

BOLIDEN HARJAVALTA
RIKASTEHALLI, POSEIDON
MERI SATAMANTIE 4 28880 PORI

PALOTEKNINEN TOIMINNALLINEN TARKASTELU RAPORTTI

Tilaaaja:
BOLIDEN

Yhteyshenkilö:
[REDACTED]
Ramboll Finland
Palo- ja turvallisuustekniikka
Itsehallintokuja 3, PL 25 02601 Espoo

Päivämäärä:
28.10.2021

Tarkastus [REDACTED]
Päivämäärä 28.10.2021
Laatija [REDACTED]
Tarkastaja [REDACTED]

SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO	1
2.	KOHTEEN ESITTELY	1
2.1	Yleistä	1
2.2	Nikkelirikaste	2
2.3	Henkilömäärät	2
3.	PELASTUSLAITOKSEN TOIMINTAVALMIUSAIKA	2
3.1	Palon todennäköisyys tilassa	2
3.2	Alkusammutuksen onnistuminen	3
3.3	Palokunnan toimintavalmiusaika ja sammutuskyky	3
3.4	Vikapuu	4
3.5	Entä-jos –tarkastelu	4
4.	LÄHTÖTIEDOT JA SIMULOINNIN TOTEUTUS	5
4.1	Olosuhteiden simulointi - PyroSIM ja FDS	5
4.2	Poistumissimulointi - Pathfinder	5
4.2.1	Poistujat	5
4.2.2	Havaitsemis- ja reagointiaika	6
5.	TUTKITTAVAT TAPAUKSET	6
5.1	Paloskenaariot	6
5.1.1	Tapaus 1: Pyöräkuormaaja	6
5.1.2	Tapaus 2: Veturi	8
5.2	Poistumisskenaariot	9
6.	HYVÄKSYMI SKRITTEERIT	10
7.	TULOSTEN TARKASTELU	11
7.1	Pyöräkuormaajan palo	11
7.1.1	Olosuhteiden kehittyminen ASET	12
7.2	Veturin palo	16
7.2.1	Olosuhteiden kehittyminen ASET	17
7.3	Poistumisskenaariot	21
7.3.1	Skenaariot 1 ja 2 RSET	22
7.3.2	Skenaario 3 ja 4 RSET	23
7.3.3	Paloilmoitinpainike	23
7.4	Tulokset	24
8.	YHTEENVETO	25
9.	ALLEKIRJOITUKSET	26

1. JOHDANTO

Boliden Harjavallan kaivokseen liittyen rakennetaan lämmöneristämätön nikkelikasteen varastointihalli. Kohteen toimintaan kuuluu olennaisena osana tavarajunien lastaus ja purku. Rakennuksen yläosassa on kuljettimen huoltoon ja käyttöön liittyvä kulkutaso. Halli on katettu koko pinta-alaltaan.

Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten paloturvallisuudesta mukaan palo-osaston enimmäispinta-ala lämmöneristämättömälle tuotanto- ja varastorakennukselle on 12 000 m². Toteutettava halli on pinta-alaltaan 17 000 m², jolloin ylitystä asetuksen enimmäispinta-alaan on 5000 m². Toiminnallisella paloteknisellä tarkastelulla selvitetään, heikentääkö käyttötarkoituksen mukainen pinta-alan ylittäminen 5000 m²:llä rakennuksen henkilöturvallisuutta.

Kohteen käyttötarkoitus ja toiminta huomioiden selvitetään arvoilta todennäköisimpien palo- ja poistumisskenaarioiden perusteella henkilöiden poistumisturvallisuutta. Lisäksi selvitetään, lisääntyykö rakennuksen palokuorma per neliometriä kohden rakennuksen ollessa pinta-alaltaan suurempi kuin paloasetuksen mukainen sallittu. Oletuksena on, vaikka palo-osaston koko kasvaa, saattaa palokuorma/m² vähentyä.

2. KOHTEEN ESITTELY

2.1 Yleistä

Boliden Harjavallan rikastehalli toteutetaan Porin satamaan osoitteen MERISATAMANTIE 4 28880 PORI. Rakennus kuuluu pääkäyttötarkoitukseltaan tuotanto- ja varastotiloihin. Sen paloluokka on P0(P2).

Halli on 260 metriä pitkä, se on leveydeltään 68 metriä ja korkeus harjakatossa 11,2 – 24,6 metriä. Pitkittäissuunnassa läpi koko rakennuksen kulkee kaksi junakiskoja mahdollistaen tehokkaan lastaustoiminnan. Hallin yläosassa korkeudella 16 metriä on nikkelikasteen kuljetin- ja huoltotaso hallin koko pituudeltaan.

Hallin suojaustaso on 2 sisältäen alkusammutuskaluston lisäksi hätäkeskukseen kytketyn paloilmoinilaitteiston, minkä avulla nopeutetaan palon havaitsemista sekä myös sammutustoiminnan aloittamista kohteessa. Kohteen poistumisturvallisuus varmistetaan paloilmoinimella ja uloskäytävien sekä poistumisreittien vaatimukset toteutetaan Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017 mukaisesti.

Sammutustoimintaa tukemaan lisätään rakennuksen ulkoseinälle kiinteä sammutusvesiputkisto, mikä mahdollistaa pelastuslaitoksen sammutusveden syöttämisen rakennuksen päädyistä. Tämä vähentää oleellisesti letkuselvityksiin kuluva-aikaa ja nopeuttaa sammutustoiminnan aloittamista.

Rakennuksen pääasiallinen savunpoistomenetelmä on koneellinen savunpoisto savunpoistopuhaltimien avulla ja sen savunpoistotaso on II. Korvausilma on järjestetty hallin päätyovien kautta painovoimaisena.

Kantavat rakenteet suunnitellaan YM asetuksen P2-paloluokan mukaan R30 tai R15,A2.

Dokumentti 62227-PT-0-S100 käsittelee tarkemmin rikastehallin rakennuksen paloteknisiä vaatimuksia.

2.2 Nikkelirikaste

Rakennukseen varastoitava nikkelirikaste on pölyävää tummaa jauhetta. Nikkelirikaste osallistuu ulkopuoliseen paloon kytemällä matalalla lämmöllä muodostaen terveydelle haitallista rikkipitoista kaasua. Kytevän palon nikkelirikasteen ei katsota levittävän paloa tilassa merkittävällä tavalla.

2.3 Henkilömäärät

Rakennuksen henkilömäärä on sen kokoon nähden hyvin vähäinen. Rakennuksessa työskentelevien henkilöiden työtehtäviä ovat pyöräkuormaajan ja junan kuljettaja sekä hallin yläosassa sijaitsevan kuljettimen satunnaiset huoltotehtävät. Lisäksi rakennuksessa voi olla pyöräkuormaajien jalkamiehiä tukemassa lastaustoimintaa.

Taulukko 1 Rakennuksen henkilömäärä

	Yksiköjä	Henkilömäärä / yksikkö	Yhteensä
Pyöräkuormaajan kuljettaja + jalkamiehet	Kaksi	3	6
Junan kuljettaja + henkilöstö	Kaksi junaa	2	4
Huoltomiehet rakennuksen yläosassa olevilla huoltotasolla	Kolme huoltotasoa	4	12
Kunnossapitohenkilöstö	3	1	3
YHTEENSÄ	-	-	25

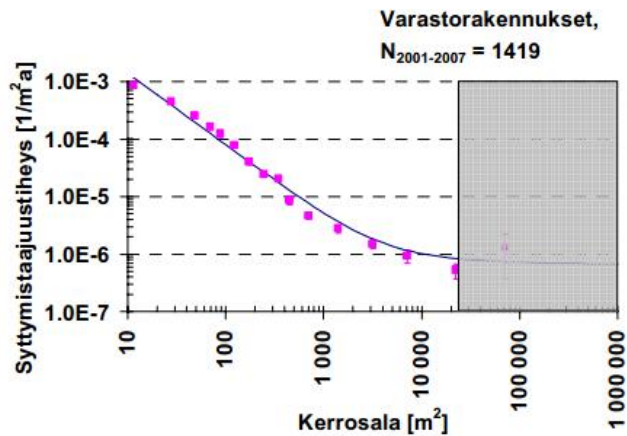
3. PELASTUSLAITOKSEN TOIMINTAVALMIUSAIKA

3.1 Palon todennäköisyys tilassa

Palon todennäköisyyttä voidaan arvioida tilastojen perusteella. VTT on selvittänyt eri rakennusten syttymisen todennäköisyyksiä PRONTO:n tilastojen perusteella¹.

Kuva 6-1 esitetään tilastoista saadut syttymistodennäköisyydet kerrosalan funktiona varastorakennukselle. Hallin palo-osaston koko on 17000 m², jota vastaava syttymistaajuus on 8,75 e-7 syttymää/m²a). Tämä suhteutetaan kirjallisuudesta saatuihin arvoihin.

¹ Tillander, K., Oksanen, T., Kokki, E.. 2009. Paloriskin arvioinnin tilastopohjaiset tiedot. VTT.



Kuva 3-1 Syttymistaajuus varastorakennuksessa

Syttymistaajuus ja kerrosala vaikuttaa tarkasteltavan palo-osaston syttymistodennäköisyyteen vuositasona.

Taulukko 2 Syttymisen todennäköisyys varastorakennuksessa

Pääkäyttötapa	Kerrosala m ²	Syttymistaajuus 1/a/m ²	Syttymistodennäköisyys 1/a	Palojen väliaika a
Varastorakennus	17000	8.75E-07	1.5E-02	67.2

3.2 Alkusammutuksen onnistuminen

Rakennus varustetaan alkusammutuskalustolla (käsiammuttimet ja pikapalopostit). Alkusammutuksen onnistuminen varastorakennuksissa on esitetty alla.¹

Taulukko 3 Alkusammutus ja sen vaikutus paloon käyttötarkoituksen mukaan

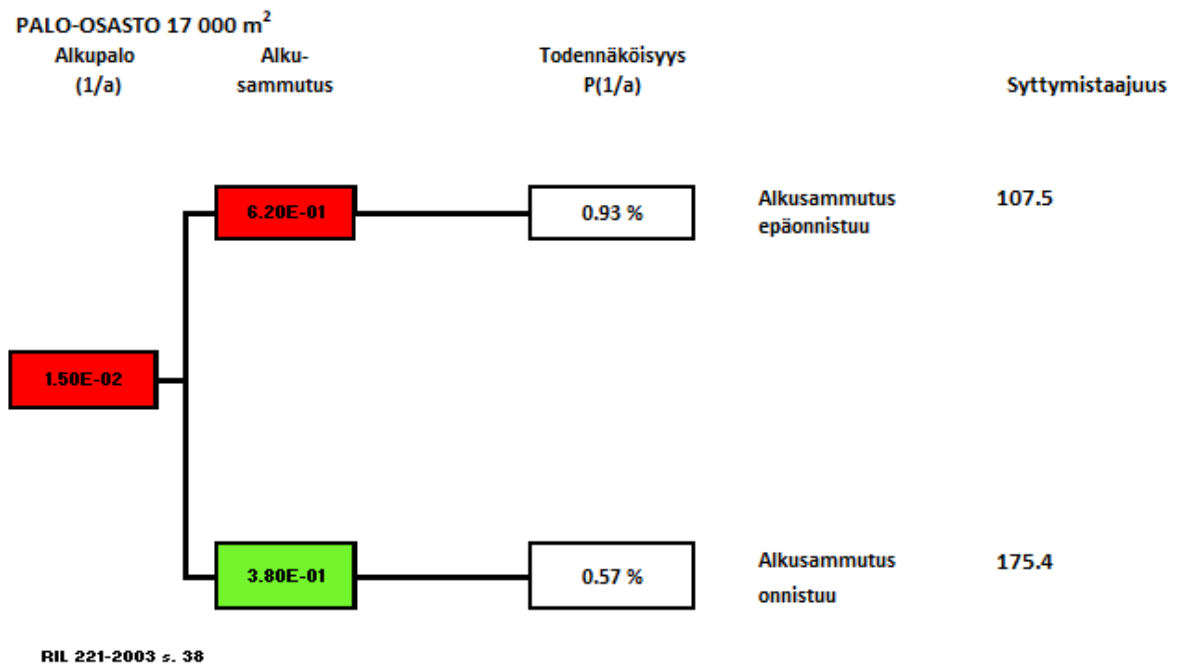
Alkusammutus ja sen vaikutus paloon	Opetus	Teollisuus	Varasto	Maa-talous	Muut
Sammutti/rajoitti	42 %	59 %	38 %	44 %	54 %
Ei ollut vaikutusta	5 %	6 %	13 %	15 %	15 %
Ei ollut/käytetty/toiminut/voitu käyttää	53 %	35 %	49 %	41 %	31 %
Havaintojen lkm	320	2 790	778	937	2 863

3.3 Palokunnan toimintavalmiusaika ja sammutuskyky

Meri-Porin paloasema sijaitsee noin 4 kilometrin päässä kohteesta. Meri-Porin aseman vahvuus on vain 2-3 hlö, jolloin sen varaan ei voida laskea. Lähimmät kaksi seuraavaa asemaa ovat Pihlava (8,4km) ja Reposaari, minkä lisäksi alueella on sopimuspalokuntia. Pelastuslaitos arvioi toimintavalmiusajaksi 30 minuuttia, minkä lisäksi suurien suljetussa tilassa olevien palojen sammuttaminen vaatii vahvempaa tiedustelua sekä esivalmisteluja (veden saatavuuden varmistaminen), minkä arvioidaan vaativan n. 15 minuuttia. Varsinaisen pelastustoiminnan voidaan siis katsoa alkavan viimeistään 45 minuuttia siitä, kun hälytys kohteesta on saatu.

3.4 Vikapuu

Palon syttymistaajuuden ja alkusammutuksen onnistumisen todennäköisyyden perusteella on tarkasteltu todennäköisyyttä sille, että palotapahtuma johtaa pelastuslaitoksen toimenpiteisiin. Alkupalon syttyminen tapahtuu kerran 67 vuodessa. Näistä tapauksista 38 % saadaan alkusammutuskaluston avulla sammumaan ks. Kuva 3-2. Näin voidaan laskea koko tapahtumaketjun syttymistaajuus, joka esimerkiksi alkusammutuksen epäonnistuessa johtaa pelastuslaitoksen toimenpiteisiin kerran 107 vuodessa. Muut skenaariot sitä harvemmin.



