

**VESINIKU
TOOTMISKOMPLEKSI
ÕNNETUSJUHTUMITE
RISKIANALÜÜS**

Vändra Metskond 32, Metsaküla,
Põhja-Pärnumaa vald, Pärnu maakond

Tallinn

2024

Sisukord

Üldosa	3
1. Analüüsi lähteandmed	4
1.1 Riskianalüüsi metoodika.....	4
1.2 Kasutatud mõisted	8
1.3 Kavandatava käitise kirjeldus	9
1.3.1. Asukoht.....	9
1.3.2. Lähikümbrus.....	9
1.3.3. Kavandatava tegevuse kirjeldus.....	9
2. Võimalike õnnetusjuhtumite kirjeldus	12
2.1. Varasemalt toimunud õnnetusjuhtumid	12
2.2. Käitise võimalikud õnnetusjuhtumid	12
3. Vesiniku paiksetest seadmetest gaasi leke ja süttimine	13
4. Õnnetuste ennetamine ja reageerimine	15
5. Kokkuvõte	16
5.1. „Kemikaaliseaduse kohase planeeringute ja ehitusprojektide kooskõlastamise otsuse tegemine“	16
Lisa 1. Mahutist lekkinud vesiniku ohualade arvutuskäik	17

Üldosa

Käesoleva riskianalüüsi koostamise eesmärk oli välja selgitada ja hinnata kavandatava vesiniku tootmiskompleksi, aadressiga Vändra Metskond 32, Metsaküla, Põhja-Pärnumaa vald esineda võivaid õnnetusi ja nende tekkimise tõenäosust, saamaks ülevaate sellest, mis ohustab inimeste elu ja tervist, tekitab ulatuslikku majanduslikku kahju ja kahjustab märkimisväärselt keskkonda.

Riskianalüüsi sisendiks on tellija poolne informatsioon kavandatava tootmisüksuse kohta. Riskianalüüsi väljundiks on võimalike stsenaariumite ja õnnetusjuhtumite kirjeldused, nende ennetamiseks olemasolevate ja vajalike meetmete kaardistamine ning võimalike sündmuste tagajärgede kirjeldamine ümbritsevale keskkonnale, ehitistele ja inimestele.

Tuvastatud riskide analüüsimisel:

- toodi välja peamised algpõhjused
- määratleti õnnetusjuhtumite erinevate algpõhjuste tõenäosused,
- arvutati tarkvara abil ohualad,
- hinnati ohuala ulatuse järgi tagajärgede suurust ja raskusastet,
- määratleti õnnetusjuhtumile riskiklass,
- kirjeldati algsündmuste ärahoidmiseks vajalikud ennetusmeetmed,
- hinnati ohutuse taset võrreldes tuvastatud ohte ning rakendatavaid õnnetust ennetavaid ja tagajärgi leevendavaid meetmeid.

Riskianalüüsi esimeses peatükis on kirjeldatud töö aluseks olevat metoodikat. Teises peatükis kirjeldatakse võimalikke stsenaariume. Kolmandas peatükis analüüsitakse tuvastatud juhtumite toimumisi (sh määratakse toimumise tõenäosus, arvutatakse ohuala, kirjeldatakse tagajärgi). Neljandas peatükis on kaardistatud ennetavad ja võimalikke tagajärgi leevendavad meetmed. Viiendas peatükis on koostatud kokkuvõte, kus tuvastatud ohuolukordade ja kasutusel olevate ennetus- ja leevendusmeetmete taustal hinnatakse ohutuse taset. Lisaks on kokkuvõttes välja toodud käitise riskide prioriteetsus. Lisades on kajastatud ohualade arvutused.

Riskianalüüsi koostaja: Rain Kurg: Storkson OÜ konsultant.

1. Analüüsi lähteandmed

1.1 Riskianalüüsi metoodika

Riskianalüüsi koostamisel on lähtutud Kemikaaliseaduse §23 lg 8 alusel kehtestatud Majandus- ja taristuministri 01.03.2016 määrusest nr 18 „Nõuded ohtliku ja suurõnnetuse ohuga ettevõtte kohustuslikele dokumentidele ja nende koostamisele ning avalikkusele edastatavale teabele ja õnnetusest teavitamisele” ja planeeritava objekti ehitistest, selles toimuvatest protsessidest ja tegevustest ning lähiümbrusest. Riskianalüüsi alusmaterjaliks on tellija poolne informatsioon kavandatava tootmisüksuse kohta.

Riskianalüüs on koostatud järgnevate etappide käigus:

- teabe kogumine,
- võimalike õnnetuste väljaselgitamine
- võimalike õnnetuste tõenäosuste väljaselgitamine
- võimalike õnnetuste tagajärgede hindamine
- riskiklasside määramine ja riskide järjestamine
- ennetusmeetmete kaardistamine
- riskianalüüsi vormistamine

Käesoleva riskianalüüsi metoodika on kombineeritud lähtuvalt analüüsi tulemi sobivust, konkreetsust ja asjakohasust silmas pidades.

