeldatud maagaasi aurustid, veeldamisjaamad, pumbad, kompressorid, deodoriseerimissüsteemid ja muud seadmed

Veeldatud maagaas / veeldatud naftagaas

Raudtee ristub Tallinna-Narva maanteega, mille kalle on Narva suunas 4%.

Raudteeületuskoha peamine oht on ohtlikke kaupu vedava rongi kokkupõrge või lahkumine.

Peamised algatavad sündmused, mis võivad raudteeülesõidul põhjustada õnnetuse, on liikluskorraldusvead, liikluskorraldussüsteemi tehniline rike, raudteerajatise rike või rike, rongi- või paakijuhi viga, hooletus, äärmuslikud ilmastikutingimused (lumi, jää, vihm).



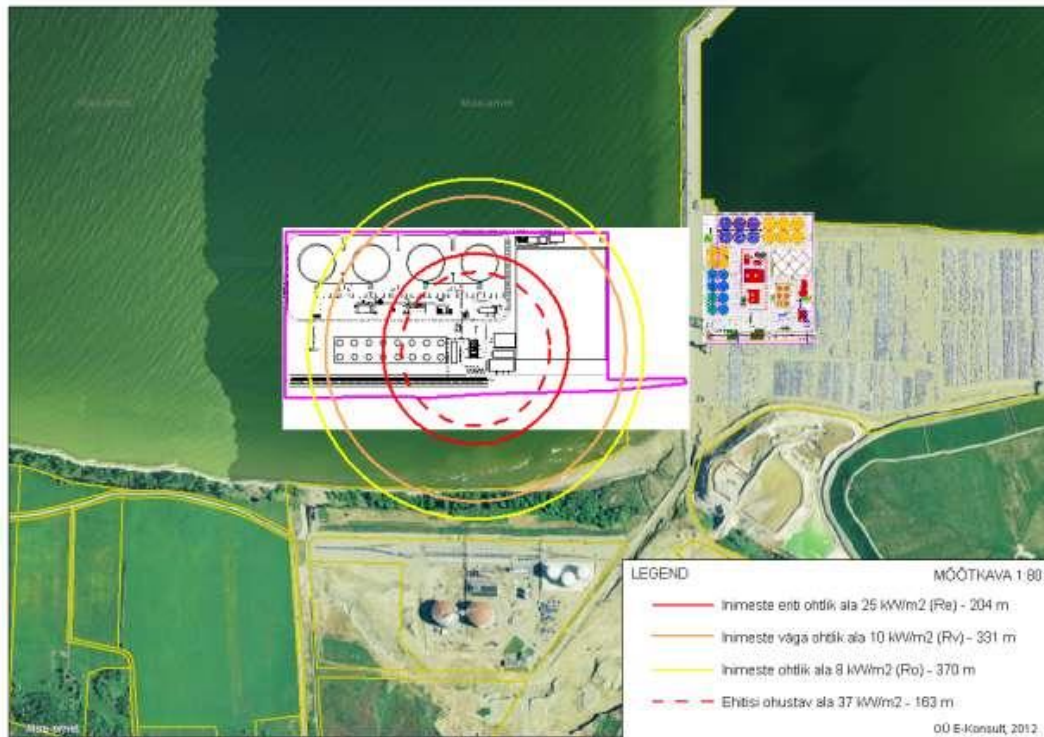
Joonis 7. Ohuala Tallinn-Narva maantee ristumise kohas raudteega

Raudteepaak (110m³) KVPAP: palli läbimõõt 215 m, kestus 14 sekundit. Ohtlikud alad on toodud allolevas vt. Tabel 14 ja Joonis 8.