Kuva 3-3 Vikapuu ilman palon syttymistodennäköisyyttä

3.5 Entä-jos –tarkastelu

Alkusammutus

Alkusammutusvalmiutta korotetaan henkilökunnan kohdennetulla koulutuksella. Rakennus on kuitenkin varustettu automaattisella paloilmoinnilla, joten alkusammutuksen epäonnistumisesta ei aiheudu huomattavaa riskiä.

Paloilmoitin

Paloilmoittimen toimiessa tieto palosta saadaan nopeasti pelastuslaitokselle. Jos paloilmoinjärjestelmä ei toimi, on todennäköisempää, että palo pääsee kehittymään äärimmilleen tiedonkulun hidastuessa. Nopealla hälytyksellä pelastuslaitoksen on mahdollista saada palot hallintaan jo palon kiihtymisvaiheessa. Suurin osa syttymislähteistä liittyy laitteisiin ja koneisiin, joiden käytön aikana tilassa on henkilökuntaa paikalla, mikä mahdollistaa hälytyksen tekemisen

myös puhelimitse hätäkeskuksen kautta. Yksittäisen paloilmaisimen toimimattomuus ei aiheuta kuin pientä viivettä poistumisen käynnistymiseen ja tiedonvälitykseen hätäkeskukseen.

Sähkökatko

Sähkökatko ei aiheuta riskitason nousua.

4. LÄHTÖTIEDOT JA SIMULOINNIN TOTEUTUS

4.1 Olosuhteiden simulointi - PyroSIM ja FDS

Palosimuloinnit laaditaan PyroSim 2019.1.0515 ohjelmalla ja laskentaan käytetään FDS:n ohjelmaversiota 6.7.1. Palosimuloinnin tuloksena saadaan tietoa rakennuksen olosuhteiden kehittymisestä oletetuissa palotapauksissa.

Mallinnuksen hilaverkon silmäkooksi valitaan yleisesti 40 cm. Palon lähellä silmäkoko on 20 cm ja nikkelirikasteen varastolohkoissa 80 cm. Rajoittaviksi rakenteiksi asetetaan simulaatiomalleissa betoninen maanlaatta, ja kattoon sekä seiniin sandwichrakenne (pelti-eriste-pelti). Nikkelirikastekasat jakavat seinät ovat betonia. Muista rakenteista mallinnetaan liimapuu- ja betonipalkit, koska ne voivat rajoittaa savukaasun liikettä rakennuksen yläosassa. Nämä valinnat on tehty vain simulointitarkoitukseen eivätkä ne rajoita toteutettavien täydentävien rakenteiden vaihtoehtoja. Simuloinneissa huomioidaan rakennukseen varastoidut nikkelirikastekasat, mikä pienentää rakennuksen tilavuutta olosuhteiden kehittymiselle.

Tarkasteltavat palotapaukset valitaan suurimman palokuorman ja syttymistodennäköisyyden perusteella. Palot sijoitetaan lämpökuormituksen ja savunmuodostuksen kannalta kriittisimpiin paikkoihin, jotka on esitetty alla Kuva 4-1.

4.2 Poistumissimulointi - Pathfinder

Poistumissimuloinnit suoritetaan siihen tarkoitukseen laaditulla Pathfinder 2019.2.1002 ohjelmalla, joka on kansainvälisesti yleisesti käytetty ja hyväksytty ohjelmisto. Ohjelma mahdollistaa tilojen, ovien ja portaiden mallintamisen lisäksi poistujien ominaisuuksien hallinnan sekä erilaisten skenaarioiden asettamisen.

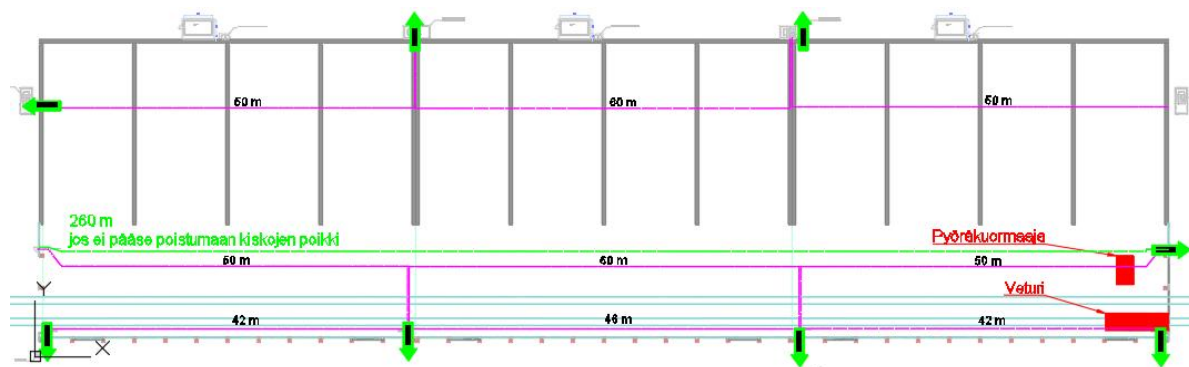
4.2.1 Poistujat

Kaikkien malliin sijoitettujen henkilöiden oletetaan poistuvan omatoimisesti nopeudella 1,2 m/s². Poistujien oletetaan pääosin olevan tilat tuntevaa henkilöstöä. Portaissa poistumisnopeus on 20% alhaisempi.

² Weckman, H. Rakennuksista poistumisen laskennallinen arviointi, VTT 1997

4.2.2 Havaitsemis- ja reagointiaika

Kohteeseen toteutetaan hätäkeskukseen kytketty osoitteellinen paloilmoitin. Palosimulaatiomalleihin sijoitetaan lämpöilmaisimia kuvaavia virtuaalisia antureita, joiden avulla saadaan selville poistumissimuloinnin tuloksissa käytettävä havaitsemisaika. Reagointiaika riippuu monesta tekijästä, mutta tuotantotiloissa työskentelevät tilat tuntevaa henkilökuntaa. Reagointiaika on kaksi minuuttia.³



Kuva 4-1 Palojen sijainnit ja poistumisreitit

5. TUTKITTAVAT TAPAUKSET

Arviolta todennäköisimmät ja suurimmat syttymislähteet ovat dieselkäyttöinen junaveturi ja pyöräkuormaaja. Syttymislähteiden ei oleteta levittävän paloa laajemmalle tilassa, koska varastoitava nikkelirikaste osallistuu paloon vain kytemällä, junan vaunujen ei oleteta levittävän paloa ja syttymislähteet ovat etäällä toisistaan. Kantavina rakenteina käytettävät liimapuupalkit tai muut puurakenteet altistuvat palolle, mutta kantaville rakenteille on paloasetuksen P2-paloluokan mukaisesti vaatimus R30 tai R15,A2.

5.1 Paloskenaariot

5.1.1 Tapaus 1: Pyöräkuormaaja

Ensimmäisessä palotapauksessa tarkastellaan nikkelirikasteen varastorakennuksessa operoivaa pyöräkuormaajaa. Palokuorman ja palotehon määrittämiseen on arvioitu pyöräkuormaajan palava materiaali: renkaat 4kpl, hydraulikkaöljyä, dieselpolttoainetta ja vähäisissä määrin muovia alla olevan taulukon mukaan. Laskentatuloksia on verrattu vastaavanlaisen Ruotsissa tehdyn tutkimuksen⁴ tuloksiin, jossa kokonaispalokuorma oli 76,2MJ ja maksimipaloteho 16 MW. Tulokset ovat vastaavanlaiset maksimiarvoiltaan kuin tässä tapauksessa.

Taulukko 4 Pyöräkuormaajan palokuorma

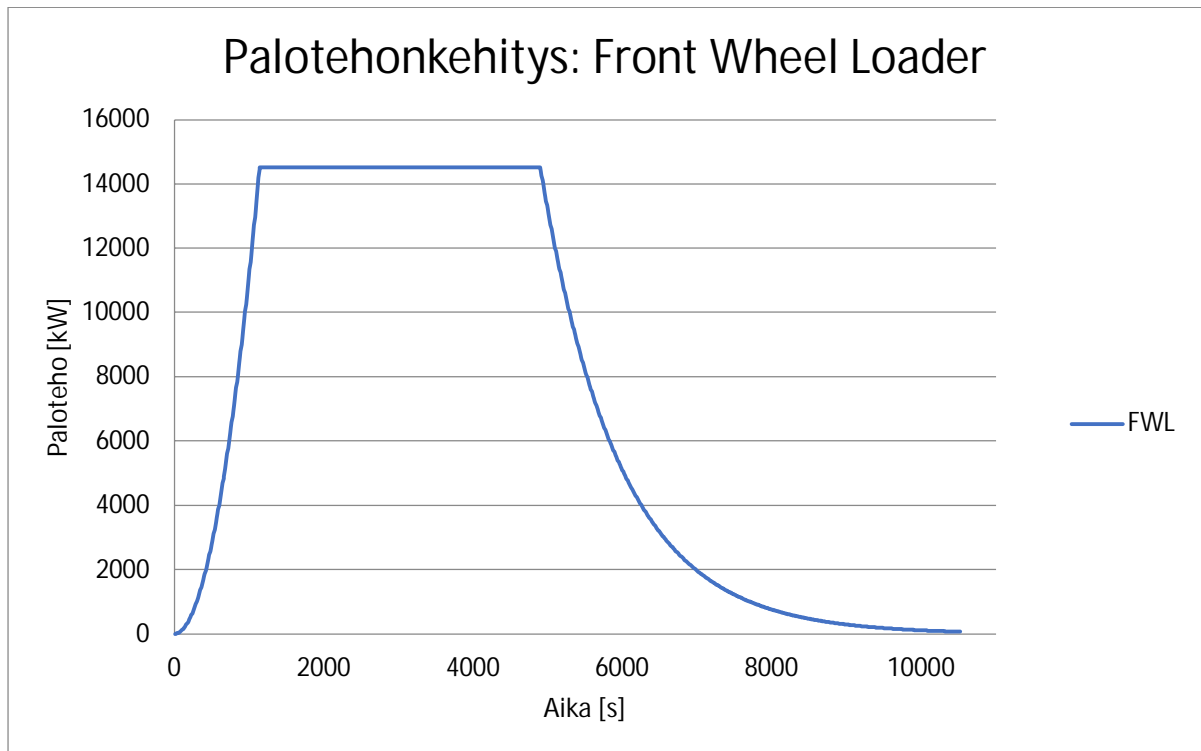
	Lämpöarvo [MJ/kg]	Massa [kg]	Palokuorma [MJ]
--	-------------------	------------	-----------------

³ RIL 221-2003 s. 61-62

⁴ Rickard Hansen, 2015. STUDY OF HEAT RELEASE RATES OF MINING VEHICLES IN UNDERGROUND HARD ROCK MINES. Mälardalen University, Sweden. (<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:799853/FULLTEXT02.pdf>, ISBN 978-91-7485-201-1, ISSN 1651-4238)

Renkaat	27	1500	40500
Hydrauliikkaöljy tankissa	42.85	380	16283
Hydrauliikkaöljy letkuissa	42.85	53.2	2280
Hydrauliikkaöljyletkut	28.85	170	4904
Diesel	42.6	252	10735
Kuljettajan istuin	22.78	10	228
Sähkökaapelit	19.41	1.5	29
Lokasuojat	27	10	270
YHTEENSÄ	-	2377	75229

Materiaalin palotehoksi per pinta-ala on laskettu keskimääräinen arvo pyöräkuormaajan yksittäisten materiaalien palavista osista. Palokuormasta öljyä tai dieseliä on 38% ja aineiden paloteholle tyypillinen arvo on noin 2000 kW/m². Renkaiden osuus koko palokuormasta on 55% ja tälle tyypillinen arvo on noin 250 kW/m². Muovin osuus on vain 7% ja sille tyypillinen arvo on noin 150 kW/m². Keskimääräinen arvo koko palokuorman palotehoksi palavaa pinta-alaa kohden on 908 kW/m², jota käytetään simuloinnissa palotehokäyrän määrittämiseen.



Kuva 5-1 Pyöräkuormaajan palotehonkehitys ajan funktiona

On mahdollista, että rakennuksen elinkaaren aikana luovutaan dieselmäärästä kuormaajista. Nykyisen tiedon perusteella voidaan sähkökäyttöisten kuormaajien olettaa olevan paloteholtaan ja palokäyttäytymiseltään dieselmäärästä kaltaisia.

Sähkö- ja dieselmäärästä ajoneuvon palokuormat ovat samankaltaiset pitäen sisällään renkaat, muovia, verhoilumateriaalia, käytetyn polttoaineen ja voiteluöljyt. Merkittävä ero on polttoaineessa eli polttoainesäiliön täyttöaste diesel -käyttöisessä ja puolestaan sähkökäyttöisessä akuston energiatiheys ja latausaste.

Maailmalla on tehty sähköautojen polttokokeita ja niiden perusteella esimerkiksi Ranskassa tehdyssä vertailevassa tutkimuksessa⁵ sähköautojen paloteho vastaa hyvin pitkälle polttomoottoriautojen palotehoa. Monikansallisen tutkimusryhmän julkaisemassa tutkielman⁶ perusteella sähköauton palo on paloteholtaan verrattavissa polttomoottorikäyttöisen auton palotehoon. Muuallakin suoritetuissa täysimittaisissa palokokeissa⁷ on todettu, että sähköautojen palotehon vastaavan hyvin pitkälle polttomoottoriautojen palotehoa. Myös palon aiheuttamat savukaasut ovat määrältään ja tuotteiltaan hyvin lähellä toisiaan. Merkittävä ero palokaasuissa on palon loppuvaiheessa (>25 min syttymisestä), jolloin sähköautot tuottavat normaaleja autoja enemmän vetyfluoridia akkujen tuhoutuessa. Tällä ei kuitenkaan ole vaikutusta poistumisen tarkasteluun, koska poistumisen oletetaan päättyvän paljon ennen 25 minuuttia.

5.1.2 Tapaus 2: Veturi

Dieselveturi Dv12 on yleisin Suomessa käytetty malli. Veturityypistä on saatu tarkempaa tietoa VR dieselvetureita hallinnoivan yksikön henkilöltä Taulukko 5 mukaisesti. VR henkilön mukaisesti veturin syttymislähteenä voi olla esimerkiksi polttoaineputkiston ruiskutusputken vuoto painepuolella, jolloin kuumalle turboahtimelle valunut palamiskelpoinen neste voi syttyä palamaan.

