



Jaana Koskinen

## Matkustajien ohjaus automaattimetron hätätilanteissa

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 1.10.2012

Valvoja: Professori Tapio Luttinen

Ohjaaja: Diplomi-insinööri Pekka Kuorikoski

AALTO-YLIOPISTO TEKNIIKAN KORKEAKOULUT PL 12100, 00076 Aalto <a href="http://www.aalto.fi">http://www.aalto.fi</a>		DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ	
Tekijä: Jaana Koskinen			
Työn nimi: Matkustajien ohjaus automaattimetron hätätilanteissa			
Korkeakoulu: Insinööritieteiden korkeakoulu			
Laitos: Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka			
Professuuri: Liikennetekniikka		Koodi: Yhd-71	
Työn valvoja: Professori Tapio Luttinen			
Työn ohjaaja: Diplomi-insinööri Pekka Kuorikoski			
<p>Länsimetro jatkaa Helsingin metroa länteen ja järjestelmä saatetaan toteuttaa automaattisena. Automatisoinnin vuoksi junissa ei ole henkilökuntaa ja koulutettu henkilökunta korvataan erilaisilla älykkäillä järjestelmillä. Myös hätätilanteissa tapahtuva hätäpoistuminen on kyettävä järjestämään ilman neuvoa antavia ihmisiä.</p> <p>Työssä selvitettiin ihmisten käyttäytymistä maanalaisissa tiloissa sattuneissa hätätilanteissa ja arvioitiin erilaisten opasteiden toimivuutta tulipaloissa ja suistumisongelmissa. Selvitysten jälkeen määritettiin lähtökohtia toimivalle poistumisopastukselle.</p> <p>Länsimetro kulkee kokonaisuudessaan maan alla. Sekä tunneleissa että junissa on useita turvallisuusjärjestelmiä. Palon paikallistaminen tapahtuu paloilmaisinkaapelilla, joka lähettää tiedon metrovalvomoon. Valvomo varmistaa tiedon välittymisen hätäkeskukseen, joka hälyttää paikalle tarvittavat pelastuslaitoksen yksiköt. Tilannetta voi seurata myös järjestelmään asennetuista kameroista.</p> <p>Nopean ja tehokkaan poistumisen suurimmat haasteet ovat metrotunnelin pimeys, kapea kulkutie ja tulipalosta syntyvä savu. Ensimmäiseksi matkustajat on ohjattava pois palon läheisyydestä ja savun vaikutusalueelta toiseen tunneliin. Savuttomasta tunnelista matkustajat ohjataan joko lähimmälle asemalle tai pystykuilua pitkin ulos.</p> <p>Poistumista ohjaavan opastuksen on oltava selkeä ja yksiselitteinen, jotta matkustajille ei jää epäselvyyksiä poistumisen toimenpiteistä. Toimiva poistumisopastus muodostuu kiinteistä välimatkaopasteista, poistumisreitivalaistuksesta ja näkyvistä poistumisovista. Näiden avulla matkustajille viestitään lähin poistumistie ja luodaan valaistu reitti selkeälle uloskäynnille.</p> <p>Suurimpana haasteena opastuksen kannalta on sen toimiminen yhdessä savunpoiston kanssa. Opastuksen tulisi ohjata matkustajat aina vastakkaiseen suuntaan savusta ja savunpoiston suunta on lähtökohtaisesti aina ylämäkeen. Tämän vuoksi opastuksen on ohjattava matkustajat alamäkeen, joka vie kauemmaksi lähimmästä asemasta.</p> <p>Oikean poistumissuunnan näyttäminen matkustajille voidaan toteuttaa LED-nauhalla tai muulla vastaavalla valaistulla järjestelmällä. Järjestelmä kytketään junien paikallistamisjärjestelmään, jonka jälkeen voidaan ohjelmoida tarkat protokollat, joiden mukaan ohjaus toteutetaan.</p>			
Päivämäärä: 1.10.2012		Kieli: suomi	Sivumäärä: 76 + 13
Avainsanat: länsimetro, hätäpoistuminen, poistumisopastus, ihmisten käyttäytyminen			

AALTO UNIVERSITY SCHOOLS OF TECHNOLOGY PO Box 12100, FI-00076 AALTO <a href="http://www.aalto.fi">http://www.aalto.fi</a>		ABSTRACT OF THE MASTER'S THESIS	
Author: Jaana Koskinen			
Title: Guiding passengers in case of emergency in an automatic subway			
School: School of Engineering			
Department: Transportation and Environmental Engineering			
Professorship: Transportation Engineering		Code: Yhd-71	
Supervisor: Professor Tapio Luttinen			
Instructor: M.Sc. (Tech.) Pekka Kuorikoski			
<p>West metro extends Helsinki metro to west and the whole system may be automated. Because of automation there will be no personnel on the trains. Personnel will be replaced with intelligent systems. Even emergency situations must be able to be organized with these systems.</p> <p>Aim for this thesis was to study human behaviour in underground facilities during emergency situations, and consider the functionality of various signs. After investigations, the bases for practical emergency guidance were considered.</p> <p>West metro runs entirely underground. Both tunnels and trains have many safety systems. Fire can be located with a fire location cable which transfers the information to control room. Control room verifies the information has relayed to emergency response centre which alerts the required emergency units. The situation can also be monitored from cameras.</p> <p>The main challenges of fast and effective evacuation are tunnels darkness, narrow passage way and smoke. Primarily, passengers must be guided away from the fire and smoke to the other tunnel. Secondly, passengers are guided to the next station or emergency exit.</p> <p>Emergency guidance must be clear and unambiguous to avoid confusions. Functional guidance system consists of fixed signs with distance information, emergency lightning and visible emergency exit doors.</p> <p>The biggest challenge of guidance is to make it work together with smoke extraction. Guidance should guide passengers in the opposite direction of the smoke. Smoke extraction is always uphill. Therefore, guidance must guide passengers downhill, which is always opposite direction of the nearest station.</p> <p>The right exit way can be displayed with LED tape or other similar lit systems. These systems are connected to the train location system and can be programmed to show the right direction.</p>			
Date: 1.10.2012	Language: Finnish	Number of pages: 76 + 13	
Keywords: west metro, emergency exit, emergency guidance, human behaviour			

## Alkusanat

*Diplomityöni lähti liikkeelle Länsi-Uudenmaan pelastuslaitoksen tarpeesta selvittää ihmisten ja savun käyttäytymistä metrotunnelissa sekä näiden yhteensovittamista länsimetrossa mahdollisesti sattuvissa hätätilanteissa.*

*Työn tavoitteena oli selvittää ihmisten käyttäytymistä hätätilanteissa maanalaisissa tiloissa sekä etsiä keinoja miten ihmisten käyttäytymiseen voidaan vaikuttaa. Työn avulla haluttiin luoda lähtökohdat hätäpoistumisopastuksen suunnittelulle. Työ toteutettiin yhteistyössä Ramboll Finland Oy:n, Espoon kaupungin ja Länsimetro Oy:n kanssa.*

*Työtä varten koottiin ohjausryhmä, johon kuuluivat Pekka Kuorikoski Ramboll Finland Oy:stä, Jukka-Pekka Pitkänen Ramboll Finland Oy:stä, Reijo Rossi Espoon kaupungilta, Petri Suominen Espoon kaupungilta ja Jarkko Häyrynen Länsi-Uudenmaan pelastuslaitokselta. Työn valvojana toimi professori Tapio Luttinen Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulusta ja ohjaajana Pekka Kuorikoski Ramboll Finland Oy:stä.*

*Haluan kiittää ohjausryhmääni arvokkaista neuvoista ja kommentteista, joiden ansiosta työni sai lopullisen muotonsa. Kiitokset myös Länsimetrolle, joka antoi minulle mahdollisuuden tehdä diplomityöni näin mielenkiintoisesta aiheesta, sekä kaikille työssä avustaneille henkilöille.*

Espoo 28.6.2012

Jaana Koskinen

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo .....	5
Sanastoa.....	8
Lyhenteet.....	10
1 Johdanto.....	11
2 Työn tausta, tavoitteet ja rajaus .....	13
3 Poistumisturvallisuus .....	14
3.1 Käyttäytymisen tutkiminen .....	14
3.2 Ihmisten käyttäytyminen hätätilanteissa.....	14
3.2.1 Ihmiset poistumistilanteessa.....	14
3.2.2 Ihmiset liikennevirtana.....	15
3.2.3 Vaikuttavat henkilöominaisuudet.....	17
3.2.4 Henkilöriskien analysointi .....	18
3.2.5 Poistumismallinnus.....	18
3.3 Poistumistapahtuma .....	19
3.3.1 Vaiheet syttymisestä poistumiseen .....	19
3.3.2 Poistumisen onnistuminen .....	20
3.3.3 Poistumisajan laskeminen.....	22
3.3.4 Rakenteelliset ominaisuudet.....	23
3.3.5 Suljetun tilan haasteet.....	24
3.4 Ohjauksen keinot .....	24
3.4.1 Vaatimukset.....	24
3.4.2 Kiinteät opasteet.....	25
3.4.3 Näytöt.....	26
3.4.4 Kuulutukset.....	26
3.4.5 Poistumisvalaistus.....	27
3.4.6 LED-nauha .....	28
3.5 Poikkeustilanteet.....	28
3.5.1 Metron riskit.....	28
3.5.2 Tulipalo.....	28
3.5.3 Suistuminen.....	30
3.5.4 Junan pysähtyminen .....	30
3.5.5 Onnettomuudet Helsingin metrossa .....	30
3.6 Automaattimetron erityispiirteet.....	31
3.6.1 Metron automatisointi .....	31
3.6.2 Kuljettajan rooli.....	31
3.6.3 Metrovalvomoon rooli .....	32
4 Kansainväliset kokemukset.....	34
4.1 Eurooppa .....	34

4.2	Kööpenhamina.....	34
4.2.1	Esittely.....	34
4.2.2	Skenaariot.....	35
4.2.3	Poistumisvalaistus ja -opastus .....	36
4.2.4	Hätäpoistumistiet.....	36
4.2.5	Automaattinen palonilmais ja hälytys.....	37
4.2.6	Henkilökunnan koulutus .....	37
4.3	Praha.....	37
4.3.1	Esittely.....	37
4.3.2	Ohjausjärjestelmä.....	38
4.3.3	Turvallisuus .....	39
4.4	Lontoo.....	40
4.4.1	Esittely.....	40
4.4.2	Turvallisuussuunnittelu.....	40
4.4.3	Toimenpiteet onnettomuuden sattuessa .....	41
5	Länsimetro .....	43
5.1	Yleistä .....	43
5.2	Suunnittelu.....	44
5.2.1	Alkutilanne.....	44
5.2.2	Ratageometria.....	44
5.2.3	Poikkileikkaus.....	45
5.3	Metrojunat / -vaunut.....	46
5.3.1	M100-sarja .....	46
5.3.2	M200-sarja .....	47
5.4	Palotekninen suunnittelu.....	48
5.4.1	Tunneli .....	48
5.4.2	Paloilmaisuus.....	48
5.4.3	Savunpoisto.....	48
5.4.4	Poistumistiet.....	49
5.4.5	Toiminta palotilanteessa.....	49
5.4.6	Palo- ja poistumissimuloinnit .....	50
5.5	Pelastuslaitoksen toimenpiteet.....	52
5.5.1	Varustautuminen .....	52
5.5.2	Toiminta ja kalusto .....	53
6	Opastusmenetelmät.....	55
6.1	Menetelmien analysointi .....	55
6.2	Menetelmien soveltuvuus länsimetroon .....	59
7	Poistumisen ohjaus.....	61
7.1	Suunnittelu.....	61
7.2	Olosuhteet tunnelissa .....	61
7.3	Poistuminen .....	62
7.3.1	Hätäpoistuminen .....	62
7.3.2	Onnettomuusevakuointi.....	62

7.4	Opastus .....	63
7.4.1	Haasteet.....	63
7.4.2	Asemahalli ja laiturialue.....	63
7.4.3	Tunneli .....	63
7.4.4	Juna .....	67
7.5	Henkilökunta .....	68
7.6	Esimerkki .....	68
8	Yhteenveto ja päätelmät .....	69
8.1	Tavoitteet .....	69
8.2	Työn tulokset.....	69
8.2.1	Ihmisten käyttäytyminen.....	69
8.2.2	Ihmisten ohjaaminen .....	70
8.3	Päätelmät.....	71
	Lähdeluettelo .....	72
	Liiteluettelo.....	76
	Liitteet	

## Sanastoa (YM 2011.)

<b>Alkusammutuskalusto</b>	Palonalkujen sammutusvälineistö, joka on kehen tahansa käytettävissä. Esimerkiksi pikapalo- posti, käsisammutin ja sammutuspeite.
<b>Automaattinen paloilmoitin</b>	Laitteisto, joka automaattisesti ja välittömästi ilmoittaa alkavasta palosta. Paloilmoitin antaa myös ilmoituksen sen toimintavarmuutta vaarantavista vioista.
<b>Automaattinen sammutuslaitteisto</b>	Tulipalon sammuttamiseen tarkoitettu automaattisesti toimiva laitteisto.
<b>Automaattinen savunpoistolaitteisto</b>	Palossa syntyvän savun ja lämmön poistamiseen tarkoitettu automaattisesti toimiva laitteisto.
<b>Kulkureitti</b>	Lattiapinnan kustakin kohdasta uloskäytävään johtava kulkukelpoinen tie.
<b>Osastoitu uloskäytävä</b>	Osastoitu tila, jonka kautta rakennuksesta voidaan poistua turvallisesti.
<b>Osastoiva ovi</b>	Asetetun paloluokan vaatimukset täyttävä ovi.
<b>Osastoiva rakennusosa</b>	Asetetun paloluokan vaatimukset täyttävä, palo-osastoja erottava rakennusosa.
<b>Palo-osasto</b>	Rakennuksen osa, josta palon leviäminen on määrätyn ajan estetty osastoivin rakennusosin tai muulla tehokkaalla tavalla.
<b>Poistumisalue</b>	Poistumisen järjestämisen kannalta yhtenäinen ja tarkoituksenmukainen rakennuksen osa. Poistumisalue on usein samalla myös palo-osasto.



