

Ulvilan kaupunki
Keskustaajaman yleiskaava 2045

PIRUNKYNNEN ALUEEN

SUURONNETTOMUUSRISKISELVITYS



SITOWISE

30.4.2024

Tilaaja

Ulvilan kaupunki

PL77, 28401 Ulvila

Juha Virola

Kaupunkisuunnittelun johtaja

etunimi.sukunimi@ulvila.fi

Konsultti

Sitowise Oy

Vuolteenkatu 2, 33100 Tampere

Puh. 0207476000

etunimi.sukunimi@sitowise.com

Maarit Virkkunen / Projektipäällikkö

Eliisa Kuusama / Tekijä

Jani Halonen / Tekijä

Panagiotis Toledos / Tekijä

Arttu Sjöstedt / Sisäinen laadunvalvonta

Päivämäärä: 30.4.2024

Sisällysluettelo

1	Tausta ja tavoitteet.....	4
2	Työn toteutus.....	4
3	Tuotantolaitosten sijoittaminen	4
4	Tukesin ohjeistus.....	4
5	Kemikaalikuljetukset	5
6	Mallintaminen.....	5
7	Arvion lähtötiedot	6
8	Vedyn tuotantolaitoksen onnettomuusriskien arviointi	6
9	Ammoniakin turvallisuus.....	7
10	Metaanin/maakaasun turvallisuus	8
11	Mallinnusten tuloksia	9
12	Tulosten tarkastelu	16
13	Johtopäätökset.....	16
	Lähteet	17



1 Tausta ja tavoitteet

Pirunkynnen eteläpuoliselle alueelle suunnitellaan teollisuusaluetta, joka mahdollistaisi vihreiden siirtymien hankkeiden sijoittumisen (T-kem). Suuronnettomuuden mahdollisuus ja sen riskit ovat tärkeää ottaa huomioon asemakaavaprosessissa, jotta voidaan varmistaa maankäyttö- ja rakennuslain edellyttämä terveellinen, turvallinen ja viihtyisä elinympäristö. Suuronnettomuusriskien arvioiminen vaikuttaa myös teollisuusalueiden ympäristön maankäytön suunnitteluun, esimerkiksi vaikeasti evakuoitavia kohteita ei tule sijoittaa lähelle näitä teollisuuslaitoksia.

Kaavoituksen tueksi Ulvilan kaupunki tarvitsee päivitettyä tietoa alueen suuronnettomuusriskeistä. Pirunkynnen alueelle on suunniteltu lähes 400 hehtaarin yhtenäinen alue vihreän teollisuuden käyttöön. Suunniteltu teollisuusalue sijaitsee kaupungin itäpuolella keskustaajaman ulkopuolella, lähellä Porin kunnan rajaa. Valtatie 2:lle on matkaa n. 5,5 km. Toimijoita ei ole vielä valittu.

Selvityksen tavoitteena kokonaiskuvan muodostaminen Pirunkynnen teollisuusalueen suuronnettomuusriskien vaikutuksista lähialueille, ja mille etäisyyksille erilaiset teollisuuden toiminnot voivat sijoittua aiheuttamatta vaaraa lähialueen asukkaille ja kriittisille kohteille.

Tavoitteena työlle on laatia alustava suuronnettomuusriskiselvitys teollisuusalueen kaavoituksen tueksi. Suuronnettomuusselvitykseen liittyy epävarmuustekijöitä, sillä selvitys on tuotettu kaavoitusvaiheessa saatavilla olevien tietojen pohjalta.

2 Työn toteutus

Selvityksessä on arvioitu teollisuusalueen eri toimintojen onnettomuusriskejä. Mallinuksissa on käytetty arvioituja lähtöarvoja, jotka on valittu mahdollisimman korkeiksi. Suurimmat riskit katsottiin syntyvän vedyn tuotannossa, metaanin tuotannossa ja ammoniakkin valmistuksessa. Mallinuksessa käytettiin Aloha-ohjelmistoa.

Selvityksen ovat laatineet turvallisuus- ja riskienhallinta-asiantuntija Eliisa Kuusama, palotekninen suunnittelija Jani Halonen sekä palotekninen suunnittelija Panagiotis Toledos. Selvityksen sisäisen laadunvalvonnan on suorittanut Arttu Sjöstedt.

3 Tuotantolaitosten sijoittaminen

Valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden mukaisesti, laitokset, joilla on suuronnettomuuden riski, sekä niihin liittyvät kemikaaliratapihat, tulee sijoittaa kauas asutusalueista, yleiseen käyttöön tarkoitetuilta alueilta sekä luonoltaan arkaluontoisilta alueilta. TUKES eli Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, määrittelee Seveso III -direktiivin alaisille kemikaalien käsittelyä tai varastointia harjoittaville laitoksille erityiset vyöhykkeet. Näiden vyöhykkeiden alueella kaavoituksessa tulee erityisesti ottaa huomioon mahdolliset riskit ja toimenpiteet suuronnettomuuksien ehkäisemiseksi. Kemikaaliturvallisuuslakiin, kemikaaliturvallisuusasetukseen sekä maankäyttö- ja rakennuslakiin pohjautuvat säännökset rajoittavat haavoittuvien toimintojen sijoittamista näille alueille.

Seveso-direktiivi on Euroopan unionin säädös, joka keskittyy suuronnettomuusriskien hallintaan vaarallisia aineita käsittelevissä toiminnoissa. Sen tarkoituksena on edistää riskialttiiden teollisuustoimintojen ja maankäytön yhteensovittamista turvallisella tavalla. Tällä hetkellä käytössä on Seveso III -direktiivin mukaiset kansalliset säädökset. Suomessa direktiivin vaatimukset on otettu huomioon maankäyttö- ja rakennuslaissa sekä kemikaaliturvallisuuslaissa (390/2005), ja direktiivin täytäntöönpanoa varten tarvittavat muutokset on tehty kemikaaliturvallisuuslakiin lailla 358/2015.

Tuotantolaitosten sijoittamisessa on otettava huomioon myös kemikaaliturvallisuus. Kemikaaliturvallisuuslain nojalla on annettu uusi valtioneuvoston asetus (685/2015) vaarallisten aineiden käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta, joka korvaa aiemman asetuksen (855/2012). Samoin on päivitetty vaarallisia kemikaaleja käsittelevien ja varastoivien laitosten turvallisuusvaatimuksia koskeva valtioneuvoston asetus (856/2012).

4 Tukesin ohjeistus

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin ohjeistus "Tuotantolaitosten sijoittaminen" (jäljempänä mainittu Tukes-oppaana tai oppaana) on suunniteltu avuksi uusien, laajasti tai pienimuotoisesti kemikaaleja käyttävien tuotantolaitosten sijainnin valintaan. Opas antaa suuntaviivat siihen, mitä skenaarioita tulisi harkita arvioitaessa laitoksen mahdollisia

onnettomuusriskejä naapurialueille ja mitkä onnettomuuden vaikutukset ovat hyväksyttäviä erilaisilla maankäyttöalueilla. Oppaan antamat etäisyyslaskelmat ja suositellut turvaetäisyydet ovat ohjeellisia, perustuen tiettyihin oletuksiin, ja niitä tulisi aina arvioida yhdessä muiden turvallisuuteen liittyvien seikkojen kanssa.

Uuden tuotantolaitoksen sijoittamisen ensisijainen ehto on, että alueen käyttötarkoitus kaavoituksen mukaan sallii tämän. Alueen on oltava osoitettu teollisuus- tai varastokäyttöön, mikä ilmenee tyypillisesti kaavamerkinnällä "T". Niille paikoille, jotka ovat suuronnettomuusriskin alaisia esimerkiksi merkittävän, vaarallisia kemikaaleja käsittelevän tai varastoivan toiminnan vuoksi, suositellaan käytettävän kaavamerkintää T/Kem. Tämä merkintä tarkoittaa teollisuus- tai varastokäyttöön varattua aluetta, jolle on mahdollista perustaa laitos, jossa käsitellään vaarallisia kemikaaleja.