Taulukko 6 Veturin palokuorma

	Lämpöarvo [MJ/kg]	Massa [kg]	Palokuorma [MJ]
Diesel	42.6	2125	90525
Vaihteistoöljy	46.4	228	16283
Akselinkäyttölaiteöljy	46.4	76	4640
Moottoriöljy	46.4	152	9280
Sähkökaapelit	19.41	100	1941
Toimisto (2,25m ²)	-	-	2306
YHTEENSÄ	-	2681	122612

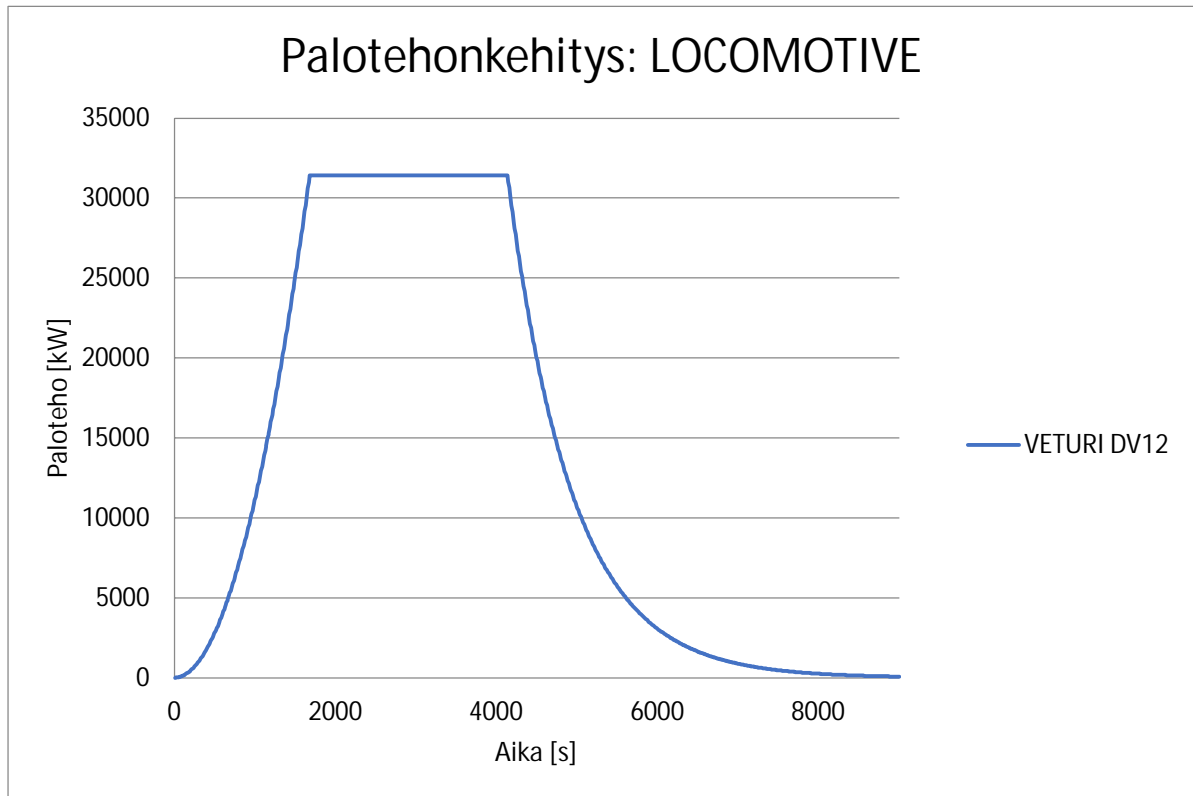
Materiaalin palotehoksi per pinta-ala on laskettu keskimääräinen arvo junan yksittäisten materiaalien palavista osista. Palokuormasta öljyä tai dieseliä on 96,5% ja aineiden paloteholle tyypillinen arvo on noin 2000 kW/m². Muiden materiaalien osuus on vähäinen.

Kaapeloinnista tai ohjaamon tiloista ja sen sisältämistä hallintalaitteista ei ole tarkempaa tietoa. Ohjaamon tilojen palokuorma on arvioitu olevan toimistotilaa vastaava ja näin ollen palokuorma VTT mitoituspalokokoelman mukaisesti 2,25 m² määritetty 2306MJ. Junan ohjaamon osuus palokuormasta arvioidaan olevan 2% toimistotarvikkeita (1500 kW/m²). Kaapeloinnin kokonaisuus on arvioitu 100 kg. Näin ollen palokuormasta 1,5% oletetaan olevan muovia, jolle tyypillinen arvo on noin 150 kW/m². Keskimääräinen arvo koko palokuorman palotehoksi palavaa pinta-alaa kohden on 1961 kW/m². Arvoa käytetään simuloinnissa palotehokäyrän määrittämiseen.

⁵ Bertana, M.; Lecocq, A.; Marlair, G. & Truchot, B. (2014). Comparison of the Fire Consequences of an Electric Vehicle and an Internal Combustion Engine Vehicle. Verneuil-en-Halatte: INERIS – National Institute of Industrial Environment and Risks, France.

⁶ Bisschop, R.; Huang, X.; Niu, H. & Sun, P. (2020). A Review of Battery Fires in Electric Vehicles.

⁷ Amandine Lecocq, Marie Bertana, Benjamin Truchot, Guy Marlair. "Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle". 2. International Conference on Fires In Vehicles - FIVE 2012, Sep 2012, Chicago, United States. SP Technical Research Institute of Sweden. Boras, pp.183-194, 2012. <ineris-00973680>



Kuva 5-2 Veturin palotehonkehitys ajan funktiona

Tämän tapauksen palokuorman laskentatuloksia on verrattu teknisessä raportissa⁸ esiteltyyn dieselkäyttöisen veturin palokuormaan, jota voidaan pitää suuntaa antavana vertailuarvona. Teknisen raportin dieselveturin polttoaine on suojattuna palokuormana, jolloin palokuorma oli 61,2 GJ. Tässä tarkastelussa veturin palokuorma on puolet suurempi 122,6 GJ, kun myös polttoaine on huomioitu palokuormassa. British Rail⁹ on esittänyt suuntaa antavaksi arvoksi dieselvetureille 30 MW. Tässä tarkastelussa maksimipaloteho on 31,4 MW.

5.2 Poistumisskenaariot

Poistumisturvallisuutta on tarkasteltu paloteknisessä suunnitelmassa ja se on Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten paloturvallisuudesta mukainen. Hallin poistumisturvallisuutta simuloidaan herkkyystarkasteluna olettaen, että poistuminen ei onnistu junakiskojen välistä, sillä kahden junan liikkuminen hallissa voi estää turvallisen poistumisen kiskoja läpi. Poistuminen simuloidaan vaarallisimman tapauksen mukaisesti, jolloin henkilö joutuu poistumaan rakennuksen toiseen päähän. Tällöin poistumismatka on pisimmillään 260 metriä.

⁸ Haack A., 2001. Technical Report – Part 1, Design Fire Scenarios, Fire In Tunnels, Thematic network. Belgium. (https://www.wtcbe.be/homepage/download.cfm?lang=en&dtype=services&doc=FIT_Annex2_Technical_report_part_1_Design_fire_scenarios.pdf) Alkuperäinen lähde: Ergebnisbericht zur Beurteilung von Branden an Schienenfahrzeugen als Bemessungsbrände zur brandschutztechnischen Auslegung von oberirdischen Personenverkehrsanlagen der Deutschen Bahn AG; Deutsche Bahn AG, DB Station & Service, Fachstelle Brandschutz, Frankfurt am Main, September 2000

⁹ Barber, C., Gardiner, A., and Law, M., 1994. Structural fire design of the Öresund tunnel. Sweden. (https://about.ita-aites.org/wg-committees/itacus/downloads/download/459_fc380cf2ac8692ba2a082998e1ce540a)

Kuljetinlinjaston huoltotasoja on kolme kappaletta. Ne sijaitsevat noin 16 metrin korkeudella, mutta niistä jokaisesta on pääsy porrashuoneisiin. Poistumismatka on Ympäristöministeriön asetuksen määräysten mukainen enimmillään 60 metriä.

- Pyöräkuormaajan palo
 - o SK1: Kuljetinlinjaston huoltotasolla 4 henkilöä ja hallissa raiteiden tasolla henkilöitä, jotka poistuvat paloteknisen suunnitelman osoittamien poistumisteiden mukaisesti
 - o SK2: Kuljetinlinjaston huoltotasolla 4 henkilöä. Hallissa raiteiden tasolla henkilöitä, jotka joutuvat poistumaan hallin pitkittäissuuntaan hallin päätyovesta.
- Veturin palo
 - o SK3: Kuljetinlinjaston huoltotasolla 4 henkilöä ja hallissa raiteiden tasolla henkilöitä, jotka poistuvat paloteknisen suunnitelman osoittamien poistumisteiden mukaisesti
 - o SK4: Kuljetinlinjaston huoltotasolla 4 henkilöä. Hallissa raiteiden tasolla henkilöitä, jotka joutuvat poistumaan hallin pitkittäissuuntaan hallin päätyovesta.

6. HYVÄKSYMISKRITEERIT

Laskennallinen tarkastelu rajoitetaan rakennusluvan mukaiseen käyttöön. Jos tilan käyttötarkoitus muutetaan pysyvästi toiseksi tai varastoitava materiaali tai aines on suunnitelmasta poikkeavaa, on omistaja velvoitettu huolehtimaan uudelleen tarkastelusta.

Simulointien tavoite on arvioida kohteen henkilöturvallisuutta asetuksen mukaisen palo-osaston tasoon nähden. Tarkastelun hyväksymiskriteereinä toimivat

- poistumisolosuhteiden pysymistä hyvinä
- sammutustoiminnan edellytyksiä

Esitetyn ratkaisun hyväksyntäkriteerit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 7. Laskennan hyväksyntäkriteerit olosuhteiden kehittymiseen

Tarkastelun kohde	Hyväksyntäkriteeri
Poistumisturvallisuus	Näkyvyys ¹⁰ <ul style="list-style-type: none"> - vähintään 10 metriä 2 metrin korkeudessa Lämpötila ¹⁰ <ul style="list-style-type: none"> - Tilassa, jossa palo alkaa, 100 °C enintään 10 min ajan, edellyttäen, että ilman kosteuspitoisuus on < 10 %. - • Kulkureiteissä enintään 60 °C sen tilan ulkopuolella, jossa palo alkaa.
Sammutustoiminnan edellytykset	Lämpötila ¹⁰ <ul style="list-style-type: none"> - yleisesti tilassa alle 100 °C Lämpösäteily ¹¹ <ul style="list-style-type: none"> - yleisesti alle 3 kW/m²

¹⁰ RIL 221-2003, B:2.10.2.2

¹¹ Tuotantolaitosten sijoittaminen –opas, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES), 2015.

Mikäli savukaasujen optinen tiheys on pienempi kuin 1 dB/m (näkyvyys 10 metriä tai enemmän), ei poistuvien henkilöiden katsota altistuvan liiallisessa määrin myrkyllisille kaasuille. Muutoin eri kaasujen tulisi olla seuraavien pitoisuusrajojen¹⁰ puitteissa:

- Hiilimonoksidi, CO: < 2000 ppm
- Hiilidioksidi, CO₂: < 5 %
- Happi, O₂: > 15 %.

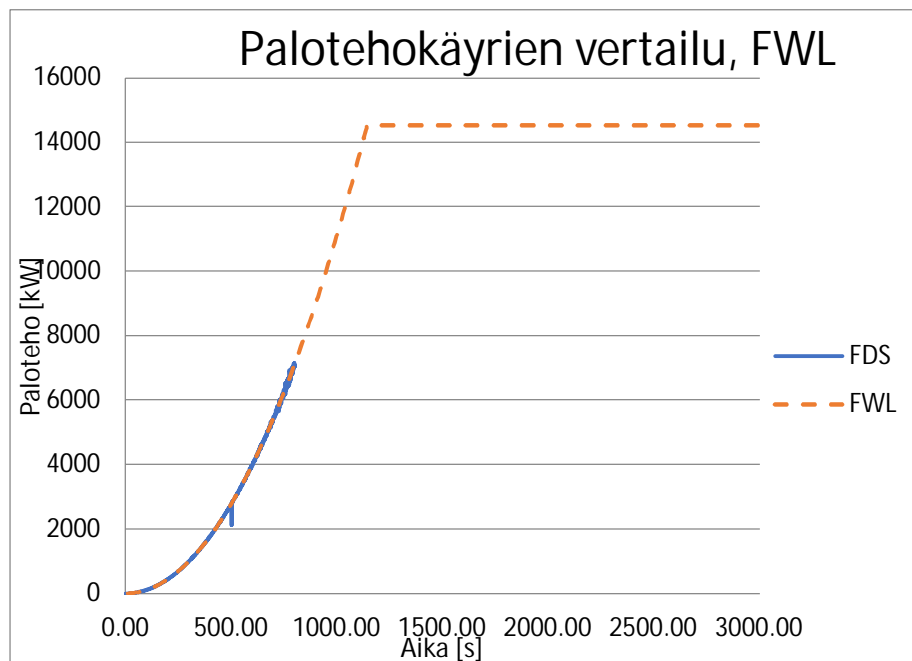
Poistumissimuloinnin tuloksia verrataan palosimuloinnista saatavaan poistumiseen käytettävissä olevaan aikaan. Poistumiseen käytettävissä olevan ajan (ASET) tulee olla suurempi kuin poistumiseen vaadittavan ajan (RSET), jotta poistumisturvallisuus on taattu.