Vesiniku põhised õnnetusjuhtumid ja nende algsündmused on saadud erialasest kirjandusest (viited tekstis).

Ohualad on arvutatud ALOHA programmiga, mis on USA Keskkonnakaitse agentuuri poolt koostatud vabatarkvara ohualade hindamiseks.

Ohualasid ei saa tõlgendada lõpliku tõena. Tulemused on illustratiivse tähendusega, andes üldise ülevaate võimaliku õnnetuse toimumisel tekkiva ohuala ulatusest.

Arvutustulemuste puhul tuleb arvestada vähemalt järgmiste mõõndustega:

- tugeva tuule mõjul ohualade suurused oluliselt ei muutu, mistõttu ei ole ohualade kalkuleerimisel arvestatud ettevõtte geograafilises asukohas valitseva tuulte roosiga ja muude kliimatiliste tingimustega (nt: niiskus, rõhk, inversiooni väärtus jne),
- arvutustes, olenemata tinglikult „põleva“ objekti tegelikust paiknemisest kiiritavate objekti suhtes lähtutakse eeldusest, et mõlemad objektid paiknevad üksteise suhtes ühel ja samal kõrgusel.

Vesiniku tootmiskompleksi riskianalüüs

Õnnetuse tagajärgede ulatuse hindamisel lähtuti Majandus- ja taristuministri 01.03.2016 määrus nr 18 „Nõuded ohtliku ja suurõnnetuse ohuga ettevõtte kohustuslikele dokumentidele ja nende koostamisele ning avalikkusele edastatavale teabele ja õnnetusest teavitamisele” lisas avaldatud parameetritest.

Tabel 1. Töenäosuste hindamise kriteeriumid.

Töe- näosus -aste	Töe- näosus	Toimumis- sagedus	Töenäosus 1 a. jooksul	Selgitus
1	Väga väike	Harvemini kui kord 50 aasta jooksul	<0,05%	1 võimalus 100 000 kuni 1 võimalus 10 000, et hädaolukord leiab aset 1 aasta jooksul; <0,0005
2	Väike	Kord 25 - 50 aasta jooksul	0,05% kuni 0,5%	1 võimalus 10000-st kuni 1 võimalus 1000-st, et hädaolukord leiab aset 1 aasta jooksul; 0,0005- 0,005
3	Kesk- mine	Kord 10 - 25 aasta jooksul	0,5% kuni 5%	1 võimalus 1000-st kuni 1 võimalus 100-st, et hädaolukord leiab aset 1 aasta jooksul; 0,005- 0,05
4	Suur	Kord 1 kuni 10 aasta jooksul	5% kuni 50%	1 võimalus 100-st kuni 1 võimalus 10-st, et hädaolukord leiab aset 1 aasta jooksul 0,05- 0,5
5	Väga suur	Sagedamini kui kord aastas	>50%	suurem kui 1 võimalus 10-st, et hädaolukord leiab aset 1 aasta jooksul >0,5

Tabel 2. Tagajärgede hindamise kriteeriumid.

RASKUS-ASTE	TAGAJÄRG	TAGAJÄRJE VALDKOND	KRITEERIUM
A	Vähe-tähtis	Inimeste elu ja tervis	Töötajatel tervisekahjustusi ei esine.
		Vara	Majanduslik kahju vara hävimise tulemusel < 5 000 €.
		Loodus-keskkond	Puudub või on tähtsusetu.
B	Kerge	Inimeste elu ja tervis	1-3 töötajal kerged tervisehäired ja vigastused, mis ei vaja haiglaravi ning millega ei kaasne jäädavaid kahjustusi. Võib vaja minna esmaabi.
		Vara	Majanduslik kahju vara hävimise tulemusel 5000-50 000 €.
		Loodus-keskkond	Lühiajalised kahjustused, mille mõju kaob kohe peale päästetööde lõpetamist. Sündmuskoha piirang ainult päästetööde ajaks.
C	Raske	Inimeste elu ja tervis	1-3 töötajat vajavad haiglaravi (alla 5 päeva) või esinevad jäädavad tervisekahjustused. Kahjulik mõju nii kinnistul kui võimalik levik väljapoole territooriumi.
		Vara	Majanduslik kahju vara hävimise tulemusel 50 000-500 000 €.
		Loodus-keskkond	Täielikult taastuvad lühiajalised kahjustused, millel on väheohtlik mõju ka päästetööde järgselt. Sündmuskoha piiramine kuni mõju täieliku kadumiseni.
D	Väga raske	Inimeste elu ja tervis	Oluline õnnetus, mille tagajärjel vajavad enam kui kolm inimest haiglaravi kestusega üle 5 päeva või olukord, mis lõpeb töötaja surmaga või kus kannatanute arv ületab piirkonda teenindava tervishoiuasutuse võimalused. Vajalik ettevõtte (sh kõrvalasuvate) töötajate evakueerimine päästeameti kaasamisel.
		Vara	Majanduslik kahju vara hävimise tulemusel 500 000-2 mln. €.
		Loodus-keskkond	Keskkonna pikaajaline või tõsine kahjustus, kuid on taastuv või taastatav. Sündmuskoha pikaajalised kasutamise piirangud.
E	Katas-troofi-line	Inimeste elu ja tervis	Mitme töötaja surm ja/või ettevõttega mitte seotud inimeste surm. Vajalik asustatud piirkonna evakueerimine.
		Vara	Majanduslik kahju vara hävimise tulemusel > 2 mln. €.
		Loodus-keskkond	Taastumatu ja taastamatu või lokaalset elukeskkonna hävingut põhjustav kahju.