Sijoitettaessa tuotantolaitoksia on välttämätöntä ottaa huomioon niistä aiheutuvat riskit lähiympäristölle, kuten asutukselle, luonnolle ja muille toiminnoille, sekä alueen muista toiminnoista mahdollisesti tuotantolaitokselle aiheutuvat riskit. Erityistä huomiota tulee kiinnittää ihmisiä sisältäviin kohteisiin, kuten sairaaloihin, päiväkodeihin ja kouluihin, jotka suuronnettomuuden sattuessa ovat vaikeasti evakuoitavissa ja tulisi sijoittaa kauas vaarallisista laitoksista. Samoin, etäisyyden on oltava riittävä suojellakseen muita teollisuuskohteita, luonnonsuojelualueita ja muita ympäristönsuojelun kannalta kriittisiä paikkoja.

Tuotantolaitosten sijoittaminen tärkeille tai muille vedenhankintaan kriittisille pohjavesialueille vaatii vahvat perustelut. Sijoituspaikan valinnassa on myös tärkeää ennakoida laitoksen mahdolliset laajentumistarpeet tulevaisuudessa. Kemikaaliturvallisuuden osalta tuotantolaitosten sijoittamisen perusedellytykset onnettomuusriskien minimoimiseksi on määritelty kemikaaliturvallisuuslaissa ja -asetuksessa.

5 Kemikaalikuljetukset

Kemikaalikuljetukset ja niiden onnettomuusvaikutukset eivät ole suoraan osa Seveso-direktiivin mukaisia tarkasteluja, eikä Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) opas tarjoa erityisiä ohjeita näiden kuljetusten onnettomuusvaikutusten arviointiin. Liikenteen aiheuttamat yleiset haitat, kuten melu, pöly ja värinä, ovat tunnettuja liikenteen haittavaikutuksia. Tässä hankkeessa kemikaalikuljetusten vaikutuksia ei ole tutkittu, sillä suunnitellun T/Kem-alueen toimijat eivät ole tiedossa. Kemikaalikuljetusten aiheuttamia onnettomuusriskejä on jatkoselvitettävä toimijoiden vahvistuttua, kun suunnitellaan tuotantolaitoksen sijoittamista.

6 Mallintaminen

Lämpösäteilyn huomioonottamista koskevat vaatimukset esitetään turvallisuusvaatimusasetuksen (856/2012) 6 §:ssä (suluissa Tukesin oppaan määrittelemät lämpösäteilyn intensiteetin arvot). Tuotantolaitos on sijoitettava sitä ympäröiviin rakennus- ja muihin kohteisiin nähden siten, ettei tuotantolaitoksessa tapahtuvasta, 5 §:ssä tarkoitettua onnettomuudesta aiheudu sellaista lämpösäteilyä tuotantolaitoksen ulkopuolella oleviin kohteisiin, että:

- sen vaikutuksesta rakennukset, laitteistot, rakenteet tai muut paloa levittävät kohteet voisivat syttyä (8 kW/m²)
- se voisi estää ihmisten suojautumisen tai poistumisen lämpösäteilyn vaikutusalueelta rakennus- tai muissa kohteissa, joissa ihmisiä voi oleskella (5 kW/m²); poistumisteiden osalta lämpösäteilyn intensiteetiksi valitaan kuitenkin 3 kW/m²
- se voi aiheuttaa palovammoja ulkona oleville ihmisille kohteissa, joista poistuminen tai joiden tyhjentäminen voi onnettomuustilanteissa olla hidasta, kuten hoitolaitokset, majoitustilat, kokoontumis- ja liiketilat ja -alueet taikka tiheästi asutut asuinalueet (3 kW/m²).

Räjähdysonnettomuus voi syntyä esimerkiksi paineaastian räjähdyksestä. Räjähdyksestä seuraa tavallisesti paineaalto ja usein myös heitteitä. Paineaallon suuruuteen vaikuttavat räjähdyspaine, säiliön halkaisija ja tilavuus sekä sisällön ominaisuudet. Vaaran arvioinnissa käytetään seuraavia paineaallon ylipaine-arvoja:

- 30 kPa kantavien rakenteiden romahduksia, onnettomuuden mahdollinen laajenemisriski
- 15 kPa talojen osittaisia romahtamisia, pysyvän vammautumisen riski
- 5 kPa pieniä vaurioita talojen rakenteille, vammautumisen riski.

7 Arvion lähtötiedot

Suuronnettomuusriskiselvitykseen liittyy epävarmuustekijöitä, sillä selvitys on tuotettu kaavoitusvaiheessa saatavilla olevien tietojen pohjalta. Mallinnuksen tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon tuulen nopeuden ja suunnan vaikutus.

Selvityksen lähtötietona on käytetty seuraavia oppaita:

- Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi, Tukes 2021
- Tuotantolaitosten sijoittaminen, Tukes 2015
- Kemikaalivuotojen ja sammutusvesien hallinta, Tukes 2019
- Vedyn käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus, Tukes 2024
- Maakaasukäsikirja, Suomen kaasuyhdistys, 2014
- Työterveyslaitoksen OVA-ohjeet

8 Vedyn tuotantolaitoksen onnettomuusriskien arviointi

Vedyn tuotantolaitosten ja jakeluasemien sijoituksessa suhteessa ulkopuolisiin kohteisiin huomioidaan erityisesti ns. herkäät kohteet, kuten hoitolaitokset, koulut, päiväkodit, liikekeskukset, jne.

Vedyn tuotantolaitoksen sijoittamisessa oleelliset huomioon otavat asiat ovat vedyn paine ja varastointimäärä ja näistä aiheutuvat onnettomuusriskit. Onnettomuusskenaarioina tunnistetaan vedyn vuotomahdollisuudet. Laitoksen sijoitusta suunniteltaessa huomioidaan myös viereisillä tonteilla olevien teollisuuslaitosten onnettomuuksien (esim. tulipalon lämpösäteily) vaikutukset vedyn tuotantolaitoksella.

Turvallisen sijoittamisen varmistamiseksi toiminnanharjoittaja arvioi tunnistamiensa onnettomuusskenaarioiden seurausvaikutuksia seurausanalyysin (mallinnus) avulla. Mallinnuksen tuloksina esitetään vetyvuodon seurauksena muodostuvan syttymiskelpoisen kaasupilven laajuus, tulipalon lämpösäteilyvaikutukset ja räjähdyspainevaikutukset. Seurausanalyysin tuloksina saadaan:

- pistoliekin pituus ja sen aiheuttama lämpösäteilyvaikutus
- syttymättömän, mutta konsentraatioiltaan syttymiskelpoisen vetypilven koko
- räjähdyspaineen (VCE tai Jet explosion) lämpösäteily- ja painevaikutukset.

Mallinnuksen tuloksiin vaikuttavat oleellisesti käytetyt lähtötiedot, joten nämä tulee esittää myös mallinnuksen raportoinnissa. Mallinnuksen tuloksissa esitetään lähtötiedoista ainakin:

- vuodon reikäkoko
- putken halkaisija
- prosessiolosuhteet (paine, lämpötila yms.)
- vedyn massa syttymiskelpoisessa kaasupilvessä
- vuotoaika
- vuotokorkeus
- estetiheys
- laskennassa käytetyt säätötyypit.

Vetylaitosta tai -jakeluasemaa ei saa sijoittaa ilmajohtojen alle. Lisäksi sivusuunnassa etäisyys ilmajohtoihin arvioidaan mahdollisen onnettomuuden seurausten perusteella. Tällä suojataan sähkön siirtoa ja toisaalta ehkäistään vuotaneen vedyn syttymistä ilmajohdoista syntyvän kipinöinnin seurauksena.

Vetypilvi laimenee laajetessaan ja jos laimeneminen on riittävää, ovat painevaikutukset pienempiä ja seuraukset ovat pääasiassa lämpösäteilyn aiheuttamia. Tällöin vedyn konsentraatio pilvessä on leimahduspisteen (4 %) ja räjähdysrajan (18 %) välillä.