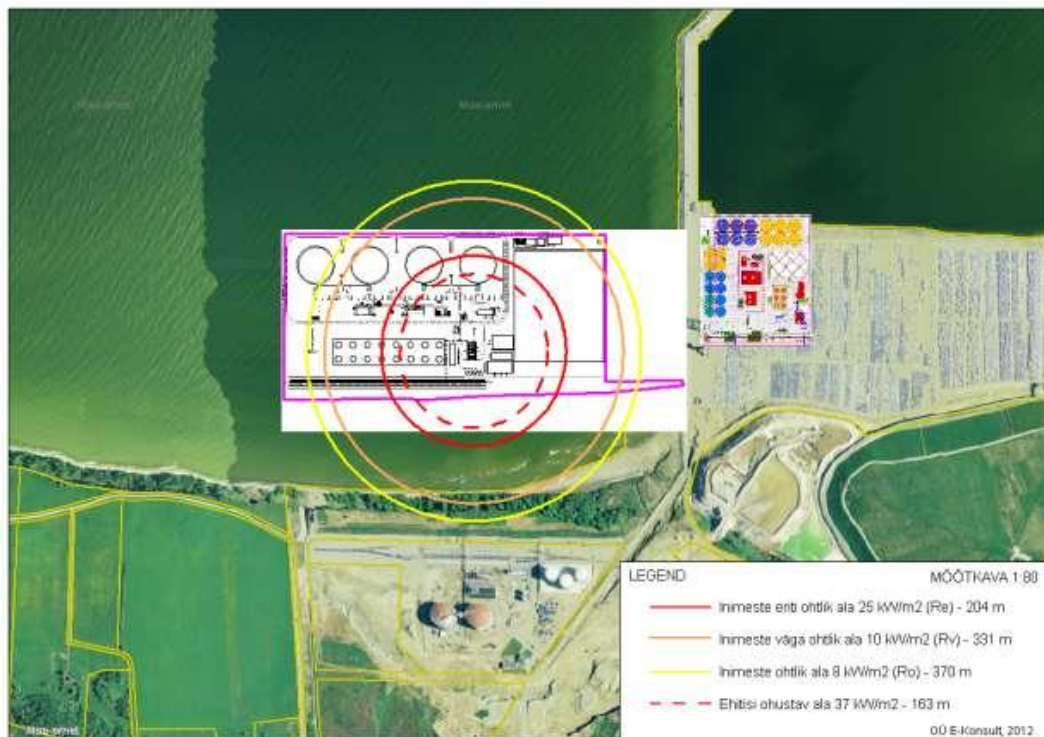
Joonis 8 Stsenarium 1 ohualad .

LPG-vagunite laadimisprofiili aurupilve plahvatuse ohtlikud alad on toodud allolevas vt. Tabel 15 ja Joonis 9.



Joonis 9. Stsenaarium 2 ohualad

Paakauto (30 m³) KVPAP: auto läbimõõt 139 m, kestus 10 sekundit. Ohtlikud alad on toodud allolevas vt. Tabel 16 ja Joonis 10.



Joonis 10. Stsenaarium 3 ohualad

Paldiski Pakrineeme

Kavandatava veeldatud maagaasi terminali asukoht on Pakri poolsaare kirdeosas. Tulevase terminali ohtlikkus piirkonnas ei ole praegu ega kavandata muid suuri A- või B-kategooria rajatise. Kavandatava veeldatud maagaasi terminali kaugus tihedalt asustatud piirkonnast on umbes 2,5 km. Terminalile lähim elamurajoon on umbes 1,8 km läänes.

Pakrineeme Sadama OÜ Paldiski veeldatud maagaasi terminalist

Keskkonnamõju hindamise aruanne

Veeldatud maagaasi terminal ja sadam kui üks selle elementidest on olulised sihtkohad kogu Eestile ja ka suuremale piirkonnale (Balti riigid ja Soome).

Terminali asukoht, tehniline teostus ja käitamine tuleb kooskõlastada mitmete keskkonnaalaste, majanduslike ja tehniliste aspektidega.

Olukorrale pole ühest, probleemideta kohta ega lahendust, seega tuleb leida kõige sobivam ja ideaalsem lahendus.

Varasemate LNG terminali asukoha valimisega seotud projektide tulemuseks on asukoht, mis on ka väärtuslik looduskeskkond. Nendes oludes tekkis vajadus leida ehitusaja, ehitustehnoloogia ja kasutusea seisukohast sobiv lahendus, mis ei kahjustaks piirkonna olulisi loodusväärtusi.