Riskimaatriks (tabel 3) võimaldab järjestada riskiobjekte ja liigitada neid riskiklassidesse, sõltuvalt sündmuse toimumise tõenäosusest ja tagajärgedest. Riskimaatriks lubab ka tinglikult võrrelda nende sündmuste riske, mille tõenäosus on väike, aga tagajärjed rasked, teistega, mille puhul on vastupidi. Eelnevalt kirjeldatud õnnetuste tõenäosuse ja tagajärje tähe ning numbri kombinatsiooni alusel määratakse konkreetse õnnetuse riskiklass.

Tabel 3. Riskimaatriks

TÕENÄOSUS	5	5A	5B	5C	5D	5E
	4	4A	4B	4C	4D	4E
	3	3A	3B	3C	3D	3E
	2	2A	2B	2C	2D	2E
	1	1A	1B	1C	1D	1E
		A	B	C	D	E
TAGAJÄRG						

Rohelisse tsooni jäävad õnnetused, mis ei kuulu prioriteetsete õnnetuste nimekirja ning mis on kas tõhusate ennetusmeetmetega välditavad või nende tagajärgede likvideerimiseks piisab ettevõtte enda ressurssidest. Rohelise tsooni õnnetustel on väga väike (minimaalne) tõenäosus väga raske tagajärjega õnnetuse tekkimiseks. Tagajärjed pigem puuduvad või on tähtsusetud.

Kollasesse tsooni kuuluvad õnnetused, mis on valdavalt kergete või raskete tagajärgedega, kuid millel võivad väga väikese tõenäosuse korral olla katastroofilised tagajärjed, mille likvideerimiseks on vaja lisaks täiendavat abijõudu. Kollase tsooni õnnetuste tagajärgede likvideerimise või leevendamise meetmed ja selleks vajalik ressurss planeeritakse ettevõtte hädaolukorra lahendamise plaanis.

Punane tsoon on valdavalt väga raskete või katastroofiliste tagajärgedega suurõnnetused, mille toimumissagedus on kas väike, keskmine, suur või väga suur. Tagajärgede likvideerimiseks on lisaks kohalikele ressurssidele vaja kaasata pääste, kiirabi ja politsei ressursse (edaspidi abijõude). Tagajärgede likvideerimise või leevendamise meetmed ja selleks vajalik ressurss planeeritakse ettevõtte hädaolukorra lahendamise plaanis.