Deflagraatio on matalapaineinen räjähdys, jossa liekkirintama etenee palavassa kaasupilvessä alle äänennopeudella. Detonaatioissa liekkirintaman nopeus ylittää äänennopeuden, mikä aiheuttaa suuren räjähdyspaineen.

Vedyllä on suuri palamisnopeus, joka mahdollistaa lievemmän deflagaraation kiihtymisen vakavammaksi detonaatioksi (deflagration to detonation transition, DDT). Tämä ilmiö on yleinen vedyn detonaation alkulähde.

Vedyn ominaisuuksista johtuen vedyn detonaatio on huomattavasti todennäköisempää kuin hiilivedyillä. Vety on ominaisuuksiensa vuoksi altis aiheuttamaan detonaation eli korkeapaineisen räjähdysmyöskä myös ulkotiloissa. Tämä johtuu vedyn reaktiivisuudesta eli suuresta palamisnopeudesta. Lisäksi vedyn korkea paine aiheuttaa purkautuessaan pyörteisyyttä ja siten ilman sekoittumista vetypilveen. Tämä edesauttaa nopeaa palamista, mikä yhdessä vedylle ominaisen nopean palamisen kanssa aiheuttaa detonaation.

Detonaatiossa liekkirintama etenee ääntä nopeammin.

Korkeapaineinen vuoto voi suihkupalon sijaan myös räjähtää lähellä vuotokohtaa. Räjähdysmyöskä voimakkuutta edesauttaa vuotavan vedyn pyörteisyys, joka sekoittaa vedyn tehokkaasti ympäröivään ilmaan. Tällainen räjähdys (jet explosion) voi olla vaikutuksiltaan hyvin vakava, koska se tapahtuu lähellä vedyn käsittelylaitteita ja varastoja. Tällainen onnettomuus voi aiheuttaa vakavia vaikutuksia laitteistolle ja jopa tuhota koko järjestelmän (Vedyn käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus, Tukes 2024).

9 Ammoniakin turvallisuus

Ammoniakki ei ole helposti syttyvää, mutta ulkomailla räjähdysmyöskä on sattunut. Ammoniakki muodostaa syttyvän seoksen, kun kaasua on 16–25 tilavuusprosenttia ilmassa.

Ammoniakki on suurina pitoisuuksina myrkyllinen yhdiste. Se on erittäin myrkyllistä vesieliöille.

Ammoniakin OVA-ohjeessa (onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohje) kuvataan ammoniakin vuotoa ja valumaa. Kun nesteytettyä kaasua vuotaa säiliöstä, osa nesteestä höyrystyy välittömästi ja loppuosa nesteestä jäähtyy kiehumispisteeseen. Nestesuihku hajoaa pisaroiksi, kun nesteen lämpötila säiliössä on 10–15 °C korkeampi kuin kiehumispiste (–33 °C). Mitä korkeampi nesteen lämpötila säiliössä on, sitä pienempiä pisaroita muodostuu. Jos suihku ei kohtaa estettä, pienet pisarat höyrystyvät ilman sekoittuessa suihkuun ja isot putoavat maahan. Siten ammoniakin nestevuoto voi höyrystyä kokonaan. Höyrystyvä kaasu muodostaa tuulen mukana leviämisseuntaan kulkeutuvan kaasupilven, joka vuotokohdan läheisyydessä on läpinäkymätöntä valkoista sumua (TTL, OVA-ohje).

Tässä on lueteltu AEGL-tasojen määritelmät sekä ammoniakin AEGL-pitoisuustasot (OVA-ohje).

AEGL-1: Epämukavuutta, ärsytystä, oireettomia vaikutuksia ilman aistinkokemusta. Vaikutukset eivät tee toimintakyvyttömäksi, vaan ne ovat ohimeneviä ja toimintakyky palautuu ennalleen altistuksen päätyttyä.

AEGL-2: Palautumattomia tai muita vakavia, pitkäkestoisia vaikutuksia, tai alentunutta toimintakykyä paeta paikalta.

AEGL-3: Hengenvaarallisia haittavaikutuksia tai kuolema.

Ammoniakin AEGL-pitoisuustasot

AEGL 1	30 ppm (21 mg/m ³) /10 min
	30 ppm (21 mg/m ³) /30 min
	30 ppm (21 mg/m ³) /60min
AEGL 2	220 ppm (160 mg/m ³) /10 min
	220 ppm (160 mg/m ³) /30 min
	160 ppm (112 mg/m ³) /60 min
AEGL 3	2 700 ppm (1 900 mg/m ³) /10 min
	1 600 ppm (1 100 mg/m ³) /30 min
	1 100 ppm (769 mg/m ³) /60 min

Vaara-alueet

Ammoniakki (puhdas):

- Pieni vuoto (noin 0,1 kg/s): Välitön eristys 50 m kaikkiin suuntiin sekä 100 m tuulen alapuolella.



- Kylmälaitteiston varoventtiili (noin 0,8 kg/s): Välitön eristys 50 metriä kaikkiin suuntiin. Ammoniakkikaasu saattaa aiheuttaa ärsytysoireita jopa 250 metrin etäisyydellä tuulen alapuolella. Väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihtolaitteet.
- Suuri vuoto (kiloja sekunnissa): Välitön eristys 300 metriä kaikkiin suuntiin. Ammoniakkikaasu saattaa aiheuttaa ärsytysoireita jopa 1 500 metrin etäisyydellä tuulen alapuolella. Tuulen alapuolella alueella, joka ulottuu 500 metrin etäisyydelle, väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihtolaitteet.

Ammoniakin vesiliuos (25-prosenttinen):

- Pieni vuoto (noin 100 l): Välitön eristys 25 metriä kaikkiin suuntiin.
- Suuri vuoto (noin 10 m³): Välitön eristys 50 m kaikkiin suuntiin sekä 150 m tuulen alapuolella.

Vaaraetäisyydet on laskettu Tukesin suositusten mukaisesti. Eristysrajana on käytetty AEGL 3 ja varoitusrajana AEGL 2 30 minuutin arvoa. Ohimeneviä, esimerkiksi ärsytysoireita voi kuitenkin esiintyä myös näitä vaaraetäisyyksiä pidemmällä etäisyyksillä. (OVA-ohje).

10 Metaanin/maakaasun turvallisuus

Maakaasun käytön yhteydessä tapahtuneet onnettomuudet voidaan jakaa:

- räjähdysiin
- tulipaloihin
- häämyrkytyksiin sekä
- vuototilanteisiin.

Vaaran arvioinnissa voidaan pääasiallisesti keskittyä palo- ja räjähdysvaaran arviointiin. Häämyrkytys on potentiaalinen vaaratekijä erityisesti pienissä käyttökohteissa, joissa kaasulaitteita ei ole liitetty hormiin. On hyvä kuitenkin pitää mielessä, että suuressa käyttökohteessa voi olla sellaista toimintaa (pienkäyttö), joka johtaa myös häämyrkytyksen vaaran huomioimiseen.

Maakaasuvuodon seurauksena voidaan tarkastella kahta peruslähtökohtaa. Kun maakaasuvuoto on sisätiloissa, kyseessä on aina palo- ja räjähdysvaara. Mikäli kaasuvuoto on ulkona, niin merkittävä vuoto johtaa palo- ja räjähdysvaaraan.

Kaasuvuodosta aiheutuvan vaaratilanteen seurauksia voidaan arvioida mm. seuraavien tekijöiden avulla:

- kaasuvuodon suuruus
- kaasuvuodon ajallinen kesto (hetkellinen vai jatkuva)
- vuotokohdan sijainti ja koko (sisätilat, ulkona, maan alla)
- vuodon havaittavuus (hajustettu vai hajustamaton)
- olosuhteet (tuulen suunta ja nopeus, sade, lämpötila, pimeys).

(Maakaasukäsikirja 2014).

Vaara-alueet (OVA-ohje)

Nestemäisen metaanin säiliöt:

Jos liekki koskettaa säiliötä, sen eristyskyky huononee. Säiliön paineen noustessa sen varoventtiili aukeaa jonkin ajan kuluttua. Pitkäaikainen kuumennus johtaa säiliön repeämiseen. Repeävän säiliön vaara-alue on 200 metriä joka suuntaan.

