

Vihiojan AK 8786 kuuluvan selviämishoitoaseman ja sosiaali- ja kriisipäivystystoiminnan VAK-riskinarvio



1: 5 000 0,3 0 0,13 0,3 km ETRS-TM35FIN

KUVA: Ilmakuva alueesta © Maanmittauslaitos

Päiväys 22.11.2022
Tekijät Elina Voutilainen, Hanna Halonen, Aino Peltonen
Tarkastaja Tomi Pulkkinen

Sisällys

| | | |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Tiivistelmä | 2 |
| 2 | Johdanto | 3 |
| 3 | Suunnittelualue ja lähtötiedot | 4 |
| 4 | Lainsäädäntö | 7 |
| 5 | VAK-rautatiekuljetukset Suomessa | 7 |
| 6 | Suunnittelualueen VAK-ratapihan aiheuttaman riskin ja haavoittuvuuden määrittely | 8 |
| 6.1 | Tarkasteltavat riskit suunnittelualueella | 8 |
| 6.2 | Haavoittuvuuden määrittäminen | 9 |
| 6.3 | Haavoittuvien toimintojen sijoittaminen VAK-ratapihan läheisyyteen ja riskien hyväksyttävyyden arviointi | 10 |
| 6.4 | Selviämishoitoaseman riskin määrittäminen ja hyväksyttävyyden arviointi | 11 |
| 7 | Onnettomuusskenaarioiden mallintaminen | 14 |
| 7.1 | Ulkoilman pitoisuuden määrittäminen onnettomuustilanteessa | 14 |
| 7.2 | Ilmanvaihdon sulkemisen vaikutus sisäilman kemikaalipitoisuuteen | 15 |
| 8 | Asemakaavamääräykset ja VAK-riskien hallintakeinot | 19 |
| 9 | Yhteenveto | 21 |
| 10 | Lähteet | 23 |

Liitteet

Liite 1 VAK-huomiointiluokan määrittelylomake

Liite 2 Kemikaalien ominaisuudet

1 Tiivistelmä

Tampereen kaupungilla on käynnissä asemakaavan muutostyö Vihiojan kaupunginosassa sijaitsevalle maa-alueelleen (Vihiojan asemakaava 8786). Nykyisellään kaavoitettava alue on teollisuus- ja varastoalueena. Kaavamutoksen tarkoituksena on mahdollistaa poliisin, keskuspaloaseman sekä selviämishoitoaseman, johon kuuluu myös sosiaali- ja kriisipäivystys sekä katkaisuhoidon, uudet toimitilat kaavoitettavalle tontille. Suunnittelualue sijaitsee Viinikan järjestelyratapihan läheisyydessä, joka on luokiteltu vaarallisten aineiden kuljetusten (VAK) ratapihaksi.

Viinikan VAK-järjestelyratapihalla käsiteltävät kemikaalit aiheuttavat suuronnettomuusriskin sen lähialueille. Suunnittelualue ja tässä VAK-riskinarvioinnissa tarkasteltava selviämishoitoasema sijaitsevat noin 400–450 metrin etäisyydellä järjestelyratapihasta alueella, joka on luokiteltu "pysyvän haitan mahdollisuus"-alueeksi. Selviämishoitoaseman haavoittuvuusluokka on määritetty tässä raportissa toiminnan luonteen ja palveluita käyttävien asiakkaiden toimintakyvyn perusteella luokkaan A. Riskimatriisin mukaan tälle alueelle saa sijoittaa kyseessä olevia haavoittuvuusluokan toimintoja, mikäli onnettomuustasaajuus on arvioitu kyseiselle etäisyydelle VAK-järjestelyratapihasta pieneksi.

Suunnittelualuetta koskettava onnettomuuden uhka liittyy myrkyllisen kaasumaisen aineen leviämiseen ulkoilman mukana VAK-järjestelyratapihalla suunnittelualueelle. VAK-riskinarvioinnin perusteella voidaan todeta, että koska selviämishoitoasema sijaitsee noin 400–450 metrin etäisyydellä Viinikan järjestelyratapihasta, eivät taajuudeltaan korkeat, mutta seurauksiltaan pienet nestekaasun ja ammoniakkin laippavuotojen/venttiilivuotojen aiheuttamat kaasupäästöt todennäköisesti kosketa suunnittelualuetta. Sen sijaan kohonneen taajuuden vahingot (esimerkiksi suuret ammoniakkin ja rikkidioksidin vuodot) muodostavat riskin, joka tulee ottaa huomioon riskinhallintatoimenpiteillä.

Työssä tarkasteltiin myrkyllisen kaasun leviämisen aiheuttamaa onnettomuuskkenaariota mallintamalla sisäilman rikkidioksidipitoisuuden ja ammoniakkin muutos ajan funktiona rakennuksessa, jossa koneellinen ilmanvaihto oli päällä ja poiskytkettynä. Ilmanvaihdon sulkemisella todettiin olevan merkittävä vaikutus rikkidioksidin ja ammoniakkin pitoisuuksien kehittymiseen sisäilmassa.

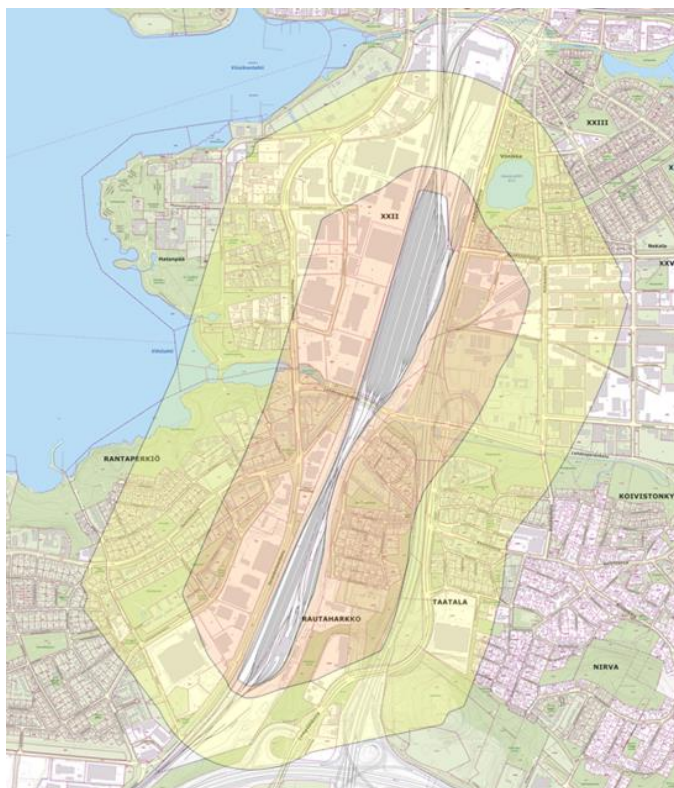
Ensisijainen riskinhallintatoimenpide kaasuvuodon tapahtuessa on suojautua rakennusten sisätiloihin. Tällöin ulkoilman ja rakennuksen sisäilman sekoittumisen estäminen keskenään on tärkeää sisällä olevien henkilöiden turvallisuuden takaamiseksi. Keskeiset riskinhallintatoimenpiteet liittyvät ennen kaikkea rakennusteknisiin ratkaisuihin ja pelastussuunnitelmaan sekä näiden ylläpitoon. Rakennusteknisiä ratkaisuja ovat kaasuilmaisoin, joka sammuttaa automaattisesti ilmanvaihdon, sekä rakennuksen tiiveys. Automaattisten toimintojen ylläpito-, huolto ja testaustoimiin tulee kiinnittää huomiota. Kemikaalionnettomuuden sattuessa riittäväällä määrällä onnettomuustilanteisiin koulutettua henkilöstöä on suuri merkitys selviämishoitoaseman asiakkaiden suojelemisessa.

2 Johdanto

Tampereen kaupungin omistamalla Vihiojan kaupunginosassa sijaitsevalle maa-alueelle on käynnissä asemakaavan muutostyö (Vihiojan asemakaava 8786). Asemakaavan tavoitteena on mahdollistaa uusien toimitilojen rakentaminen poliisille, paloasemalle, selviämishoitoasemalle, sosiaali- ja kriisipäivystykselle sekä katkaisuhoidolle.

Suunnittelualueen läheisyydessä sijaitsee Viinikan järjestelyratapiha, joka on määritetty vaarallisten aineiden kuljetusten (VAK) ratapihaksi. VAK-suuronnettomuudella tarkoitetaan vaarallisen aineen kuljetuksen yhteydessä tapahtuvaa huomattavaa päästöä, tulipaloa, räjähdystä tai muuta ilmiötä, jonka osapuolena on VAK-kuljetusväline sekä jokin vaarallinen aine, ja joka aiheuttaa ihmisten terveyteen, ympäristöön tai omaisuuteen kohdistuvaa vakavaa välitöntä tai myöhemmin ilmenevää vaaraa.

Viinikan järjestelyratapihan VAK-kuljetuksista on laadittu riskianalyysi (L2 Paloturvallisuus Oy 2018), jossa VAK-onnettomuuden kokonaisriski on esitetty värikoodein (Kuva 1). Oranssilla värillä kuvataan aluetta, jolla on kohonnut altistumistaajuus mahdollisesti kuolemaan johtaville olosuhteille, ja keltaisella vastaavasti aluetta, jolla on kohonnut altistumistaajuus pysyvälle haitalle. Vihiojan asemakaavan 8786 suunnittelualue ja tässä riskinarviossa tarkasteltava selviämishoitoasema sijaitsevat VAK-ratapihan keltaisella huomiointivyöhykkeellä, mikä edellyttää tapauskohtaista riskinarviota asemakaavavaiheessa.