<b>Poistumisopasteet</b>	Poistumisopasteella tarkoitetaan erityistä kilpeä, jota käytetään uloskäytävän sijainnin ja poistumiseen käytettävän kulkureitin osoittamiseen. Poistumisopasteiden on oltava aina valaistuja.
<b>Poistumisreitti</b>	Poistumisreitillä tarkoitetaan rakennuksen kustomin kohdasta ulos maan pinnalle tai muulle turvalliselle paikalle johtavaa poistumiseen tarkoitettua reittiä.
<b>Poistumisreittivalaistus</b>	Valaistus, joka tavallisen valaistuksen peittäessä on tarkoitettu takaamaan henkilöturvallisuuden vaatima valaistus.
<b>Savunpoisto</b>	Palossa syntyvän savun ja lämmön poistaminen rakennuksesta painovoimaisesti taikka koneellisesti.
<b>Uloskäytävä</b>	Poistumisalueelta suoraan ulos johtava ovi taikka rakennuksessa tai sen ulkopuolella oleva tila, jonka kautta turvallinen poistuminen on palon sattuessa mahdollista maan pinnalle tai muulle turvalliselle paikalle.

## Lyhenteet

ATC	Continuous automatic train control system Junien automaattinen ohjausjärjestelmä
ATO	Automatic train operation Junien automaattinen käyttöjärjestelmä
ATP	Automatic train protection Junien automaattinen suojajärjestelmä
DTO	Metro ilman kuljettajaa
FDS	Fire Dynamics Simulator Tulipalojen simulointiohjelma
HKL	Helsingin kaupungin liikennelaitos
LZA	Latvijas Zinātņu Akadēmija Latvian tiedeakatemia
NFPA	National Fire Protection Association Kansainvälinen paloturvallisuusjärjestö
SMa	Sisäasiainministeriön asetus
STO	Puoliautomaattinen metro
UTO	Metro ilman henkilökuntaa
VNa	Valtioneuvoston asetus
VNp	Valtioneuvoston päätös
VTT	Valtion teknillinen tutkimuslaitos
YM	Ympäristöministeriö

# 1 Johdanto

Länsimetro saatetaan toteuttaa automaattimetrana, jonka vuoksi junissa ei ehkä ole henkilökuntaa mukana. Tällöin onnettomuustilanteissa ei ole ketään ohjaamassa matkustajia ulos. Koulutetun henkilökunnan toiminta pitäisi hätätilanteissa kyetä korvaamaan älykkäillä, kauko-ohjatuilla järjestelmillä pelastushenkilöstön paikalle saapumiseen asti. Järjestelmillä tässä tarkoitetaan ihmisten käyttäytymisen ohjaamiseen soveltuvia informaatiojärjestelmiä mm. kiinteitä ja muuttuvia opasteita, kuulutuksia ja valaistusta.

Jotta pystyttäisiin suunnittelemaan tehokas ja toimiva opastusjärjestelmä, on ensin tutkittava ihmisten käyttäytymistä metrossa mahdollisesti tapahtuvissa onnettomuustilanteissa. Tutkimusten perusteella suurin osa ihmisistä käyttäytyy tulipalo- ja onnettomuustilanteissa rauhallisesti, mutta samalla varauksellisesti. Havaittuaan palon, ihminen toimii itselle luontevalla tavalla. Reagointi saattaa olla joko tilanteen tutkiminen ja mahdollinen alkusammutus tai poistuminen paikalta.

Vieraasta tilasta poistuminen nopeasti ei ole helppoa ilman asianmukaista ja toimivaa opastusta. Ihmisille selkeällä ja yksiselitteisellä opastuksella kerrotaan poistumisen suunta ja turvavalaisuksella autetaan poistumisen onnistumisessa.

Metroon liittyy riskejä, kuten mihin tahansa kulkumuotoon. Onnettomuus tai tulipalo saattaa uhata matkustajia niin radalla kuin asemillakin. Kaikkia onnettomuuksia ei voi ehkäistä etukäteen, mutta niiden seurauksiin voi varautua. Tulipaloja varten on alkusammutusvälineitä ja savunpoisto. Lisäksi pelastuslaitos harjoittelee erilaisten onnettomuuksien varalle ja kehittää kalustoaan paremmaksi ja tehokkaammaksi.

Vaikka Suomi on pieni maa suurten eurooppalaisten valtioiden joukossa, on turvallisuustaso yhtä korkealla. Yleisellä tasolla onnettomuustilanteet ovat samankaltaisia, mutta Suomessa on vähemmän matkustajia ja metroverkosto on suppeampi. Tästä huolimatta poistumisturvallisuuden suunnittelussa turvaudutaan samoihin ohjeisiin ja standardeihin kuin muissakin maissa.

Länsimetro on suunniteltu siten, että siinä liikennöidään samalla kalustolla kuin Helsingin metrossa, joten myös vanhaa osuutta on päivitettävä ja muokattava jotta saadaan aikaiseksi toimiva kokonaisuus.

Metro voidaan toteuttaa automatisoinnin kolmella eri tasolla. Junassa voi olla kuljettaja tarkkailemassa tilannetta ja puuttumassa epäkohtiin, vaikka juna liikennöisikin etukäteen asetetun ohjelman mukaisesti. Toisessa vaihtoehdossa junassa voi olla muuta henkilökuntaa kyydissä, joka voi tarvittaessa puuttua junan toimintaan. Viimeinen vaihtoehto on täysin automaattinen, jossa junassa ei ole ollenkaan henkilökuntaa.

Junan automatisointi asettaa erityisiä haasteita muille järjestelmille. Henkilökunta on kyettävä korvaamaan ohjaamisen lisäksi myös poistumistilanteissa. Sekä tilanteiden ja palojen havainnointi kuin avun hälyttäminenkin on hoidettava sähköisillä järjestelmillä. Tulipalon havainnointi pystytään suorittamaan erilaisilla paloilmalaisimilla ja kameroilla. Ilmaisimet hälyttävät automaattisesti havaitessaan palon, mutta kameroiden tarkkailu on edelleen valvomon henkilökunnan vastuulla.

Tulipalo, junan suistuminen raiteilta ja teknisen vian aiheuttama pysähtyminen ovat kaikki erityyppisiä tilanteita. Yhteistä näille tilanteille on matkustajiin kohdistuva vaaratilanne. Mikä tahansa tilanne saattaa vaatia nopeaa poistumista onnettomuuspaikalta, joten opastuksen on katettava koko metrojärjestelmä, niin asemat kuin tunnelitkin.

Tehokkaan poistumisopastuksen suunnittelemiseksi on tunnettava ihmisten käyttäytyminen ja erilaisten opasteiden toimivuus muuttuvissa tilanteissa. Mitä paremmin tunnetaan ihmisten käyttäytyminen ja opasteiden toimivuus eri tilanteissa, sitä toimivammiksi voidaan järjestelmät suunnitella.

## 2 Työn tausta, tavoitteet ja rajaus

Tavoitteena on selvittää ihmisten käyttäytymistä metrossa tapahtuvien hätätilanteiden aikana ja luoda lähtökohdat hätäpoistumisopastuksen suunnittelulle. Työssä keskitytään tilastollisesti todennäköisimpään onnettomuustyyppiin eli tulipaloon, koska tulipalo on ihmiselle yksi vaarallisimmista tilanteista. Tulipalo aiheuttaa savua, joka heikentää näkyvyyttä, ja nostaa tilan lämpötilaa, joka vaikuttaa rakenteisiin ja ihmisiin.

Erityisenä selvitysalueena työssä on ihmisten käyttäytyminen hätätilanteissa ja hallitun poistumisen ohjaus sekä savunpoiston vaikutus poistumisteihin ja pelastuslaitoksen toimintaan. Savunpoistojärjestelmää on suunniteltu ja mallinnettu metroa ja asemia suunniteltaessa, joten tieto savun oletetusta käyttäytymisestä saadaan avuksi opastuksen suunnitteluun.

Työssä tutustutaan ihmisten käyttäytymistä hätätilanteissa koskeviin tutkimuksiin. Erityisesti tutustutaan tutkimuksiin, joissa on keskitytty maanalaisiin tiloihin ja metroihin. Tutkimusten avulla selvitetään erilaisia vaihtoehtoja, miten tähän käyttäytymiseen voidaan vaikuttaa opastusjärjestelmän avulla.

Tehtyjen tutkimusten avulla pyritään selvittämään ja pääättelemään henkilökunnan vaikutus ihmisten käyttäytymiseen poistumistilanteissa ja poistumisturvallisuuteen.

Tutkimuskysymykset:

- Miten ihmiset käyttäytyvät hätätilanteissa?
- Miten tähän käytökseen voi vaikuttaa?
- Mitkä ovat opastusjärjestelmän mahdollisuudet ja vaikutukset ihmisen ohjaamiseen hätätilanteissa?
- Miten henkilökunnan läsnäolo vaikuttaa hätätilanteiden poistumistilanteisiin?
- Tarvitaanko henkilökuntaa turvaamaan poistumista hätätilanteissa?

Tutkimusmenetelmät:

- Tutustutaan poistumisturvallisuutta koskeviin tutkimuksiin ja julkaisuihin.
- Selvitetään käytettävät opastusmenetelmät nykyisen metron toimijoilta.
- Tutustutaan kansainvälisiin menetelmiin ja tapoihin, jotta löydettäisiin soivia menetelmiä hyödynnettäväksi länsimetroon.
- Verrataan sekä tutkimusten tietoja että löydettyjä menetelmiä länsimetron suunnitelmiin ja laaditaan parannusehdotuksia.

## **3 Poistumisturvallisuus**

### ***3.1 Käyttäytymisen tutkiminen***

Ihmisten käyttäytymistä erilaisissa tilanteissa voidaan tutkia monella eri tavalla. Yksi tapa on haastatella ihmisiä ja selvittää kunkin toimenpiteet ja käyttäytymisen erikseen, koska siten saadaan selville jokaisen ihmisen päätökset ja niihin vaikuttaneet olosuhteet. Käyttäytymistä voidaan arvioida myös seuraamalla ihmisiä sekä harjoituksissa että oikeiksi lavastetuissa tilanteissa. Tällöin saadaan mukaan myös yllätysmomentti eikä tule harjoitustilanteen luonteesta aiheutuvia virheitä.

Poistumistilanteita voidaan myös nauhoittaa ja tämän jälkeen tutkia käyttäytymistä ja toimenpiteitä nauhalta. Tällöin voidaan keskittyä niin kokonaisvaltaiseen kuin yksilölliseenkin reagointiin. Tilanteiden analysointi on helppoa, kun voidaan toistaa samat tilanteet tarvittavat kerrat.