1.2 Kasutatud mõisted

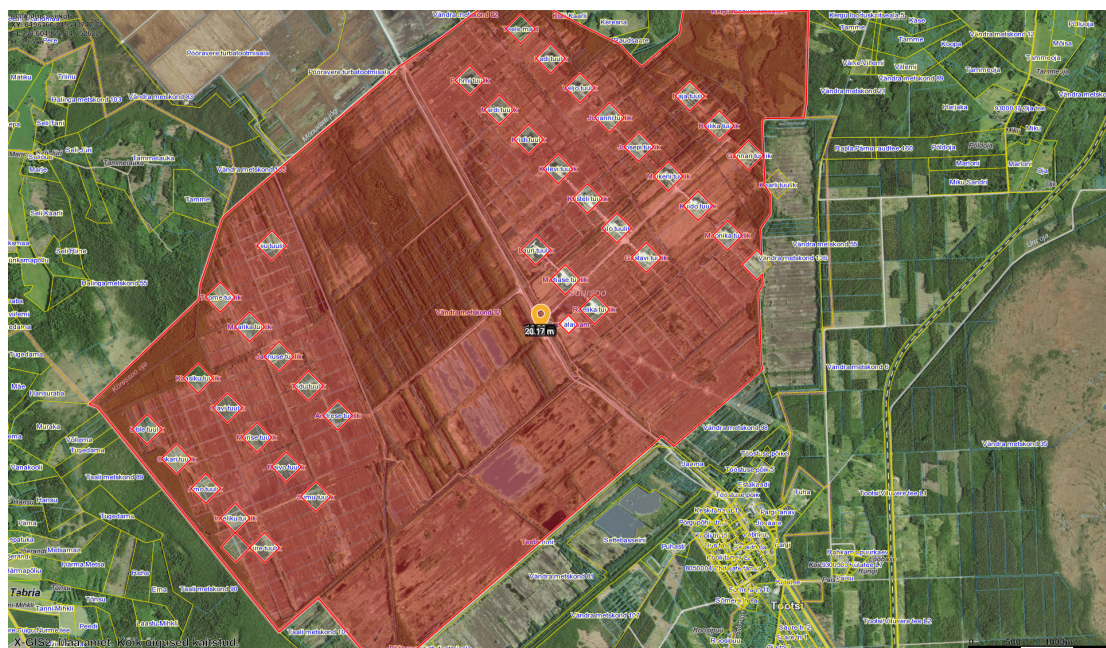
Tabel 4. Mõisted

Algsündmus	Olukord, kus kõrvalekalle normaalsest toimivusest põhjustab õnnetuse või algatab õnnetust põhjustavate sündmuste ahela.
BLEVE	<i>Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion</i> ; keeva vedeliku aurupilve plahvatus
Doominoefekt	Õnnetusjuhtumi kandumine ahelreaktsioonina selle mõjualas (ohualas) asuvate objektideni, põhjustades nendes järgneva õnnetuse.
Hädaolukord	Sündmus või sündmuste ahel, mis ohustab paljude inimeste elu või tervist või põhjustab suure varalise või keskkonnakahju või tõsiseid ja ulatuslikke häireid elutähtsa teenuse toimepidavuses ning mille lahendamiseks on vajalik mitme asutuse või nende kaasatud isikute kooskõlastatud tegevus.
Katastroof	Hävingulise toimega sündmus, mis seab ohtu inimeste elu, tervise, loodus- või tootmiskeskonnale ja mis seisneb paikkonna keemilises, radioaktiivses või muus saastumises; tööstuslikus suurõnnetuses, sealhulgas elektrijaamade ja kaevanduste, samuti gaasijuhtmete, side-, kommunaal- või elektrivõrkude avariis; ulatuslikus tulekahjus või plahvatuses; ulatuslikus transpordiõnnetuses; muus ulatuslikus õnnetuses või avariis.
Oht	Nähtus või sündmus, mis teatud juhtudel võib põhjustada hädaolukorra.
Ohuala	Ala, mille piires tekib käitises toimunud õnnetuse korral oht inimeste elule ja tervisele või varale. Ro: Ohtliku ala välispiiri kauguse tähistus ohtlikust objektist. Rv: Väga ohtliku ala välispiiri kauguse tähistus ohtlikust objektist Re: Eriti ohtliku ala välispiiri kauguse tähistus ohtlikust objektist.
Ohuallikas	Riskiobjekti nähtus, mis võib teatud tingimustel põhjustada õnnetuse (inimene, vahend, infrastruktuuri element, protsess jms). Ohuallikad võivad olla paiksed, liikuvad, asukohata või sotsiaalsed.
Risk	Võimalus, et oht põhjustab realiseerumisel mingi aja jooksul hädaolukorra (hädaolukorra toimumise tõenäosuse ja võimalike tagajärgede tulemus).
Riskiklass	Hädaolukorra toimumise tõenäosuse ja tagajärgede raskusastmete põhjal igale analüüsitud hädaolukorrale antud numbri ja tähe kombinatsioon.
Riskimaatriks	Ristkülikukujuline tabel, millesse on riskide võrdlemiseks kantud õnnetused, mis võivad põhjustada hädaolukordi.
Suurõnnetus	Õnnetus, mis teatud tasandil võib areneda hädaolukorraks.
Sündmus	Olukord, mille lahendamiseks kaasatakse operatiivjõude (sh pääste, politsei ja kiirabi).
Tagajärg	Õnnetusest tingitud kahju elule ja tervisele, keskkonnale, elutähtsate teenuste toimimisele, keskkonnale või varale.
Tagajärgede raskusaste	Tunnus, mille järgi rühmitatakse õnnetuste tagajärgi nende poolt tekitatud kahju suuruse järgi.
Tõenäosus	Mõõdetavate kriteeriumide põhjal eeldatav õnnetuste esinemissagedus teatud ajaperioodi vältel.
Õnnetus	Ootamatu ja ette kavatsemata sündmus, mis kahjustab elu ja tervist, elutähtsat teenust, keskkonda või vara ning võib üle minna hädaolukorraks.
Õnnetuse tõenäosus	Õnnetuse toimumise võimalikkuse kvantitatiivne hinnang.