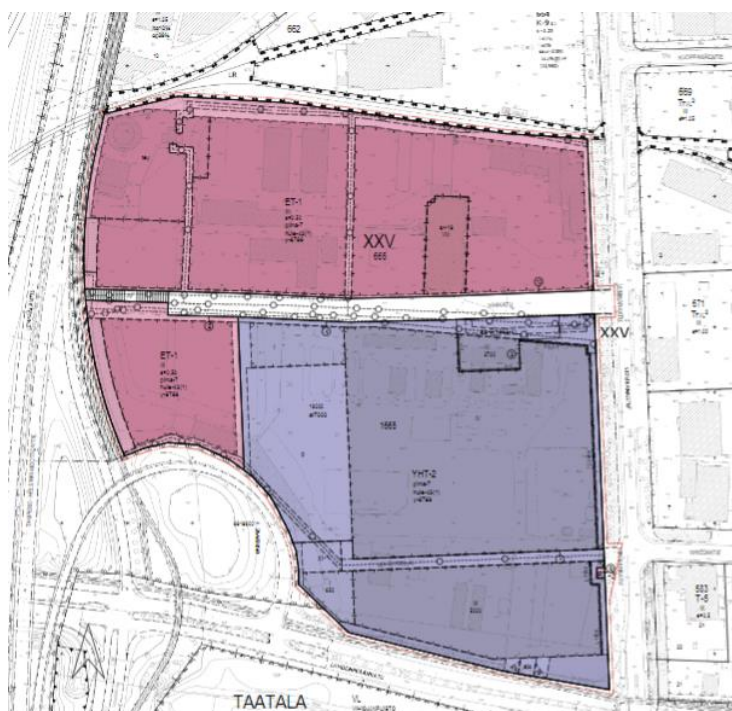
Kuva 1. Riskikartta kokonaisriskistä ratapihan ympäristössä. © L2 Paloturvallisuus Oy 2018.

Tässä työssä on arvioitu Viinikan ratapiha-alueella liikkuvien VAK-kuljetusten aiheuttamien riskien (VAK-riskinarvio) vaikutus Vihiojan kaupunginosaan suunnitella olevaan selviämishoitoasemaan. Riskinarviossa on esitetty selviämishoitoasemaan kohdistuvat riskit ja niiden luonne sekä mahdolliset VAK-suuronnettomuusriskin vaikutukset ja riskienhallintatoimenpiteet. Riskinarviossa on esitetty suositus asemakaavamääräyksistä. Lisäksi alueen VAK-huomointiluokan määrityslomake (liite 1) on päivitetty riskinarvioinnin pohjalta.

VAK-riskinarvio on laadittu Vihiojan alustavan asemakaavaluonnoksen ja Tampereen kaupungin selviämishoitoaseman tarveselvityksen (Tampereen kaupunki 2022) pohjalta. Suunnittelualueeseen kohdistuvien riskien määrittelyssä on hyödynnetty Viinikan järjestelyratapihan riskianalyysia VAK-kuljetuksista (L2 Paloturvallisuus 2018).

3 Suunnittelualue ja lähtötiedot

Asemakaavan suunnittelualue 8786 sijaitsee Tampereella Vihiojan kaupunginosassa 2,5 km kaupungin keskustasta etelään osoitteessa Viinikankatu 42, 44 ja 46 (Kuva 2). Asemakaavan muutos koskee tonttia nro 837-125-665-9, muunta-omaluetta sekä Viinikankadun ja Lahdenperäntkadun katualuetta Nekalan teollisuusalueen eteläosassa.



Kuva 2. Kaavakarttaluonnostelma 11.11.2022. © Tampereen kaupunkiympäristön suunnittelu

Tällä hetkellä suunnittelualue on teollisuus- ja varastoaluekäytössä. Väljästi rakennetulla tontilla sijaitsevat jäteasema, Nekalan lämpökeskus, Tampereen Veden pääkonttori sekä teknisen huollon toimintoja. Suunnittelualueen

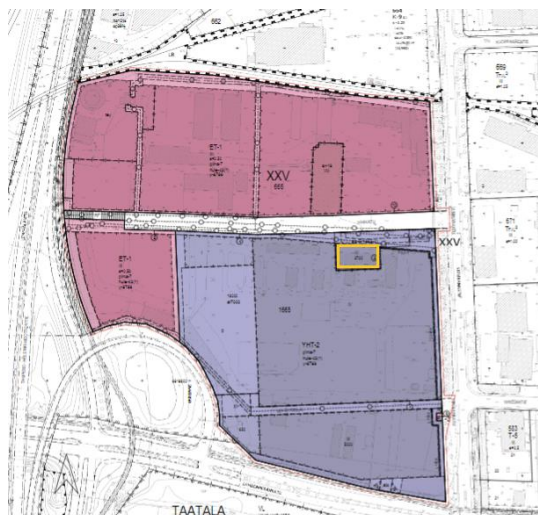
pohjoispuolella sijaitsee maakaasun tankkausasema ja alueelle on suunnitteilla kehittää jo olemassa olevia kaupungin varastointi- ja muita toimitiloja. Alueen länsipuolella sijaitsee Lempääläntie ja eteläpuolella Vihioja.

Suunnittelualueen länsipuolella sijaitsee Tampereen Viinikan järjestelyratapiha, joka on Liikenne- ja viestintäviraston (Traficom) nimeämä vaarallisten aineiden kuljetusten (VAK) ratapiha. Tässä selvityksessä siihen kuuluvaksi käsitetään myös varsinaisen järjestelyratapihan eteläpuolella sijaitseva Perkiön ns. tuloratiapiha, jossa vaunuja seisotetaan ja järjestellään ennen lähettämistä varsinaiselle järjestelyratapihalle (Kuva 3).



Kuva 3. Viinikan järjestelyratapiha (punainen katkoviiva) ja asemakaavan 8786 suunnittelualue (oranssi alue). © Paikkatietoikkuna ja Sitowise

Suunnittelualueen keski- ja eteläosaan on suunniteltu rakennettavan uudet toimitilat poliisille, pelastuslaitokselle sekä selviämishoitoasemalle, johon sisältyvät myös tilat sosiaali- ja kriisipäivystykselle. Selviämishoitoaseman yhteyteen on suunnitteilla toimitilat myös katkaisuhoidolle. Poliisin ja selviämishoitoaseman toiminnot on suunniteltu toistensa yhteyteen, sillä niiden toiminnot liittyvät keskeisesti toisiinsa ja ne käyttävät yhteisiä palveluita. VAK-riskinarvioinnin kohteena oleva selviämishoitoaseman likimääräinen sijainti suunnitteilla olevassa asemakaavalla on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Suunnitteilla olevan selviämishoitoaseman likimääräinen sijainti (merkitty keltaisella rajauksella) kaavakarttaluonnostelmassa 11.11.2022. © Tampereen kaupunkiympäristön suunnittelu ja Sitowise 2022

Selviämishoitoasema sijaitsee VAK-ratapiha-alueen keltaisella huomiointivyöhykkeellä, mikä tarkoittaa, että alueella on kohonnut altistumistaajuus pysyväle haitalle (Kuva 5). Oranssi väri tarkoittaa aluetta, jolla on kohonnut altistumistaajuus mahdollisesti kuolemaan johtaville olosuhteille. Oranssille alueelle sijoitetaan lähinnä varastointia. Selviämishoitoaseman sijoittaminen keltaiselle alueelle edellyttää tapauskohtaista riskinarviota asemakaavavaiheessa. Suunnitteilla olevan selviämishoitoaseman etäisyys Viinikan VAK-järjestelyratapihasta on noin 400–450 metriä.



Kuva 5. Selviämishoitoaseman sekä sosiaali- ja kriisipäivystyksen toimitilojen sijoittuminen VAK-huomiointivyöhykkeelle. © Oskari-karttapalvelu, L2 Paloturvallisuus Oy 2018 ja Sitowise 2022

4 Lainsäädäntö

Vihiojan kaupunginosan asemakaavan 8786 suunnittelualue sijaitsee Viinikan järjestelyratapihan VAK-huomiointivyöhykkeellä. Kaavoitusta varten on tärkeää tunnistaa alueen riskitaso sekä alueelle suunniteltujen toimintojen yhteensopi- vuus suhteessa tunnistettuihin riskeihin. Näin ollen huomioon tulee ottaa kaa- voitukseen sekä vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyvä lainsäädäntö.

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999, MRL) tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestä- vää kehitystä (1 §). Tässä yhtenä keinona on alueiden käytön suunnittelujärjes- telmä, eli kaavoitus.

Kaavan tulee perustua kaavan merkittävät vaikutukset arvioivaan suunnitteluun ja sen edellyttämiin tutkimuksiin ja selvityksiin, ja kaavan vaikutuksia selvitet- täessä on otettava huomioon kaavan tehtävä ja tarkoitus. Selvitykset on teh- tävä koko siltä alueelta, jolla kaavalla voidaan arvioida olevan olennaisia vaiku- tuksia. Selvitettäviä vaikutuksia ovat suunnitelman ja tarkasteltavien vaihtoeh- tojen toteuttamisen ympäristövaikutukset, mukaan lukien yhdyskuntataloudelli- set, sosiaaliset, kulttuuriset ja muut vaikutukset (9 §). Selvitettäviin vaikutuk- siin kuuluvat myös VAK-suuronnettomuusriskit, mutta siitä, miten tämä tulisi huomioida kaavoituksessa, ei ole erikseen säädetty.

Asemakaavalla ohjataan alueiden käytön yksityiskohtaista järjestämistä, raken- tamista ja kehittämistä (50 §). Asemakaava on laadittava ja pidettävä ajan ta- salla siten, että sillä luodaan edellytykset terveelliselle, turvalliselle ja viih- tyisälle elinympäristölle, palvelujen alueelliselle saatavuudelle ja liikenteen jär- jestämiselle (51, 54 §). Asemakaavassa voidaan antaa asemakaavamääräyksiä, joilla ohjataan alueen rakentamista ja käyttöä esimerkiksi haitallisten ympäris- tövaikutusten estämiseksi tai niiden rajoittamiseksi (57 §). Asemakaavalla ohja- taan myös VAK-ratapihoja ympäröivien alueiden rakentamista.

Vaarallisten aineiden kuljetuksesta, siihen liittyvistä toimenpiteistä sekä velvoit- teista on säädetty vaarallisten aineiden kuljetuksesta annetussa laissa (719/1994, nk. VAK-laki) ja sen nojalla annetuissa asetuksissa, kuten vaarallis- ten aineiden kuljetuksesta rautatiellä annetussa valtioneuvoston asetuksessa (195/2002), sekä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom in antamissa VAK-mää- räyksissä. VAK-kuljetussäännöksillä pyritään ennaltaehkäisemään mahdollisia onnettomuuksia sekä vähentämään vaaraa ja vahinkojen laajuutta, jota vaaral- listen aineiden kuljetus saattaa aiheuttaa ihmisille, ympäristölle tai omaisuu- delle.