Vuoto

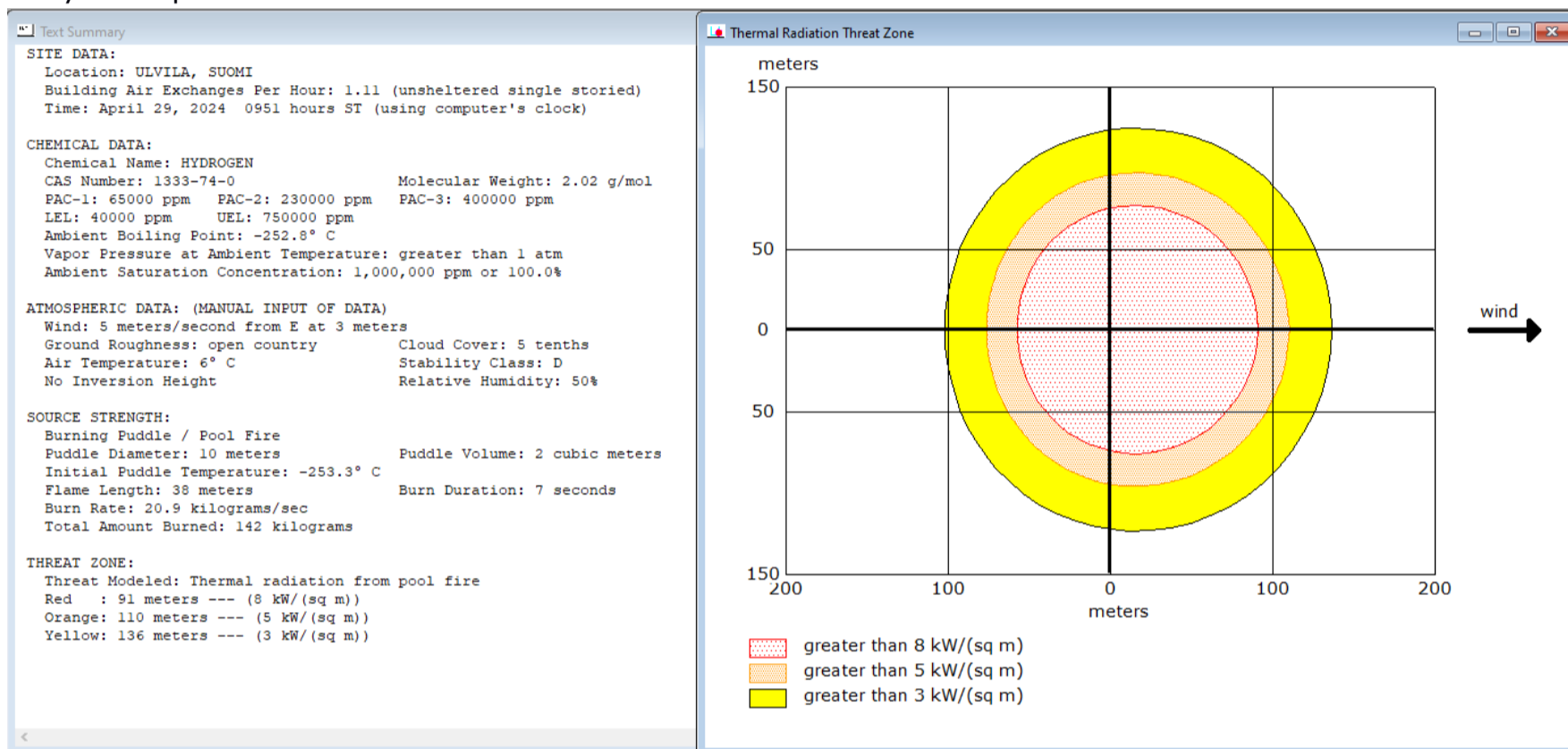
- pieni vuoto (noin 0,2 kg/s): Välitön eristys 25 metriä kaikkiin suuntiin.
- suuri vuoto (noin 2 kg/s): Välitön eristys 50 metriä kaikkiin suuntiin sekä 150 metriä tuulen alapuolella.

Vaaraetäisyydet on laskettu Tukesin suositusten mukaisesti. Eristysrajana on käytetty TEEL-3 ja varoitusrajana TEEL-2 15 minuutin arvoa.