Pakrineeme Sadama OÜ Paldiski veeldatud maagaasi terminali keskkonnamõju hindamises käsitletud lahendus vastab kõigile keskkonnakaitsenõuetele ega too kaasa olulist negatiivset keskkonnamõju kohalikul (projekti piirkonnas), piirkondlikul (Paldiski), riiklikul ega rahvusvahelisel (Soome laht, Läänemeri) tasandil.

Kavandatavatel tegevustel on väga positiivne, sotsiaalne ja majanduslik mõju ning nende elluviimine on vajalik kogu ühiskonnale laiemas plaanis. Tänu põhjalikule tööle tehnilise lahenduse väljatöötamisel ja keskkonnamõjude vältimise ja vähendamise meetodite väljatöötamisel on jõutud lahenduseni, mis (leevendusmeetodeid kasutades) ei avalda olulist negatiivset mõju keskkonnale, st ei takista Naturat. 2000 või linnukaitse eesmärgid.

LNG terminali rajamisest Pakri poolsaarel

2012 aasta aprillis võttis Balti Gaas ühendust rahvusvaheliselt tunnustatud okeanograafi ning akadeemiku Tarmo Soomerega, kellelt paluti ekspertarvamust planeeritava LNG terminali asukoha valiku osas kogu Eesti kontekstis.

Oma töös kirjutab akadeemik Soomere, et kuna LNG terminali rajamisega kaasnevad arvukad ohud, tuleks terminal rajada kohta, mis oleks võimalikult eemal teistest ohuala omavatest

terminalidest, elamu- ning äripiirkondadest, maanteedest jne. Parim asukoht taolisele objektile on seega Naissaarest lääne pool asuvad alad. Pakrineemel asuv terminal sobib okeanograafi meelest kõige paremini. Samuti leidis Soomere et Soomet ja Eestit ühendav gaasitoru ei tohiks ristuda tiheda liiklusega laevateega Helsingi ja Tallinna vahel.

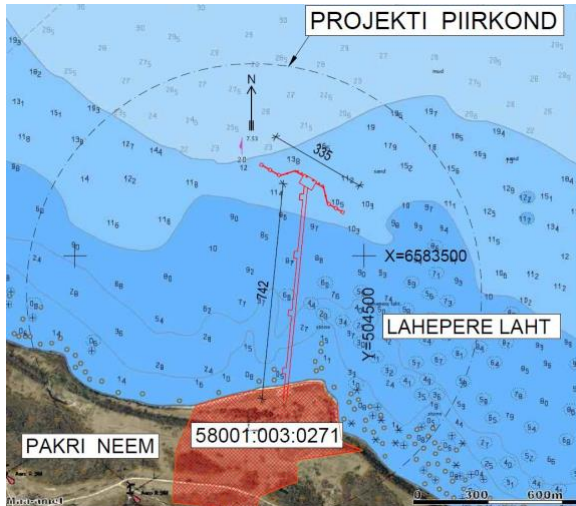
Suurõnnetuse ohuga LNG terminali valitud asukoht Pakri poolsaare idarannikul on ohutuse tagamise seisukohalt sobiv. Ettevõtte ohualasse ei jää olemasolevaid ega kavandatavaid elamualasid, tähtsaid infrastruktuuri objekte ega teisi ettevõtteid, mille töötajatele kavandatav terminal võiks ohtu kujutada. Samuti ei ole terminali lähialal teisi suurõnnetuse ohuga ettevõtteid. Seega on välistatud mitut ettevõtete haarava kontrollimatu suurõnnetuse (nn doomino efekti) tekkimine ja täidetud kemikaaliseaduse nõuded suurõnnetuse ohuga ettevõtte planeerimisel.