5 VAK-rautatiekuljetukset Suomessa

Rautateillä liikkuu Suomessa VAK-kuljetuksia noin 5 miljoonaa tonnia vuodessa (Trafi 2018) ja noin neljäsosa Suomen VAK-rautatie liikenteestä kulkee Viinikan järjestelyratapihan kautta (Tampereen Kaupunki 2016). Vuonna 2017 VAK-kul- jetuksista suurin osa kuljetettavista aineista (n. 55 %) oli palavia nesteitä kuten

polttoainetta tai alkoholia. Syövyttävien aineiden osuus oli 20 %, kaasujen 17,2 % ja loput kuljetuksista (<7,8 %) kuuluvat muihin luokkiin.

Vaarallisten aineiden esiintyvyys onnettomuuksissa ja vaaratilanteissa on suhteessa kuljetusmääriin, pois lukien sytyttävästi vaikuttavien aineiden, joiden osuuden on havaittu korostuneen suhteessa niiden kuljetusmääriin.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien mukaan vuonna 2018 suurin osa VAK-poikkeuksista tai onnettomuuksista koski vaihtotöiden aikana tapahtuvia vuotoja tai vaunujen suistumisia. Syyksi on esitetty, että vaihtotyö on normaalia rautatieliikennettä alttiimpaa inhimillisille virheille, kun turvallisuuden varmistaminen siirtyy enemmän henkilöstön varaan teknisten turvallisuusjärjestelmien merkityksen pienentyessä. Vaikka tyypillinen vaihtotyöonnettomuuden seuraus on pienestä nopeudesta johtuen pieni, tapahtuu Suomessa vuosittain yksittäisiä erittäin vakavia tilanteita aiheuttaen vakavia onnettomuuksia tai niiden aiheutuminen on hyvin lähellä.

6 Suunnittelualueen VAK-ratapihan aiheuttaman riskin ja haavoittuvuuden määrittely

6.1 Tarkasteltavat riskit suunnittelualueella

L2 Paloturvallisuus Oy on laatinut Viinikan VAK-järjestelyratapihan riskianalyysin VAK-kuljetuksista (2018). Analyysissa on tarkasteltu eri onnettomuusskenaarioiden tapahtumistodennäköisyyksiä Viinikan VAK-järjestelyratapihalla.

Onnettomuusskenaarioiden aiheuttaman uhan on kuvattu olevan myrkyllinen kaasu tai lämpösäteily. Myös BLEVE (Boiling Liquid Evaporation Explosion), eli nestettä tai nesteytettyä kaasua sisältävän säiliön mahdollisen äkillisen repeämisen seurauksena syntyvä räjähdys on VAK-järjestelyratapihalla mahdollinen riski. BLEVE:n seurauksena syntyy pallomainen säteilylähde, jonka lämpösäteily on samansuuruinen kaikkiin suuntiin. Räjähdys tapahtuu säiliön luona, jolloin tulipallon halkaisija on täyttöasteesta riippuen noin 150–200 metriä. BLEVE:n vaikutukset ovat sitä pienempiä, mitä kauempana ratapihalta ollaan.

Sekä BLEVE:n että lämpösäteilyn aiheuttama uhka rajoittuu onnettomuusalueen välittömään läheisyyteen. BLEVE:n sekä lämpösäteilyn aiheuttamat skenaariot ovat selviämishoitoasemaa ja sosiaali- ja kriisipäivystystä koskevassa VAK-riskinarviossa suljettu pois tarkastelusta, sillä tarkasteltava kohde sijaitsee 400–450 m päässä järjestelyratapihasta.

Sen sijaan keskeinen VAK-riskinarvioinnissa tarkasteltu Viinikan järjestelyratapihan suuronnettomuuden aiheuttama riski liittyy järjestelyratapihalla säilytetävien myrkyllisten kaasujen tahattomasta vapautumisesta muodostuvaan myrkylliseen kaasupilveen, joka voi levitä laajalle alueelle lähiympäristöön.

Viinikan järjestelyratapihan VAK-kuljetuksien riskianalyysin (L2 Paloturvallisuus Oy 2018) perusteella onnettomuustaajuuksittain luokitellut erityyppiset kaasuvuodot on esitetty kootusti taulukossa 1. Taulukossa on arvioitu ammoniakkin, rikkidioksidin, butadieenin ja nestekaasun eri suuruisten vuotojen tapahtumataajuuksia. Ammoniakin ja nestekaasun pienet vuodot ovat todennäköisimpiä onnettomuusskenaarioita Viinikan järjestelyratapihalla, kun taas kaikista

epätodennäköisin onnettomuuskenaario on butadieenin vuoto vaipan massiivisen reiän kautta. Kohonnut onnettomuustajuus on arvioitu olevan kaikkien tarkasteltujen kemikaalien useammalla eri onnettomuuskenaariolla.

Taulukko 1. Viinikan järjestelyratapihalla mahdollisesti tapahtuvat kaasumaisten aineiden vuodot taajuuksittain luokiteltuna (mukaillen L2 Paloturvallisuus Oy 2018).

| Taajuus | Ammoniakki | Rikkidioksidi | Butadieeni | Nestekaasu |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Korkea (useammin kuin kerran 10 000 vuodessa) | pieni laippavuoto | | | pieni laippavuoto |
| Kohonnut (1 tapahtuma kerran 10 000–1 000 000 vuodessa) | vuoto laipan repeämästä vaipan vaurioituminen vaipan massiivinen reikä | pieni laippavuoto vuoto laipan repeämästä vaipan vaurioituminen vaipan massiivinen reikä | pieni laippavuoto vuoto laipan repeämästä vaipan vaurioituminen | vuoto laipan repeämästä vaipan vaurioituminen vaipan massiivinen reikä |
| Pieni (harvemmin kuin kerran 1 000 000 vuodessa) | | | vaipan massiivinen reikä | |

Huomionarvoista VAK-riskinarvioinnin kannalta on se, että Viinikan järjestelyratapihan kautta kulkevat kemikaalit poikkeavat niin ominaisuuksiltaan kuin vaikutuksiltaan toisistaan. Ilmaa raskaampien ja kevyempien kaasujen käyttäytyminen poikkeaa onnettomuustilanteissa toisistaan ja esimerkiksi ilmaa raskaammat kaasut kerääntyvät helpommin rakennusten kellarikerrokseen. Osa kemikaaleista reagoivat herkästi hapettimien kanssa ja syttyvät herkästi. Kemikaalit voivat myös syövyttää esimerkiksi rakennusmateriaaleja ja aiheuttaa ai-neellista vahinkoa. Tässä riskinarvioinnissa tarkasteltujen kaasumaisten kemikaalien leviämiskenaariot perustuvat niiden kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin. Tarkasteltavien kemikaalien ominaisuuksia on esitetty liitteessä 2.

6.2 Haavoittuvuuden määrittäminen

VAK-suuronnettomuusriskialueille suunniteltujen toimintojen haavoittuvuus tulee arvioida kaavoitusvaiheessa. Haavoittuvuusluokituksen perusteella toimintojen sijoittamista alueelle arvioidaan VAK-ratapihan aiheuttaman riskin näkökulmasta. Mikäli alueelle suunnitellun toiminnon haavoittuvuus arvioidaan liian suureksi, tulee turvallisuutta parantaa riskinhallintakeinojen avulla. Tällaisia riskinhallintakeinoja ovat onnettomuuden todennäköisyyden pienentäminen sekä onnettomuuden vaikutusten rajaaminen tai alueen haavoittuvuuden pienentäminen (Liikenne- ja viestintäministeriö 2009).

Selviämishoitoaseman haavoitusluokan määrittelyssä on käytetty KERTTU-hankkeen työpajoissa hahmoteltua ehdotusta riskitasoluokittelusta. Ehdotuksessa toiminnot on luokiteltu kategorioihin A-E, joista A-kategoriaan luokitellaan kaikista haavoittuvimmat toiminnot (Kuva 6).

| Luokka | Sallitut toiminnot |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | Tiheään rakennetut asuinalueet, sairaalat, koulut, vanhainkodit, päiväkodit, kauppakeskukset, yleisötilaisuudet |
| B | Harvemmin rakennetut asuinalueet, julkiset palvelut, yliopistot, rautatieasemat ja vastaavat keskittymät |
| C | Harvaan asutut alueet, toimistot, loma-asutus, kohteet joissa epäsäännöllinen ihmisvirta (virkistysalueet, hautausmaat), logistiikka |
| D | Haja-asutusta, maataloutta, teollista tuotantoa |
| E | Teollista tuotantoa, jossa ei asiakasvirtoja, VAK-keskittymät |

Kuva 6. KERTTU-hankkeen riskitasoluokittelu. © Liikenne- ja viestintäministeriö 2009

KERTTU-hankkeen mukainen haavoittuvuusluokittelu perustuu toimintoja yhtäaikaaisesti käyttäviin henkilömääriin ja rakennustiheyksiin sekä toiminnoissa olevien henkilöiden liikuntakykyyn. Kaikista haavoittuvimmiksi toiminnoiksi (A-luokka) luokitellaan mm. sairaalat, koulut, vanhainkodit sekä alueet ja tilat, joissa oleskelee yhtäaikaisesti paljon ihmisiä. Toiseksi haavoittuvampaan luokkaan (B-luokka) kuuluu mm. julkisia palveluita sekä alueita ja tiloja, joissa oleskelee yhtäaikaisesti hieman vähemmän ihmisiä kuin A-luokkaan kuuluvissa toiminnoissa.

Selviämishoitoasema luokitellaan tässä riskinarvioinnissa haavoittuvuusluokkaan A. Luokittelu perustuu tilojen toimintoihin sekä asiakkaiden toimintakykyyn. Selviämishoitoaseman ja katkaisuhoidon toiminta on ympärivuorokautista ja asiakkaiden kuntoa voidaan osaltaan verrata sairaalan vuodepotilaiden kuntoon. Myös sosiaali- ja kriisipäivystyksessä henkilökunta on ympärivuorokautisesti töissä päivystyksessä. Selviämishoitoaseman sekä katkaisuhoidon asiakkaat saattavat käynnin ja hoidon aikana olla liikuntakyvyltään rajoittuneita ja osan aikaa tiedottomassa tilassa.

Toimintojen luonteen perusteella selviämishoitoaseman ja katkaisuhoidon haavoittuvuusluokitus on korkeampi kuin sosiaali- ja kriisipäivystyksen. Koska haavoittuvuus arvioidaan kuitenkin kokonaisuutena suunniteltavalle rakennukselle ja toiminnalle, varovaisuusperiaatteen takia rakennuksen haavoittuvuus määritellään haavoittuvimman toiminnan perusteella. Selviämishoitoaseman ja katkaisuhoidon toiminnan on arvioitu olevan luokituksessa verrattavissa sairaalan toimintaan, ja siksi sen on arvioitu kuuluvan luokkaan A.