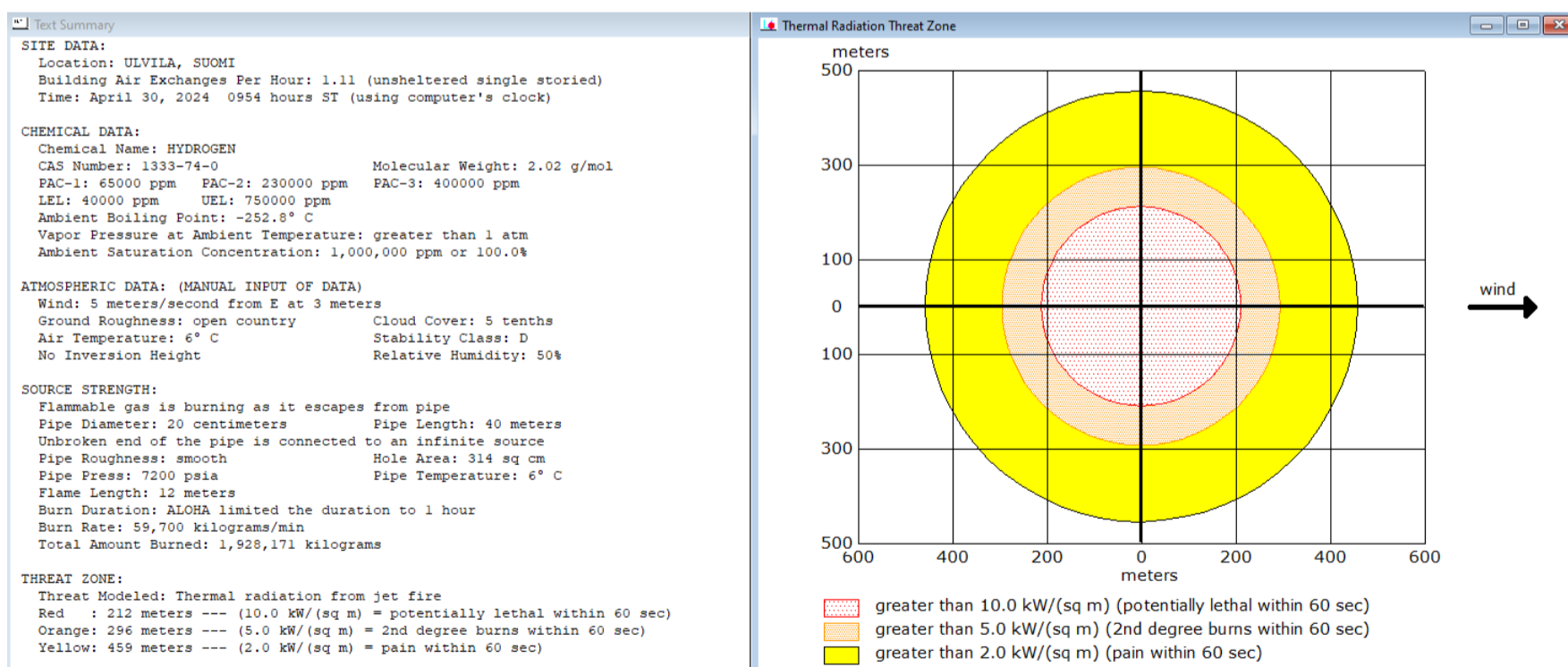
11 Mallinnusten tuloksia

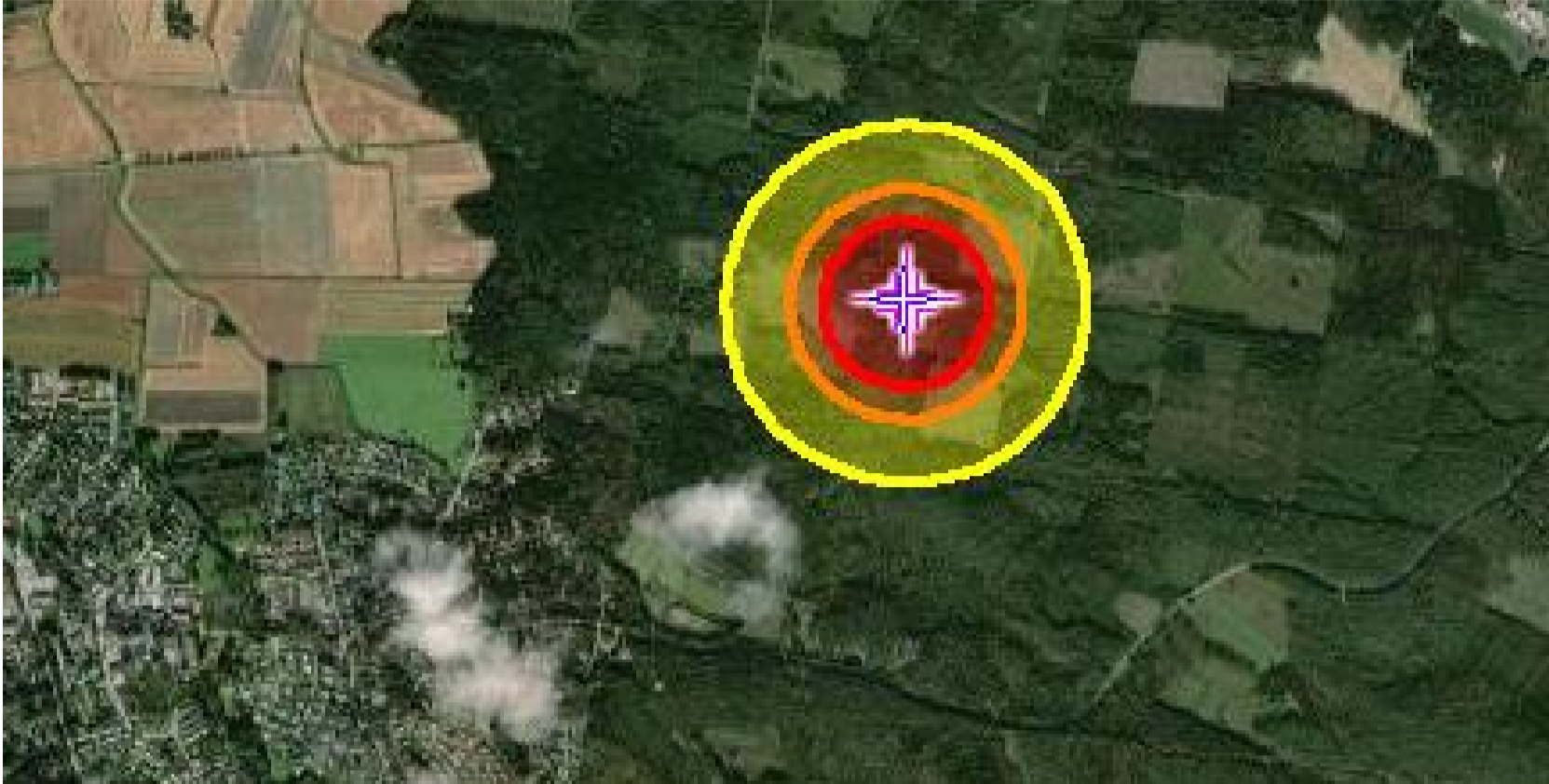
Seuraavaksi on esitelty valittujen suuronnettomuuskenaarioiden mallinnusten tuloksia. Mallinnus on suoritettu käyttäen Aloha-ohjelmaa, jolla arvioidaan kemiallisten onnettomuuksien vaikutuksia. Ohjelmisto mahdollistaa tarkkojen simulointien tekemisen, joiden avulla voidaan hahmottaa paremmin potentiaalisten onnettomuuksien vaikutuksia ja leviämismekanismia.

Vedyn allaspalo:



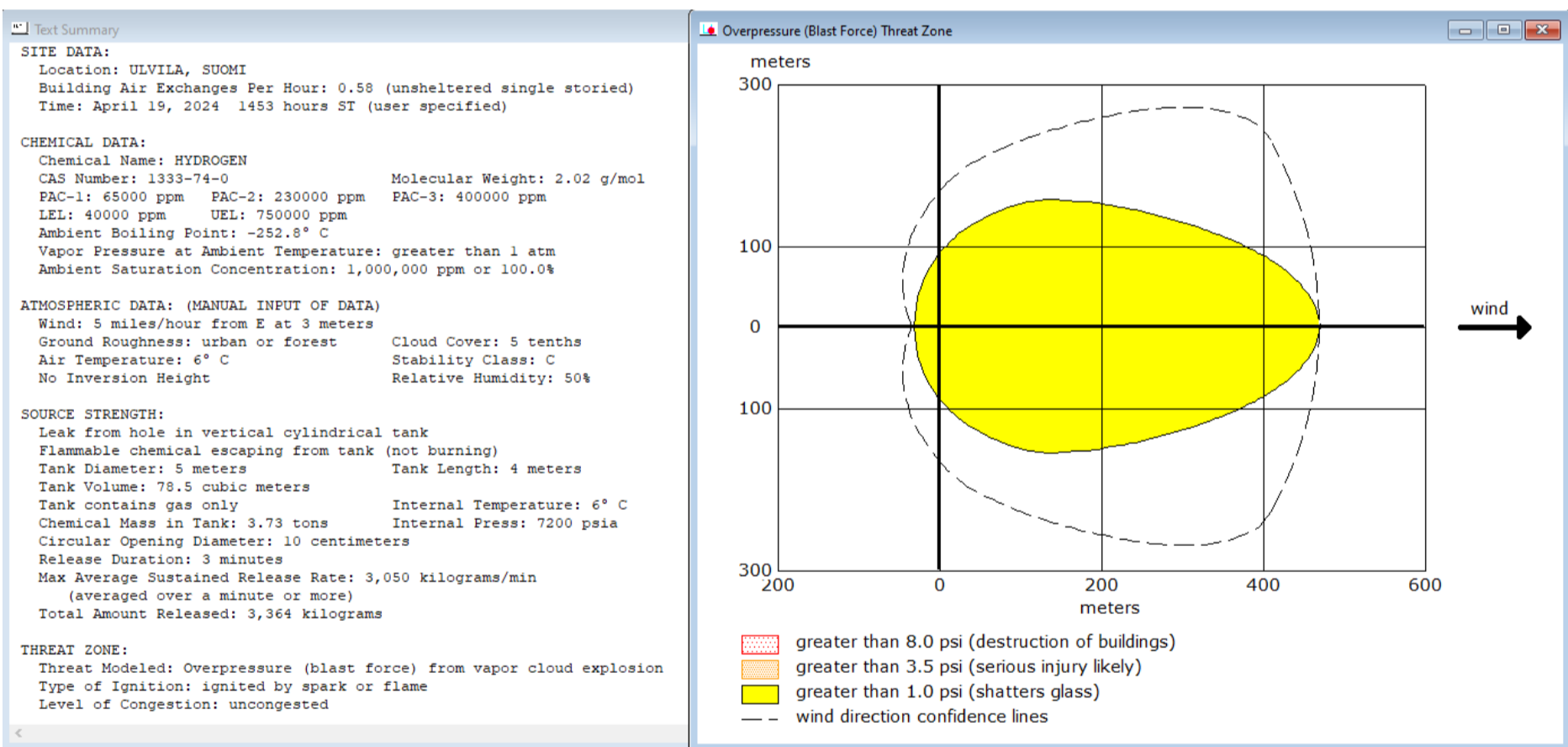
Vetyputken putkivuodon palo:

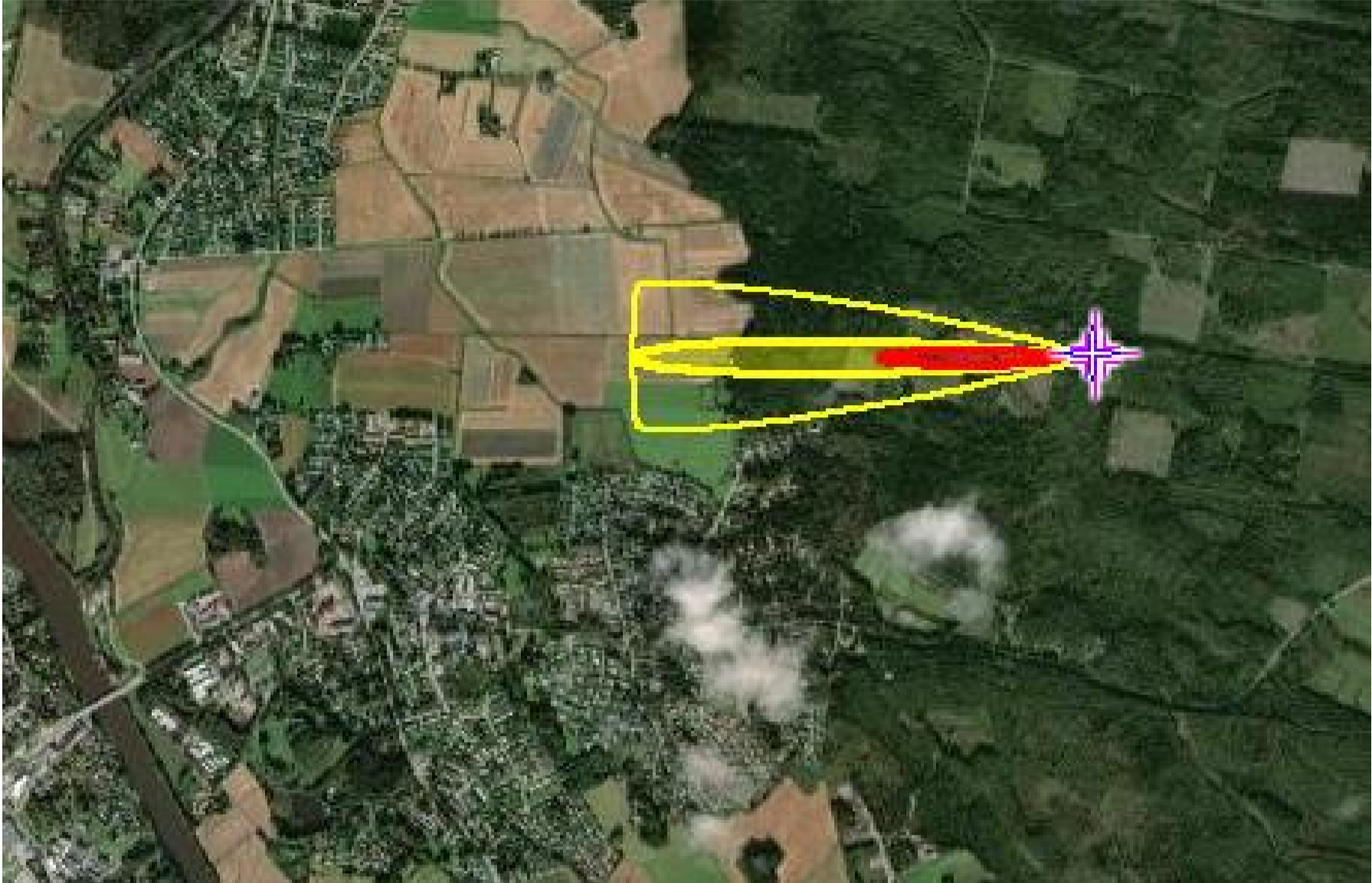




Kuva 1 Vetyputken putkivuodon palon vaikutusalue havainnollistettuna karttakuvaan suunnitellun t/kem-alueen rajalla

Vetyputken räjähdys, painevaikutus:





Kuva 2 Vetyäiliön vuodon vaikutusalue havainnollistettuna karttakuvaan suunnitellun T/Kem-alueen rajalla

Metaanin vuoto putkesta, kaasu syttyy palamaan:

CHEMICAL DATA:

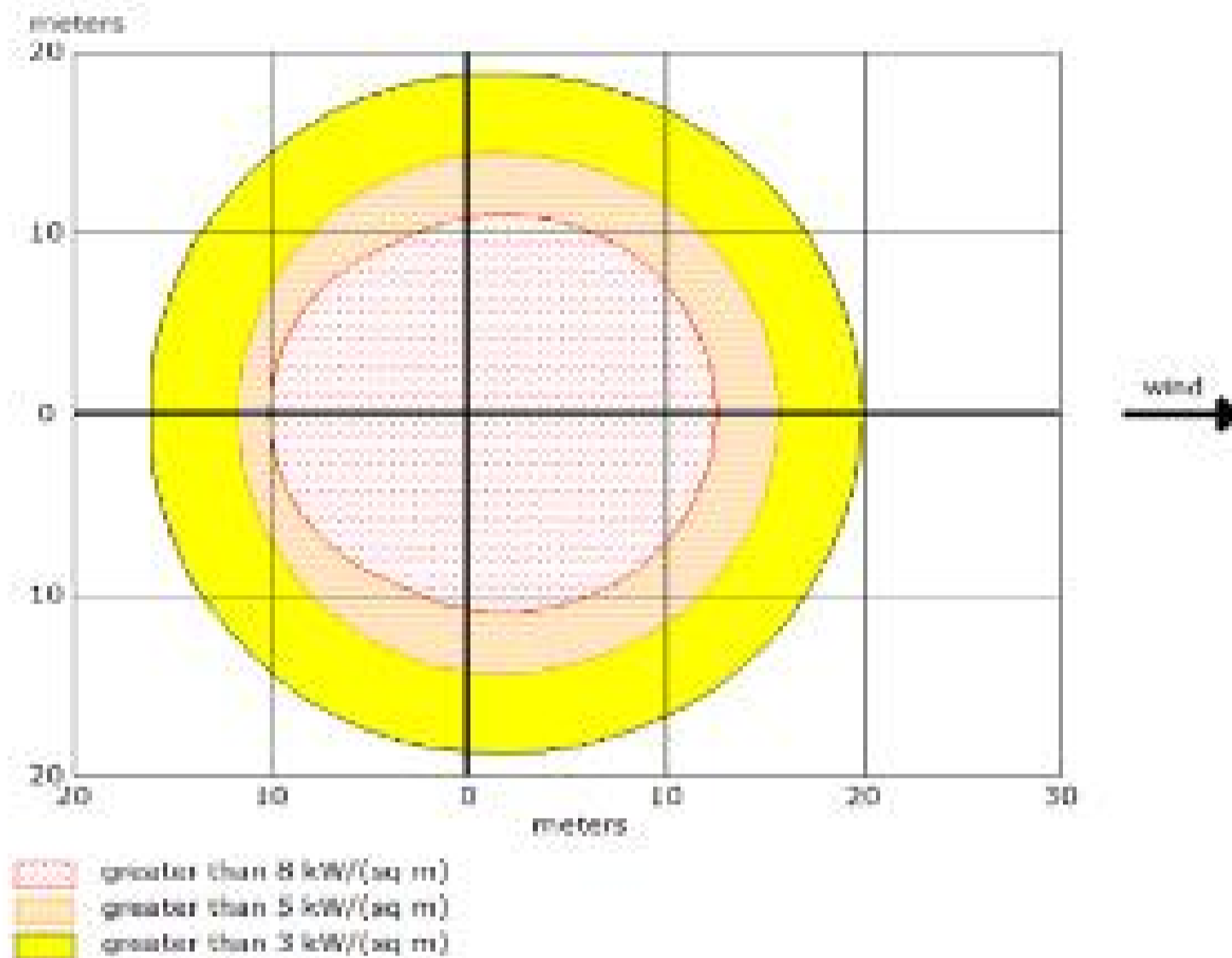
Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 Ambient Boiling Point: -161.5° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from E at 5 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 6° C Stability Class: D
 No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Flammable gas is burning as it escapes from pipe
 Pipe Diameter: 30 centimeters Pipe Length: 200 meters
 Unbroken end of the pipe is closed off
 Pipe Roughness: smooth Hole Area: 78.5 sq cm
 Pipe Press: 61 psia Pipe Temperature: 6° C
 Max Flame Length: 8 meters Burn Duration: 1 minute
 Max Burn Rate: 264 kilograms/min