7. TULOSTEN TARKASTELU

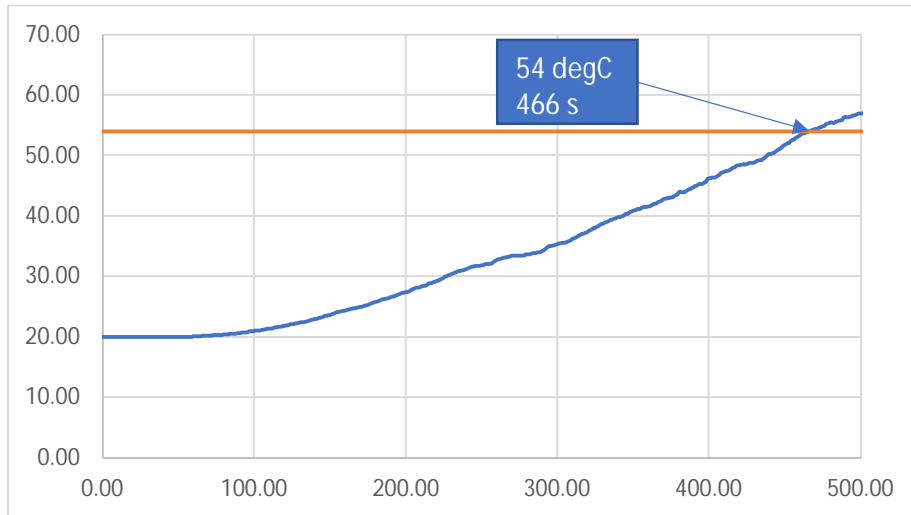
Palosimulaatiomalleihin sijoitettiin lämpöilmäisiä kuvaavia virtuaalisia antureita, joiden avulla saatiin selville havaitsemisaika. Lämpöilmäisin on määritetty reagoimaan 54 °C:ssa.

7.1 Pyöräkuormaajan palo

Pyöräkuormaajan paloteho on määritetty kappaleessa 5.1.1. Palosimulointia on jatkettu poistumisturvallisuuden tarkastelemiseksi ajan hetkeen, jolloin poistuminen on suoritettu rakennuksesta. Tuossa ajassa paloteho on kasvanut noin 7,0 MW:iin. FDS-laskenta eteni oletetusti (Kuva 7-1). Lämpöilmäisimen havaitsemisaika pyöräkuormaajan palosimuloinnissa 466 sekuntia (7min 46s) Kuva 7-2.



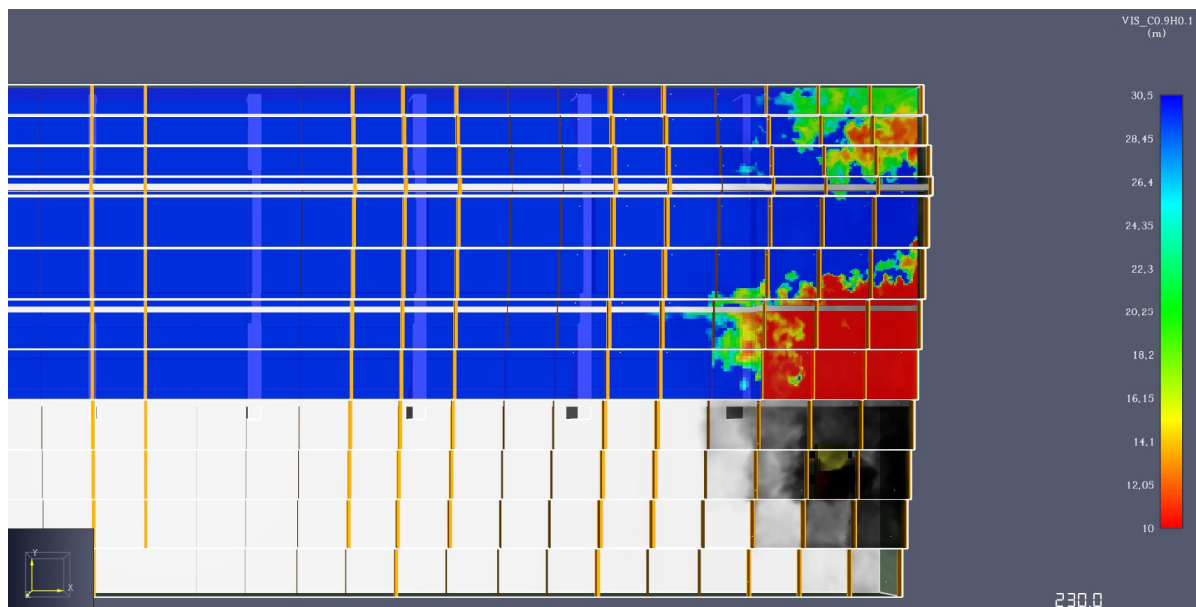
Kuva 7-1 FDS-laskennan paloteho ajan funktiona vastaa määritettyä paloa



Kuva 7-2 Lämpötilan kehitys ajan funktiona kattoon sijoitetussa lämpöilmäsimessä, jonka palosimuloinnin tulokset osoittavat antavan hälytyksen palosta

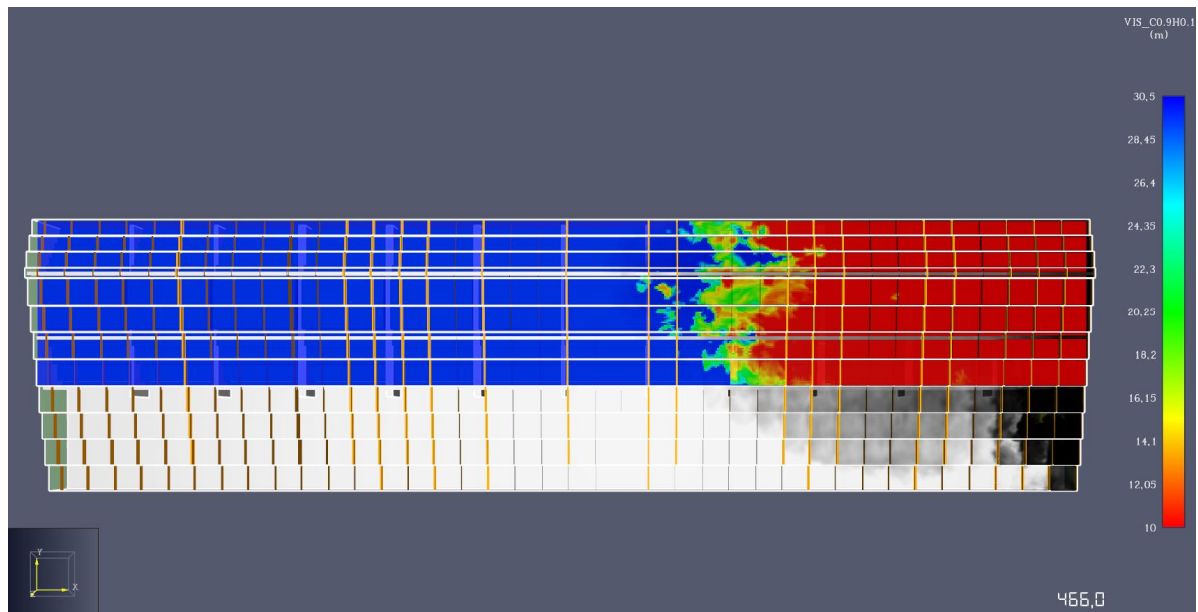
7.1.1 Olosuhteiden kehittyminen ASET

Olosuhteiden kehittymistä tarkasteltiin kahden metrin korkeudella tarkasteltavasta tasosta, joita ovat kuljetinlinjaston huoltotaso ja maantasossa tapahtuva lastaustoiminta. Kuvissa punaisella piirryneellä alueella näkyvyys 2 metrin korkeudessa on alle 10 metriä. Kuljetinlinjaston huoltotasolla olosuhteet alkavat heikentyä 230 sekunnin kuluttua palon syttymisestä (kts. kuva alla). Tuolloin poistumisolosuhteet eivät ole hyväksytyllä tasolla. Huoltotasolta on kuitenkin kaksi toisistaan riippumatonta poistumistietä, jolloin poistuminen on vielä turvallista kolmeen eri poistumisportaaseen.



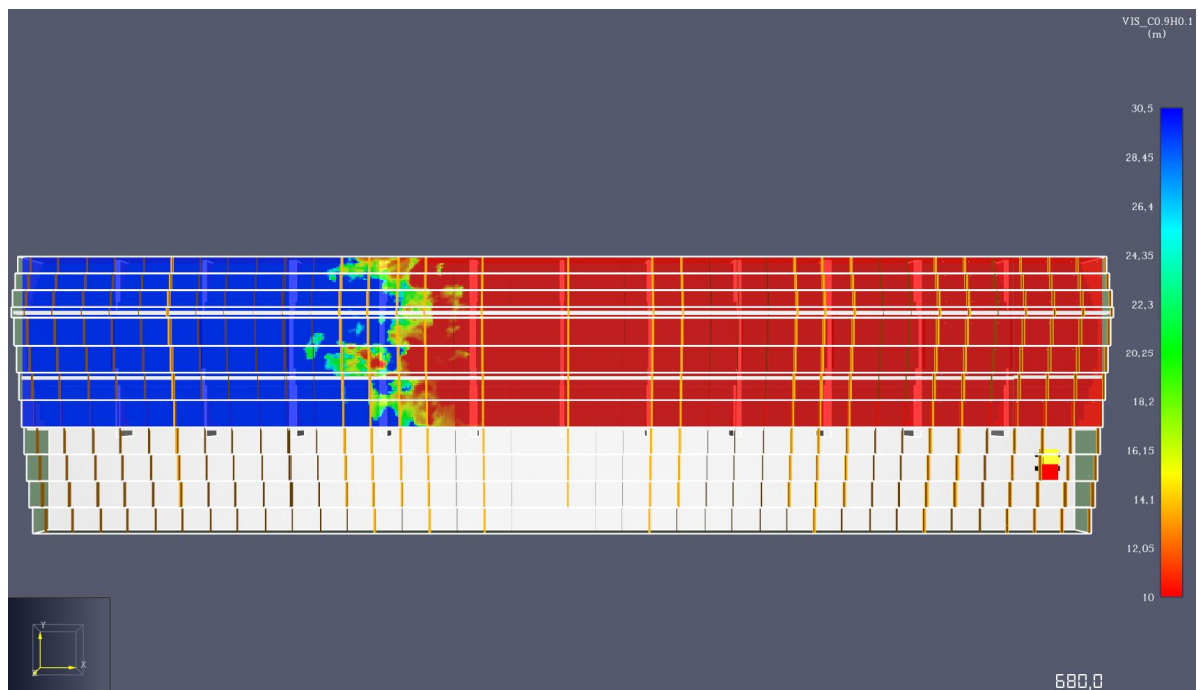
Kuva 7-3 Olosuhteet rakennuksen kuljetinlinjaston huoltotasolla alkaa heiketä 230 s palon syttymisestä

Ajan hetkellä 466 sekuntia (7 min 46 s) lämpöilmäsimin havaitsee palon. Olosuhteet huoltotasolla ovat kehittyneet edelleen ja näkyvyys alkaa heiketä jo toisen poistumisportaan kohdalla, mutta ei ylitä vielä näkyvyystarkastelun raja-arvoa.

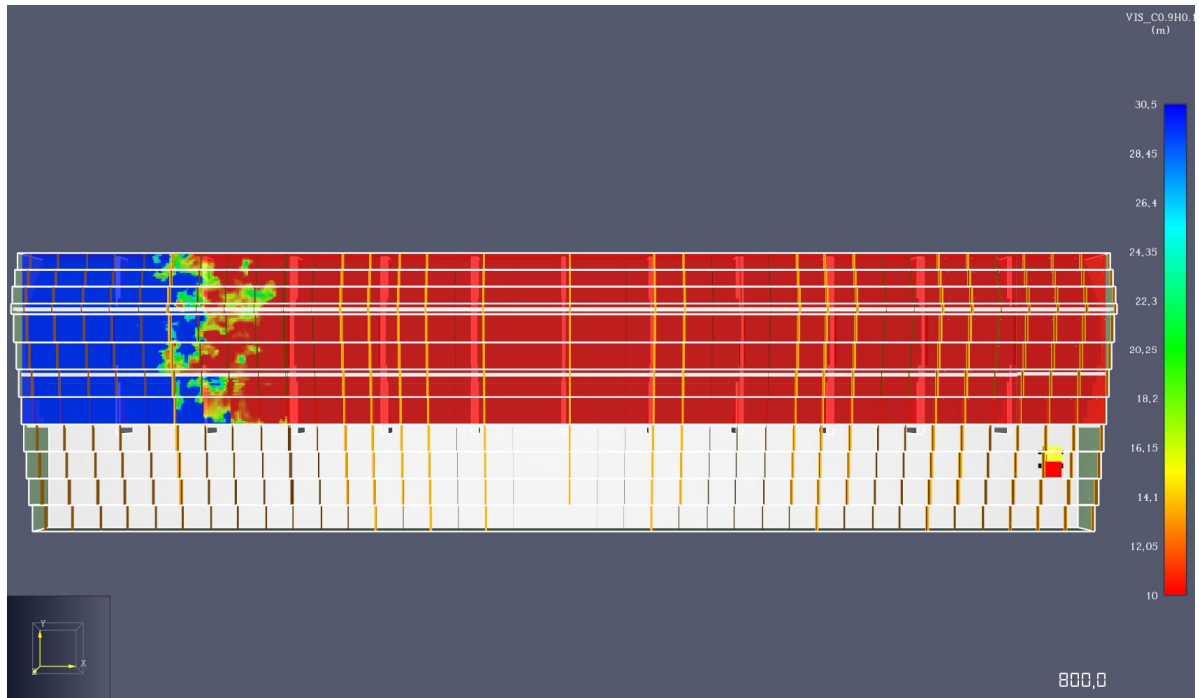


Kuva 7-4 Paloilmmaisimen reagoidessa savukaasut ovat levinneet rakennuksen kuljetinlinjaston huoltotasolle ja näkyvyys 18 metrin korkeudessa osoittaa olosuhteiden kehittyneen siten, että henkilöiden voidaan katsoa altistuvan liiallisessa määrin myrkyllisille kaasuille osassa huoltotasoa

Ajan hetkellä 470 sekuntia (7min 50s) savukaasut ovat levinneet toisen poistumisportaan kohdalle, jolloin sitä ei voi enää käyttää. Jäljellä on kaksi (2/4) poistumisporrasta. Kolmannen poistumisportaan kohdalle savukaasut ovat levinneet ajassa 680 sekuntia (11min 20s), mutta rakennuksen päädyssä on vielä yksi poistumisporras käytössä.