Ihmisten käyttäytymiseen hätätilanteissa voidaan vaikuttaa

- selkeällä opastuksella
- ammattitaitoisella henkilökunnalla
- valistuksella.

Ihmisten ohjaamiseen on useita eri keinoja ja varsinkin maanalaisessa tunnelissa, jossa on tulta ja savua. Opasteiden on kannustettava ihmisiä poistumaan turvallisesti ja neuvottava myös oikea ja turvallinen poistumissuunta.

Ihmiset pyrkivät luonnollisesti pois päin palosta, joten opastuksen on otettava ihmisen luonne huomioon. Muissa onnettomuustyypeissä on yhteneväisyyttä tulipalon kanssa. Tämän vuoksi tulipalotilanteen käsitteleminen on riittävä opastuksen suunnittelua varten.

### ***3.2 Ihmisten käyttäytyminen hätätilanteissa***

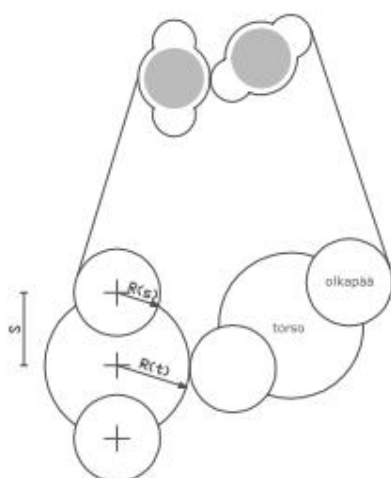
#### **3.2.1 Ihmiset poistumistilanteessa**

Ihmisten poistuminen palavasta tilasta jaetaan kolmeen vaiheeseen. Vaiheet seuraavat toisiaan ja ovat havaitsemisvaihe, reagoitinvaihe ja siirtymisvaihe. Havaitseminen alkaa palon syttymisestä ja päättyy palon havaitsemiseen. Reagoiminen on havainnon käsittelyä ja päätöksen tekemistä. Vaihe päättyy, kun ihmiset ovat päättäneet poistua palavasta rakennuksesta. Siirtymisvaiheen aikana ihmiset valitsevat reittinsä ja poistuvat rakennuksesta. Vaihe päättyy, kun ihmiset ovat ulkona tai turvassa. (RIL 2007.)

Ihmiset toimivat kaikissa tilanteissa luonteensa ja käyttäytymismalliensa mukaisesti. Tulipalotilanteessa vallitseva epäselvyys johtuu useimmiten informaation puutteesta. Tällöin ihmiset pyrkivät ensin selvittämään tilanteen todellisen luonteen ennen kuin ryhtyvät muihin toimiin. Poistumiseen vaikuttaa mm. tulipalon ja poistumisteiden sijainnit sekä muiden ihmisten toiminta. (Weckman 2005.)

Julkisten tilojen hallinnoijat olettavat, että ihmiset poistuvat välittömästi kuullessaan hälytyskellojen äänen. Tutkimukset kuitenkin osoittavat toista. Poistuminen koostuu päätöksenteosta ja toiminnasta. Turhaa aikaa saattaa kuluu päätöksentekoon, muiden ihmisten etsimiseen ja odottamiseen, sekä poistumiseen vaarallista reittiä pitkin, jonka jälkeen on etsittävä toinen poistumistie. Kaikenlainen tieto tapahtuneesta helpottaa ja nopeuttaa päätöksentekoa. (Proulx 1993.)

Kaikista tiloista tulee voida poistua turvallisesti tulipalossa tai muussa vaaratilanteessa. Kaikkien uloskäytävien tulee olla selkeitä, esteettömiä ja helposti käytettävissä. Tilasta täytyy olla kaksi toisistaan riippumatonta uloskäytävää ja niiden tulee olla tarkoituksenmukaisesti sijoitettu. Uloskäytävien yhteenlasketun leveyden määrää tilan henkilömäärä. Uloskäytävän tulee olla vähintään 1200 mm. Mikäli henkilömäärä ylittää 120, leveyttä lisätään 400 mm kutakin seuraavaa 60 henkeä kohden. Kuvassa 1 on havainnollistettu ihmisen vaatimaa fyysisen tilan tarvetta, johon mitoitusarvot perustuvat. (YM 2011.)



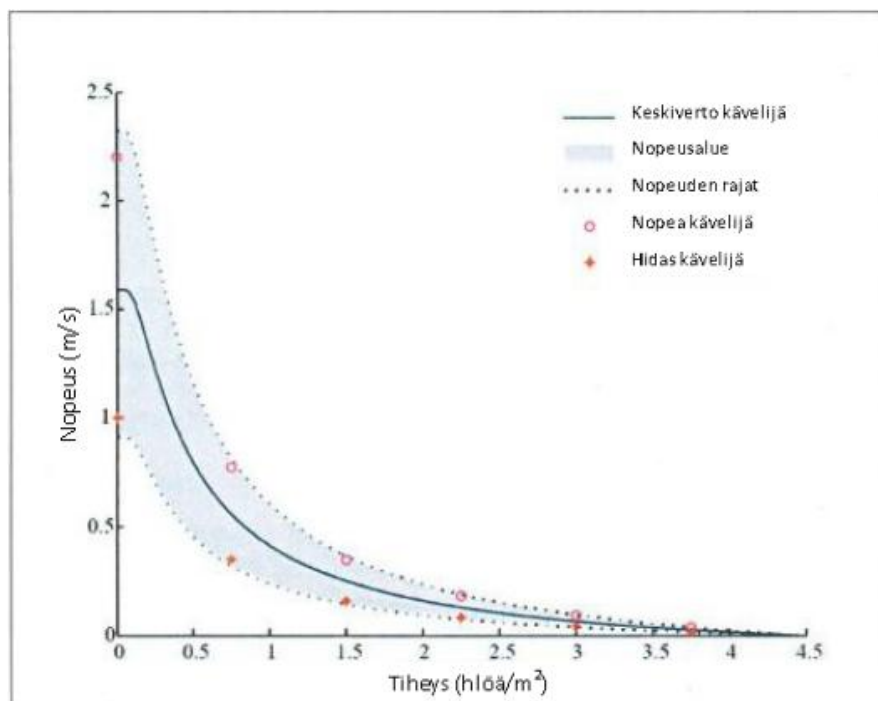
Kuva 1. Ihmisen vaatima fyysisen tilan tarve. (Li ym. 2011.)

Ihmisten ja samalla koko ryhmän kävelynopeutta hidastaa niin mukana kannettavat tavarat kuin lastenvaunut ja erilaiset liikunta-apuvälineetkin.

### 3.2.2 Ihmiset liikennevirtana

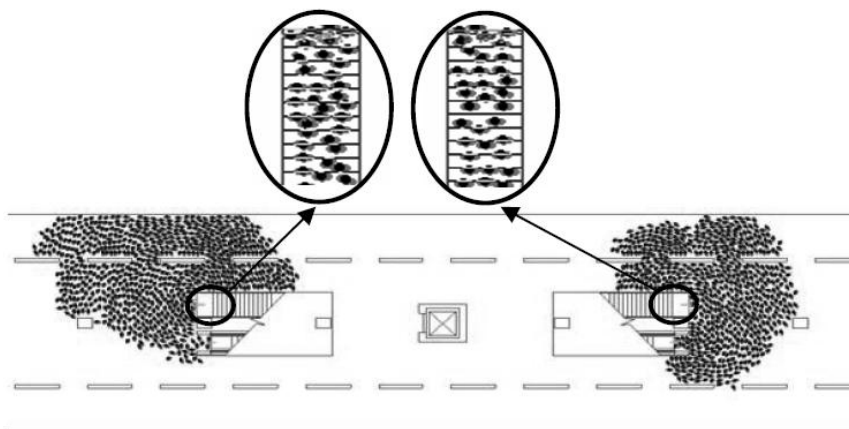
Jalankulkijatiheys ilmaisee ihmisten määrän neliometriä kohden. Tiheys ja kävelijöiden nopeus määrittävät tutkittavan väylän välityskyvyn. Henkilöiden määrän lisääntyessä nopeus ja välityskyky vähenevät. (Tiehallinto 1998.) Kuvassa 2 on havainnollistettu ihmisen kävelynopeutta ihmisvirran funktiona normaalitilan-

teessa. Kävelynopeuden ja ihmisten lukumäärän avulla voidaan laskea, kauanko matkustajien poistuminen kestää. Kappaleessa 3.3.3 on selvitetty poistumisaikojen laskentamenetelmä ja kappaleessa 5.4.6 on esitetty länsimetron palo- ja poistumissimulointien tulokset poistumisajoista.



Kuva 2. Kävelynopeus tasaisella alustalla ihmismäärän funktiona. (RIL 2007.)

Kapea kulkutaso ja poistumisovien aiheuttamat pullonkaulat muodostavat poistumistilanteen liikenneympäristön. Tähän ympäristöön on sovellettavissa tutkimuksia kävelykäyttäytymisestä pullonkauloissa. Poistumistilanteissa pullonkaulojen kapasiteetin on todettu olevan ratkaiseva nopeuteen ja tehokkuuteen vaikuttava tekijä. Kuvassa 3 on esitetty portaiden aiheuttaman pullonkaulan vaikutus ihmismäärään. Pullonkaulojen aiheuttama rasite tulee ottaa huomioon länsimetron suunnittelussa, koska poistumisreiteillä on useita poistumisovia.



Kuva 3. Portaiden aiheuttama pullonkaula. (Li ym. 2011.)



Pullonkaulan kapasiteetti voidaan laskea kulkutien leveydelle määritellyn kapasiteetin ja käytetyn leveyden avulla. (Hoogendoorn 2004.)

$$C = C_u * W_{eff} \quad (1)$$

missä  $C$  [hlöä/h] on kapasiteetti  
 $C_u$  [hlöä/h] on leveyden kapasiteetti  
 $W_{eff}$  [m] on käytetty leveys

$$W_{eff} = W_{gross} - W_{unused} \quad (2)$$

missä  $W_{gross}$  [m] on kulkutason leveys  
 $W_{unused}$  [m] on käyttämätön leveys

Poistumistilanteessa ihmiset muodostavat automaattisesti jonoja, joissa välimatka edellä kulkevaan on suhteellisen lyhyt. Kapeallakin tasolla kulku tapahtuu ripeästi, koska ihmiset limittyvät ja seuraavat edellä kulkevaa. Koska kulku on pääsääntöisesti yksisuuntaista, ei tule tarvetta ohittamiselle. (Hoogendoorn 2004.)

Myös poistumissuuntaan aukeavalla ovella on vaikutusta pullonkaulan välityskykyyn. Oven tulisi aueta yli 90 astetta, jotta ovi ei hidasta poistuvia matkustajia. (Daamen ja Hoogendoorn 2010.)

### 3.2.3 Vaikuttavat henkilöominaisuudet (Weckman 2005.)

Tilasta poistumiseen ja sen onnistumiseen vaikuttavat useat eri ominaisuudet. Ihmisten fyysinen ja henkinen kunto vaikuttavat olennaisesti. Myös sosiaalisuudella on suuri vaikutus ihmisten toimintaan.

*Henkinen kunto.* Henkinen vireystila vaikuttaa ihmisten nopeuteen reagoida erilaisiin tilanteisiin. Valveilla ja vireillä olevat ihmiset reagoivat tilanteisiin väsyneitä ihmisiä selvästi nopeammin.

*Fyysinen kunto.* Liikuntarajoitteiset ihmiset poistuvat normaalisti liikkuvia ihmisiä selvästi hitaammin. Liikuntarajoitteiset ihmiset ovat usein myös jossakin vaiheessa riippuvaisia muista ihmisistä.

*Sosiaalisuus.* Tulipaloissa ihmiset pyrkivät pitämään yhteyden omiin läheisiinsä ja erityisesti vanhemmat eivät suostu poistumaan paikalta ennen kuin ovat varmistaneet lastensa turvallisuuden.

*Hierarkia.* Ammattitaitoinen ihminen on harjoitellut erilaisia poikkeustilanteita varten.

### 3.2.4 Henkilöriskien analysointi (Weckman 2005.)

Poistumisreitin valintaan vaikuttavat useat eri seikat. Erityisesti saapumisreitti, tulipalon sijainti ja savun määrä ohjaavat ihmisten poistumista.