Navigatsioonitingimuste poolest on valitud asukoht sobiv. Tankerite sildumise kai ehitatakse kasutades Lahepere lahe looduslikku sügavust. Seega puudub vajadus merekeskkonnale negatiivset mõju avaldavate süvendus- ja kaadamistööde tegemiseks. Terminali tankerkai ehitamise mõjualasse jäävad EL Loodusdirektiivi lisas I nimetatud elupaigatüübid: mereveega üleujutatud liivamadalad (1110) ja karid (1170). Hüdrotehniliste tööde ajal neile avalduv mõju on lühiajaline ja arvestades tööde mahtu ebaoluline. Veeldatud maagaasi käitlemine ei põhjusta merereostust. Lekke korral vette sattunud gaas hajub jäägitult.

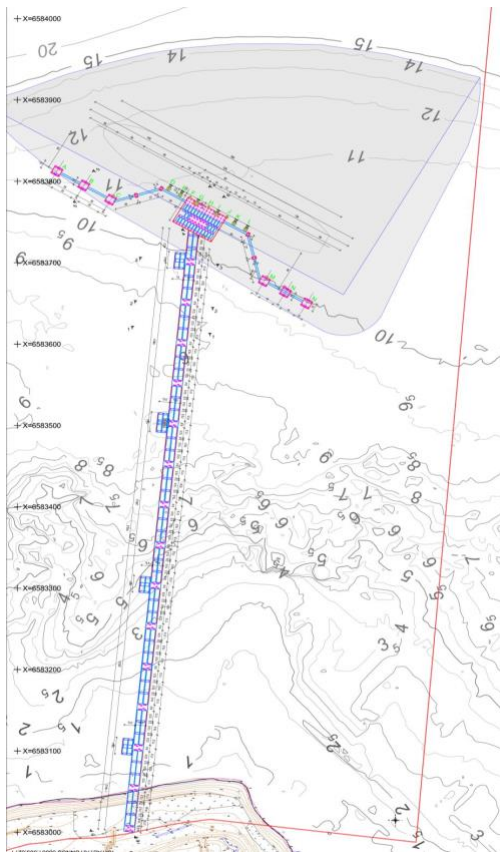
Ekspertid, olnud analüüsisid olemasolevat praktikat, seireandmeid ja seadusandlust, jõudsid järeldusele, et terminali teenindamiseks vajalik sadam saab töötada Pakri linnu- ja loodusala kaitse eesmärkideks olevatele liikidele ja elupaigatüüpidele negatiivset mõju avaldamata, kui selle akvatoorium kuulub Natura 2000 võrgustiku ala koosseisu. Seetõttu loobuti teemaplaneeringuga Pakri linnu- ja loodusala pindala vähendamise ettepanekust.

Kui terminali ehitamisel jälgitakse kehtivaid keskkonnakaitsealaseid nõudeid, siis ei avalda terminali ehitamine ega hilisem eksploateerimine olulist ebasoodsat mõju pinna- ja põhjaveele.

Kaalutletud otsuse Paldiski LNG terminali teemaplaneeringu kehtestamiseks või kehtestamata jätmiseks peab langetama Paldiski Linnavolikogu. Otsuse langetamiseks vajalik informatsioon kavandatava tegevuse võimalike keskkonnamõjude ja nende leevendusmeetmete kohta on KSH analüüsi tulemusena antud.



Joonis 11. LNG terminali kai tarindite asendiskeem.



Joonis 12. LNG terminali kai tarindite asendiplaan: väljavõte ehitusprojektist (EstKONSULT, märts 2015).

Joonis 13 näitab arvatud maksimaalset raadiust suurima plahvatusohuga aladel, millel on kõige tõenäolisemad ja tõsisemad tagajärjed.

Kavandatava veeldatud maagaasi terminali asukoht on Pakri poolsaare kirdeosas. Ohtlikus piirkonnas ei ole terminali ning ühtegi teist kõrge õnnetusohuga A- või B-kategooria ettevõtet sinna ei planeerita. Kavandatava veeldatud maagaasi terminali kaugus tihedalt asustatud piirkonnast on umbes 2,5 km. Terminalile lähim elamurajoon on umbes 1,8 km läänes. Teostatud riskianalüüs näitas, et terminali inimeste jaoks on ohtlik ala 444 meetrit ja hoonetele ohtlik ala elamutest 638 meetrit (vt Joonis 14).