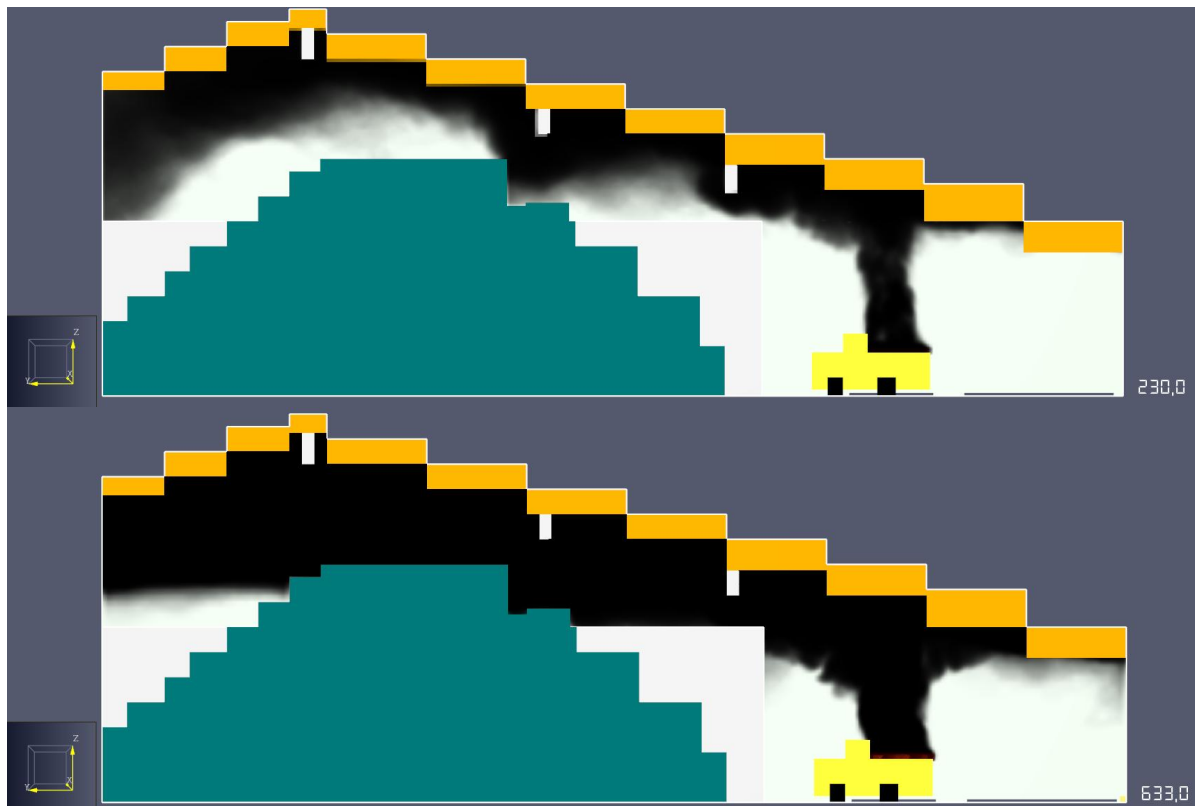


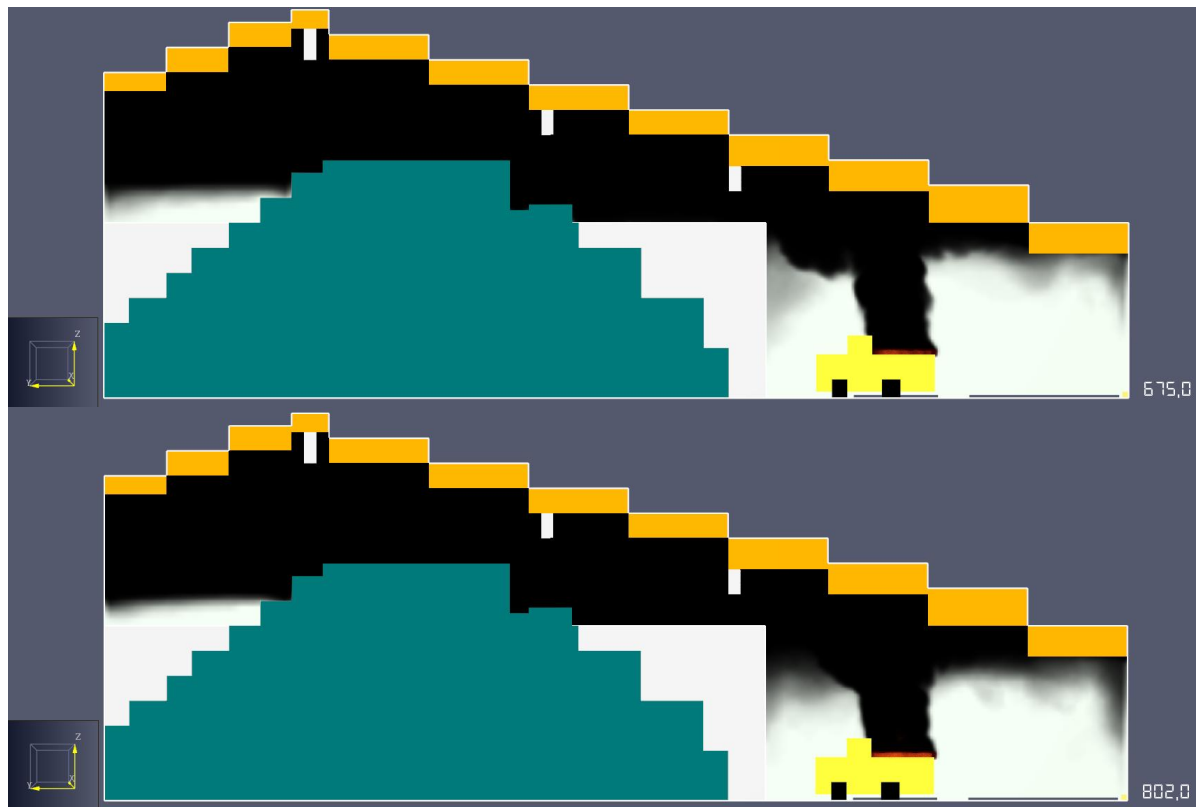
Kuva 7-5 Rakennuksen kuljetinlinjaston huoltotasolla 18 metrin korkeudessa suoritettu näkyvyystarkastelu osoittaa, ettei poistuminen ole enää turvallisella osassa huoltotasoa



Kuva 7-6 Ajan hetkellä 13min 20s savukaasut eivät ole vielä saavuttaneet rakennuksen toista päätyä

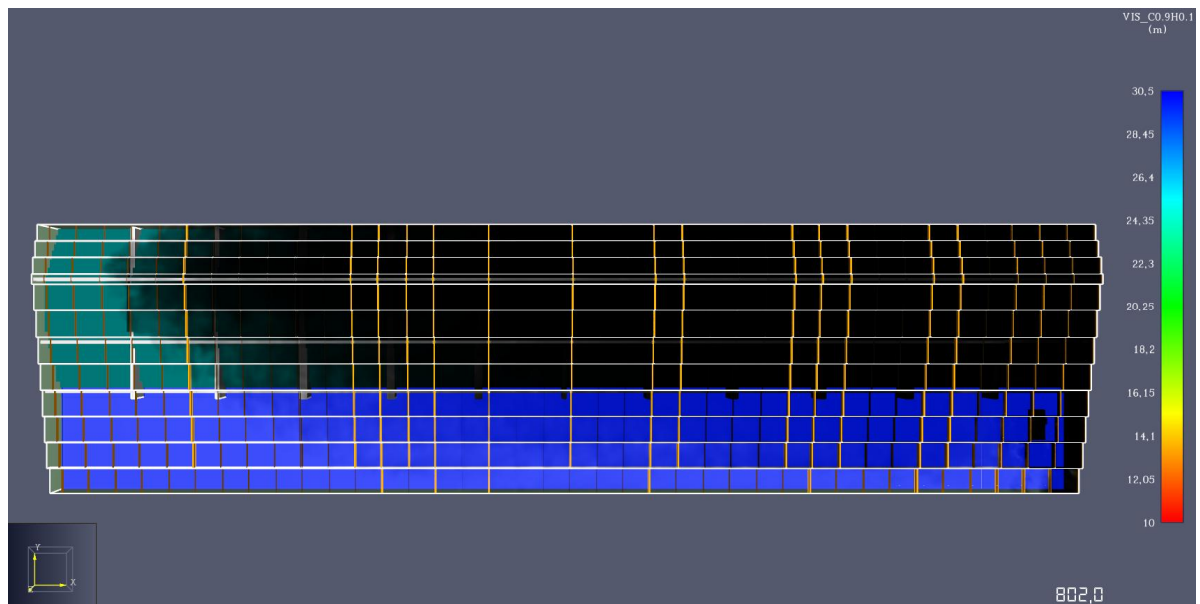
Alla olevassa kuvasarjassa edellä käydyt vaiheet leikkauksesta, jossa näkyy savukaasujen kulkeutuminen rakennuksen yläosaan.





Kuva 7-7 Kuvasarja rakennuksen leikkauksesta, jossa näkyy savukaasujen kulkeutuminen

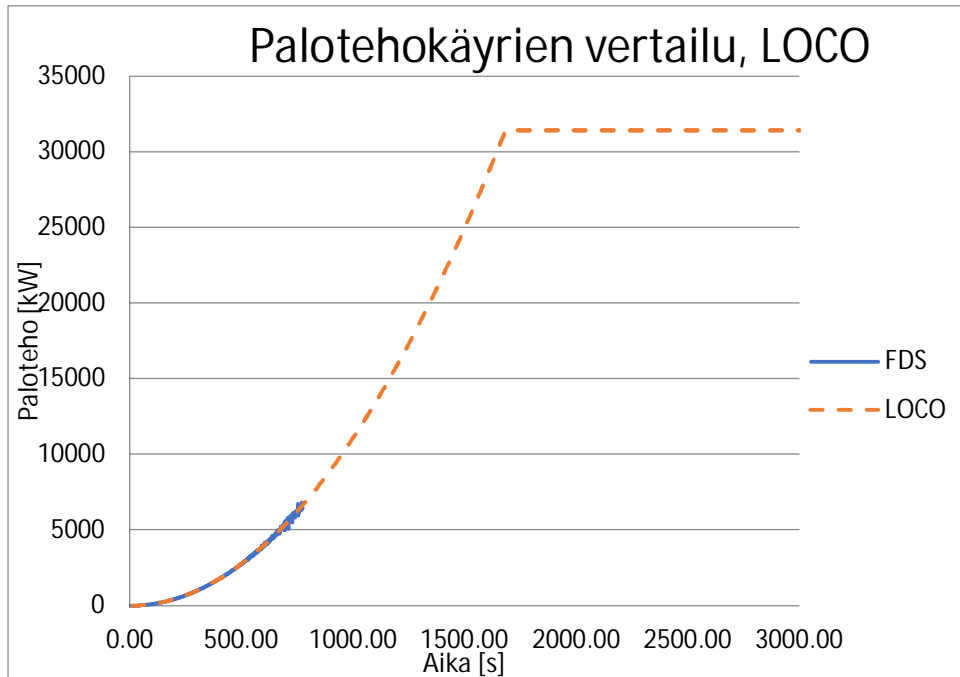
Kuten edellä olevasta kuvasarjasta nähdään savukaasut eivät simulointien perusteella levittäydy maantasoon, jossa lastaustoimintaa harjoitetaan. Alla olevassa kuva osoittaa, että näkyvyys kahden metrin korkeudessa maantasosta on hyvä.



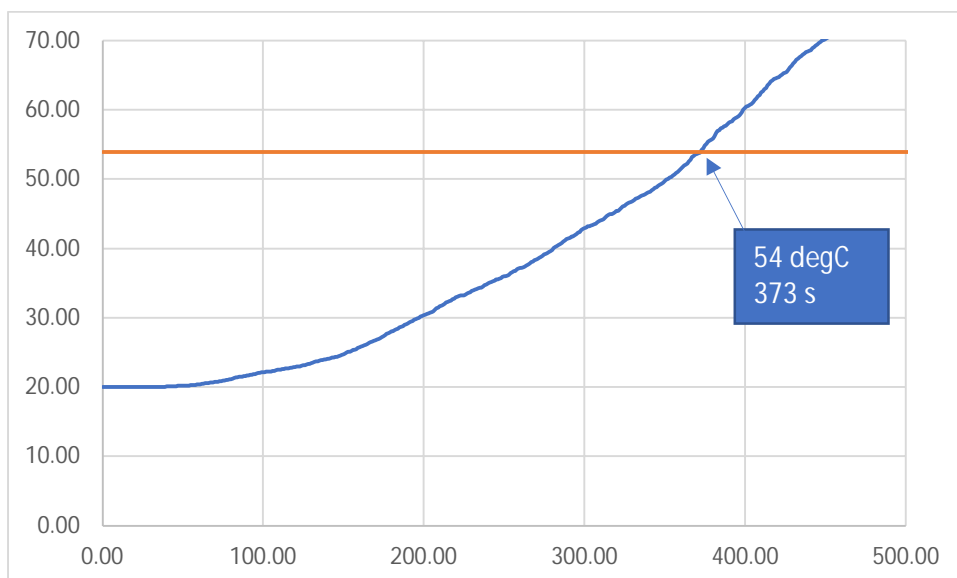
Kuva 7-8 Savupatja liikkuu rakennuksen pitkittäissuunnassa, mutta kahden metrin korkeudessa näkyvyys on hyvä

7.2 Veturin palo

Veturin paloteho on määritetty kappaleessa 5.1.2 Palosimulointia on jatkettu poistumisturvallisuuden tarkastelemiseksi ajan hetkeen, jolloin poistuminen on suoritettu rakennuksesta. Tuossa ajassa paloteho on kasvanut noin 6,6 MW:iin. FDS-laskenta eteni oletetusti (Kuva 7-11). Lämpöilmaisimen havaitsemisaika pyöräkuormaajan palosimuloinnissa 466 sekuntia (7min 46s) Kuva 7-12.