Poistumista analysoitaessa tulee ottaa huomioon seuraavat tekijät:

*Aluejako.* Poistumissuuntaan vaikuttaa olennaisesti tulipalon sijainti. Yleisimmät syttymispaikat ovat odotustila, liukuportaat ja laiturialueet. Ihmiset pyrkivät lähes poikkeuksetta poispäin tulipalosta ja savusta.

*Poistumistapahtuma.* Itse poistumistapahtumaan vaikuttaa henkilöiden kyky poistua ja henkilökunnan toimet. Terveet yksinäiset aikuiset poistuvat huomattavasti nopeammin kuin liikuntarajoitteiset tai pienet lapset.

*Henkilövirrat.* Henkilöiden lukumäärä ja sijoittuminen poistumisreiteille tulee ottaa huomioon tarkasteltaessa poistumisnopeuksia ja etsittäessä mahdollisia pullonkauloja.

*Tulipalo.* Tulipalo itsessään tulee ottaa huomioon. Palon kehittyminen ja leviäminen vaikuttaa olennaisesti savun muodostumiseen ja näin ollen haittaa näkyvyyttä. Helposti leviävät ja myrkylliset palokaasut tulee myös ottaa huomioon.

*Sammutus ja torjunta.* Poistumista analysoitaessa tulee ottaa huomioon automaattiset paloilmoituslaitteet, mahdollinen sammutusjärjestelmä sekä osastoivat rakenteet ja ovet.

*Riskianalyysi.* Analyysin avulla selvitetään mahdollinen henkilöriski ja onnettomuuden tai tulipalon todennäköisyys.

*Henkilöominaisuudet.* Poistumista analysoitaessa otetaan huomioon henkilökunnan osuus ihmisistä ja lasketaan näiden todennäköisyys edistää poistumista.

### 3.2.5 Poistumismallinnus

Poistumismallinnuksen avulla pyritään löytämään ja testaamaan mahdolliset vaaratilanteet, jolloin voidaan suunnitella toimia niiden ehkäisemiseksi. Kaikkia tilanteita ei voida täysin torjua, joten niihin on varauduttava erilaisilla järjestelmillä ja toimenpidesuunnitelmilla. Mallinnuksia voidaan tehdä useilla eri ohjelmilla ja yksi yleisimmin käytössä olevista ohjelmista on Simulex.

Simulex on tietokonemalli, jolla voidaan simuloida ihmisten poistumista rakennuksista. Ohjelma on kehitetty Skotlannissa 1990-luvun puolivälissä ja se sopii niin pienten kuin suurtenkin ihmismäärien simuloimiseen. Mallin antamia tuloksia on verrattu oikeissa poistumisharjoituksissa tehtyihin laskelmiin ja mallin on todettu antavan realistisia tuloksia. (RIL 2007.)

Malli simuloi yksittäisten henkilöiden poistumista seuraamalla yksilön kulkemaa reittiä koko poistumisen ajan. Malli huomioi hitaampien henkilöiden aiheuttaman hidastavan vaikutuksen ja tarvittaessa henkilöt voivat myös ohittaa toisia. Säättämällä yksilöiden ohitushalukkuutta voidaan mallintaa myös ryhmän tapaista käyttäytymistä. (RIL 2007.)

Poistumisen mallintamista varten tarvitaan tarkat pohjapiirustukset simulointiohjelmalla varten. Portaita ei tarvitse piirtää erikseen, koska nämä luodaan simulointiohjelmalla samalla, kun eri tasot yhdistetään toisiinsa. Ohjelmaan pitää myös määrittää ulkona sijaitsevat kohdat, joihin päästyään ihmiset ovat turvassa. Lisäksi ohjelmassa valitaan henkilöryhmien ominaisuudet ja jako käyttäjäryhmittäin. Ohjelma valitsee henkilöille kävelynopeuden muutamasta eri vaihtoehdosta. (Weckman 2005.)

### **3.3 Poistumistapahtuma**

#### **3.3.1 Vaiheet syttymisestä poistumiseen**

Tulipalon syttymisen ja onnistuneen poistumisen välillä on useita vaiheita, jotka kaikki vaikuttavat siihen, että palo saadaan sammutettua ja matkustajat turvaan.

*Syttyminen.* Tulipalo voi syttyä muuallakin kuin junan sisällä. Tekninen vika junan laitteistossa voi aiheuttaa palon junan sisällä tai junan alla. Myös tunnelissa voi syttyä tulipalo.

*Havaitseminen.* Palon havaitseminen voi tapahtua usealla eri tavalla. Tunnelissa oleva paloilmaisinkuitu havaitsee palon, kun se on kehittynyt tarpeeksi suureksi, mutta sitä ennen tarkkaavaiset matkustajat saattavat havaita palon. Myös valvomon henkilökunta voi havaita palon kameroidensa välityksellä.

Junan sisällä syttyneen palon havaitseminen on osittain matkustajien vastuulla. Junissa on myös paloilmaisinjärjestelmät, mutta ihminen saattaa havaita palon heti sen syttyä.

*Hälytys.* Jotta tulipalo voidaan sammuttaa, on siitä tehtävä hälytys.

Tunnelissa sijaitseva paloilmaisinkaapeli tekee hälytyksen automaattisesti, kun lämpötila kuidun ympärillä on riittävän suuri. Pienempien palojen havaitsemisen jälkeen matkustajat voivat käyttää paloilmaisinpainiketta hälyttääkseen palokunnan.

*Paikannus.* Tulipalon paikantaminen maanalaisessa tunnelissa saattaa olla haastavaa.

Metrotunnelissa paloilmaisinkaapeli ilmoittaa myös palon sijainnin, joten metrossa paikannusongelmaa ei ole. Metrossa junan sijainti on aina järjestelmän tiedossa.

*Reagointi.* Hälytyksen ja tulipalon paikantamisen jälkeen valvomo varmistaa hätäkeskukselta, että automaattinen hälytys on mennyt perille ja antaa hätäkeskukselle lisätietoja tapahtuneesta.

Samaan aikaan valvomon henkilöstön on tehtävä päätös junan pysäyttämisestä ja ihmisten evakuoimisesta.

*Pysäytys.* Päätöksen junan pysäyttämisestä tekee valvomo.

Mikäli tilanne sallii, ajetaan palava juna seuraavalle asemalle tai ainakin mahdollisimman lähelle aseman vieressä sijaitsevaa poistumiskuilua.

Mikäli tulipalo on syttynyt tunnelissa, ajetaan juna pois palon läheisyydestä.

*Poistuminen.* Metrojunan pysäyttämiskohta ratkaisee myös poistumissuunnan.

Jos juna on saatu ajettua asemalle, poistuvat ihmiset junasta asemalaiturille ja sitä kautta ulos.

Tunneliin pysäytetystä junasta ihmiset poistuvat junan vieressä olevalle kulkutielle. Poistuakseen tunnelista, ihmisten on kuljettava junan viertä lähimmälle yhdystunnelille ja poistumiskuilulle.

### **3.3.2 Poistumisen onnistuminen**

Nopeaan ja tehokkaaseen poistumiseen vaikuttavat useat ihmisten käyttäytymistä ohjaavat tekijät. Jokainen matkustaja valitsee luonteelleen sopivimman käyttäytymistavan. (Weckman 2005.)

*Päätöksen tekeminen.* Päätöksenteko hätätilanteessa eroaa normaalista arkielämästä kahdella tavalla. Hätätilanteessa on aina paljon vaakalaudalla. Kyseessä voi olla oma tai rakkaiden henki tai koko omaisuus. Aikaa on myös käytettävissä huomattavasti vähemmän ja päätökset tulee tehdä nopeasti, jotta vahingot jäävät mahdollisimman pieniksi. (Proulx 1993.)

Erilaisten päätösten tekeminen vaadittavista toimenpiteistä vaatii aikaa ja ihmiset usein tekevät päätöksensä muiden päätösten pohjalta. Näin ollen valittu toimenpide on kaikkien hyväksymä. (Weckman 2005.)

Päätöksen tekemiseen vaikuttaa myös tilanteen selvyys, tietoisuus uhan laadusta ja vastuu muista ihmisistä (Weckman 2005). Päätöksen tekemiseen vaikuttavaa tietoa voi saada useista eri lähteistä. Tietoa tarjoavat hälytyslaitteet ja kuulutukset, muut matkustajat ja henkilökunta (Proulx 1993).

Päätöksen tekeminen on usein ratkaisevassa asemassa, koska se määrittää muille toimenpiteille jäljelle jäävän ajan. (Proulx 1993.)

*Tilanteen selvittäminen.* Useat ihmiset haluavat selvittää tilanteen itselleen ennen kuin ovat valmiita toimimaan ja poistumaan tilasta. Tilanteen selvittämiseen saatetaan käyttää turhankin paljon aikaa, jolloin varsinaiseen poistumiseen käytettävä aika saattaa vähentyä. (Weckman 2005.)

*Toimenpiteiden valinta.* Tilanteen selviämisen jälkeen ihmiset valitsevat itselleen sopivimmat toimenpiteet. Toimenpiteitä saattavat olla mm. poistuminen, muiden varoittaminen, avun hälyttäminen, alkusammutus tai ihmisten ja omaisuuden pelastaminen. (Weckman 2005.)

Tekemättömyys tai päätöksen siirtäminen muille ovat myös mahdollisia toimenpiteitä. Päätös toimenpiteistä tehdään, kun oma turvallisuus koetaan riittävän uhatuksi. (Proulx 1993.)

*Kulkureitin valinta.* Tuntemattomissa tiloissa parhaan mahdollisen poistumisreitin valinta ja löytäminen saattaa olla haasteellista. Ihmiset pyrkivät käyttämään tavanomaisia reittejään, mutta usein se ei ole mahdollista. Tällöin ihmiset pyrkivät seuraamaan valtavirran poistumista. (Weckman 2005.)

Opasteet neuvovat ihmisiä oikeaan suuntaan, mutta myös tieto ja kokemus tilojen ominaisuuksista ja kulkureiteistä vaikuttavat valintaan. (Proulx 1993.)

*Konfliktit.* Vieraasta paikasta poistuminen ei aina suju suunnitellusti. Ihmismassat pyrkivät liikkumaan tasaisesti ja keskeytyksettä. Joskus kuitenkin kaksi eri poistumistietä yhdistyy myöhemmin, jolloin ihmisvirrat joutuvat sulautumaan yhteen. Tilanne aiheuttaa hämmennystä ja ihmisille tulee tarve puolustaa omaa tilaansa ja oikeuttaan poistua ensimmäisenä. Joskus tällaiset tilanteet saattavat itsessään aiheuttaa lisää vaaratilanteita. (Weckman 2005.)

Poistumistilanteessa ihmiset pyrkivät liikkumaan normaalia nopeammin, jolloin hitaammat saattavat jäädä jalkoihin ja jopa loukkaantua. Ihmiset tönivät toisiaan ja kaatuneet hidastavat poistumista, joka aiheuttaa lisää epätietoisuutta ja hermostumista. Liikkumisesta ja erityisesti kapeista kohdista tulee sekavia. (Helbing ym. 2000.)

*Henkilökunta.* Poistumisesta tulee tehokasta, kun mukana on koulutettua henkilökuntaa, jotka tuntevat paikat ja tietävät toimintatavat. Ihmiset seuraavat ja kuuntelevat asiantuntevia ihmisiä. (Weckman 2005.)

*Ajankohta.* Ihmiset saattavat seurata sivusta tilanteen kehittymistä ja valita omasta mielestään parhaan poistumishetken. Tällainen hetki saattaa tulla, kun suurin osa ihmisistä on jo poistunut eikä uhka vielä tunnu konkreettiselta vaaralta. (Weckman 2005.)

### 3.3.3 Poistumisajan laskeminen (RIL 2007.)

Poistumisaikaa määriteltäessä verrataan mitoituspaloista saatua kriittisen vaiheen syntymisen ajankohtaa poistumiseen vaadittavaan aikaan. Poistumistarkastelussa on otettava huomioon tila, ihmiset ja poistumisreitti.

*Poistumisalue.* Poistumislaskelmia varten tilat on jaettava poistumisalueisiin, jotka muodostuvat yhtenevistä ja samankaltaisista alueista.

*Poistuvat henkilöt.* Tilajaon jälkeen arvioidaan mahdollisimman tarkasti poistuvien henkilöiden määrä. Mikäli on käytettävissä todellisia arvoja, tulee niitä käyttää.