6.3 Haavoittuvien toimintojen sijoittaminen VAK-ratapihan läheisyyteen ja riskien hyväksyttävyyden arviointi

Viinikan järjestelyratapihan VAK-kuljetuksien riskianalyyssissä (L2 Paloturvallisuus Oy 2018) on esitetty riskimatriisi riskialueella sallittujen toimintojen

haavoittuvuusluokista (Kuva 7). Riskimatriisissa esitetyt kirjaimet merkitsevät kyseisellä riskialueella sallittujen toimintojen haavoittuvuusluokkia.

| | Pysyvän haitan mahdollisuus | Kuoleman mahdollisuus |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| Kohonnut taajuus $10^{-4} \dots 10^{-6}$ | (B), C, D E | (C), D E |
| Pieni taajuus $< 10^{-6}$ | A, B C, D, E | A, B C, D, E |

Kuva 7. Riskimatriisi Viinikan järjestelyratapihan riskialueella sallittujen toimintojen haavoittuvuusluokista. © L2 Paloturvallisuus Oy 2018

Selviämishoitoaseman haavoittuvuusluokka on määritetty tässä raportissa toiminnan luonteen ja palveluita käyttävien asiakkaiden toimintakyvyn perusteella luokkaan A. Suunnittelualue sijaitsee alueella, joka on luokiteltu pysyvän haitan mahdollisuus -alueeksi (keltainen alue). Riskimatriisin mukaan tälle alueelle saa sijoittaa kyseessä olevia haavoittuvuusluokan toimintoja, mikäli onnettomuustaaajuus on arvioitu kyseiselle etäisyydelle VAK-järjestelyratapihasta pieneksi.

6.4 Selviämishoitoaseman riskin määrittäminen ja hyväksyttävyyden arviointi

Selviämishoitoasema sijaitsee noin 400–450 metrin etäisyydellä VAK-järjestelyratapihan rajasta. Viinikan järjestelyratapihan itäpuolella ei tällä etäisyydellä ratapihasta ole tunnistettua kohonneen kuoleman mahdollisuutta, mutta pysyvän haitan mahdollisuus on kohonnut 750–800 metrin etäisyyteen asti (Kuva 8).

“Kohonnut kuoleman mahdollisuus”

| | | Etäisyys ratapihan reunasta [m] | | | | | | |
|---------------------------|------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 50 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
| Etäisyys ratapihan päästä | 50 | 2,2E-06 | 1,0E-06 | 9,2E-07 | 8,3E-07 | 7,7E-07 | 6,8E-07 | 5,8E-07 |
| | 100 | 2,4E-06 | 1,2E-06 | 1,0E-06 | 9,2E-07 | 8,6E-07 | 7,7E-07 | 6,6E-07 |
| | 150 | 2,5E-06 | 1,3E-06 | 1,1E-06 | 1,0E-06 | 9,5E-07 | 8,5E-07 | 7,3E-07 |
| | 200 | 2,6E-06 | 1,4E-06 | 1,2E-06 | 1,1E-06 | 1,0E-06 | 9,3E-07 | 8,1E-07 |
| | 250 | 2,7E-06 | 1,5E-06 | 1,3E-06 | 1,2E-06 | 1,1E-06 | 1,0E-06 | 8,9E-07 |
| | 1050 | 3,1E-06 | 1,8E-06 | 1,6E-06 | 1,5E-06 | 1,3E-06 | 1,2E-06 | 9,8E-07 |

“Kohonnut pysyvän haitan mahdollisuus”

| | | Etäisyys ratapihan reunasta [m] | | | |
|---------------------------|------|---------------------------------|---------|---------|---------|
| | | 50 | 700 | 750 | 800 |
| Etäisyys ratapihan päästä | 50 | 3,1E-06 | 1,1E-06 | 8,8E-07 | 6,6E-07 |
| | 100 | 3,2E-06 | 1,2E-06 | 9,7E-07 | 7,4E-07 |
| | 150 | 3,4E-06 | 1,3E-06 | 1,1E-06 | 8,1E-07 |
| | 1050 | 4,6E-06 | 1,7E-06 | 1,3E-06 | 9,0E-07 |

Kuva 8. Etäisyyden merkitys kohonneeseen kuoleman ja pysyvän haitan riskiin. © L2 Paloturvallisuus Oy 2018

Selviämishoitoaseman kohdistuvien riskien määrittämiseen vaikuttavat etäisyys järjestelyratapihasta ja kemikaalien leviämisaikasta, tuulen suuntien jakautuminen tilastollisesti eri ilmansuuntien välille sekä alueen ominaispiirteet, jotka voivat vaikuttaa kemikaalien leviämiseen, kuten esimerkiksi maastonmuodot ja rakennukset. Näiden vaikutusta ilmaa raskaampien kaasujen leviämiseen tarkasteltiin tuulen vaikutuksen yhteydessä. Vaikka maaston muodoilla ei suunnittelualueella ole kovin merkittävää vaikutusta kaasujen leviämisen suhteen, on suunnittelualan ja ratapihan väliin suunnitteilla rakennuksia, jotka estävät ilmaa raskaampien kaasujen suoran leviämisen suunnittelualueelle (Kuva 9).



Kuva 9. Kaavakarttaluonnostelma 11.11.2022, jossa selviämishoitoasema on merkitty sinisellä rajauksella. Kuvassa on esitetty myös suunnittelualueelle suunnitellut rakennukset. Alueen maastonmuodoilla sekä muilla rakennuksilla on vaikutusta kemikaalien leviämiseen ilmassa. © Tampereen kaupunkiympäristön suunnittelu ja Sitowise 2022

Mahdollisessa onnettomuustilanteessa vapautuneiden kemikaalien ominaisuuksilla on myös vaikutusta siihen, millaisen riskin ne muodostavat selviämishoitoaseman alueelle. Ilmaa kevyempien kemikaalien kulkeutuminen selviämishoitoasemalle 400 metrin etäisyydelle ratapihasta on epätodennäköisempää kuin ilmaa raskaampien kemikaalien.

VAK-riskinarvioinnissa on tarkasteltu onnettomuusskenaarioita, joissa Viinikan järjestelyratapihan suuronnettomuuden seurauksena ratapihalta vapautuu ammoniakkaa, rikkidioksidiä, butadieenia tai nestekaasua. Pienistä vuotoista minäkään edellä mainitun kemikaalin vuoto ei aiheuta vaaraa Työterveyslaitoksen (TTL) onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohjeen (OVA-ohjeen) mukaan enää 400 metrin etäisyydellä. Suurissa vuodoissa ammoniakkin osalta tuulen alapuolella 500 metrin etäisyydellä väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin. Rikkidioksidin suuressa vuodossa tuulen alapuolella 1000 metrin etäisyydellä väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin. Siten kemikaalien vuototilanteessa todennäköisimmin vaaran riskiä selviämishoitoasemalla aiheuttavat ammoniakkin ja rikkidioksidin suuri vuoto (kiloja/s).

Ilmaa raskaampien vuotojen aiheuttamaa riskiä pienentää se, että kaavakarttaluonnostelman mukaan selviämishoitoaseman ja ratapihan väliin sijoitetaan rakennuksia, jotka hidastavat kemikaalin leviämistä ja jakavat sitä laajemmalle alueelle. Maasto laskee hieman heti VAK-ratapihan itäpuolella, mutta on sen jälkeen melko tasainen selviämishoitoaseman suuntaan. Maastomuodot eivät siten lisää tai vähennä riskin todennäköisyyttä.

Huomionarvoista on, että ammoniakki voi palaa, mutta ei syty helposti. TTL:n OVA-ohjeen mukaan ammoniakkin pitoisuus on usein syttymisrajan alapuolella, ja palo on epätodennäköistä. Rikkidioksidi puolestaan ei TTL:n OVA-ohjeen mukaan pala tai räjähdä. Siten kemikaalien jälkisyttyminen selviämishoitoaseman lähetyvillä arvioidaan epätodennäköiseksi.

Edellä esitetyn tarkastelun perusteella voidaan todeta, että koska tarkasteltava suunnittelualue ja selviämishoitoasema sijaitsevat noin 400–450 metrin etäisyydellä Viinikan järjestelyratapihasta, eivät taajuudeltaan korkeat, mutta seurauksiltaan pienet nestekaasun ja ammoniakkin laippavuotojen/venttiilivuotojen aiheuttamat kaasupäästöt todennäköisesti kosketa suunnittelualuetta. Kemikaalien pitoisuus laimenee ulkoilmassa ajan kuluessa, joten pienten vuotojen kulkeutuminen selviämishoitoaseman alueelle riskiä aiheuttavina pitoisuuksina on epätodennäköistä. Kohonneen taajuuden vahingot (esimerkiksi suuret ammoniakkin ja rikkidioksidin vuodot) voivat sen sijaan koskettaa selviämishoitoaseman aluetta.

7 Onnettomuusskenaarioiden mallintaminen

7.1 Ulkoilman pitoisuuden määrittäminen onnettomuustilanteessa

Riskinarvioinnissa tarkasteltiin VAK-ratapihalla vapautuvan rikkidioksidin ja ammoniakkin keskisuuren onnettomuusskenaarion aiheuttamaa ulkoilman pitoisuutta suunnittelualueella ja selviämishoitoasemalla. Rikkidioksidi ja ammoniakki tunnistettiin tässä raportissa aiemmin suunnittelualueen riskikemikaaleiksi. Onnettomuusskenaarion lähtötiedot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Lähtötiedot keskisuuren vuodon onnettomuusskenaarioille, jossa rikkidioksidi (SO₂) tai ammoniakkia (NH₃) leviää VAK-ratapihalla tapahtuneessa onnettomuudessa.

| Vuodon lähde | Säiliövaunu VAK-ratapihalla | |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Olosuhteet | Länsituuli 3 m/s Lämpötila 5 °C | |
| Etäisyys onnettomuuspaikasta | Selviämishoitoaseman sijainti onnettomuuspaikasta 400 m itään | |
| Vuodon suuruus | Rikkidioksidi (SO₂) Kokonaisvuotomäärä 8 264 kg Vuodon suuruus 138 kg/min | Ammoniakki (NH₃) Kokonaisvuotomäärä 10 667 kg Vuodon suuruus 179 kg/min |

Onnettomuusskenaarion tietojen perusteella määritettiin ALOHA-ohjelmistolla (ver. 5.4.7) suunnittelualueen ulkoilman kemikaalipitoisuus 5 minuuttia vuodon alkamisesta, mikä on käytännössä onnettomuustilanteen enimmäiskonsentraatio. Näiden tietojen perusteella suunnittelualueen ulkoilman enimmäisrikkidioksidipitoisuus onnettomuustilanteessa on 174 ppm ja ammoniakkin 255 ppm 5 minuuttia vuodon alusta.