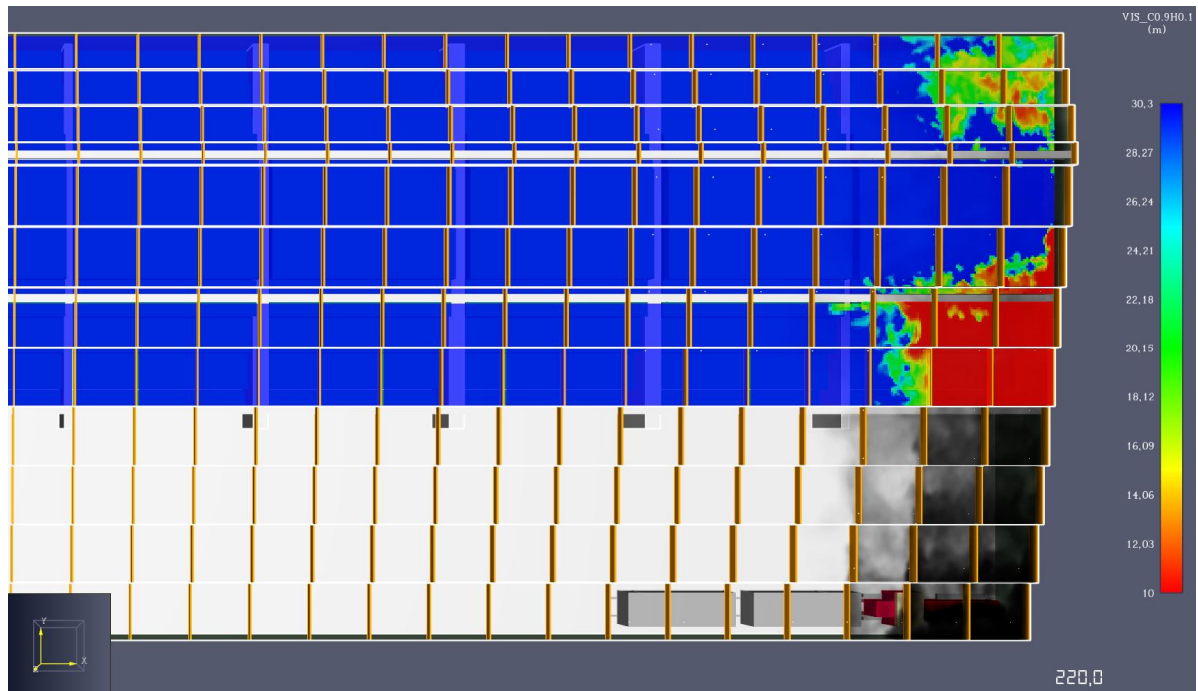


Kuva 7-9 FDS-laskennan paloteho ajan funktiona vastaa määritettyä paloa



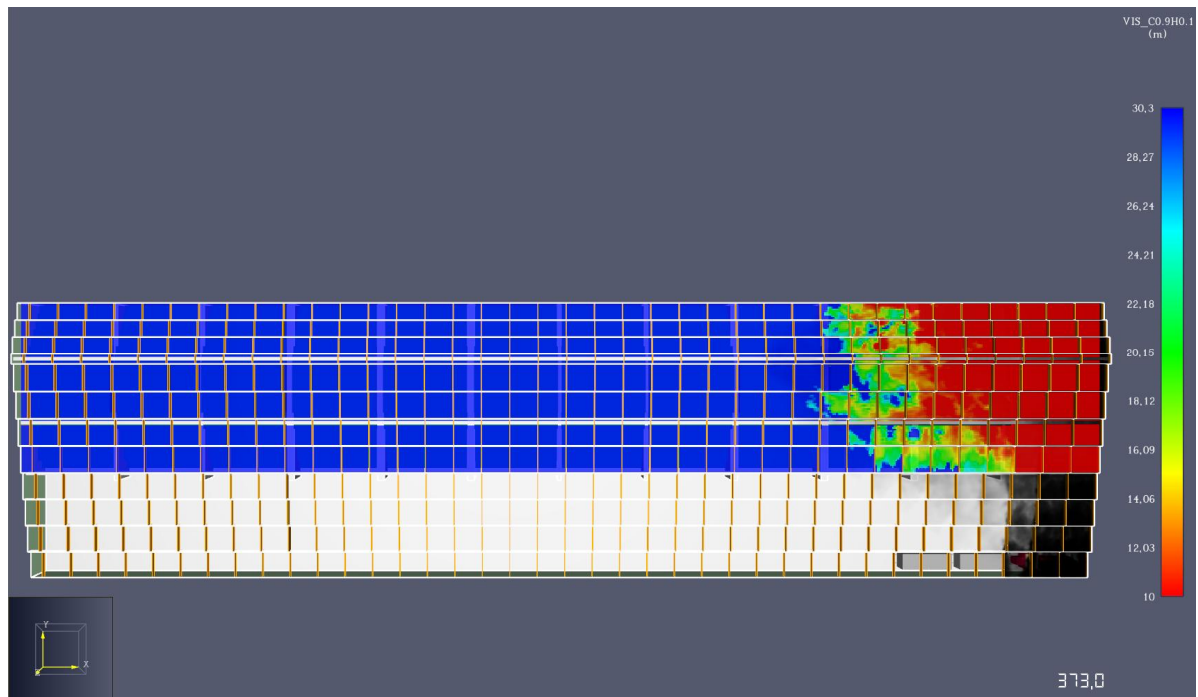
Kuva 7-10 Lämpötilan kehitys ajan funktiona kattoon sijoitetussa lämpöilmaisimessa, jonka palosimuloinnin tulokset osoittavat antavan hälytyksen palosta

7.2.1 Olosuhteiden kehittyminen ASET



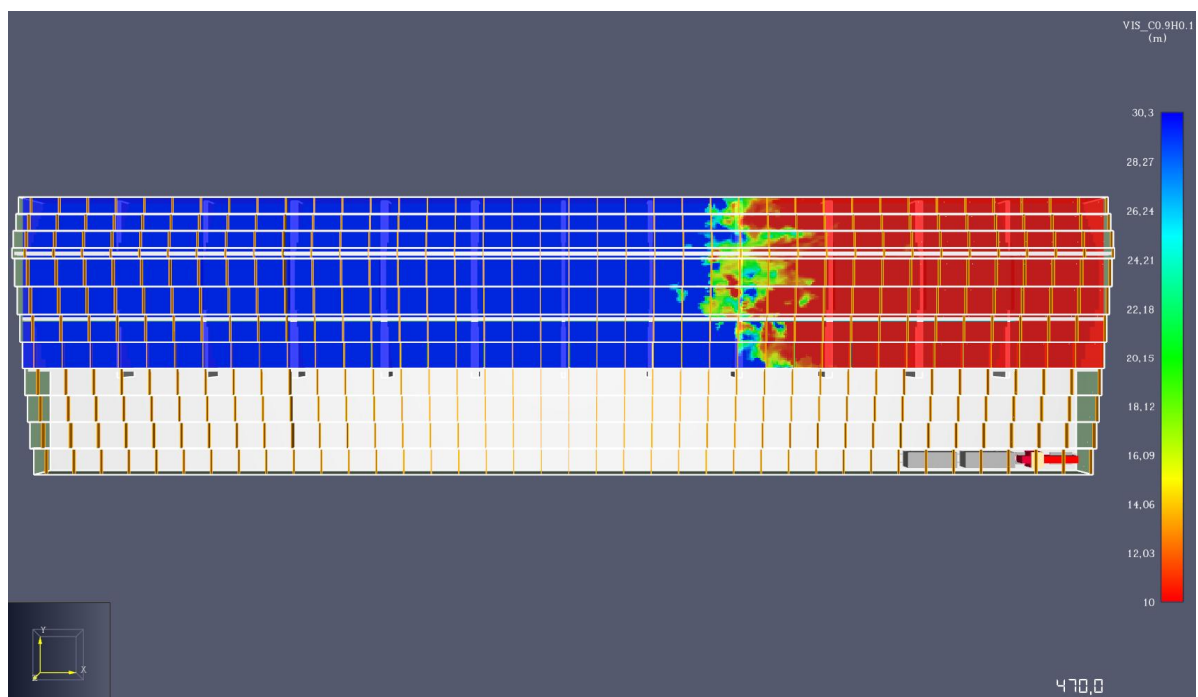
Kuva 7-11 Olosuhteet rakennuksen kuljetinlinjaston huoltotasolla alkaa heiketä 220 s palon syttymisestä

Turvalliset poistumisolosuhteet määritetään näkyvystarkastelulla. Näkyvyyden on oltava vähintään 10 metriä kahden metrin korkeudessa tarkasteltavasta tasosta. Olosuhteiden kehittymistä tutkittiin kahden metrin korkeudella tarkasteltavasta tasosta, joita ovat kuljetinlinjaston huoltotaso ja maantasossa tapahtuva lastaustoiminta. Kuvissa punaisella piirityneellä alueella näkyvyys 2 metrin korkeudessa on alle 10 metriä. Olosuhteet alkavat heiketä ensimmäisenä kuljetinlinjaston huoltotasolla ajassa 220 s (3 min 4 s), kun savukaasut nousevat tilan yläosaan. Ajan hetkellä 373 sekuntia (6 min ja 13 s) lämpöilmäisin havaitsee palon. Olosuhteet huoltotasolla ovat kehittyneet edelleen ja näkyvyys alkaa heiketä osassa huoltotasoa, mutta ei ylitä vielä näkyvystarkastelun raja-arvoa toisen poistumisportaan kohdalla.

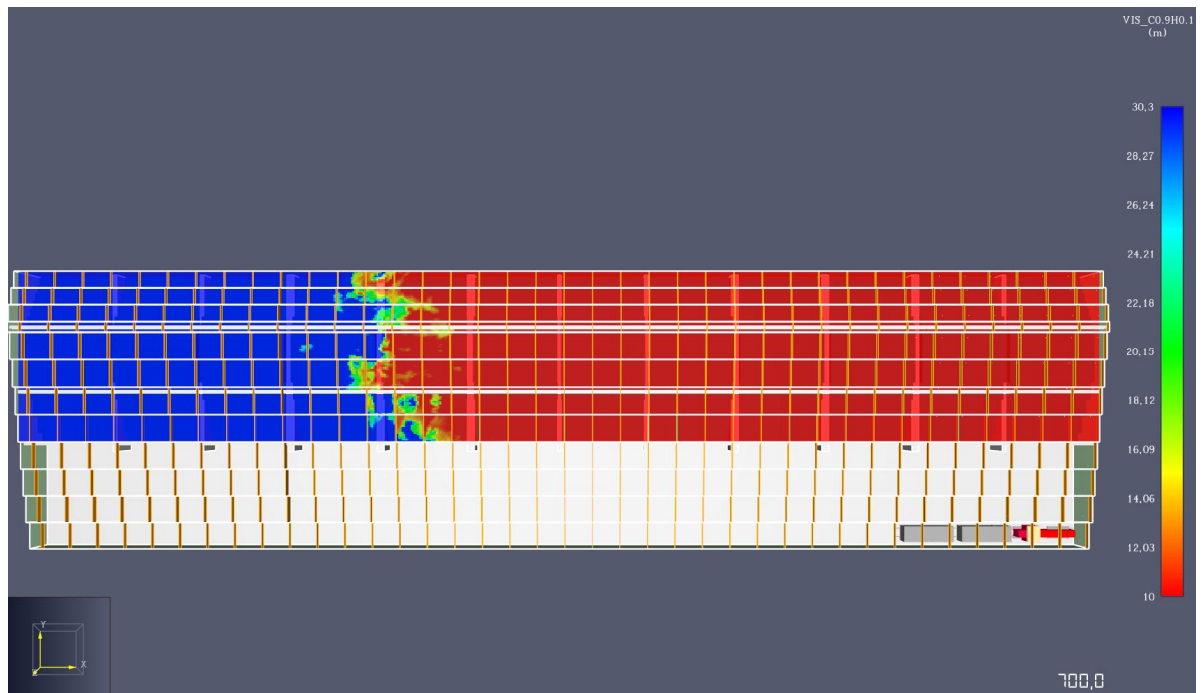


Kuva 7-12 Paloilmmaisimen reagoidessa savukaasut ovat levinneet rakennuksen kuljetinlinjaston huoltotasolle ja näkyvyys 18 metrin korkeudessa osoittaa olosuhteiden kehittyneen siten, että henkilöiden voidaan katsoa altistuvan liiallisessa määrin myrkyllisille kaasuille osassa huoltotasoa

Ajan hetkellä 540 sekuntia eli (9 min) huoltotasolla oleskelleet poistujat ovat päässeet porrashuoneeseen pois hallin tilasta ja kulkevat porrashuoneesta alas maantasolle suoraan ulos rakennuksesta. Huoltotasolta pääsee tässä vaiheessa vielä kahteen (2/4) porrashuoneeseen.