*Havaitsemisaika.* Havaitsemisaikaa arvioitaessa tulee ottaa huomioon useita tekijöitä. Aika voi olla paloilmottimen tai sprinklerin toiminta-aika tai palon lieskahdusaika. Havaitsemisajan arvioinnissa tulee myös ottaa huomioon ihmisten mahdollisuus havaita palo.

*Reagointiaika.* Reagointiaikaa arvioitaessa tulee ottaa huomioon ihmisten toimintamahdollisuudet liittyen tilan käyttötarkoitukseen ja henkilöiden ominaisuuksiin.

*Siirtymisaika.* Siirtymisajan arviointi eri vaiheista on helpoin. Ajan laskemiseen on useita menetelmiä ja poistumisaika on kuitenkin pieni osa kokonaispoistumisaikaa. Arvioinnissa otetaan huomioon henkilöiden kyky poistua ja eri henkilöryhmien kävelynopeudet.

Yksin liikkuva ihminen kävelee itselleen sopivaa ja miellyttävää nopeutta. Ryhmässä nopeus on sovittava muiden nopeuteen.

*Kokonaisaika.* Kokonaispoistumisaika muodostuu havaitsemisajan, reagointiajan ja siirtymisajan yhteenlasketusta kokonaisajasta. Poistumisen mitoittaminen on rajatilan tutkimista, jossa poistumiseen käytettyä aikaa verrataan käytettävissä olevaan aikaan.

$$t_p = t_a + t_b + t_m \quad (3)$$

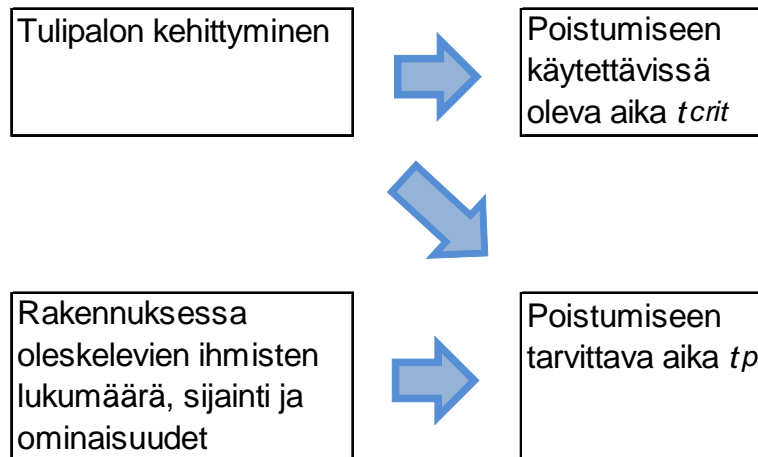
missä  $t_p$  [s] on kokonaispoistumisaika  
 $t_a$  [s] on havaitsemisaika  
 $t_b$  [s] on reagointiaika  
 $t_m$  [s] on siirtymisaika.

Käytetyn ja käytettävissä olevan ajan välillä on oltava riittävä turvamarginaali, jotta poistumisen voidaan varmuudella olettaa onnistuvan ko. ajassa.

$$t_p \leq t_{crit} \quad (4)$$

missä  $t_{crit}$  [s] on kriittisten olosuhteiden syntyamiseen kuluva aika.

Tulipalon kehittyminen vaikuttaa sekä poistumiseen käytettävissä olevaan aikaan että poistumiseen tarvittavaan aikaan, koska savun aiheuttaman näkyvyyden huononeminen hidastaa ihmisten liikkumisnopeutta. Tekijöiden vaikutusta on havainnollistettu kuvassa 4.



Kuva 4. Eri tekijöiden vaikutus poistumiseen käytettävissä olevaan aikaan ja poistumiseen tarvittavaan aikaan. (Paloposki ym. 2002.)

### 3.3.4 Rakenteelliset ominaisuudet

Tilan fyysisellä muodolla on myös vaikutusta poistumiseen. Suomen rakentamismääräyskokoelman rakenteellista paloturvallisuutta koskeva osa (E1 2011) määrittelee useita rakenteellisia vaatimuksia poistumisjärjestelyjen suhteen. Esimerkiksi poistumistielle saa olla matkaa enintään 45 metriä. Näitä vähimmäisvaatimuksia ei saa missään tilanteessa alittaa. Rakenteelliset ominaisuudet tulee ottaa huomioon ainakin uloskäytävien mitoituksessa, paloilmaisin- ja hälytysjärjestelmässä sekä poistumisopastuksessa ja -valaistuksessa. (Weckman 2005.)

Uloskäytävien tulee olla selkeitä ja helposti havaittavissa eivätkä ne saisi sisältää normaalista poikkeavia portaita tai tasoja. Ovien tulee aina avautua kulkusuuntaan ja niiden tulee avautua suhteellisen pienellä voimalla. Ovien uloskäynnin tulee sijaita niin, ettei oviaukon suulle pääsisi syntymään ruuhkaa. (Weckman 2005.)

Hälytysjärjestelmän tulee olla yksinkertainen ja selkeä. Kaikkien pitää ymmärtää hälytyksen merkitys ja osata toimia sen mukaan. (Weckman 2005.)

Kaikki kulkureitit tulee varustaa selkeillä, helposti havaittavilla ja ymmärrettävillä poistumisopasteilla. Poistumisvalaistuksen pitää tukea opasteita ja helpottaa tilan hahmottamista ja turvallista poistumista. (Weckman 2005.)

### **3.3.5 Suljetun tilan haasteet**

Maanalaiset tilat ovat kaikki erityisiä ja niiden hahmottaminen saattaa olla hankalaa, koska tilaa ei näe ulkoapäin. Maanalainen tila on suljettu ja ikkunaton, joka saattaa aiheuttaa ahtaanpaikankammoa ja hankaloittaa suunnistamista. Yleisestikin maan alla oleminen koetaan epämiellyttäväksi ja tilat koetaan turvattomiksi rajallisten pelastautumismahdollisuuksien vuoksi. (Weckman 2005.)

Yleisestä käsityksestä poiketen ihmiset käyttäytyvät tulipalotilanteissa suhteellisen järkevästi. Kuitenkin tavalla, jolla vaaratilanteesta ilmoitetaan, on suuri merkitys. Pelkkien hälytyskellojen ääni ei saa ihmisiä liikkeelle, mutta henkilökunnan ohjaus ja selkeät kuulutukset edesauttavat nopeaa poistumista. (Weckman 2005.)

Liikennetunneleissa sattuneissa tulipaloissa ihmiset eivät aina tajua olevansa vaarassa, koska palo ei välttämättä ole näköetäisyydellä. Tulipalo kuitenkin leviää kapeassa tunnelissa nopeasti ja kaikki turvalaitteet eivät välttämättä toimi oikein tai ollenkaan. Tulipalon havaittuaan ihmiset lähtevät liikkeelle suhteellisen myöhään ja usein kaikki samaan aikaan. Tämän vuoksi poistumistiet saattavat tukkeutua. Ihmiset eivät myöskään halua jättää omaisuuttaan, joten tavaroiden kantaminen hidastaa liikkumista. (Weckman 2005.)

Oikein suunniteltuina ja valvottuina maanalaiset tunnelit ovat turvallisia, mutta vastaavasti loukkuun jääneiden ihmisten pelastaminen on hankalaa. (Weckman 2005.)

Tutkimusten mukaan tunnelipalo ei juuri eroa tavallisemmista rakennuspaloista ja ihmiset käyttäytyvät molemmissa samojen kaavojen mukaan. Tunnelipalossa olosuhteet heikkenevät rakennuspaloa nopeammin, joten aikaa päätöksiin ja toimintaan on vähemmän. Kuitenkin tila on vieras ja vaatii enemmän aikaa havaitsemiseen, reagointiin ja poistumiseen. (Weckman 2005.)

## **3.4 Ohjauksen keinot**

### **3.4.1 Vaatimukset**

Poistumisopasteita käytetään kaikissa tiloissa, joissa toimii ihmisiä, poistuminen on vaikeaa tai poistumisreitit ovat hankalat tai muuten normaalista poikkeavat. Poistumisopasteiden tarkoitus on opastaa ihmiset turvallisesti ulos. (SMA 805/2005.)

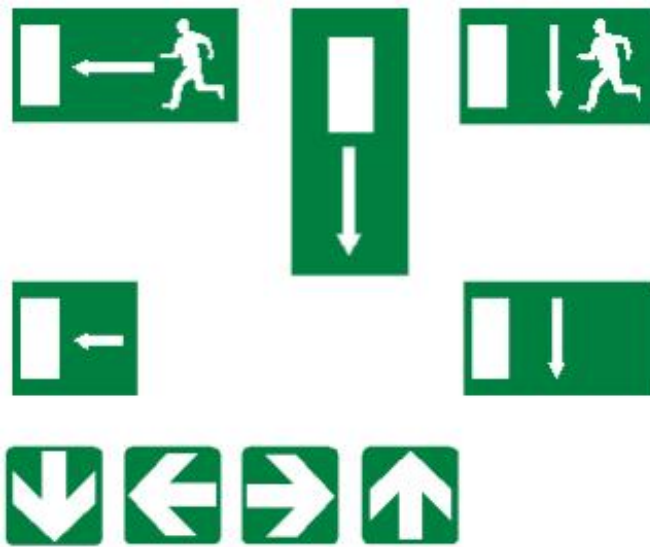
Poistumisopasteiden on oltava selkeitä ja ne on pystyttävä helposti havaitsemaan ja tunnistamaan. Opasteiden on oltava ulkoasultaan ja ominaisuuksiltaan sellaisia, että niiden tarkoitus ei jää epäselväksi. (SMA 805/2005.)



Poistumisopasteiden on oltava valtioneuvoston päätöksen (976/1994) mukaisia ja lisäksi niiden on täytettävä turvavalaistusta koskevassa standardissa SFS-EN 1838 määritetyt vaatimukset. (SMa 805/2005.)

### 3.4.2 Kiinteät opasteet

Poistumisopasteista on annettu ohjeet turvamerkkipäätöksessä. Opasteet ovat vihreä-valkoisia varoituskilpiä. Kuvassa 5 on turvamerkkipäätöksessä määritellyt poistumisopasteiden merkit.



Kuva 5. Turvamerkkipäätöksessä määritellyt poistumisopasteissa käytettävät merkit. (VNp 976/1994.)

Metron turvallisuuteen ja poistumiseen liittyviä opasteita on useita. Liitteessä 4 on esitetty HKL:n käyttämät piktoگرامmit ja kuvissa 6 – 9 on esitelty yleisimmät metroissa käytettävät turvallisuuteen liittyvät kiinteät opasteet, jotka ovat

- hätäpuhelin
- junan hätäpysäytin
- sammutin
- pikapaloposti
- uloskäynti.



Kuva 6. Hätäpuhelin. (HKL 2008.)



Kuva 7. Junan hätäpysäytys. (HKL 2008.)



Sammutin



Pikapalosti

Kuva 8. Sammutin ja pikapalosti. (HKL 2008.)



Kuva 9. Uloskäynti. (HKL 2008.)

### 3.4.3 Näytöt

Asemilla, lippuhalleissa ja odotustiloissa näytetään ensisijaisesti aikataulutietoja ja mahdollisia vuorojen poikkeustietoja. Näyttöihin on kuitenkin mahdollista ohjelmoida muutakin tekstiä. Näyttöillä voidaan esimerkiksi kertoa vaaratilanteista ja kehottaa ihmisiä poistumaan tai antaa tietoa vallitsevista olosuhteista, jotka eivät kuitenkaan vaadi välittömiä toimenpiteitä. (Kari 2012.)

Laiturinäytöt on ohjelmoitu näyttämään seuraavan junan määränpäättä ja saapumisaikaa asemalle. Nykyisiin laiturinäyttöihin ei voi ohjelmoita vapaata tekstiä. (Kari 2012.)

### 3.4.4 Kuulutukset

Hätä- ja poikkeustilanteissa annettavien kuulutusten on oltava selkeitä ja helpposti ymmärrettäviä. Kuulutuksista on annettu äänievakuointijärjestelmän standardi SFS-EN 54–16.

Junassa kuljettaja voi antaa tiedotuksia kaiuttimien kautta. Tiedotteita ei ole nauhoitettu etukäteen, jolloin ne ovat aina ajantasaisia. Joskus kuitenkin kiire voi estää kuljettajaa kuuluttamasta tiedotuksia, jolloin valmiit nauhoitukset olisivat hyvä vaihtoehto. (Kari 2012.)