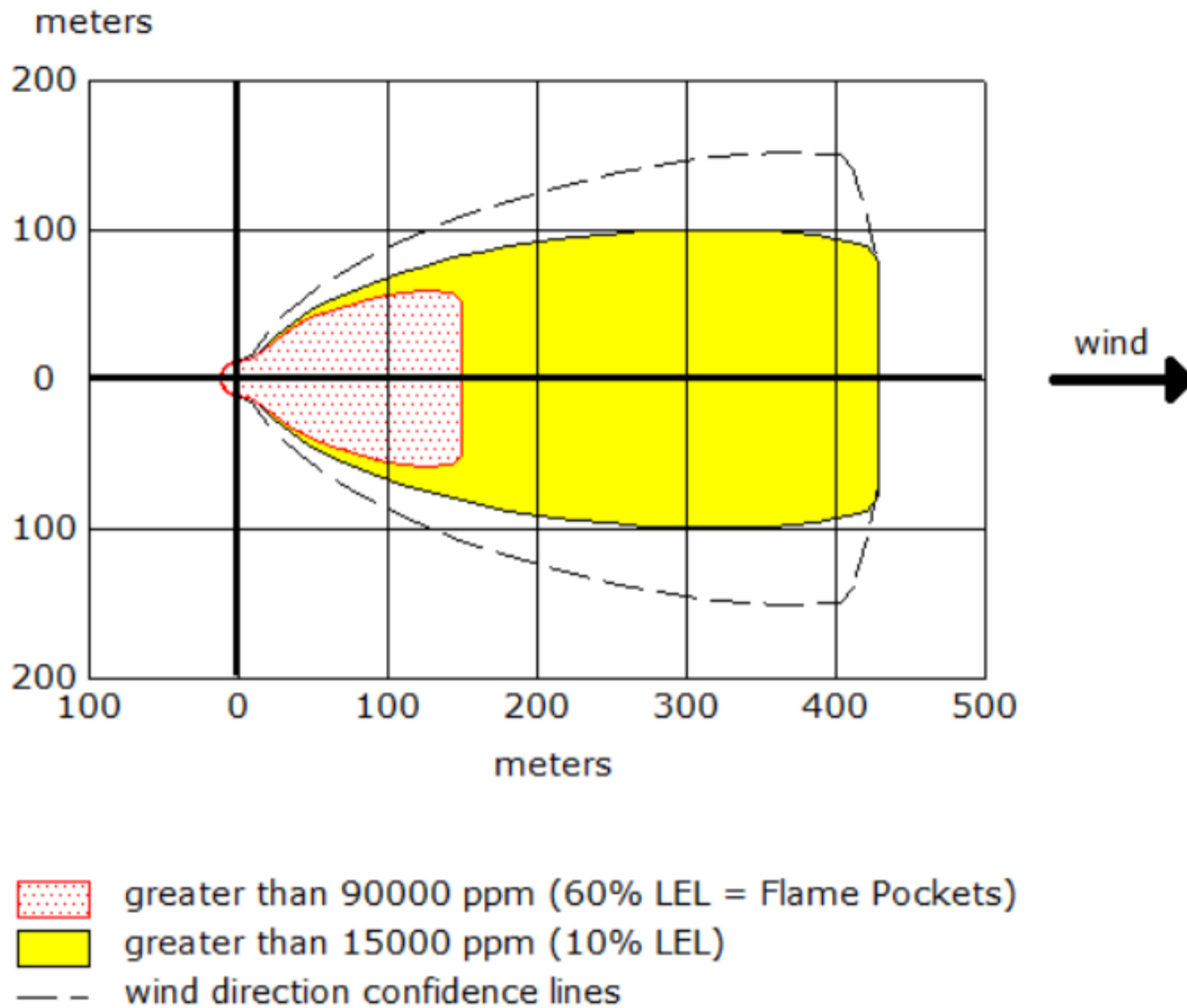
Ammoniakkivuoto säiliöstä (ei pala):

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in vertical cylindrical tank
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)
 Tank Diameter: 3 meters Tank Length: 4 meters
 Tank Volume: 28.3 cubic meters
 Tank contains liquid Internal Temperature: 6° C
 Chemical Mass in Tank: 13.9 tons Tank is 71% full
 Circular Opening Diameter: 10 centimeters
 Opening is 1 meters from tank bottom
 Note: RAILCAR predicts a stationary cloud or 'mist pool' will form.
 Model Run: traditional ALOHA tank
 Release Duration: 6 minutes
 Max Average Sustained Release Rate: 6,640 kilograms/min
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 9,836 kilograms
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
 Model Run: Heavy Gas
 Red : 149 meters --- (90000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
 Yellow: 425 meters --- (15000 ppm = 10% LEL)



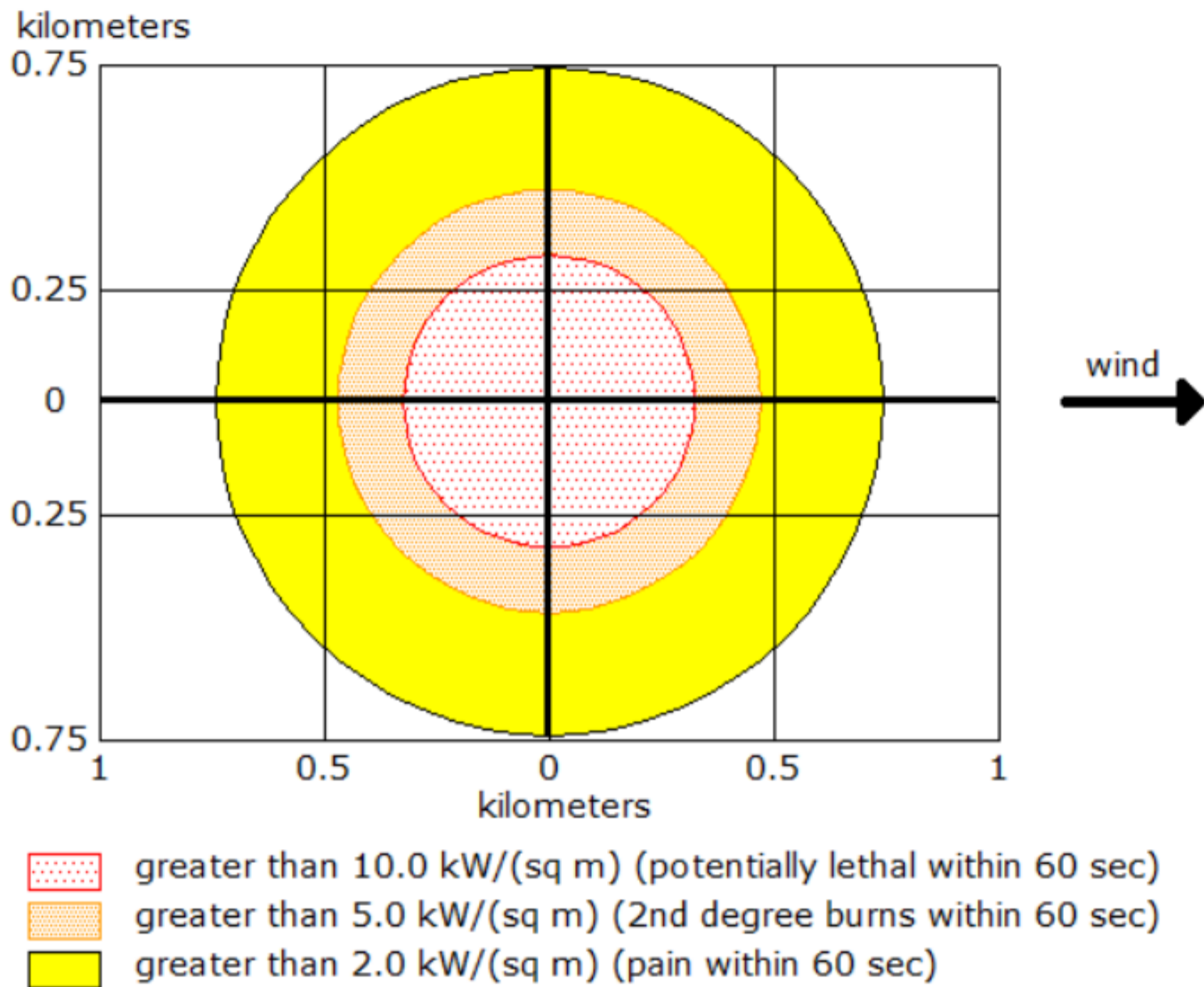
Ammoniakkivuoto säiliöstä (tulipallo, räjähdys):