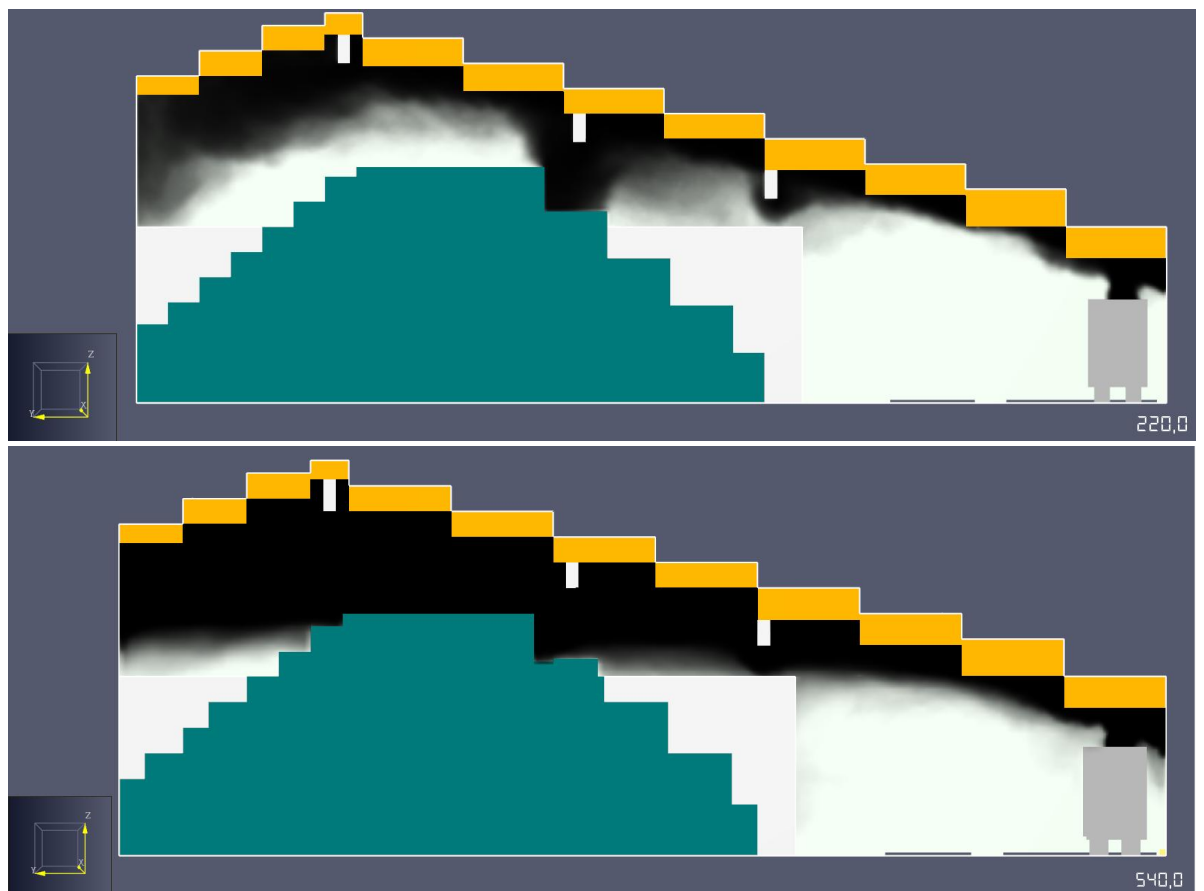


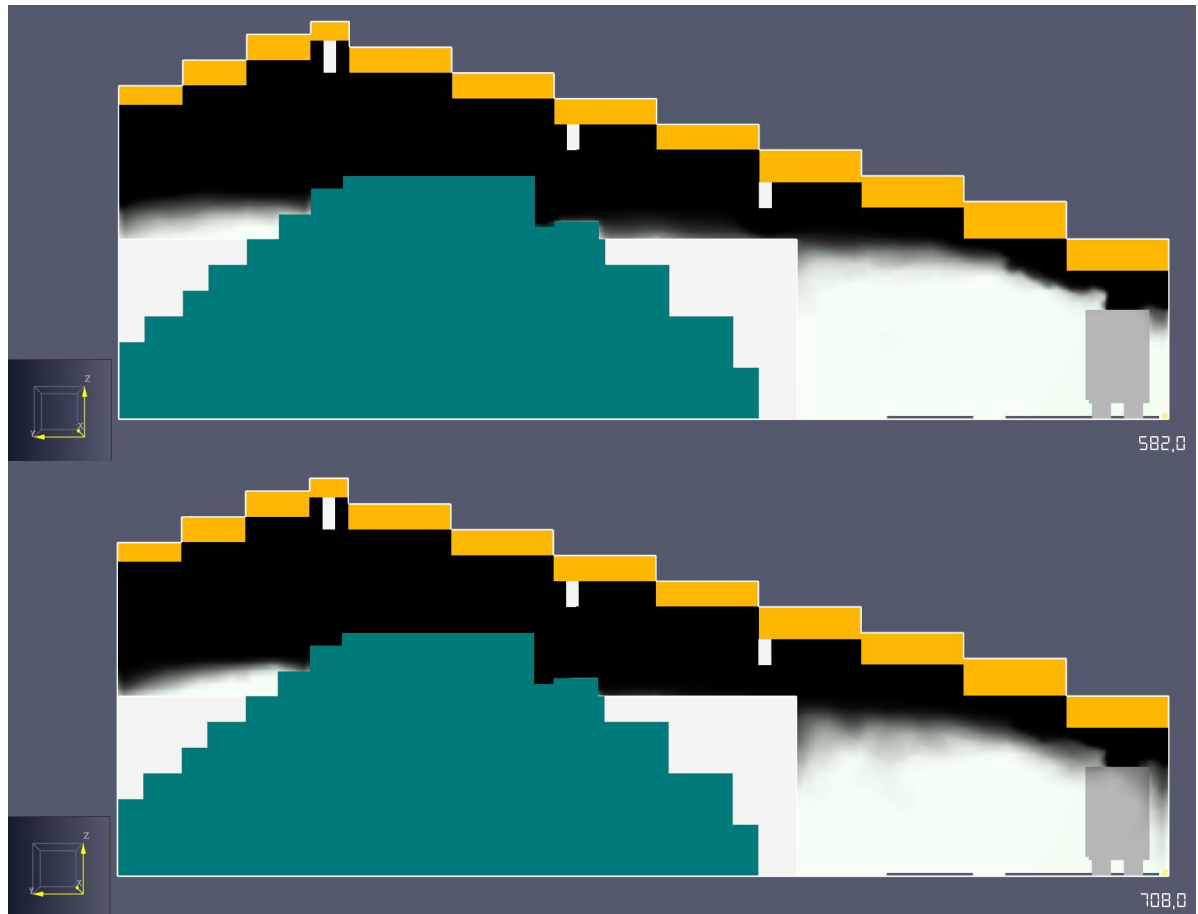
Kuva 7-13 Rakennuksen kuljetinlinjaston huoltotasolla 18 metrin korkeudessa suoritettu näkyvyystarkastelu osoittaa, ettei poistuminen ole enää turvallisella tasolla



Kuva 7-14 Poistumisturvallisuuden näkyvyyden hyväksymiskriteeri alle 10 metriä saavuttaa kolmannen poistumisportaan ajassa 700 sekuntia

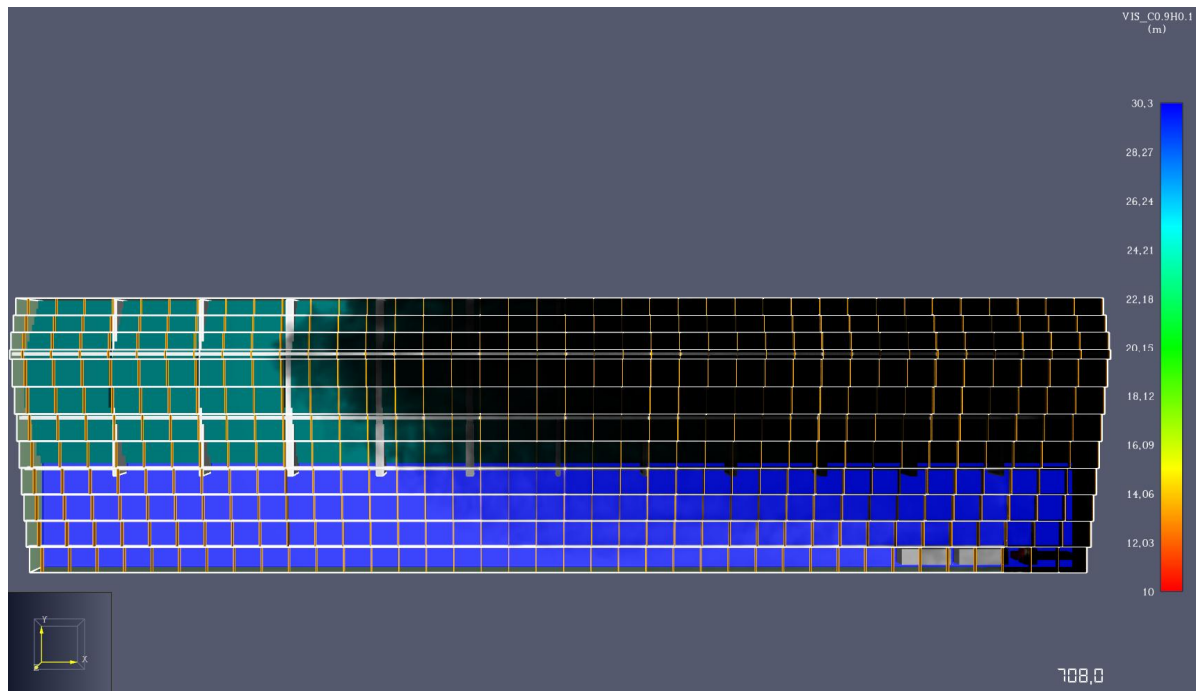
Alla olevassa kuvasarjassa edellä käydyt vaiheet leikkauksesta, jossa näkyy savukaasujen kulkeutuminen rakennuksen yläosaan.





Kuva 7-15 Kuvasarja rakennuksen leikkauksesta, jossa näkyy savukaasujen kulkeutuminen

Kuten edellä olevasta kuvasarjasta nähdään savukaasut eivät simulointien perusteella levittäydy maantasoon, jossa lastaustoiminta suoritetaan. Alla olevassa kuva osoittaa, että näkyvyys kahden metrin korkeudessa maantasosta on hyvä. Jos radan poikki poistuminen on mahdollista, rakennuksen maantasolla oleskelevat henkilöt pääsevät turvaan olosuhteiden muutoksilta 89 sekuntia poistumisen käynnistymisestä (582s). Kun poistuminen suoritetaan kulkemalla rakennuksen toiseen päähän, rakennuksen maantasolla oleskelevat henkilöt pääsevät turvaan olosuhteiden muutoksilta 215 sekuntia poistumisen käynnistymisestä (708s).



Kuva 7-16 Näkyvyys rakennuksen maantasolla on turvallisella tasolla, eikä ole lähtenyt heikkenemään normaalitasosta – lämpimät savukaasut kulkevat rakennuksen yläosassa

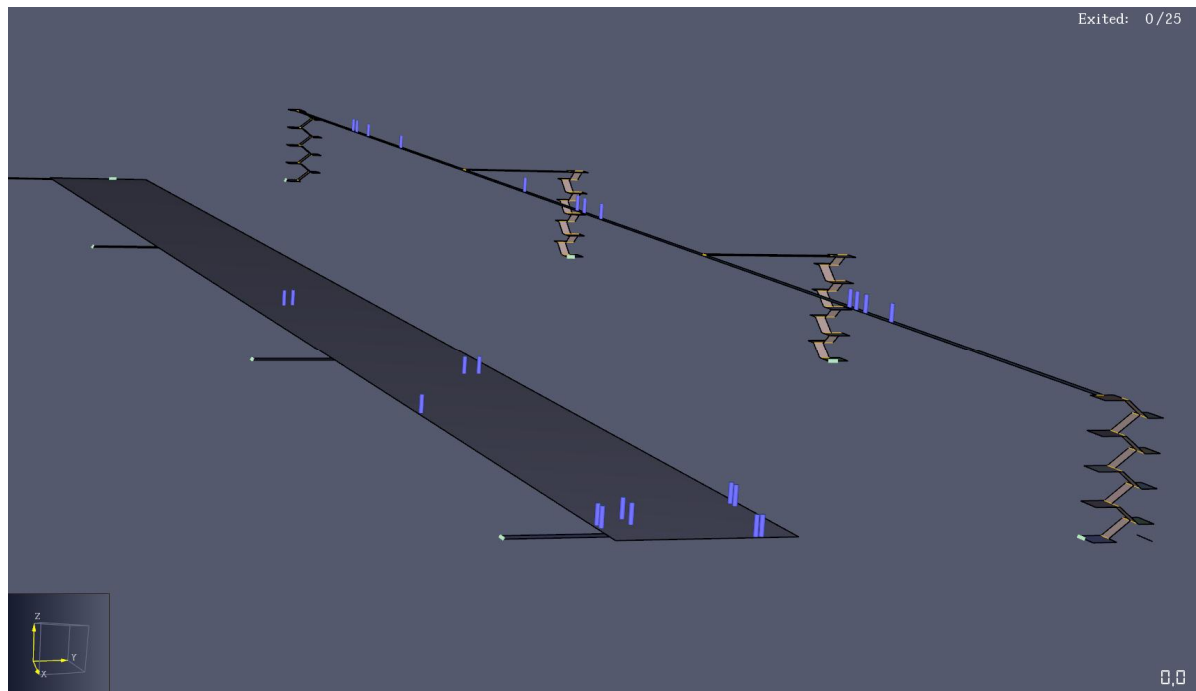
7.3 Poistumisskenaariot

Olosuhteiden kehittymistä verrataan molemmissa palotapauksissa kahdenlaiseen poistumisskenaarioon.

Ylätason poistumistarkastelu on molemmissa poistumisskenaariossa samanlainen. Poistuminen kuljetinlinjaston ylätasolla 16 metrin korkeudessa poistutaan neljään eri porrashuoneeseen (Kuva 4-1). Kuljetinlinjaston huoltotasolla on neljä työntekijää kolmella huoltotasolla (Taulukko 1).

Niiden lisäksi hallin maantasolla on pyöräkuormaajan kuljettaja + jalkamiehet, junan kuljettaja + henkilöstö ja hallin kunnossapitohenkilöstöä. Poistumisskenaariot eroavat toisistaan rakennuksen maantasolla, missä poistuminen suoritetaan joko radan poikki tai rakennuksen toisesta päädyistä. Tapaukset on esitelty tämän raportin kappaleissa 4.2 ja 5.2.

Havaitsemisaika pyöräkuormaajan palossa oli 466 sekuntia ja veturin palossa 373 sekuntia. Reagointiaika molemmissa tapauksissa 120 sekuntia. Havaitsemiseen ja reagointiin kuluvaan aikaan lisätään poistumiseen kuluva aika. Koko poistumisprosessiin kuluva aika (RSET) verrataan käytettävissä olevaan aikaan olosuhteiden kehittymisen mukaan (ASET).