Järeldused

1. LNG terminali ja LNG-ga tankimiste asukohad tuleb valida ohualadest lähtuvalt arvestades kohalike tingimustega.
2. Gaasilise metaani tehnoloogiaseadmetest väljasattumise võib põhjustada inimlik eksimus, tehniline rike või loodusjõud.
3. Suurima tõenäosusega ohustsenaariumiteks on:
 - sadamakail lossimisseadmest lekkinud LNG aurude süttimine;
 - metaaniaurude süttimiselekked korral tehnoloogilisest torustikust;
 - gaasiplahvatus metaani lekke korral hoidlatest;
 - gaasiplahvatus metaani lekke korral tagasigaasistamise seadmest.
4. Avariolukordade tekkimist pole võimalik täielikult välistada. Avariide tagajärgede raskusastet aitavad vähendada valmisolek tegevusteks ning inimeste teadmised ja oskused võimaliku avariolukorra tekkimisel.
5. Arvutiprogrammiga ALOHA on võimalik arvutada ja määratleda orienteeruvad ohualad, kuna arvutiprogramm ei võimalda sisestada mahutite ja hoidalte konstruktsioone. Kõikdes keskkonnamõtjude hindamisest ei lähtuta LNG terminalide konstruktsioonidest.
6. Riskimaatriksi koostamine sõltub lähteandmetest ning seetõttu on orienteeruv. LNG terminalide riskimaatrikseid ei ole koostatud Eesti Vabariigis lähtuvalt ehitusprojektist.
7. Inimesi ohustava õnnetuse stsenaariumi puhul üheks oluliseks faktoriks on ohupiirkonnas viibivate inimeste arv, mis on paljude riskianalüüside puhul määramatuseks. Ohupiirkonnas viibivateks inimestes ei ole ainul naabruses elavad elanikud.

Kokkuvõte

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli hinnata LNG käitlemisega seotud riske ning määrata kindlaks LNG terminaliga seotud ohualad.

Eesmärgi saavutamiseks kasutas autor järgmisi uurimismeetodeid: dokumendianalüüs ja matemaatilised arvutused arvutiprogrammiga ALOHA.

Uurimuse tulemusena selgus, et suurima tõenäolisusega ohustsenaariumiteks on:

- sadamakail lossimisseadmest lekkinud LNG aurude süttimine;
- metaaniaurude süttiminelekke korral tehnoloogilisest torustikust;
- gaasiplahvatus metaani lekke korral hoidlatest;
- gaasiplahvatus metaani lekke korral tagasigaasistamiseseadmest.

Lõputöö eesmärk on saavutanud. Autor leiab omapoolselt, et riskimaatriksi koostamine sõltub lähteandmetest ning seetõttu on orienteeruv ning inimesi ohustava õnnetuse stsenaariumi puhul üheks oluliseks faktoriks on ohupiirkonnas viibivate inimeste arv, mis on paljude riskianalüüside puhul määramatuseks.

LNG laadimisterminalide ohutegurite analüüs näitas, et kõige ohtlikumad õnnetuste arengustsenaariumid tagajärgede osas on tulekahju ja plahvatus. Veeldatud maagaasi õnnetuse kõige tõenäolisem stsenaarium on tulekahju. Samal ajal on veepinnal veeldatud maagaasi tulekahju pindala ja intensiivsus suurem kui sama mahuga maapinnal. LNG lekke ajal tekkiv õhk-gaasiplahvatus ei ole LNG terminalis juhtunud õnnetuse kõige tõenäolisem stsenaarium. Plahvatuse tõenäosus aga suureneb kui LNG seguneb õnnetuse eskaleerumise tagajärjel raskemate atmosfääriõhus levivate komponentidega.