1.3 Kavandatava käitise kirjeldus

1.3.1. Asukoht

Kavandatav käitis on planeeritud Pärnu maakonda, Põhja-Pärnumaa valda, Metsakülasse, Vändra Metskond 32 kinnistul selleks eraldatud alale (vt. joonis 1). Kavandatud rohevesiniku tootmiskompleks paikneb kinnistut läbiva tee servas (Sopi alajaama kinnistust ca 160 m läänes). Kinnistule pääseb Tootsi asula (lõunast) või Metsavere küla kaudu (põhjast).



Joonis 1. Vesiniku tootmiskompleksi kavandatav asukoht.

1.3.2. Lähikümbus

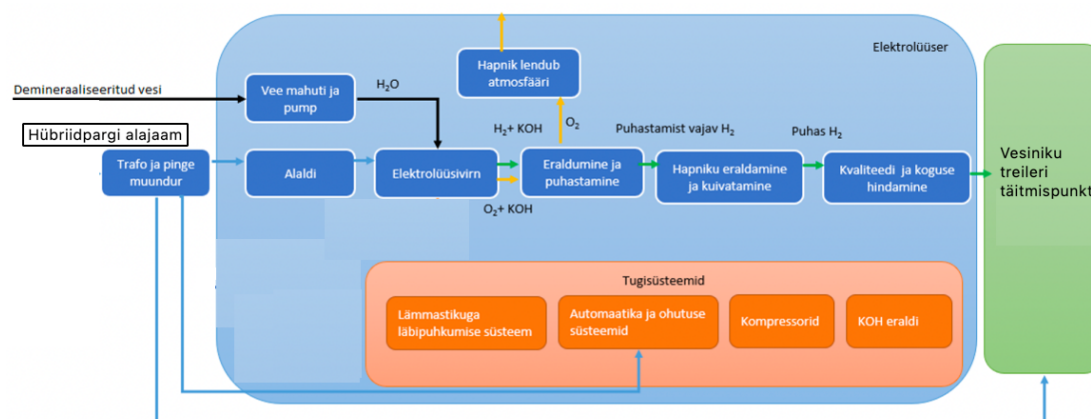
Kavandatava tootmisüksuse lähikümbuse moodustab ammendunud turbamaardla. Lähedusse rajatakse ka tuulepark ja tuulepargi alajaama.

1.3.3. Kavandatava tegevuse kirjeldus

Rohevesinik toodetakse aluselise elektrolüüsiga. Selles protsessis vee molekul lõhustatakse vesinikuks ja hapnikuks. Maksimaalsel töövõimsusel eraldub protsessist hapnikku 71,5 kg/h, mis suunatakse atmosfääri. Õhus on keskmiselt 273,6 g/m³ hapniku. Täisvõimsusel elektrolüüsi käigus lisandub ca 6 ... 7 % hapnikku ühe kuupmeetri kohta, mis olenevalt tuule tugevusest hajub ega tekita olulist õhu koostise muutust.

Vesiniku tootmiskompleksi riskianalüüs

Vesiniku tootmisüksus (skeemi vt joonis 2) paigaldatakse merekonteinerisse, kus on elektrolüüser koos vesiniku puhastusseadmega, alaldi, automaatika (PLC), jahutusseadmed, lämmastikuballoonid, vee mahuti, vesiniku kvaliteeti hindamise seadmed ja suruõhukompressorid. Elektrolüüs toimub elektrolüüseris, mille põhikomponendiks on elektrolüüsivirn (*ingl. k. electrolysis stack*). Elektrolüüseris kasutatakse alalisvoolu ja 30% KOH vesilahust elektrolüüdina.



Joonis 2. Rohevesiniku tootmise skeem.

Tehnoloogias kasutatakse järgmisi seadmeid-sõlmi (sh hinnanguline vesiniku hulk seadmes):