Kuva 7-17 Lähtötilanteessa henkilöt on sijoitettu poistumissimulointimalliin kaikissa skenaarioissa kuvan osoittamalla tavalla

7.3.1 Skenaariot 1 ja 2 RSET

Pyöräkuormaajan paloa lähintä poistumisporrasta kuljettimen huoltotasolla ei voida käyttää olosuhteiden heikkenemisen vuoksi 3 min 50 s jälkeen. Savukaasut saavuttavat toisen poistumisportaan ajassa 4 min 50 s. Havainnointi- ja reagointiaika huomioiden ajanhetkellä 9 min 46 sekuntia poistujat lähtevät liikkeelle, jonka jälkeen minuutin kuluttua 8 henkilöä on päässyt suojaan palon välittömiltä vaikutuksilta porrashuoneeseen. Neljä henkilöä on tässä kohtaa edelleen kulkutasolla. Savukaasut saavuttavat kolmannen poistumisportaan ajassa 11 min 20 s, mutta rakennuksen päädyssä oleva porrashuone on edelleen käytettävissä. Palon syttymisestä on kulunut 12 min 53 s, kunnes poistujat ovat päässeet suojaan olosuhteiden muutoksilta, eikä olosuhteet olet poistumisturvallisuutta uhkaavat viimeisen poistumisportaan kohdalla vielä tässä vaiheessa. Poistumiseen kului neljältä viimeiseltä henkilöltä kauimmalta huoltotason osalta 3 minuuttia ja 7 sekuntia ajan hetkestä, jolloin henkilöt lähtivät liikkeelle. Poistumissimulointimallissa porrashuoneiden ovi suljettiin palosimuloinnista saatujen olosuhteiden heikkenemisen ajan mukaisesti, jolloin poistujat joutuivat käyttämään seuraavaa vapaana olevaa porrashuoneen ovea.

Skenaariossa 1 hallin maantasolla oleskelevat henkilöt pääsevät poistumaan radan poikki heille lähimmästä rakennuksesta ulos johtavasta ovesta. Kaikki henkilöt poistuvat paloteknisen suunnitelman osoittamien poistumisteiden mukaisesti (Kuva 4-1). Poistujat ovat turvassa olosuhteiden muutoksilta 89 sekunnin (1 min 29 s) kuluttua liikkeelle lähtemisestä. Havainnointi- ja reagointiaika huomioiden poistumisaika maantasolla 675 sekuntia (11 min 15 s). Tuossa ajassa olosuhteet eivät olleet kehittyneet maantasolla poistumisturvallisuutta uhkaavaksi (Kuva 7-8).

Skenaariossa 2 tutkittiin tapausta, jossa maantasolla oleskelleet henkilöt poistuvat rakennuksen toiseen päähän. Poistuminen ei ole mahdollista junaradan poikki. Liikkeelle lähtemisestä kuluu 215 sekuntia, kunnes poistujat pääsevät suojaan olosuhteiden kehittymiseltä. Havainnointi- ja

reagointiaika huomioiden palon syttymisestä kuluu 801 sekuntia (13min 21s), kunnes poistujat ovat päässeet ulos rakennuksesta. Tuossa ajassa olosuhteet eivät olleet kehittyneet maantasolla poistumisturvallisuutta uhkaavaksi (Kuva 7-8).

7.3.2 Skenaario 3 ja 4 RSET

Veturin paloa lähintä poistumisporrasta kuljettimen huoltotasolla ei voida käyttää olosuhteiden heikkenemisen vuoksi 3 min 40 s jälkeen. Savukaasut saavuttavat toisen poistumisportaan ajassa 4 min 50 s. Havainnointi- ja reagointiaika huomioiden ajanhetkellä 8 min 13 sekuntia poistujat lähtevät liikkeelle. Minuutin kuluttua 8 henkilöä on päässyt suojaan palon välittömiltä vaikutuksilta porrashuoneeseen. Neljä henkilöä on tässä kohtaa edelleen kulkutasolla, mutta saavuttavat kolmannen poistumisportaan 10 min 18 s kuluttua palon syttymisestä. Huoltotaso tyhjeni 3 minuuttia ja 5 sekuntia ajan hetkestä, jolloin henkilöt lähtivät liikkeelle. Savukaasut saavuttavat kolmannen poistumisportaan ajassa 11 min 40 s. Rakennuksen päädyssä oleva porrashuone on edelleen käytettävissä. Poistumissimulointimallissa porrashuoneiden ovi suljettiin palosimuloinnista saatujen olosuhteiden heikkenemisen ajan mukaisesti, jolloin poistujat joutuivat käyttämään seuraavaa vapaana olevaa porrashuoneen ovea.

Skenaariossa 1 hallin maantasolla oleskelevat henkilöt pääsevät poistumaan radan poikki heille lähimmästä rakennuksesta ulos johtavasta ovesta. Kaikki henkilöt poistuvat paloteknisen suunnitelman osoittamien poistumisteiden mukaisesti (Kuva 4-1). Poistujat ovat turvassa olosuhteiden muutoksilta 89 sekunnin (1 min 29 s) kuluttua liikkeelle lähtemisestä. Havainnointi- ja reagointiaika huomioiden poistumisaika maantasolla 582 sekuntia (9 min 42 s). Tuossa ajassa olosuhteet eivät olleet kehittyneet maantasolla poistumisturvallisuutta uhkaavaksi (Kuva 7-17).

Skenaariossa 2 tutkittiin tapausta, jossa maantasolla oleskelleet henkilöt poistuvat rakennuksen toiseen päähän. Poistuminen ei ole mahdollista junaradan poikki. Liikkeelle lähtemisestä kuluu 215 sekuntia, kunnes poistujat pääsevät suojaan olosuhteiden kehittymiseltä. Havainnointi- ja reagointiaika huomioiden palon syttymisestä kuluu 708 sekuntia (11min 48s), kunnes poistujat ovat päässeet ulos rakennuksesta. Tuossa ajassa olosuhteet eivät olleet kehittyneet maantasolla poistumisturvallisuutta uhkaavaksi (Kuva 7-17).

7.3.3 Paloilmoitinpainike

Oletetaan, että tilassa oleva henkilö havaitsee palon ja tekee paloilmoitin painikkeella hälytyksen, kun palo on saavuttanut 1000 kW palotehon. Molemmissa palotapauksissa se tapahtuu 300 sekunnin (5 min) kuluttua palon syttymisestä.

Pyöräkuormaajan paloa lähintä poistumisporrasta kuljettimen huoltotasolla ei voida käyttää olosuhteiden heikkenemisen vuoksi 3 min 50 s jälkeen. Havainnointi- ja reagointiaika huomioiden ajanhetkellä 7 minuuttia poistujat lähtevät liikkeelle, jonka jälkeen 50 sekunnin kuluttua 11 henkilöä on päässyt suojaan palon välittömiltä vaikutuksilta porrashuoneeseen. Savukaasut saavuttavat toisen poistumisportaan ajassa 4 min 50 s. Yksi henkilö on tässä kohtaa edelleen kulkutasolla. Palon syttymisestä on kulunut 9 min 28 s, kunnes poistujat ovat päässeet suojaan olosuhteiden muutoksilta. Savukaasut saavuttavat kolmannen poistumisportaan ajassa 11 min 20

s ja rakennuksen päädyssä oleva porrashuone on edelleen käytettävissä. Poistumiseen kului aikaa 2 minuuttia ja 28 sekuntia ajan hetkestä, jolloin henkilöt lähtivät liikkeelle.

Veturin paloa lähintä poistumisporrasta kuljettimen huoltotasolla ei voida käyttää olosuhteiden heikkenemisen vuoksi 3 min 40 s jälkeen. Havainnointi- ja reagointiaika huomioiden ajanhetkellä 7 minuuttia poistujat lähtevät liikkeelle, jonka jälkeen 50 sekunnin kuluttua 11 henkilöä on päässyt suojaan palon välittömiltä vaikutuksilta porrashuoneeseen. Yksi henkilö on tässä kohtaa edelleen kulkutasolla. Palon syttymisestä on kulunut 9 min 28 s, kunnes poistujat ovat päässeet suojaan olosuhteiden muutoksilta. Savukaasut saavuttavat kolmannen poistumisportaan ajassa 11 min 40 s. Rakennuksen päädyssä oleva porrashuone on edelleen käytettävissä. Huoltotaso tyhjeni 2 minuuttia ja 28 sekuntia ajan hetkestä, jolloin henkilöt lähtivät liikkeelle.

Skenaariossa 1 ja 3 hallin maantasolla oleskelevat henkilöt pääsevät poistumaan radan poikki heille lähimmästä rakennuksesta ulos johtavasta ovesta. Kaikki henkilöt poistuvat paloteknisen suunnitelman osoittamien poistumisteiden mukaisesti (Kuva 4-1). Poistujat ovat turvassa olosuhteiden muutoksilta 89 sekunnin (1 min 29 s) kuluttua liikkeelle lähtemisestä. Havainnointi- ja reagointiaika huomioiden poistumisaika maantasolla 509 sekuntia (8 min 29 s). Tuossa ajassa olosuhteet eivät olleet kehittyneet maantasolla poistumisturvallisuutta uhkaavaksi (Kuva 7-8).

Skenaariossa 2 ja 4 tutkittiin tapausta, jossa maantasolla oleskelleet henkilöt poistuvat rakennuksen toiseen päähän. Poistuminen ei ole mahdollista junaradan poikki. Liikkeelle lähtemisestä kuluu 215 sekuntia, kunnes poistujat pääsevät suojaan olosuhteiden kehittymiseltä. Havainnointi- ja reagointiaika huomioiden palon syttymisestä kuluu 635 sekuntia (10 min 35 s), kunnes poistujat ovat päässeet ulos rakennuksesta. Tuossa ajassa olosuhteet eivät olleet kehittyneet maantasolla poistumisturvallisuutta uhkaavaksi (Kuva 7-8).

7.4 Tulokset

Taulukko 8 Koonti poistumissimulointien tuloksista

Skenaario	Henkilömäärä	RSET2**	RSET1**
1	25	675 s	633 s
2	25	801 s	633 s
3	25	582 s	540 s
4	25	708 s	540 s

** (RSET) poistumiseen vaadittava aika (poistumissimulointi)

** (RSET1) Huoltotaso

** (RSET2) Maan taso

8. YHTEENVETO

Boliden Harjavallan kaivokseen liittyen rakennetaan katettu lämmöneristämätön nikkelikasteen varastointihalli. Nikkelirikaste osallistuu ulkopuoliseen paloon kytemällä matalalla lämmöllä muodostaen terveydelle haitallista rikkipitoista kaasua, mutta kytevän palon nikkelikasteen ei katsota levittävän paloa tilassa merkittävällä tavalla. Tämän toiminnallisen tarkastelun hyväksymiskriteereissä on määritetty seuraavaa: "Jos tilan käyttötarkoitus muutetaan pysyvästi toiseksi tai varastoitava materiaali tai aines on suunnitelmasta poikkeavaa, on omistaja velvoitettu huolehtimaan uudelleen tarkastelusta." Varastoitavaa materiaalia ei saa muuttaa.

Käyttötarkoituksen mukainen varastoitavan materiaalin eli nikkelikasteen määrä pinta-alaltaan suuremmassa rakennuksessa ei vaikuta syttymislähteiden määrään. Rakennuksen palokuorman muodostaa pyöräkuormaaja ja junanveturi. Jos pyöräkuormaaja ja veturi suhteutetaan yhdessä koko hallin pinta-alaan, on se 11 MJ/m². Paloja tarkastellaan kuitenkin paikallisina, joihin ne ovat suhteellisen suuria. Palokuormaltaan Junanveturi on 120GJ ja pyöräkuormaaja 75GJ. Palokuormakeskittymät ovat suuria, mutta pinta-alaan suhteutettuna on todella pieniä. Esimerkiksi muutaman pyöräkuormaajan lisääminen ei käytännön tasolla vaikuta pinta-alaperusteiseen palokuormatasoon.

Palosimulaatiomalleihin sijoitettiin lämpöilmäisiä kuvaavia virtuaalisia antureita, joiden avulla saatiin selville palon havaitsemisaika. Lämpöilmäisin määritettiin reagoimaan 54 °C:ssa. Palavien kohteiden lähellä on yleensä henkilökuntaa, koska pyöräkuormaaja tai juna on rakennuksessa harvemmin yksinään. Suuressa avoimessa tilassa palo on selkeästi näkyvä kohde, jonka rakennuksessa oleskeleva henkilö tunnistaa nopeasti vaaratilanteeksi. Tämän vuoksi tarkasteltiin myös tapausta, jossa tilassa oleva henkilö havaitsee palon ja tekee paloilmoin painikkeella hälytyksen, kun palo on saavuttanut 1000 kW palotehon.

Koska kohteen toimintaan kuuluu olennaisena osana pyöräkuormaajilla suoritettava tavarajunien lastaus ja purku, tarkastellaan niiden palon vaikutuksia. Lastaus- ja purkutoiminnan lisäksi rakennuksen yläosassa on kuljettimen huoltoon ja käyttöön liittyvä kulkutaso, jossa oletetaan olevan henkilöitä palon syttyessä. Palo- ja poistumissimuloinneissa havaittiin, että kuumat savukaasut nousevat rakennuksen yläosaan ja liikkuvat hallin pitkittäissuunnassa kohti toista päätyä heikentäen poistumisturvallisuutta. Huoltotasot eivät ole kuitenkaan jatkuvassa käytössä ja siellä käydään harvakseltaan ja tuolloinkin lähtökohtaisesti oleskellaan lyhyitä aikoja huoltotoimenpiteiden mukaan. Poistuminen on palon sattuessa mahdollista kahdesta toisistaan riippumattomasta uloskäytävästä ja vähäisen käyttäjämäärän vuoksi liikeaika ruuhkattomilla väylillä on nopea. Huoltotasolla oleskelevien poistumisturvallisuuteen on kiinnitettävä huomiota ja heidän on tiedostettava riskit siellä työskennellessä. Olosuhteet eivät ehdi muodostua poistumisturvallisuutta uhkaavaksi maan tasolla, jossa lastaus- ja purkutoimintaa tehdään. Rakennuksessa on koneellinen savunpoisto, mutta simuloinneissa sitä ei huomioitu.

Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten paloturvallisuudesta mukaan palo-osaston enimmäispinta-ala lämmöneristämättömälle tuotanto- ja varastorakennukselle on 12 000 m². Rakennus voidaan toteuttaa paloteknisen suunnitelman edellyttämällä tavalla ja tämän toiminnallisen tarkastelun nojalla pinta-alaltaan 17 000 m², jolloin ylitystä asetuksen enimmäispinta-alaan on 5000 m². Käyttötarkoituksen mukainen pinta-alan ylittäminen 5000 m² ei heikennä rakennuksen henkilöturvallisuuden tasoa.

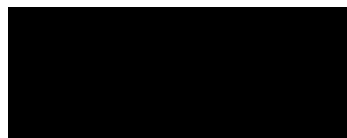
9. ALLEKIRJOITUKSET

Espoossa 28.10.2021

Ramboll Finland Oy



Projektipäällikkö, DI



Paloturvallisuusasiantuntija, DI