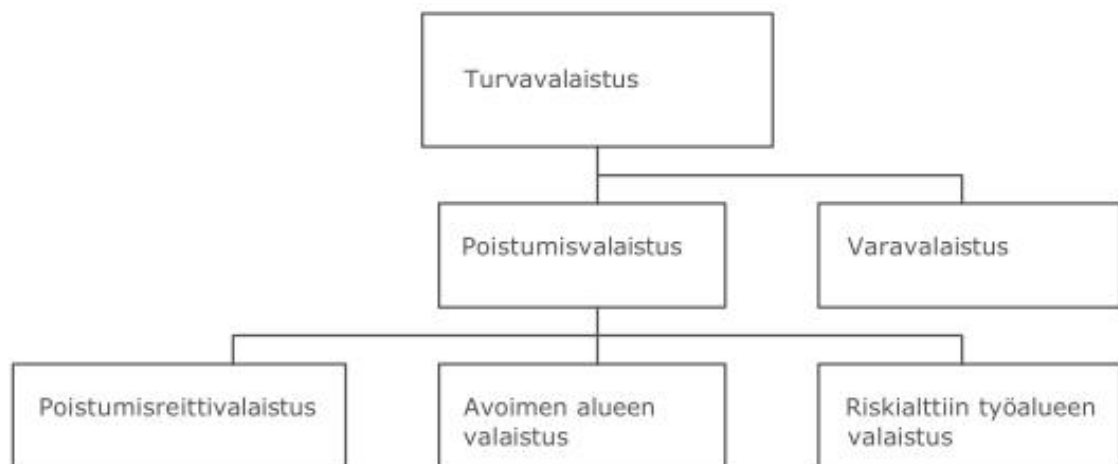
### 3.4.5 Poistumisvalaistus

Poistumisvalaistuksesta on annettu sisäasiainministeriön asetus SMa 805/2005, joka tuli voimaan 1.1.2006. Asetusta sovelletaan poistumisreittien opasteiden ja turvamerkintöjen teknisiin ohjeisiin, ominaisuuksiin ja käyttöön liittyvissä kysymyksissä. (SMa 805/2005.)

Poistumisvalaistus on suunniteltava tavalla, joka mahdollistaa turvallisen poistumisen alueelta, josta valot ovat sammuneet. Tehokkaan ja toimivan valaistuksen toteuttaminen saattaa edellyttää useita erilaisia valaisimia. Suunnittelussa voidaan soveltaa standardia SFS-EN 1838. (SMa 805/2005.)

Poistumisvalaistus on suunniteltava toimimaan tavallisen valaistuksen kanssa sekä siitä riippumatta. Poistumisvalaistuksen jatkuminen sähkönsyötön katketta on varmistettava varasähkönsyötöllä. Valaistuksen on toimittava poistumiseen vaaditun ajan ja kuitenkin vähintään tunnin. (SMa 805/2005.)

Reittien merkitsemiseen ja valaisemiseen käytettävien tuotteiden on oltava kyseiseen tarkoitukseen suunniteltuja ja niiden on täytettävä standardien asettamat vaatimukset.



Kuva 10. Turvavalaistuksen jako eri osa-alueisiin.

Kuvassa 10 on esitelty turvavalaistuksen sisältämät eri osa-alueet. Turvavalaistusasennuksia Suomessa ohjaavat seuraavat lait, asetukset ja standardit:

- Sisäasiainministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta, SMa 805/2005
- Pelastuslaki 379/2011
- Laitelaki 562/1999
- Suomen rakentamismääräyskokoelma Rak MK E1 Rakenteellinen paloturvallisuus
- Valtioneuvoston päätös työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden käytöstä 10.11.1994/976

- SFS-EN 1838 Valaistussovellukset. Turvavalistus
- SFS-EN 50171 Keskitetyn tehonsyötön järjestelmä
- SFS-EN 50172 Poistumisvalaistusjärjestelmät
- SFS-EN 60598-2-22 Luminaires, Part 2-22 Particular requirements. Luminaires for emergency lighting

Poistumisvalaistus voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Valitun järjestelmän on kuitenkin toteutettava poistumisvalaistukselle asetetut vaatimukset.

### **3.4.6 LED-nauha**

Uutena tuotteena on poistumisreiteille mahdollista asentaa pienistä LED-lampuista koostuva nauha. LED-nauha on helposti asennettava ja se kuluttaa vain vähän virtaa. Nauhan LEDit voivat palaa koko ajan tai syttyä järjestyksessä poistumissuuntaan.

## **3.5 Poikkeustilanteet**

### **3.5.1 Metron riskit**

Ihmisiä kuolee vuosittain niin asemilla kuin metrotunneleissakin. Yleisimmät onnettomuudet ovat tulipaloja, suistumisia ja junan alle jäämisiä, joskus myös eri syistä aiheutuneita räjähdyksiä. (Tallberg 2008.)

Kaikenlaiset uhat ja mahdolliset onnettomuudet on otettava huomioon suunnittelusta toteutukseen. Myös epäsuorat onnettomuudet tulee huomioida. Tällaisia voivat olla työntekijän onnettomuus radalla tai sairauskohtaus ohjaamossa tai matkustamossa. (Tallberg 2008.)

Suurimman uhan ihmisille aiheuttaa tulipalo. Se heikentää näkyvyyttä nopeasti ja lisää ilmaan erilaisia myrkyllisiä palokaasuja. Toiseksi pahimmaksi vaaratilanteeksi on riskikartoituksen mukaan luokiteltu junan suistuminen raiteilta. (Tallberg 2008.)

Riskikartoituksen avulla pystytään arvioimaan todennäköisyydet erilaisille uhkakuville. Tällöin voidaan suunnitella toimenpiteet tilanteiden varalle ja varautua onnettomuuksien torjumiseen. (Tallberg 2008.)

### **3.5.2 Tulipalo**

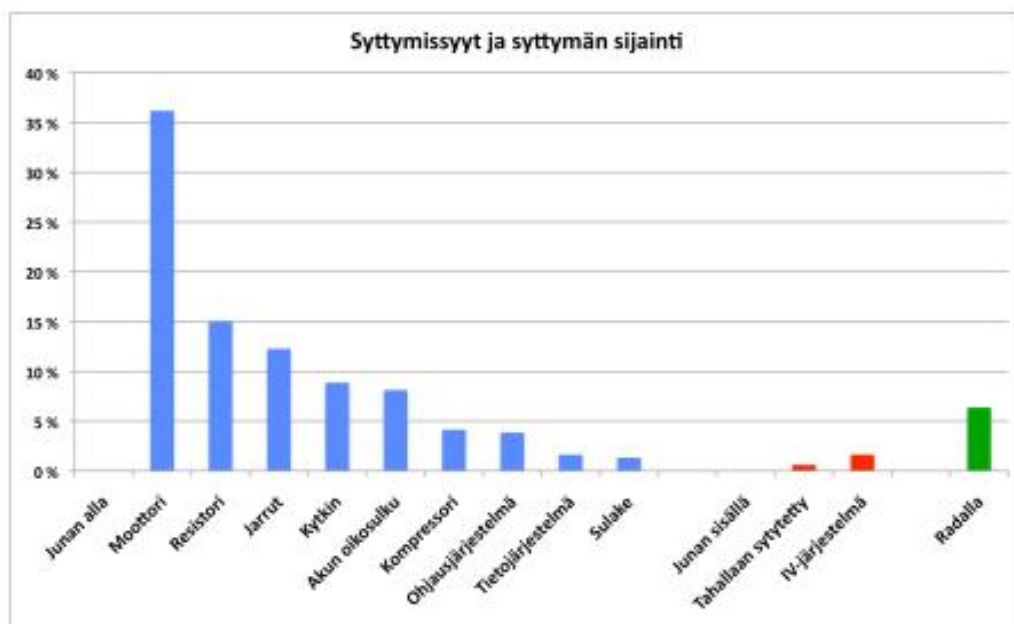
Yksi pahimmista vaaratilanteista on metrojunassa ruuhka-aikaan syttyvä tulipalo. Tulipalon syttymissyö voi olla tekninen vika tai tahallinen tuhopoltto. (Tallberg 2008.)

Tulipalo on aina haitallinen ja alla on lueteltu muutamia tulipalon seurauksia:

- Savu leviää suljetussa tilassa nopeasti ja laajalle.
- Savu heikentää näkyvyyttä.
- Suljetussa tilassa lämpötila nousee.
- Tulipalo heikentää rakenteita aiheuttaen sortumavaaran.
- Tulipalo voi tuhota opasteet ja valaisimet.
- Tulipalo voi tuhota viestiliikenneyhteydet. (Tallberg 2008.)

Tulipalo voi syttyä myös asemalla, jossa ihmisiä liikkuu tuhansia päivittäin. Yleisimmät asemilla ja asiakastiloissa sattuneet tulipalot ovat ilkevillään seurauksia, joissa ilmaisjakelulehtiä tai roska-astioita on sytytetty palamaan. Liukuportaissa tai niihin liittyvissä konehuoneissa syttyneet tulipalot aiheuttavat hätätilanteita silloin tällöin. (Järvinen 2012.)

Länsimetron ympäristövaikutusten arvioinnissa todettiin, että länsimetron kahden vaununparin junissa syttyy noin 3,9 tulipaloa vuodessa. Alla olevassa kuvassa 11 on esitetty oletetut sytymissytyt ja syttymän sijainnit. (Nevala ja Laaksonen 2010.)



Kuva 11. Länsimetron arvioidut sytymissytyt ja syttymän sijainnit. (Nevala ja Laaksonen 2010.)

Automaattisella sammutusjärjestelmällä varmistetaan palojen nopea alkusammutus ja rajaaminen, mutta katosta suihkuava vesi ei välttämättä tavoita kaikkia kohteita. Tämän vuoksi esimerkiksi Helsingissä rautatieaseman paperien keräysastia on varustettu omalla sammutusjärjestelmällään. (Järvinen 2012.)

### 3.5.3 Suistuminen

Junan suistuessa ihmisiä loukkaantuu ja jopa kuolee. Tilannetta saattaa vielä pahentaa junan syttyminen palamaan, jolloin ihmiset ovat jumissa loukkaantuneina ja tulipalon armoilla. (Tallberg 2008.)

Junan suistumisen voi aiheuttaa junan rikkoutuminen tai radalla sijaitseva esine johon juna törmää. Suistumisen vakavuus riippuu usein junan nopeudesta. (Tallberg 2008.)

### 3.5.4 Junan pysähtyminen

Metrojunia pysähtyy asemien väliin jatkuvasti. Syitä voi olla esim. tekninen vika, sähkökatkos, ratarikko, ihmisen tai esineen jääminen junan alle, ilkeältä tai hätkähän laukaiseminen. Junan jäädessä asemien väliin, ihmiset yrittävät poistua junasta ja päästä seuraavalle asemalle. Tunnelissa ihmiset kuitenkin altistuvat tarpeettomille vaaroille. (Tallberg 2008.)

Mikäli junassa ei ole paloa tai muutakaan uhkaavaa, pyritään matkustajat pitämään junassa, kunnes juna saadaan ajettua asemalle. Tunnelin kautta evakuoitua vältetään mahdollisimman pitkään. (Tallberg 2008.)

### 3.5.5 Onnettomuudet Helsingin metrossa

Helsingin metrossa sattuu vuosittain useita erilaisia vaaratilanteita. Pelastuslaitokselle hälytyksiä kertyy vuodessa noin 30 – 35, kun taas ambulanssi hälytetään metroon tai asemille lähes joka päivä. (Järvinen 2012.)

Yleisimmin hälytykset johtuvat palavasta roskiksesta tai teknisestä viasta, joka aiheuttaa savua matkustajien keskuuteen. Myös vaunuissa ilkeivallanteon yhteydessä sytytetyt ilmaisjakelulehdet aiheuttavat joitain hälytyksiä vuosittain. Keskimäärin kerran vuodessa radalla sijaitsevat virtakiskot vaurioituvat ja palavat, jolloin pelastuslaitos sammuttaa palon ja estää mahdollisten lisävahinkojen syntymisen. (Järvinen 2012.)

Junan alle jää vuosittain noin 10 ihmistä ja näissä tilanteissa metron toiminta joudutaan seisauttamaan pelastustoimien ajaksi. Harvemmin ihmisiä muuten loukkaantuu metrossa tai asemilla. (Järvinen 2012.)