7.2 Ilmanvaihdon sulkemisen vaikutus sisäilman kemikaalipitoisuuteen

Riskinarvioinnissa mallinnettiin kaasuilmaisimen ja sen synnyttämän automaattisen ilmanvaihdon pysäytyksen vaikutus sisäilman kemikaalipitoisuuden kehittymiseen selviämishoitoaseman kokoisessa rakennuksessa. Mallinnuksessa oletettiin tapahtuneen kappaleessa 7.1 esitetyt onnettomuusskenaariot, joissa rikkidioksidia tai ammoniakkia leviää VAK-ratapihalla tapahtuneessa onnettomuudessa.

Mallinnuksen lähtötietoina käytettiin suunnitellusta selviämishoitoasemasta saatavilla olevia rakennusteknisiä tietoja (Taulukko 3).

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt lähtötiedot.

| | |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kerroskorkeus | 4 m |
| Pinta-ala | Sosiaalipäivystys 748 m ² Katkaisuhoito 748 m ² Selviämishoitoasema 748 m ² Koko rakennus 2 244 m ² |
| Laskennassa käytetyt ilma- virrat | Sosiaalipäivystys 3,5 dm ³ /s,m ² Katkaisuhoito 3,0 dm ³ /s,m ² Selviämishoitoasema 3,0 dm ³ /s,m ² Rakennuksen ilmavirta, keskiarvo, q _v 3,17 dm ³ /s,m ² |
| Rakennuksen tilavuus, V _{rak} | 8 976 m ³ |
| Rakennuksen ilmavirta | V _{rak} *q _v = 8527,2 m ³ /h |
| Ilmanvaihtokerroin | 0,95 1/h = 0,0158 1/min |
| Rakennuksen oletettu ilma- vuotoluku* | 0,6 m ³ /(h,m ²) |
| Rakennuksen ulkovaipan pinta-ala | 1530 m ² |
| Kaasuilmaisimen hälytysraja | SO ₂ : 0,5 ppm NH ₃ : 20 ppm |

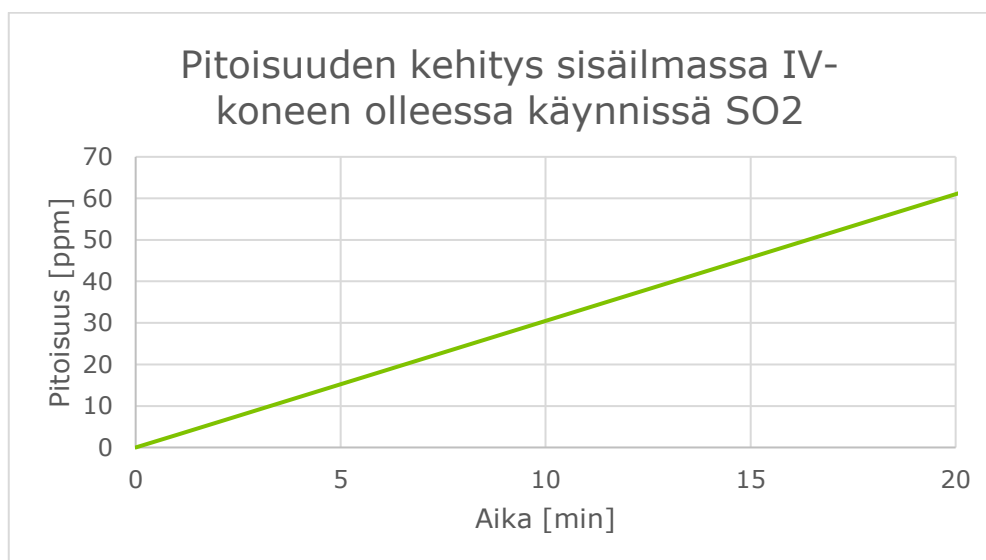
*Valittu passiivirakennuksille tyypillinen ilmapuotoluku (Rakentamisen sertifikaatti, 2019)

Mallissa oletettiin kemikaalin sekoittuneen tasaisesti sisäilmaan. Lähtötietoihin valitut ilmavirrat ovat kerroskohtaisten pääasiallisten toimintojen perusteella valittuja ilmavirtalukuja, jotka antavat vain karkean arvion rakennettavan rakennuksen ilmamääristä. Tiloissa on muun muassa käytäviä, porrashuoneita ja varastotiloja, joissa tyypillisesti vaaditaan matalampia ilmamääriä, kun taas suihku- ja WC-tiloissa vaaditaan suurempia ilmamääriä. Varmistetut ilmamäärät saadaan vasta ilmanvaihtosuunnittelun mitoituksesta. Laskennassa käytetyt ilmavirrat on valittu sisäilmastoluokan S2 ilmavirtasuosituksista (Sisäilmaluokitus 2018).

Sosiaalipäivystyksen tiloista suurin osa on suunniteltu tiloiksi, joissa kokoontuu useita ihmisiä samaan tilaan, jolloin laskennassa käytetyksi ilmavirraksi on valittu neuvotteluhuoneille suositeltu ilmavirta ($3,5 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$). Katkaisuhoidon ja selviämisaseman toiminnot on rinnastettu tässä mallissa potilashuoneiksi, joiden suositeltu ilmavirta on $3 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$ (Sisäilmaluokitus 2018).

Kaasuilmaisimen hälytysrajoiksi ja ilmanvaihtokoneen automaattisen sammuttamisen käynnistämiseksi on mallinnuksessa käytetty tarkasteltavien kaasujen haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien (HTP) arvoja 8 tunnin altistusajalle (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö 2020).

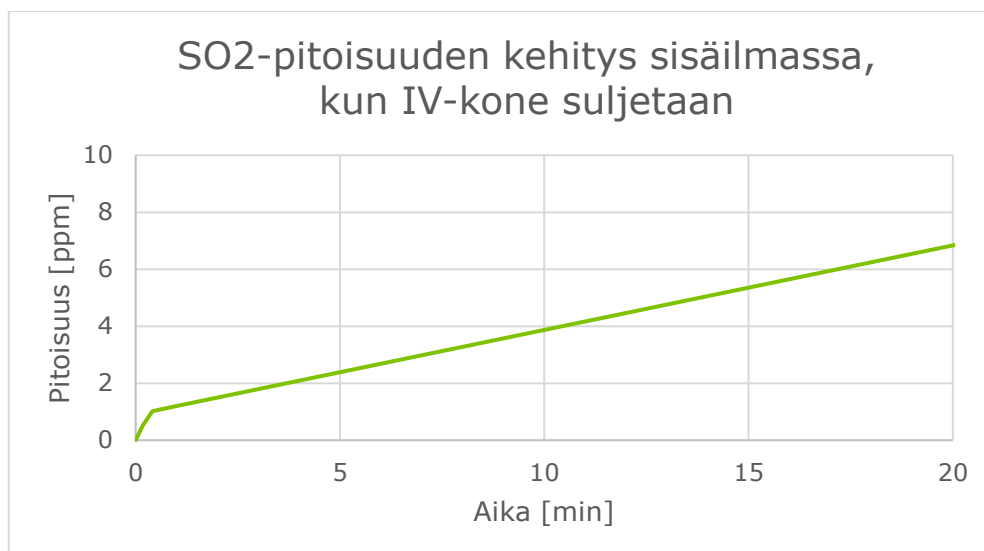
Lähtötiedoista on määritetty esitetyn onnettomuusskenaarion tilanteessa mallinnus sisäilman rikkidioksidi (SO_2) ja ammoniakki (NH_3) -pitoisuuksien kehityksestä ajan funktiona ensimmäisen 20 minuutin aikana ilmanvaihtokoneen ollessa päällä. Kehityksessä on huomioitu ilmanvaihdon sekä rakenteiden kautta tuleva kemikaalipitoinen ulkoilma. Rikkidioksidipitoisuuden kehitys sisäilmassa ilmanvaihtokoneen ollessa päällä on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Rikkidioksidin pitoisuuden kehittyminen sisäilmassa ajan funktiona, kun ilmanvaihtokone on käynnissä.

Saman onnettomuusskenaarion perusteella on laskettu sisäilman rikkidioksidipitoisuuden kehittyminen, kun kaasunilmaisimien pysäyttää ilmanvaihdon pitoisuuden ylittäessä havaitsemiskynnyksen (Kuva 11). Mallin yksinkertaistuksen vuoksi on oletettu, että ilmanvaihto ajetaan alas, kun sisäilman rikkidioksidipitoisuus on $0,5 \text{ ppm}$ ja ilmanvaihtokoneen pysähtymisen on oletettu kestävän 15

sekuntia havaitsemisesta. Uudisrakennettavan asuinkerrostalon vuotoilmamäärät kuitenkin nostavat hitaasti rikkidioksidin pitoisuuksia tilassa.

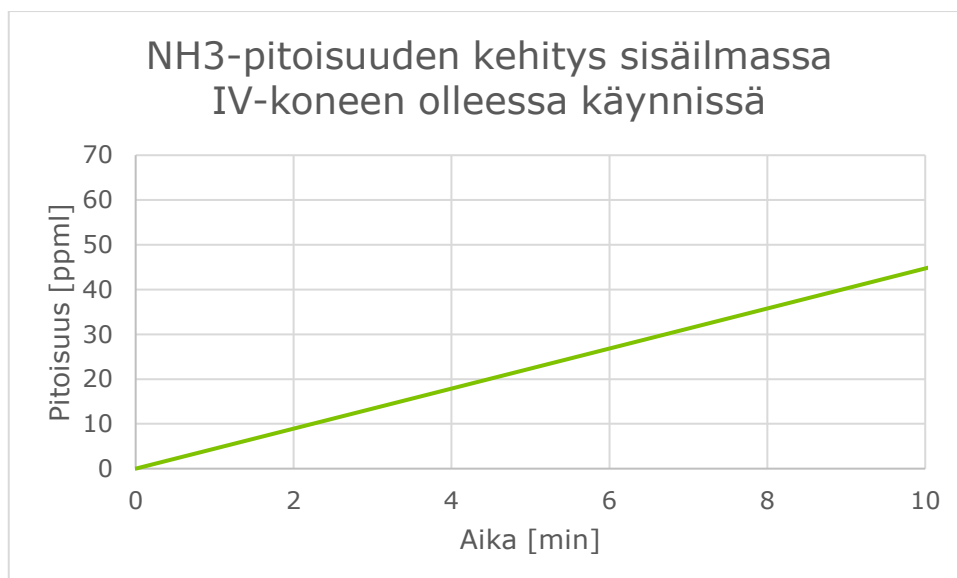


Kuva 11. Rikkidioksidin pitoisuuden kehittyminen sisäilmassa ajan funktiona, kun ilmanvaihtokone sulkeutuu pitoisuuden ollessa 0,5 ppm.