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in spherical tank
 Tank Diameter: 6 meters Tank Volume: 113 cubic meters
 Tank contains liquid
 Internal Storage Temperature: 6° C
 Chemical Mass in Tank: 62.6 tons Tank is 80% full
 Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
 Fireball Diameter: 223 meters Burn Duration: 14 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
 Red : 324 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
 Orange: 469 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 742 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)



Kuva 3 Ammoniakkiräjähdyksen vaikutusalueen havainnollistus karttakuvassa suunnitellun T/Kem-alueen rajalla

12 Tulosten tarkastelu

Mallinnuksen tuloksista suurimman vaara-alueen (n. 600 m alue millä vety voi syttyä) aiheutti vetysäiliön vaurioitumisesta aiheutunut vuoto.

Vetyvuodosta voi seurata suihkupalo, tulipallo tai leimahdus. Jos kaasupilvi muodostaa syttymiskelpoisen kaasupilven, voi aiheutua kaasupilviräjähdyks.

Vetyä ei luokitella ympäristölle tai terveydelle vaaralliseksi aineeksi. Vety voi kuitenkin suurina pitoisuuksina syrjäyttää hapen aiheuttaen tukehtumisvaaran. Koska vety on ilmaa kevyempi kaasu, kohoaa ulkotilassa vety ylöspäin, jolloin pitoisuudet laskevat. Vedellä on epäsuoria vaikutuksia ilmaston lämpenemiseen, koska suuret pitoisuudet vetyä ilmakehässä vaikuttavat otsonin, veden ja metaanin pitoisuuksiin ilmakehässä. Ilmakehän kasvavat vetypitoisuudet ilmakehässä voivat vähentää vetyyn siirtymiseen tuomaa etua.

Ammoniakkisäiliön vuodon etäisyydeksi saatiin n. 150 m (etäisyys, jolloin ammoniakki voi syttyä). Ammoniakkisäiliön räjähdyksestä seurannut tulipallo yltää mallinnuksen mukaan n. 470 m päähän (2.asteen palovammoja). Kirjallisuuden ja muiden tutkimusten perusteella ammoniakkivuoto voi levitä huomattavasti laajemmallekin alueelle. Tähän vaikuttavat mm. säiliöiden koko, määrä ja sijainti. Tällöin se voi aiheuttaa lähinnä terveyshaittoja.

Metaanikaasuputken vuodon palon aiheuttama vaara-alue on noin 20 m. Metanolisäiliön vuototilanteesta on tehty mallinnuksia muissa selvityksissä tämän projektin ulkopuolella, jonka perusteella voidaan arvioida, että vaadittava suojaetäisyys ei ole kovin suuri. Merkittävimmiksi riskeiksi tunnistettiin metanolisäiliön tulipalo ja räjähdys.

Mallinnettavaksi skenaarioksi valittiin suoja-altaaseen vuotaneen metanolin palotilanne. Skenaariossa suoja-altaaseen vuotaa koko metanolisäiliön sisältö (42 m³). Mahdolliset lämpösäteilyn vaikutukset ulottuvat 12 m (3 kW/m²) ja 10 m (5kW/m²) päähän (Tukes päätös 2018).

13 Johtopäätökset

Suuronnettomuusvaaraa aiheuttavat laitokset tulee ensisijaisesti sijoittaa teollisuusalueelle riittävän matkan päähän asutuksesta ja herkistä kohteista. T/Kem-alueen suunnittelussa tulee myös ottaa huomioon suuronnettomuusriskejä lisäävät tekijät, jotka rajoittavat teollisten laitosten sijoittamista ja on varmistettava, että alueen toiminnolle määritellyt suojaetäisyydet toteutuvat. Alueelle on myös järjestettävä asianmukaiset pelastustieyhteydet.

Tässä selvityksessä on arvioitu Pirunkynnen alueelle suunnitellulle T/Kem-alueelle sijoitettavien eri toimintojen aiheuttamia onnettomuusriskejä. Onnettomuusmallinuksissa on käytetty tarkoituksella yläkanttiin arvioituja lähtöarvoja, jotta saataisiin käsitys pahimmista mahdollisista riskeistä. Erityisesti vedyn tuotanto, metaanin tuotanto ja ammoniakkin valmistus on identifioitu suurimpien onnettomuusriskien lähteiksi. Selvityksessä on kuitenkin tunnistettu epävarmuustekijöitä, sillä se perustuu kaavoitusvaiheessa saatavilla oleviin tietoihin, ja alueelle suunnitellut toimijat eivät ole vielä vahvistettuja. Näin ollen selvityksen tulokset ovat alustavia, ja niitä tulee päivittää toimijoiden valinnan ja tarkempien tietojen saatavuuden myötä. Jatkoselvityksessä on syytä tarkemmin selvittää myös mahdollisten kemikaalikuljetusten aiheuttamia onnettomuusriskejä, joita tässä selvityksessä ei tarkasteltu.

Mallinnusten perusteella voidaan määrittää n. 600 m etäisyys, jonka sisällä henkilöturvallisuusriskejä mahdollisesti ilmenee.

Kirjallisuuden ja muiden tutkimusten perusteella vedyn vaara-alueet ovat kaikilla tarkastelluilla skenaariolla vastaavan maakaasun vaara-alueita suurempia. Myös vedyn suihkupalo ja kaasupilviräjähdyks saavuttavat suuremmat lämpösäteilyn intensiteetin ja kaasupilviräjähdykseen ylipaineen arvot. Ammoniakkivuoto voi kuitenkin aiheuttaa vaikutuksia jopa laajemmallekin alueelle, jolloin se aiheuttaa lähinnä terveyshaittoja.

Mallinuksissa tutkittava onnettomuusskenaario oli sijoitettu suunniteltavan T/Kem-alueen laidalle. Mallinuksissa havaittiin, ettei minkään skenaarion vaikutus ulottunut viereiselle asuinalueelle. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että Pirunkynnen alue on toimiva vihreän siirtymän teollisuusalueeksi. Alue sijaitsee sekä lähellä Ulvilan ja Porin kaupungin palveluita että satamia, Porin satama on n. 30 km ja Rauman satama 50 km päässä. Suunniteltu T/Kem-alue olisi kuitenkin selvityksen perusteella riittävän kaukana asutuksesta ja herkistä kohteista.

Lähteet

- <https://tukes.fi/vaarallisten-kemikaalien-kasittely-ja-varastointi>
- <https://tukes.fi/documents/5470659/6406815/Tuotantolaitosten+sijoittaminen/>
- <https://tukes.fi/vedyn-kasittelyn-ja-varastoinnin-turvallisuus>
- <https://ova.ttl.fi/>
- Päätös 3.10.2018, Heinolan Sahaniemen jätevedenpuhdistamon hakemus, Uusi metanoliasema, Tukes
- Vedyn elektrolyysilaitosten turvallisuus, Diplomityö, Tampereen Yliopisto 2023
- Maakaasukäsikirja, Suomen kaasuyhdistys, 2014