Muita poikkeustilanteita aiheuttavat radalle heitettyt ja kasatut tavarat sekä kiskoille ajettut henkilöautot. Metro on haavoittuvainen myös radan ja muiden rakkenteiden suhteen, joten metrosillan pilariin törmäävä kuorma-auto saattaa aiheuttaa vakavankin onnettomuuden. (Järvinen 2012.)

Harvinaisempia tilanteita ovat asemilla ja radalla sattuvat vesivahingot tai liikenteenohjauksesta aiheutuvat vaaratilanteet, joita voi olla esimerkiksi väärässä asennossa oleva vaihde. (Järvinen 2012.)

### **3.6 Automaattimetron erityispiirteet**

#### **3.6.1 Metron automatisointi**

Automaattimetro voidaan toteuttaa automatisoinnin monella eri tasolla. Alla on eritelty automaattimetron eri vaihtoehdot:

*Puoliautomaattinen metro (STO).* Metrossa on kuljettaja, jonka vastuulla on junan turvallinen lähteminen asemalta. Kuljettaja myös seuraa raiteita ja on vaaratilanteissa valmis puuttumaan junan kulkuun. (Karvonen ym. 2011.)

*Metro ilman kuljettajaa (DTO).* Junassa ei ole kuljettajaa, mutta vaunussa on muu henkilökunnan jäsen. Työntekijä voi tarvittaessa puuttua junan toimintaan. (Karvonen ym. 2011.)

*Metro ilman henkilökuntaa (UTO).* Junassa ei ole lainkaan henkilökuntaa ja koko junan toiminta on automatisoitua. Tällaisessa tapauksessa junassa on erikseen ohjelmia eri häiriöiden tunnistamista varten. Junan kulkua ja toimintaa seurataan valvomosta. (Karvonen ym. 2011.)

#### **3.6.2 Kuljettajan rooli (Karvonen ym. 2011.)**

Yhä useammat metrolinjat muutetaan automaattisiksi monissa eri kaupungeissa ympäri maailman. Suurin ero metron ja automaattimetron välillä on kuljettajan läsnäolo tai puuttuminen. Metrossa junan kulku ja toiminta ovat kuljettajan vastuulla, kun taas automaattimetrossa ohjauksesta ja päätöksenteosta vastaa tietokone. Useimmiten automatisoinnin syynä ovat kustannukset, tiheät vuorovälit ja joustavuus. Kuljettajien pois jäämisen vuoksi on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota ohjaaviin ja valvoviin järjestelmiin.

Automaattimetrot toimivat tietokoneohjelmien mukaan, jotka pyrkivät toimimaan ihmisten tavoin normaalin ympäristön mukaan. Tekniikkaan ja ohjelmiin on pyritty keräämään kaikki mahdollinen tieto, mutta ihmisten osuus turvallisuuteen tulisi ottaa huomioon ennen lopullista automatisointia. Tietokoneet pystyvät käsittelemään ja analysoimaan ainoastaan sähköisessä muodossa olevaa tietoa, jolloin visuaaliset havainnot jäävät puuttumaan.

Turvallisuusasioiden kannalta kuljettajan läsnäolo koetaan tarpeelliseksi. Häätitilanteissa kuljettaja pystyy rauhoittelemaan ihmisiä ja ohjaamaan nämä turvaan.

Automaattimetrossa turvallisuusasioista vastaa valvomo, joka voi ainoastaan tarkkailla tilannetta kameroista ja hälyttää paikalle apua.

Kuljettajan työ on sekoitus ympäristön tarkkailua, tilanteen seuraamista, automaattisia kognitiivisia huomioita ja jatkuvaa päätöksen tekemistä. Kuljettajan tulee myös yhdistellä tietoa useista eri lähteistä ja toimia niiden mukaan. Myös matkustajien huomiointi on osa kuljettajan työtä.

Nykyään kuljettajan odotetaan toimivan ainakin alla luetelluissa tilanteissa:

*Hätäkahvan käyttö.* Matkustajan vedettyä hätäkahvasta on kuljettajan pysäytettävä juna ja tarkastettava rata. Tämän jälkeen kuljettaja nolaa hätäkahvan ja vaadittujen lisätoimenpiteiden jälkeen matka voi jatkuu.

*Henkilövahinko.* Jos junassa tai raiteilla on sattunut henkilövahinko, kuljettaja ilmoittaa asian metrovalvomoon. Pelastushenkilöstö ja poliisi käyvät aina paikalla.

*Matkustaja estää ovien sulkeutumisen.* Jos matkustaja estää ovien sulkeutumisen, on kuljettava velvollinen ilmoittamaan asiasta matkustajalle.

*Luvaton henkilö radalla.* Jos radalla liikkuu asiaton henkilö, pysäyttää kuljettaja tarvittaessa junan ja ilmoittaa metrovalvomoon.

*Tekninen vika estää ovien sulkeutumisen.* Jos ovet eivät sulkeudu, kuljettaja voi yrittää korjata vian. Muussa tapauksessa kuljettaja ilmoittaa huoltoon.

*Muu tekninen vika.* Teknisen vian estäessä junan liikkumisen, kuljettaja ottaa yhteyttä metrovalvomoon ja huoltoon.

*Ongelmat radassa.* Radassa, vaihteissa tai opasteissa ilmenneille ongelmille kuljettaja ei voi tehdä mitään vaan ongelmat hoidetaan metrovalvomosta.

Uusissa ja teknisimmissä junissa saattaa järjestelmässä aika ajoin ilmetä vääriä hälytyksiä koskien rataa tai laitteita. Tällöin kuljettaja voi kuitata hälytykset virheellisinä ja juna jatkaa matkaa. Automaattinen metro saattaa kuitenkin tällaisessa tilanteessa reagoida enemmän ja jopa pysäyttää junan. Tällöin valvomon tai muun henkilökunnan pitää tutkia tilanne ja antaa junalle lupa jatkaa.

### **3.6.3 Metrovalvomon rooli (Kari 2012.)**

Metrovalvomon tehtävät ovat suhteellisen rajallisia. Valvomosta seurataan juniin liikettä opasteiden ja kaavioiden avulla. Myös yhteydenpito juniin on tärkeä osa valvomon työtä. Valvomossa työskentelee kaksi päivystäjää aina, kun metro on liikenteessä.



Hätätilanteissa valvomon tehtävä on opastaa kuljettajaa, seurata tilannetta ja pitää yhteyttä pelastushenkilöstön kanssa. Valvomo voi myös tiedottaa tilanteesta muille metrojunille, mutta junien sisäisen tiedotuksen hoitaa kuljettaja.

Automaattijunan onnettomuuden tai selittämättömän pysähdyksen jälkeen valvomon työntekijät lähtevät itse tai lähettävät jonkun katsomaan mitä on tapahtunut. Ennen asian saattoi kysyä kuljettajalta. Vielä ei ole varmuutta paljonko länsimetron tunneleihin asennetaan kameroita helpottamaan junaliikenteen seuraamista.

## 4 Kansainväliset kokemukset

### 4.1 Eurooppa

Euroopan suurimpien kaupunkien metrot ovat paljon vilkkaampia ja laajempia kuin Helsingin metro. Turvajärjestelyt ja niiden toimintaperiaatteet ovat kuitenkin samankaltaiset. Kaikkialla pyritään torjumaan ja varautumaan hätätilanteisiin ja niitä varten tehdään suunnitelmia ja pidetään harjoituksia.

Kansainvälisiin kokemuksiin on selvitetty muiden Euroopan kaupunkien metrojen erityispiirteitä ja etenkin tulipaloihin ja muihin hätätilanteisiin liittyvää suunnittelua ja varautumista. Erityisesti on tutustuttu Kööpenhaminan uuden metrolinjan suunnitteluun.

### 4.2 Kööpenhamina (*Metroselskabet 2009b.*)

#### 4.2.1 Esittely

Kööpenhaminan uuden metrolinjan kaikki asemat rakennetaan maan alle. Jotkut asemat palvelevat vain uutta linjaa, mutta osa on muiden linjojen kanssa yhteisiä. Cityringenin tulevaa laajuutta kuvaava kartta on esitetty kuvassa 12.

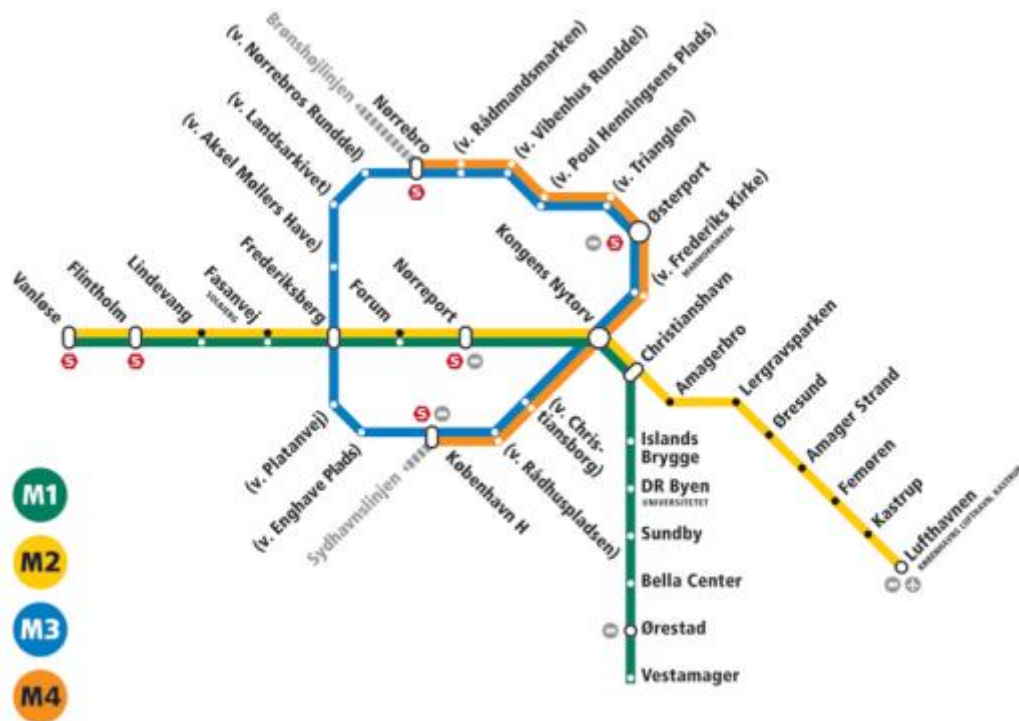
Kaikki poistumisturvallisuuteen liittyvät suunnitelmat tehdään standardin NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (2007 Edition) mukaan. Standardin mukaan laiturialue tulee saada evakuoitua 4 minuutissa ja asemien kaukaisimmistakin kohteista kaikki ihmiset turvalliseen paikkaan 6 minuutissa.

Kööpenhaminassa metron suunnitteluun vaikuttavat seuraavat standardit:

- BOStrab German Federal Regulations on the Construction and Operation of light Rail Transit/Systems. 1987.
- NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. 2005.
- NFPA 92B Standard for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Spaces. 2005.
- Local Danish Building Regulations, BR 08.
- CEN/TS 45545: 2009 Railway applications. Fire Protection on railway vehicles.
- DS EN 81:72 Safety rules for the construction and installation of lifts. Firefighter lifts. 2003.
- BS 6853:1999 Code of practice for precautions in the design and construction of passengers carrying trains.

- TSI, Safety in railway tunnels. 2008.
- DBI Forskrift 232 "Automatisk brandalarmlæg" (Automatic fire detection system with alarm to the fire brigade). 2003.
- DBI Retningslinje 24 "Varslingsanlæg" (Automatic warning system). 2007
- DBI Brandteknisk Vejledning 11 Kulsyreslukker (Portable Fire Extinguishers).

Kööpenhaminan metro on toteutettu automaattisena (DTO), jolloin junissa ei ole kuljettajaa. Junissa on kuitenkin joku henkilökuntaan kuuluva aina mukana, joka voi tarvittaessa ohjata junaa ja käyttää hallintalaitteita. Tämä henkilö voi myös tarvittaessa opastaa ihmiset turvallisesti ulos.



Kuva 12. Kööpenhaminan uusi metrokartta. (Metroselskabet 2009b.)