Viidatud allikate loetelu

ALOHA programm

Basic Properties of LNG. GIIGNL <http://www.giignl.org/fr/home-page/lng-basics-safety>, (7.06.2020)

Energiatihedus https://et.mihalicdictionary.org/wiki/energy_density (7.06.2020)

LNG TERMINALI ASUKOHA VALIK OHUALADEST LÄHTUDES, V. Kondratjev, 2013

Peatükk Meetmete sotsiaal-majandusanalüüs, 2015

https://www.envir.ee/sites/default/files/merestrategie_meetmekava_sotsiaalmajanduslike_mojude_hinnang.pdf (5.07.2020)

Retail LNG Process <https://hamzahdjunedoilandgas.com/2017/08/03/small-scale-liquefied-natural-gas-lng/> (5.07.2020)

Thermodynamic and heat transfer analysis of LNG energy recovery for power production, A Franco and C Casarosa, 2014

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу <https://lngas.ru/life-safety-lng/vybrosov-zagryaznyayushhix-veshhestv-v-atmosferu.html> (01.06.2020)

ЕЖЕГОДНЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ РЫНКОВ СПГ КОНЦЕРНА «ШЕЛЛ»

<https://www.shell.com.ru/shell-media-center/shell-news/2021-news-and-media-releases/shells-annual-lng-market-forecast.html> (04.06.2020)

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ПО СНИЖЕНИЮ ЗАТРАТ ДЛЯ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ ПОРТОВ <http://www.aenergy.ae/projects/resheniya-dlya-portov.html>

Конструкционные методы снижения риска при эксплуатации изотермических резервуаров для хранения СПГ <http://vesti-gas.ru/sites/default/files/attachments/vgn-1-29-2017-249-258.pdf> (04.06.2020)

Объекты СПГ: пожары и взрывы <https://lngas.ru/life-safety-lng/obekty-spg-pozhary-vzryvy.html> (01.06.2020)

Опасные факторы на объектах СПГ <https://lngas.ru/life-safety-lng/opasnye-factory-obekty-spg.html> (01.06.2020)

Охрана окружающей среды <https://lngas.ru/life-safety-lng/oxrana-okruzhayushhej-sredy.html> (01.06.2020)

Охрана труда и техника безопасности <https://lngas.ru/life-safety-lng/oxrana-truda-texnika-bezopasnosti-spg.html> (01.06.2020)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В
КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА В РОССИИ
<https://neftegas.info/upload/iblock/96f/96f6af13cb3c03bc567cecbb113a0203.pdf>
(04.06.2020)

Применение СПГ <https://lngas.ru/use-lng> (28.05.2020)

Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для работ по производству, транспортировке и регазификации сжиженного природного газа (СПГ)
https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/e403c906-a943-483e-8934-e00468837c8d/Russian_LNG.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-e403c906-a943-483e-8934-e00468837c8d-IJunZF8 (28.05.2020)

LISAD



Joonis 13



Joonis 14

Tabel 14

Ohuala liigitus	Lühiajaline (kuni 20 sek) soojuskiirgus kW/m ²		Keskpikk (kuni 100 sek) soojuskiirgus kW/m ²	Pikaajaline (üle 15 min) soojuskiirgus kW/m ²
	Inimesi ohustav tase	Ehitisi ohustav tase	Inimesi ohustav tase	Ehitisi ohustav tase
Eriti ohtlik ala	309	246	381	407
Väga ohtlik ala	501		560	
Ohtlik ala	560		789	

Tabel 15

Ohuala liigitus	Ülerõhk (inimesi ohustav tase)	Ülerõhk (ehitisi ohustav tase)
Eriti ohtlik ala	42	62
Väga ohtlik ala	54	92
Ohtlik ala	76	282

Tabel 16

Ohuala liigitus	Lühiajaline (kuni 20 sek) soojuskiirgus kW/m ²		Keskpikk (kuni 100 sek) soojuskiirgus kW/m ²	Pikaajaline (üle 15 min) soojuskiirgus kW/m ²
	Inimesi ohustav tase	Ehitisi ohustav tase	Inimesi ohustav tase	Ehitisi ohustav tase
Eriti ohtlik ala	204	163	250	269
Väga ohtlik ala	331		370	
Ohtlik ala	370		521	

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina _____ Nadezda Abašina _____ (autori nimi)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

LNG terminalide rajamistest Eesti sadamates

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on _____ Arvo Käär _____
(juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

__24.07.2021____ (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.