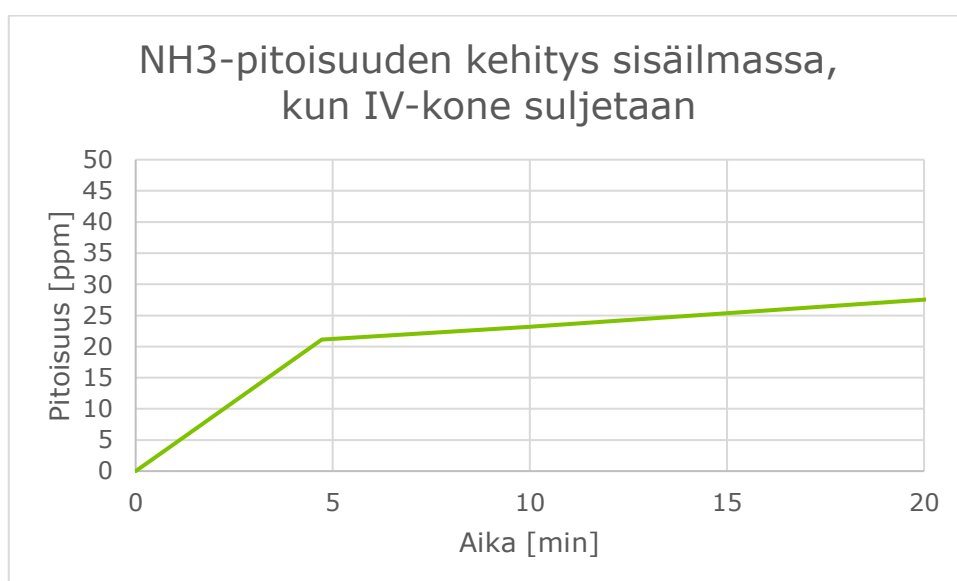
Mallinnuksen tilanteessa rikkidioksidipitoisuus sisäilmassa on 10 minuutin kohdalla noin 4 ppm ja 20 minuutin kohdalla noin 7 ppm. Mallinnuksen esittämässä tapauksessa ensimmäisen 10 minuutin aikana sisäilmassa havaitaan selvästi rikkidioksidille ominainen haju ja 20 minuutin sisällä altistuneilla havaitaan yleensä nenän ja nielun välitöntä ärsytystä.

Mallinnuksessa sisäilman kaasupitoisuuden oletetaan kehittyvän lineaarisesti ajan funktiona, mikäli ulkoilman pitoisuus pysyy vakiona. Reaalitilanteessa on kuitenkin otettava huomioon, että mm. vuodon kesto ja tuuliolosuhteet vaikuttavat ulkoilman rikkidioksidipitoisuuteen eikä pitoisuus välttämättä ole vakio ajan kuluessa.

Samalla tavalla on mallinnettu ammoniakkipitoisuuden kehittyminen, kun ilmanvaihtokone on käynnissä (Kuva 12) ja kun se on sammutettu sisäilman pitoisuuden saavuttaessa 20 ppm (Kuva 13).



Kuva 12. Ammoniakkipitoisuuden kehittyminen sisäilmassa ajan funktiona, kun ilmanvaihtokone on käynnissä.



Kuva 13. Ammoniakkipitoisuuden kehittyminen sisäilmassa ajan funktiona, kun ilmanvaihtokone sulkeutuu pitoisuuden ollessa 20 ppm.

Mallinnuksen tilanteessa ammoniakkipitoisuus sisäilmassa on 10 minuutin kohdalla noin 23 ppm ja 20 minuutin kohdalla noin 27 ppm. Tyypillisimpiä ammoniakin aiheuttamia haittavaikutuksia on ärsytys silmissä ja hengitysteissä. Haittavaikutukset alkavat yleensä, kun pitoisuus saavuttaa 20–25 ppm. Kuten rikkidioksidin kohdalla, mallinnuksessa sisäilman kaasupitoisuus kehittyy lineaarisesti ajan funktiona, mikäli ulkoilman pitoisuus pysyy vakiona, mutta reaalitytilanteessa ulkoilman ammoniakkipitoisuus ei välttämättä ole vakio ajan kuluessa.

Mallinnuksissa kaasunilmaisimen hälytysrajana rikkidioksidipitoisuuden osalta oli 0,5 ppm ja ammoniakin osalta 20 ppm. Pitoisuusarvot perustuivat kaasujen

kahdeksan tunnin altistumisen HTP-arvoihin (Sosiaali- ja terveysministeriö 2020). Huomionarvoista on, että rakennuksessa kaasuilmaisimien hälytysrajat voidaan kuitenkin säätää alemmiksi kuin yllä tarkastelluissa mallinnuksissa. Tällöin ilmanvaihdon sammussa aiemmin kaasupilven aiheuttama sisäilmapitoisuuden kehitys on hitaampaa. Skenaariovertailun mukaan kaasuilmaisimella ja automaattisella ilmanvaihdon sululla vähennetään onnettomuustilanteessa sisäilman kaasupitoisuuksia merkittävästi.

8 Asemakaavamääräykset ja VAK-riskien hallintakeinot

Haavoittuvien toimintojen sijoittamisessa VAK-ratapihan riskialueille tulee alueen turvallisuuteen kiinnittää huomiota asemakaavamääräysten ja riskinhallintatoimenpiteiden kautta. Turvallisuuden parantamista voidaan edistää pienentämällä VAK-ratapihalla tapahtuvien onnettomuuksien todennäköisyyttä, rajoittamalla onnettomuuden vaikutuksia tai pienentämällä ympäristön haavoittuvuutta (Liikenne- ja viestintäministeriö 2009). Käytetyt keinot voivat olla sekä operatiivisia toimia, organisaation hallintajärjestelmien kehittämistä, torjuntakeinojen parantamista sekä investointeja muun muassa infrastruktuuriin, kalustoon tai rakenteisiin.

VAK-järjestelyratapihat sijoittuvat usein kaupunkien keskustoihin tai niiden lähi-alueille, joissa sijaitsee haavoittuvia toimintoja. VAK-järjestelyratapihan läheisyyden kaavoituksessa olisi lähtökohtaisesti syytä välttää haavoittuvien toimintojen lisäämistä ratapihan läheisyyteen (Ympäristöministeriö 2012). Tampereen poliisi- ja pelastuslaitosten omien selvitysten ja riskinarvioiden mukaan Vihiojan suunnittelualueen hyödyt suhteessa VAK-suuronnettomuusriskeihin ovat hyväksyttäviä. Selviämishoitoaseman sijoittaminen kaavassa poliisilaitoksen välittömään yhteyteen on perusteltua toimintojen syvän synergian vuoksi.

Suunnittelualueen merkittävin Viinikan VAK-järjestelyratapihan läheisyydestä aiheutuva riskitekijä on haitalliset ja myrkylliset kemikaalivuodot ja niiden leviäminen ulkoilman välityksellä lähialueille. Selviämisaseman haavoittuvuusluokka määritellään korkeaksi (haavoittuvuusluokka A), sillä palveluita käyttävät asiakkaat voivat olla tilassa, jossa eivät pysty pitämään itsestään huolta ja onnettomuustilanteessa selviytyminen on osittain muiden ihmisten auttamisen varassa. Mikäli selviämishoitoasema päätetään suunnitellusti sijoittaa VAK-suuronnettomuusriskialueelle poliisilaitoksen yhteyteen, tulee suunnitteluvaiheessa kiinnittää riskienhallintatoimenpiteisiin erityistä huomiota.

Kaasuvuoto-onnettomuuksissa ensisijainen suojautumiskeino on suojautua sisätiloihin, jolloin pyritään estämään ulkoilman haitallisten kemikaalien leviäminen sisäilmaan. Tämä tarkoittaa sitä, että selviämishoitoasema on suunniteltava olemaan siellä asioivien ja työskentelevien henkilöiden ensisijainen suojautumispaikka mahdollisen VAK-suuronnettomuuden tilanteessa. Rakennuksen taloteknisillä ratkaisuilla ja niiden ylläpidolla on mahdollisessa onnettomuustilanteessa suuri vaikutus onnettomuuden aiheuttamien vaikutusten minimoimiseen. VAK-onnettomuusskenaarioissa tarkastellut kaasumaiset kemikaalit pääsevät rakennuksiin sisälle avonaisista ovista ja ikkunoista, ilmanvaihdon kautta tai

rakenteiden läpi. Taloteknisten ratkaisujen lisäksi pelastussuunnitelman ja pelastusharjoitusten merkitys riskinhallinnassa korostuu.

Huomioiden selviämishoitoaseman sijoittuminen VAK-riskialueen keltaiselle alueelle, selviämishoitoaseman korkea haavoittuvuusluokka A sekä suunnittelualueen maantieteelliset seikat, todetaan seuraava kaavaehdotukseen kirjattu yleismääräys erityisen tarpeelliseksi:

"Rakennusten suunnittelussa on huolehdittava siitä, että ympäristön ilman epäpuhauksien siirtyminen sisätiloihin on estetty. Rakennusten raittiin ilman otto sijoitetaan mahdollisimman korkealle maan pinnasta, pois päin ratapihalta vaarallisten aineiden kuljetusten riskit huomioon ottaen. Rakennusluvan yhteydessä on osoitettava riittävä riskienhallinta ratapihalla tapahtuvien vaarallisten aineiden kuljetusten osalta."

Taulukossa 4 on listattuna riskinhallintatoimenpiteitä teemoittain. Taulukossa esitetyillä riskinhallintakeinoilla voidaan onnettomuuden sattuessa hallita kaasumaisen kemikaalin leviämisen aiheuttamaa riskiä ihmisten henkeen ja terveyteen.