- elektrolüüser (1 kg) ja vesiniku puhastusplokk (1 kg), teiste seadmetega ühendamiseks kasutatakse torustikku siseläbimõõduga 5 mm, rõhk süsteemi selles osas kuni 32 bar;
- jahutusseadmed ja puhvermahuti (kokku 2 kg; torustik siseläbimõõduga 5 mm, rõhk kuni 32 bar), veepuhasti, lämmastiku ja õhu kompressorsüsteem (vesinikku nendes süsteemi osades ei ole), juht- ja kontrollpaneel;
- vesiniku kontrollplokk torustike ja juhtklappidega elektrolüüseri ja vesinikukompressori vahel; torustik siseläbimõõduga 9,1 mm, rõhk süsteemi selles osas kuni 32 bar (vesinik ainult torustikus);
- vesiniku kompressor (ligikaudne vesiniku kogus 2,5 kg), torustik siseläbimõõduga 9,1 mm, ühendus erinevate hoidlatega, rõhk süsteemi selles osas 520 bar;
- vesiniku kõrgrõhuhoidla (mahutab kuni 87 kg vesinikku), koosneb 3 x 18 x 50 L anumatest, kogumaht 2,7 m³, torustik siseläbimõõduga 9,1 mm, ühendus kompressori ja vesinikutankuriga, rõhk süsteemi selles osas kuni 520 bar;
- vesinikutankur (vesinik ainult torudes), torustik siseläbimõõduga 9,1 mm, ühendus kõrgrõhuanumaga, rõhk kuni 520 bar;
- vesiniku madalrõhu transpordikonteiner (mahutab kuni 450 kg vesinikku), koosneb 9 toruballoonist, mis on jagatud kolmeks survepangaks; torustik siseläbimõõduga 9,1 mm, maksimaalne rõhk 450 bar.

Elektrolüüsi käigus jääb alles alla 1% esialgsest veest (tegemist on protsessis tekkiva heitveega), mis on puhas ja suunatakse käitise eelvoolu.

Vesiniku tootmiskompleksi riskianalüüs

Saadud vesinik surutakse kompressoris kokku ning salvestatakse mahutitesse. Toodetud vesinik kogutakse kõrgrõhuhoidlasse ning sealt edasi transpordimahutisse (2 mobiilset konteinerit, a' 450 kg vesinikku) ja tankurisse. Vesiniku üheaegne maksimaalne hoiustamise kogus on $87 + 2 \times 450 = 987$ kg.

Vesiniku olulisemad omadused on kajastatud tabelis 5.

Tabel 5. Vesiniku olulisemad omadused.

Kemikaal	Vesinik
CAS nr	1333-74-0
Keemiline valem	H ₂
Tihedus	0,084
Keemispunkt	-253°C
Sulamispunkt	-259°C
Isesüttimistemperatuur	560°C
Plahvatuspiirkond	4,7 ... 77%

2. Võimalike õnnetusjuhtumite kirjeldus

2.1. Varasemalt toimunud õnnetusjuhtumid

Õnnetuste üle peetakse arvestust H2Tools-i kodulehel, kus on registreeritud alates 2006. aastast 11 vesiniku tanklaga seotud õnnetust ning 4 vesiniku tootmise ja 4 hoiustamisega seotud juhtumit. Viimane registreeritud juhtum toimus 2019. aastal.

Lisaks kogub Rootsi Gaasiliit (Energigas Sverige) statistilisi andmeid erinevate energiagaasidega seotud õnnetuste ja vahejuhtumite kohta Rootsis. Kogutud info põhineb Rootsi Gaasiliidu liikmesettevõtete aruannetel ja ajakirjanduses ilmunud artiklidel. Statistika kajastab maagaasi, biogaasi, LPG, sõidukigaasi, vesiniku ja vedela metaaniga seotud õnnetusi ja vahejuhtumeid. 2022. aastal oli Rootsis 111 energiagaasidega seotud vahejuhtumit, millest kaks juhtumit oli seotud vesinikuga. 2021. aastal oli Rootsis 143 energiagaasidega seotud vahejuhtumit, nendest kaks seotud vesiniku tootmise ja käitlemisega.

2.2. Käitise võimalikud õnnetusjuhtumid

Võimalike õnnetusjuhtumite määratlemisel on kasutatud J. Veres, T. Ochodek ja J. Kolonic raportit „Safety Aspects of Hydrogen Fuelling Stations,“¹.

Raporti kohaselt on võimalikud peamiselt vesiniku lekked torustikust ja seadmetest (kompressor, elektrolüüser), millede korral tekib sündmuskohta õhu ja vesiniku segune süttimisohtlik keskkond.

0,5 MW elektrilise võimsusega elektrolüüsiseade võimaldab toota u 9 kg vesinikku tunnis. Antud koguse lekkimisel (N: membraani väsimine) võib eralduda väheses koguses vesinikku, mis hajub kiirelt atmosfääri.

Kompressori ja tankuri seadmete rikenemise korral on lekke maht piiratud (automaatika sulgeb pealevoolu, sh kompressori), mille tõttu on ka nende sündmuste puhul süttimisohtliku gaasipilve tekkimine minimaalne.

Olulisemat mõju võib tekitada suuremahuline vesiniku leke. Suuremas koguses hoitakse vesinikku kõrgrõhuhoidlas, kus vesinikku hoitakse

¹ Energy and Environmental Technology Centre, Energy Research Centre, VSB-TU Ostrava, 708 00 Ostrava Poruba, Czech Republic; kd. 91, pp. 49-54, 2022

3. Vesiniku paiksetest seadmetest gaasi leke ja süttimine

Vesinik toodetakse elektrolüüseriga, mille elektriline tarbimisvõimsus on 0,5 MW_e. Elektrolüüsiplokk on konteinerlahendusega. Lisaks elektrolüüsiplokile on ette nähtud piisava võimsusega alajaam, toorvee puhastusseade, vesiniku puhastusplokk, jahutusseadmed, puhvermahuti, kompressorsüsteem ning juht- ja kontrollpaneel.