Taulukko 4. Kaasumaisen kemikaalionnettomuuden riskinhallintatoimenpiteitä

| Suositus/riskinhallintakeino | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ilmanvaihto | Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jonka saa kytkettyä pois päältä onnettomuustilanteessa. |
| | Kaasuilmaisin, joka kytkee ilmanvaihdon pois päältä automaattisesti pitoisuuden noustessa määritetyn rajan yli, erityisesti rikkidioksidille ja ammoniakille. |
| | Ilmanvaihtopeltien sulkumoottoreiden teho tulee mitoittaa oikein tarpeeksi tehokkaan ilmanvaihdon katkaisun varmistamiseksi. |
| | Tuloilmakanavan sijoittaminen rakennukseen pois päin VAK-ratapihasta ylös julkisivulle tai katolle, jolloin ottoaukko on mahdollisimman etäällä kemikaalipilvestä onnettomuustilanteessa. |
| | Suodatinvaihtoheitojen kartoittaminen tuloilmakanavaan. |
| | Mahdollisimman tasaisen ilmanvaihdon toteutuminen rakennuksessa ehkäisee onnettomuustilanteessa sisäilmaan päätyneen kemikaalin konsentroidumisen tiettyihin tiloihin. |
| Rakennuksessa mahdollisesti toteutettavien erillisilmanvaihtojen kytkeminen kaasuilmaisimen automaattiseen ilmanvaihdon poiskytkentään. | |
| Rakennus | Suosittelaaan huomioimaan rakentamisessa rakennuksen ilmapuotoluvun vaikutus onnettomuustilanteessa sisäilman kemikaalipitoisuuden kehittymiseen. |
| | Suosittelaaan välttämään maanalaisten tilojen rakentamista, joihin onnettomuustilanteessa ilmaa raskaammat kaasut pääsevät kertymään. |

Suositus/riskinhallintakeino

| | |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Suosittelaaan huomioimaan etenkin ulkoilman kanssa kosketuksissa olevien rakennusmateriaalien valinnassa ratapihalla käsiteltävien riskikemikaalien syövyttävyyttä tiettyjä materiaaleja kohtaan. |
| Varautuminen ja ohjeistus | Rakennuksen talotekniikan testaus-, ylläpito- ja huoltosuunnitelman laadinta ja toteuttaminen. |
| | VAK-riskien huomioiminen pelastussuunnitelmassa. |
| | Onnettomuustilanteita varten laadittava toimintaohjeet. |
| | Harjoitussuunnitelman laadinta henkilökunnan kaasunnettomuustilanteiden harjoittelua varten sekä harjoitussuunnitelman toteuttaminen. |
| | Onnettomuustilanteisiin koulutetun henkilökunnan riittävyyden varmistaminen. |
| | Riskinhallinta suunnitelman ja sen päivityssuunnitelman laatiminen. Suositellaan tarkastelemaan ajoittain mahdollisia muutoksia VAK-ratapihan toiminnassa ja arvioimaan muutoksen vaikutusta käytössä oleviin riskinhallintatoimenpiteisiin. |
| | Tarvittaessa asiakkaiden siirtämiseen suositellaan varaamaan riittävästi pyörätuoleja rakennuksen sisällä. |

9 Yhteenveto

Tämä riskinarvio on laadittu tukemaan Vihiojan asemakaavan no 8786 asemakaavatyötä. Kaavamutoksen tarkoituksena on mahdollistaa uusien toimitilojen rakentaminen poliisille, paloasemalle, selviämishoitoasemalle, sosiaali- ja kriisipäivystykselle sekä katkaisuhoidolle. Suunnittelualue sijaitsee Viinikan järjestelyratapihan läheisyydessä, joka on luokiteltu vaarallisten aineiden kuljetusten (VAK) ratapihaksi. Tässä työssä on arvioitu VAK-kuljetusten aiheuttamien riskien vaikutus suunnitteilla olevaan selviämishoitoasemaan.

Riskinarvio on laadittu perustuen Viinikan järjestelyratapihan riskianalyysiin VAK-kuljetuksista (L2 Paloturvallisuus Oy 2018). Riskianalyysin perusteella suunnittelualueella on kohonnut taajuus altistua pysyvälle haitalle. Selviämishoitoaseman haavoittuvuus luokiteltiin korkeaksi (luokka A), ja riskimatriisin mukaan suunnittelualueelle saa sijoittaa luokan A toimintoja, mikäli onnettomuustaajuus arvioidaan pieneksi ottaen huomioon etäisyys VAK-järjestelyratapihasta. Selviämishoitoasema sijaitsee noin 400–450 metrin etäisyydellä Viinikan järjestelyratapihasta, joten taajuudeltaan korkeat, mutta seurauksiltaan pienet nestekaasun ja ammoniakkin laippavuotojen/venttiilivuotojen aiheuttamat kaasupäästöt eivät todennäköisesti kosketa suunnittelualueella. Sen sijaan kohonneen taajuuden vahingot (esimerkiksi suuret ammoniakkin ja rikkidioksidin vuodot) muodostavat riskin, joka tulee ottaa huomioon riskinhallintatoimenpiteillä.

Työssä mallinnettiin sisäilman rikkidioksidipitoisuuden ja ammoniakkin muutos ajan funktiona rakennuksessa, jossa koneellinen ilmanvaihto oli päällä ja

poiskytkettynä. Ilmanvaihdon sulkemisella todettiin olevan merkittävä vaikutus rikkidioksidin ja ammoniakkin pitoisuuksien kehittymiseen sisäilmassa. Tampereen poliisi- ja pelastuslaitosten omien selvitysten ja riskinarvioiden mukaan Vihiojan suunnittelualueen hyödyt suhteessa VAK-suuronnettomuusriskeihin ovat hyväksyttäviä. Mikäli selviämishoitoasema päätetään suunnitellusti sijoittaa poliisilaitoksen yhteyteen, rakennuksen on suunniteltava olemaan ensisijainen suojautumispaikka mahdollisen VAK-suuronnettomuuden tilanteessa.

Riskinarviossa on esitetty riskinhallintatoimenpiteitä, joilla voidaan hallita kaasumaisen kemikaalin leviämisen aiheuttamaa riskiä ihmisten henkeen ja terveyteen. Keskeisiä riskinhallintakeinoja ovat rakennuksen talotekniset ratkaisut, sillä VAK-onnettomuusskenaarioissa tarkastellut kaasumaiset kemikaalit pääsevät rakennuksiin sisälle avonaisista ovista ja ikkunoista, ilmanvaihdon kautta tai rakenteiden läpi. Taloteknisten ratkaisujen lisäksi kemikaalivuotoihin tulee varautua ja laatia ohjeistukset toiminnasta kemikaalionnettomuuden varalta. Rakennusluvan yhteydessä on osoitettava suunnitelma pelastustoimenpiteistä sekä riskienhallinnasta vaarallisten aineiden kuljetusten riskit huomioon ottaen.

10 Lähteet

L2 Paloturvallisuus Oy 2018. Viinikan järjestelyratapihan riskianalyysi VAK-kuljetuksista.

Liikenne- ja viestintäministeriö 2009. VAK-kuljetuskeskittymät osana turvallista yhteiskuntaa – maankäytön suunnittelu ja yhteinen riskienhallinta. KERTTU-hankkeen loppuraportti.

Paikkatietoikkuna 2022. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi>

Rakentamisen sertifikaatti, 2019. Rakentamismääräysten muutokset koskien ilmanpölyvyyden osoittamista mittaamalla. https://rakentamissertifikaatit.fi/uutiset/rakentamismaaraysten_muutokset_ilmanpityvyydessa

Sisäilmaluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT 07-11299.

Sosiaali- ja terveysministeriö 2020. HTP-arvot 2020. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2020:24.

Tampereen kaupunki 2022. Selviämishoitoasema ja sosiaali- ja kriisipäivystysuuden poliisiaseman yhteyteen -tarveselvitys.

Tampereen Kaupunki 2016. Kantakaupungin yleiskaava 2040. Maankäytöltään muuttuvien alueiden selvitykset. Viinikka-Rautaharkko rakennetarkastelu. https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-06/Viinikka_rautaharkko_rakennetarkastelu_27062016.pdf

Trafi 2018. Rautateillä vaarallisten aineiden kuljetuksissa tapahtuneet onnettomuudet ja vaaratilanteet. Trafin julkaisuja 21/2018.

Ympäristöministeriö 2012. VAK-ratapihat ja kaavoitus – Vaarallisten aineiden kuljetus ja suuronnettomuuden mahdollisuuden huomiointi.

Työterveyslaitos 2022. OVA-ohjeet:

- Rikkidioksidi, päivitetty 12.8.2022. <https://www.ttl.fi/ova/rikkidioksidi>
- Ammoniakki, päivitetty 4.8.2022. <https://www.ttl.fi/ova/ammoniakki>
- Butadieeni, päivitetty 21.4.2022. <https://www.ttl.fi/ova/butadieeni>
- Nestekaasut, päivitetty 11.7.2022. <https://www.ttl.fi/ova/nestekaasut>