Vesiniku tootmisel elektrolüüsi protsessiga puuduvad saasteainete heited õhku – ainukeseks jäägiks on elektrolüüsil tekkiv hapnik, mis hajub atmosfääri. Toodetud vesinik kogutakse kõrgrõhuhoidlasse.

Algsündmused

Kompressorsüsteemi võimalikud rikked tulenevad peamiselt mehaaniliste osiste väsimistest ja rikkemistest. Võimaliku tulekahju korral, kus soojuskiirgus võib kuumutama hakata surveballoone (teadaolevatel andmetel terasest survemahutid), avanevad ballooni gruppide avariiklapid, ning gaas paiskub atmosfääri, kus see välise tulekahju tõttu süttib.

Arvestatud on, et gaas paikneb erinevates ballonigruppides ja maksimaalne leke pärineb ühest mahutist, mis võib aktiveerida analoogse sündmuse teiste mahutitega. Selle tõttu on antud kontekstis kõrgsurvehoidlas toimuva tulekahju korral järeltada 50 liitri mahuti lekkest tingitud ohu ulatust ja mõjuala.

Tõenäosus

Kompressori purunemise tõenäosus:

- Täielik purunemine (tihendiga): 1×10^{-4} aastas (0,0001; 1; väga väike)
- Täielik purunemine (tihendita): 1×10^{-5} aastas (0,00001; 1; väga väike)
- Leke 10% diameetrist (tihendiga): $4,4 \times 10^{-3}$ aastas (**0,0044; 2; väike**)

Ohuala määramisel on arvestatud ühe survemahuti maksimaalse vesiniku kogusega.

Tabelis on kajastatud antud sündmuse ohualad.

Tabel 6. Vesiniku lekke ohualad.

Ohuala liigitus ja definitsioon	Süttimis-ohu ala	Plahvatuse ülerõhk	Keskpikk (kuni 100 s) soojuskiirgus	Pikaajaline (üle 15 min) soojuskiirgus
			Inimesi ohustav tase	Ehitisi ohustav tase
Eriti ohtlik ala	21 m	19 m	<10 m	<10 m
Väga ohtlik ala		21 m	<10 m	
Ohtlik ala		40 m	<10 m	

Vesiniku tootmiskompleksi riskianalüüs

Vesiniku kõrgsurvehoidla asukohaks on XY: 6496355.50, 543738.21. Olulisimat ohtu võib kõrgsurvemahutist vesiniku lekke korral kujutada lekkinud gaasi plahvatuse ülerõhk. Eriti ohtlikus alas võib esineda ülerõhk 24 kPa, väga ohtlikus alas 16 kPa ja ohtlikus alas 5 kPa.

Ohualad on kajastatud joonisel 3.



Joonis 3. Lekkinud vesiniku gaasipilve plahvatuse ülerõhu ohualad (Re: 19 m, Rv: 21 m, Ro: 40 m). Allikas: maa-ameti kaardirakendus.

Tagajärgedeks vahemahutist lekkinud vesiniku korral on ohustatud kogu tootmisüksus. Kõrvalisi objekte ohualas ei ole. Ohustatud võivad olla käitist teenindavad inimesed (kuni 2 inimest). Varaline kahju võib ületada 500 000.- EUR piiri. Keskkond ei kahjustu. **Riskiklass 2D.**

Võimaliku põlengu korral võivad kahjustuda teiste mahutite kaitsemehhanismid ning sündmus võib korduda, st sündmuse toimumise aeg pikeneb, aga ohuala ei suurene.

Ennetusmeetmed: vt ptk 4.

4. Õnnetuste ennetamine ja reageerimine

Rohevesiniku tootmise projektiga kavandatakse paigaldada kõige kaasaegsem tootmistehnoloogia, mille tootjad on tõestanud võimekust tarnida madala riskitasemega seadmeid ning ala ja seadmed varustatakse täiendavate järelevalve ja tuvastuse seadmetega (termokaamerad ja H₂ lekkeandurid).

Käitaja koostab ning rakendab vesiniku tootmisele ja tankimisele ohutusjuhendid, hädaolukorra lahendamise plaani ning tagab personali koolitamise ohutute tövõtete kasutamiseks ja ohu korral käitumiseks.

Käitamisel tagatakse nõuetekohane hooldus ja ettenähtud sagedusega nn kriitiliste osade väljavahetamine. Hooldust teeb vastav personal.