| | | | | | |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Kaava/kohde: 8786 Vihioja | | Arvioija: SitoWise Oy | | Päivämäärä: 15 / 11 2022 | |
| | Kuvaus toiminnoista | Asukas- tiheys [as/km²] | Muita kävijöitä [hlö/pvä] | Erityisiä huomioita | |
| 1. Nykytilanne | Varasto, kunnallistekniset toiminnot, toimisto | | | | |
| 2. Muuttuva toiminto | Varasto, kunnallistekniset toiminnot, toimisto, poliisi, pelastuslaitos, selviämishoitoasema | | | poliisi ja pelastuslaitos: ympärivuorokautinen käyttö poliisi: kiinniotetut henkilöt selviämishoitoasema: vuodepotilaksi verrattavia asiakkaita | |
| 3. Pääasiallinen toiminto ja luokitus | | | | | |
| Luokka | Haavoittuvuusluokan esimerkkitoiminto (ks. liitetaulukon rakennusluokitus) | [x] | Väri pohjakartalla | | |
| A | Tiheä asuntorakentaminen, sairaalat, päiväkodit, kauppakeskukset, majoitusliikerakennukset, tiheään henkilömäärän kokoontumistilat (teatteri, kongresssi yms.) | A <input checked="" type="checkbox"/> | i | v | v |
| B | Harvempi asuinrakentaminen, muut myymälärakennukset, ravintolat, liikenteen asemat/terminaalit, terveydenhuollon päiväkäyttöiset tilat, opetusrakennukset, muu kokoontumistilatoiminta | B <input type="checkbox"/> | i | iii | v |
| C | Toimistot, harvat asuinalueet, vapaa-ajan rakennukset, liikenteen huoltorakennukset | C <input type="checkbox"/> | i | ii | iv |
| D | Pysäköintitilat, kauppavarastot | D <input type="checkbox"/> | i | ii | ii |
| E | Teolliset toiminnot, varastorakennukset, VAK -keskittymät | E <input type="checkbox"/> | i | ii | ii |
| [x] | 4. Arvio tarpeesta huomioida VAK -suuronnettomuusvaara | | | | |
| <input type="checkbox"/> | i. Vaaralla ei merkitystä. Ei edellytä erityistoimenpiteitä | | | | |
| <input type="checkbox"/> | ii. Onnettomuusriski huomioitava pelastussuunnitelmissa ja alueen väestölle tiedotettava | | | | |
| <input type="checkbox"/> | iii. Voidaan sallia. Suunnittelussa huomioitava kaasuvuodot (lisäksi kohta ii.) | | | | |
| <input type="checkbox"/> | iv. Voidaan sallia. Suunnittelussa huomioitava kaasuvuodot ja räjähdykset (lisäksi kohta ii) | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | v. Ei voida yleensä sallia. Luokan hyväksyminen edellyttää tapauskohtaisen riskiarvion kaavavaiheessa | | | | |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Rakennuslupahakemus: | | Arvioija: | Päivämäärä: / 20 |
| 1. VAK -huomiointiluokka | | | |
| [x] | VAK -huomiointiluokka | Vaadittavat toimenpiteet | |
| <input type="checkbox"/> | i | - | |
| <input type="checkbox"/> | ii | 2A | |
| <input type="checkbox"/> | iii | 2A, 2B | |
| <input type="checkbox"/> | iv | 2A, 2B, 2C | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | v | Ei voida yleensä sallia | |
| Lisätiedot: Riskiarvio laadittu. Osa suunnittelualueesta kohonneella riskitaajuudella. Kaasuvuotojen riskinhallintatoimenpiteet esitetty. | | | |
| 2. Vaadittavat riskienhallintatoimenpiteet | | | |
| 2A - Yleiset | <input checked="" type="checkbox"/> | Hätätilanneohjeistus yleisölle (suuret kokoontumistilat) | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | Kiinteistön pelastussuunnitelmassa kiinnitettävä erityistä huomiota VAK -suuronnettomuusvaaraan, esim. ohjevihko ja hätätilanneohjeistus turvallisesta toimimisesta onnettomuustilanteessa | |
| | <input type="checkbox"/> | Muuta, mitä: | |
| 2B - Myrkyllinen kaasuvuoto | <input checked="" type="checkbox"/> | Kaasutunnistinjärjestelmä tai vastaava järjestely, jolla tunnistetaan haitalliset kaasut (rikkidioksidi, ammoniakk) | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | Hälytin, joka varoittaa käyttäjiä kaasuilmamaisun aktivoitumisesta | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | Kaasutunnistinjärjestelmän kytkeminen automaattisen ilmanvaihdon pysäytykseen | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | Muissa kuin asuinrakennuksissa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, joka voidaan pysäyttää kokonaan. | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | Asuinrakennuksissa käyttäjien opastus toimia kaasuhälytystilanteessa oikein (ikkunoiden ja parvekeovien sulkeminen) | |
| | <input type="checkbox"/> | Muuta, mitä: | |
| | 2C - Räjähdyks ja jälkisyttymä | <input type="checkbox"/> | Räjähdyksen ja sortumavaaran huomiointi rakenteiden suunnittelussa |
| <input type="checkbox"/> | | Poistumisteiden suuntaaminen pois päin räjähdysvaarasta | |
| <input type="checkbox"/> | | Rakennusten sijoittelu siten, että paineaallon vaikutukset minimoituvat (esim. D/E -luokan rakennuksia tai puustoa kohteen ja vaaran välissä, rakennusten sijoitus kulmittain rataa nähden) | |
| <input type="checkbox"/> | | Rakennuksessa palamattomat (A1 tai A2-s1,d0) kate- ja julkisivumateriaalit | |
| <input type="checkbox"/> | | Muuta, mitä: | |
| 3. Lausunnot | Pelastustoimi | | Muu toimielin: |
| | <input type="checkbox"/> | Kieltävä | <input type="checkbox"/> Kieltävä |
| | <input type="checkbox"/> | Ehdollinen | <input type="checkbox"/> Ehdollinen |
| | <input type="checkbox"/> | Puoltava | <input type="checkbox"/> Puoltava |
| | Arvioija: | | Arvioija: |

VAK-ratapihan onnettomuuskenaarioiden vaaraa aiheuttavien kemikaalien ominaisuuksia taulukoituna
(Työterveyslaitos, OVA-ohjeet)

| | Rikkidioksidi | Ammoniakki | Butadieeni | Nestekaasu |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Molekyylikaava | SO ₂ | NH ₃ | C ₄ H ₆ | Propaanin (C ₃ H ₈) ja butaanin (C ₄ H ₁₀) seos |
| Varoitusmerkit | Paineen alainen kaasu, myrkyllinen, syövyttävä | Paineen alainen kaasu, myrkyllinen, syövyttävä, ympäristölle vaarallinen | Syttyvä, paineen alainen kaasu, krooninen terveysthaitta | Syttyvä, paineen alainen kaasu |
| Vaaralausekkeet | H331 Myrkyllistä hengitettynä H314 Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa | H221 Syttyvä kaasu H331 Myrkyllistä hengitettynä H314 Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa H400 Erittäin myrkyllistä vesieläimille | H221 Erittäin helposti syttyvä kaasu H350 Saattaa aiheuttaa syöpää H340 Saattaa aiheuttaa perimävaurioita | H220 Erittäin helposti syttyvä kaasu |
| AEGL-arvot* | AEGL1 0,20 ppm/30 min AEGL2 0,75 ppm/30 min AEGL3 30 ppm/30 min | AEGL1 0,30 ppm/30 min AEGL2 220 ppm/30 min AEGL3 1600 ppm/30 min | AEGL1 670 ppm/30 min AEGL2 6 700 ppm/30 min AEGL3 27 000 ppm/30 min | AEGL1 6 900 ppm/30 min AEGL2 17 000 ppm/30 min AEGL3 33 000 (propaani), 53 000 (butaani) ppm/30 min |
| Höyryn tiheys | 2,3 (ilma = 1) | 0,6 (ilma = 1) | 1,9 (ilma = 1) | Propaani 1,5 (ilma=1) Butaani 2,0 (ilma=1) |
| Kiehumispiste | - 10 °C | - 33 °C | -5 °C | Propaani -45 °C Butaani -7 °C |
| Reaktiivisuus | Kosteana rapauttaa betonia ja reagoi metallien kanssa syövyttäen niitä (esim. alumiini, kupari sinkki) ja reaktiossa vapautuu syttyvää vetykaasua. Vahingoittaa tekstiilejä ja nahkaa. | Reagoi kiivaasti happojen ja hapettimien kanssa. Voi muodostaa räjähtäviä yhdisteitä kullan, hopean ja elohopean kanssa. Syövyttää erityisesti kuparia, mutta myös alumiinia, hopeaa ja sinkkiä. | Aiheuttaa ulkona syttymisvaaran ja sisällä syttymis- ja räjähdysvaaran. Alempi syttymisraja 12,5 %. Hapettavat aineet voivat sytyttää butadieenin. Yhteensopimaton fenolin, klooridioksidin ja krotonaldehydin kanssa. | Reagoivat voimakkaiden hapettimien kanssa. Syttymisrajat 2-10 %. |
| Vaikutukset terveyteen | Ärsyttää silmiä, kosteita ihoalueita ja hengitysteitä. Kirvelyä silmissä, kyynelvuotoa, suurissa pitoisuuksissa hengitysvaikeuksia. | Ärsyttää silmiä ja hengitysteitä. | Ei akuutisti vaarallinen. Vasta altistuminen korkeille pitoisuuksille (2000-8000 ppm) tuntien ajan aiheuttaa mm. hengitysteiden | Suurina pitoisuuksina |

| | Rikkidioksidi | Ammoniakki | Butadieeni | Nestekaasu |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | <p>ärtymistä, silmien kirvelyä.</p> <p>Aiheuttaa hapenpuutetta pitoisuuden ylittäessä 25 %.</p> | |
| Vaikutukset pitoisuusalueittain | <p>0,4-1 ppm hapan maku havaittavissa</p> <p>3 ppm hajun havaitseminen selvästi</p> <p>5-11 ppm nenän ja nielun välitön ärsytys</p> <p>20 ppm silmien ärsytys</p> <p>50-100 ppm tukahduttava yskä</p> | <p>20-25 ppm ärsytys ja haittavaikutukset alkavat</p> <p>400-700 välittömästi hengitysteitä ja silmiä voimakkaasti ärsyttävä</p> | | <p>10-30 % keskushermoston lamaantumista ja sydämen rytmihäiriöalttiutta. Tätä voi edeltää hermoston ylivireystila.</p> <p>yli 25 % hapenpuute</p> |
| Vuodon vaara-alueen arviointi | <p>Pieni vuoto n. 0,1 kg/s: välitön eristys 50 m kaikkiin suuntiin ja 200 m tuulen alapuolelle.</p> <p>suuri vuoto (kiloja/s): välitön eristys 300 m kaikkiin suuntiin. Tuulen alapuolella 1000 m etäisyydellä väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin.</p> | <p>Pieni vuoto n. 0,1 kg/s: välitön eristys 50 m kaikkiin suuntiin ja 100 m tuulen alapuolelle</p> <p>suuri vuoto (kiloja/s): välitön eristys 300 m kaikkiin suuntiin. Tuulen alapuolella 500 m etäisyydellä väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin.</p> | <p>Pieni vuoto n. 0,1 kg/s: välitön eristys 25 m kaikkiin suuntiin.</p> <p>suuri vuoto (kiloja/s): välitön eristys 50 m kaikkiin suuntiin ja 100 m tuulen alapuolelle.</p> | <p>Suuressa vuodossa syttyvä kaasupilvi 100-200 metrin etäisyydellä. Mikäli kaasua vuotaa sisätiloihin on räjähdysvaara arvioitava kaasumittauksilla.</p> |

*AEGL=Acute exposure guideline levels, USA = Akuutin altistumisen raja-arvot