Tootmiseseadmed on rahvusvaheliste standardite kohaselt varustatud spetsiaalse anduri ja ventiiliga, mis vabastab kontrollitud kiirusel ja koguses vesiniku niipea, kui temperatuur on tõusnud üle 110°C. See vähendab plahvatuse ohtu ja piirab tulekahju korral selle levikut. Samuti koostatakse tehnoloogiline protsess, kuidas turvaliselt sulgeda tootmine vesiniku lekke avastamisel.

Ala on ümbritsetud aiaga ning varustatud videovalvega.

Korrapärane seadmete hooldus, koolitatud personal ja tankuri kasutajatele ette nähtud selgete juhiste korral on tootmiskompleksist tulenevad ohud minimeeritud.

5. Kokkuvõte

Vesiniku tootmiskompleks on planeeritud Vändra Metskond 32 kinnistule, Metsakülas, Põhja-Pärnumaa vallas. Vesiniku tootmisüksus paigaldatakse merekonteinerisse, kus on elektrolüüser koos vesiniku puhastusseadmega, alaldi, automaatika (PLC), jahutusseadmed, lämmastikuballoonid, vee mahuti, vesiniku kvaliteeti hindamise seadmed ja suruõhukompressorid.

Toodetud vesinik kogutakse kõrgrõuhoidlasse (mahutab kuni 87 kg vesinikku) ning sealt edasi transpordimahutisse (2 mobiilset konteinerit, a' 450 kg vesinikku).

Paiksetest seadmetest on olulisim ohuallikas kõrgrõuhoidla, millest võimaliku vesiniku lekke korral tekib sündmuskohta plahvatusohtlik gaasipilv. Gaasipilve plahvatuslikul süttimisel tekib ülerõhk, mille ohualad on: Re: 19 m, Rv: 21 m, Ro: 40 m. Antud sündmuse korral on ohustatud peamiselt käitise enda seadmed ja ehitised.

Ette on nähtud parim teadaolev tehnoloogia, töötajate pädevuse tagamine, korrapärase hooldused ja selged juhendid.

Õnnetusjuhtumitele reageerimine ja tehnoloogilised lahendused kajastatakse käitise „Hädaolukorra lahendamise plaanis“.

5.1. „Kemikaaliseaduse kohase planeeringute ja ehitusprojektide kooskõlastamise otsuse tegemine“

Paiksetest seadmetest tulenevad ohud, mis võivad naabruses paiknevaid (planeeritavaid) ehitisi (sh nendes paiknevaid inimesi) ohustada: **puuduvad**.

Päästeameti juhendi kohaselt on käitise rajamine: **lubatud**.

Lisa 1. Mahutist lekkinud vesiniku ohualade arvutuskäik

SITE DATA:

Location: ESTONIA

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: HYDROGEN

CAS Number: 1333-74-0

Molecular Weight: 2.02 g/mol

PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm

LEL: 40000 ppm UEL: 750000 ppm

Ambient Boiling Point: -252.8° 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: 3.5 meters/second from SW at 10 meters

Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 6.4° C

Stability Class: C

No Inversion Height

Relative Humidity: 82%

SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 0.25 meters

Tank Length: 1.02 meters

Tank Volume: 50 liters

Tank contains gas only

Internal Temperature: 6.4° C

Chemical Mass in Tank: 2.28 kilograms

Internal Press: 520 atmospheres

Circular Opening Diameter: 0.9 centimeters

Release Duration: 1 minute

Max Average Sustained Release Rate: 37.8 grams/sec

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 2.27 kilograms

THREAT ZONE (SÜTTIMISOHU ALA):

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud

Model Run: Gaussian

Red : 21 meters --- (24000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)

THREAT ZONE (GAASIPILVE PLAHVATUSE ÜLERÕHK):

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: congested

Model Run: Gaussian

Red : 19 meters --- (24000 pascals)

Orange: 21 meters --- (16000 pascals)

Yellow: 40 meters --- (5000 pascals)

SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank

Flammable chemical is burning as it escapes from tank

Tank Diameter: 0.25 meters

Tank Length: 1.02 meters

Tank Volume: 50 liters

Tank contains gas only

Internal Temperature: 6.4° C

Vesiniku tootmiskompleksi riskianalüüs

Chemical Mass in Tank: 2.28 kilograms

Internal Press: 520 atmospheres

Circular Opening Diameter: 0.9 centimeters

Flame Length: 1 meter

Burn Duration: 20 seconds

Burn Rate: 1.31 kilograms/sec

Total Amount Burned: 2.27 kilograms

THREAT ZONE (JUGALEEGI SOOJUSKIIRGUS):

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire

Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (25 kW/(sq m))

Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (10 kW/(sq m))

Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (8 kW/(sq m))