#### 4.2.2 Skenaariot

Kööpenhaminan metron turvallisuussuunnittelussa on otettu huomioon seuraavat tilanteet:

- tulipalo asemalla, julkisella alueella tai henkilökunnan tiloissa
- tulipalo hississä tai rullaportaisissa
- palava matkalaukku, roska-astia tai muu pieni erillispalo
- tulipalo junassa tai junan alla
- tunnelissa palava henkilö- tai huoltojuna.

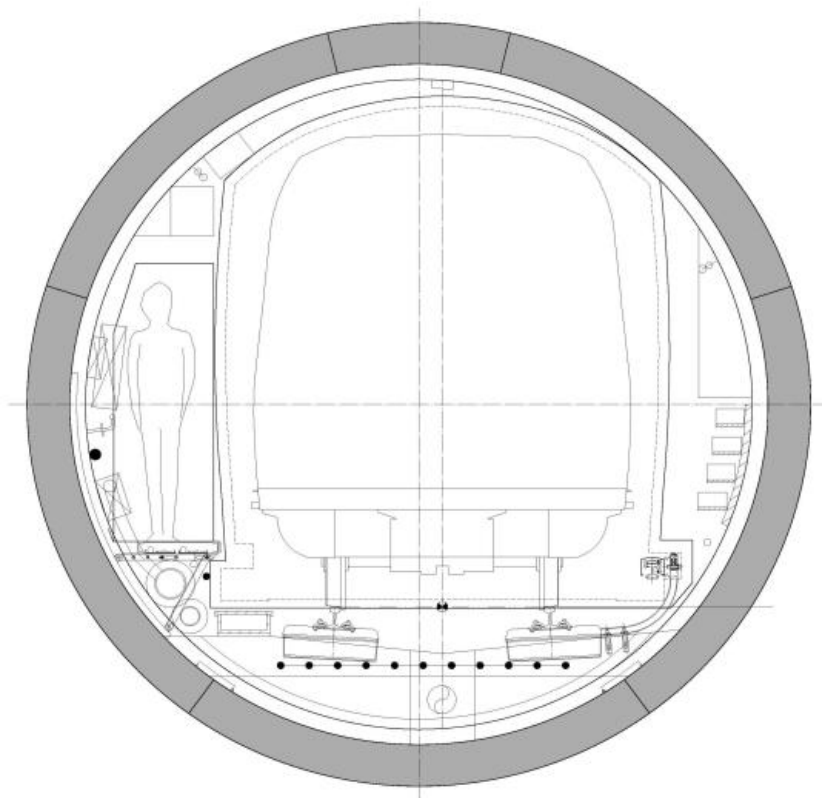
### 4.2.3 Poistumisvalaistus ja -opastus

Koko poistumisreitti valaistaan. Valaistuksen lisäksi poistumisreitille asennetaan itsevalaisevat nuoliopasteet 20 metrin välein. Opasteet sijoitetaan myös radan varteen ja jokaisen poistumisoven yläpuolelle. Matkan varrella oleviin opasteisiin kirjataan etäisyys seuraavan poistumisoveen.

Hätävalaistus kytkeytyy automaattisesti, kun varsinainen valaistus sammuu, syystä tai toisesta.

### 4.2.4 Hätäpoistumistiet

Tunnelin hätäpoistumistiet on suunniteltu Saksan raidesuunnitteluohjeen (BOSt-rab) mukaan, jolloin poistumistielle saa olla matkaa enintään 300 metriä. Siirtyminen lähimmälle poistumisovelle tapahtuu kapeaa kulkuväylää pitkin. Kuvassa 13 on esitetty tunnelin poikkileikkaus.



Kuva 13. Kööpenhaminan metrotunnelin poikkileikkaus. (Metroselskabet 2009a.)

Kaikki pinnalle johtavat hätäpoistumistiet pidetään paineistettuina, jotta savu pysyy pois kulkureiteiltä. Reiteillä on kaksi erillistä puhallinta, joista toinen on aktiivisena ja toinen varalla.

#### 4.2.5 Automaattinen palonilmaisin ja hälytys

Kaikkiin juniin asennetaan kaksi erillistä ilmaisinta:

- Junan vaunun sisälle asennetaan savunilmaisimet.
- Junan vaunun alle asennetaan lämpötunnistimet.

#### 4.2.6 Henkilökunnan koulutus

Koko henkilökunta koulutetaan tietoisiksi paloturvallisuusasioista ja velvollisuuksistaan hätätilanteiden aikana.

Henkilökunnan tulee osata seuraavat asiat:

- Ohjata ihmiset turvalliselle uloskäynnille.
- Tarkistaa, että kaikki tilat ovat tyhjiä.
- Auttaa kaikki apua tarvitsevat turvaan.
- Opastaa pelastushenkilöstö oikeaan kohteeseen
- Noudattaa kaikkia turvallisuussuunnitelmia.

Henkilökunta harjoittelee säännöllisesti tunnelissa ja yleisillä alueilla. Valvomon henkilökunta koulutetaan toimimaan hätätilanteissa.

### 4.3 Praha

#### 4.3.1 Esittely

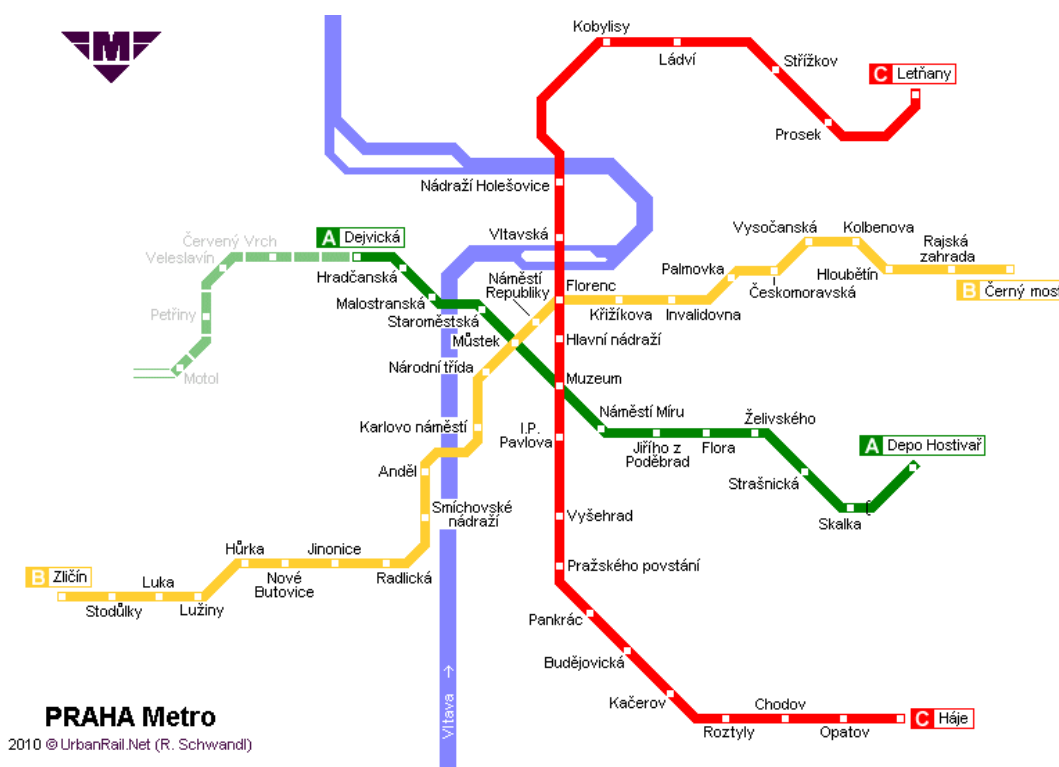
Prahan metro kuljettaa yli miljoona matkustajaa päivässä. Järjestelmän kolme säteittäistä linjaa ovat tärkein kulkumuoto kaupungin ja lähiöiden välillä. Prahan metro toimii puoliautomaattisesti eli siinä on kuljettaja mukana antamassa lähtöluvan ja valvomassa toimintaa. (Wikipedia 2012b.)

Metron kolme linjaa on nimetty sekä kirjaimin että värein. Linja A on vihreä linja, sen kokonaispituus on 11 km ja linjalla sijaitsee 13 asemaa. Linja B puolestaan on keltainen linja ja se on 25,6 km pitkä. Keltaisella linjalla sijaitsee 24 asemaa. Punainen linja C on pohjois-etelä -suuntainen ja sillä on pituutta 22,7 km. Linjalla sijaitsee 20 asemaa ja linjan kesto on noin 36 minuuttia. (Wikipedia 2012b.) Perustietoa Prahan metrosta on esitetty taulukossa 1 ja Prahan metron linjoja kuvaava kartta on esitetty kuvassa 14.

*Taulukko 1. Perustietoa Prahan metrosta. (Wikipedia 2012b.)*

Käyttöönotto	5.9.1974
Verkoston pituus	59,4 km
Linjat	3 kpl

Asemat	57 asemaa
Raideväli	1435 mm
Vaunuja	107 kpl
Junien tyyppi	sähkömoottorijuna (käyttöjännite 750 V)



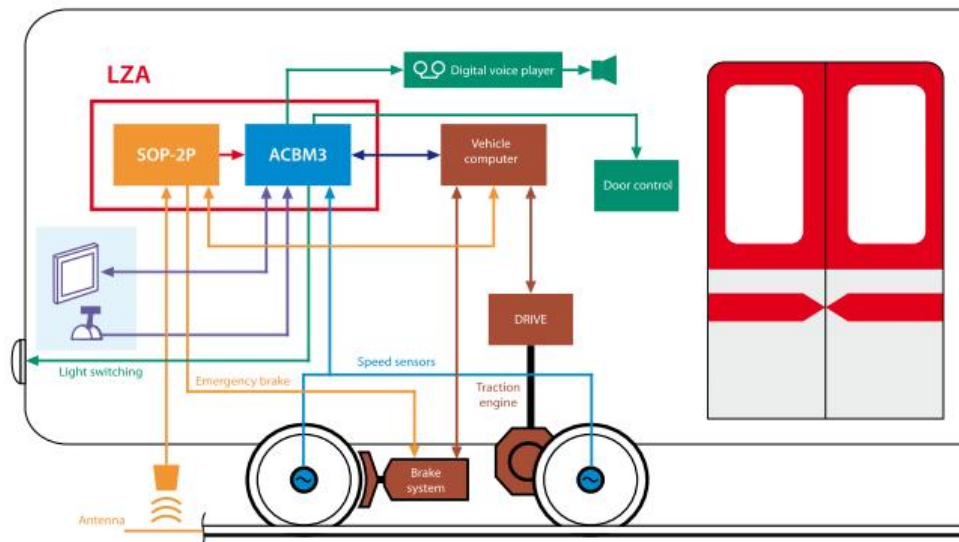
Kuva 14. Prahan metrokartta. (Schwandl 2010.)

#### 4.3.2 Ohjausjärjestelmä (AZD 2012.)

Prahan metroa ohjataan junien automaattisella ohjausjärjestelmällä (Continuous automatic train control system ATC), jonka toimittaa LZA. Järjestelmä on suunniteltu junien automatisoimiseksi ja turvallisen ajon takaamiseksi. Järjestelmä on luotettava ja käyttäjäystävällinen, jossa yhdistyy korkeat turvallisuusvaatimukset ja standardit. Järjestelmä myös parantaa junien kulkua ja palvelutasoa sekä on kilpailijoihin halvempi.

ATC toimii kuljettajan valvonnassa ja ohjaa junaa aikataulun mukaan. Samalla ohjelma optimoi junan energiankulutusta.

Järjestelmä vastaanottaa tietoa koko ajan olemassa olevista opasteista ja lukitusjärjestelmistä. Saatu tieto lähetetään automaattisesti junan ohjaamoon, jossa kuljettaja tarkkailee liikennettä. Tarvittaessa kuljettaja voi ohjata junaa manuaalisesti automaation sallimissa rajoissa. Kuljettaja voi asettaa junalle matalamman nopeusrajoituksen ja säätää jarrutusta herkemäksi. Kuvassa 15 on esitetty kaaviokuva ATC:n toiminnasta.



Kuva 15. Kaaviokuva ATC:n toiminnasta. (AZD 2012.)

Järjestelmässä toimii kaksi eri ohjelmaa: Automatic train protection (ATP) of SOP-2P type (junien automaattinen suojajärjestelmä), joka huolehtii operatiivisesta turvallisuudesta, ja Automatic train operation (ATO) of ACBM3 type (automaattinen junien käyttöjärjestelmä), joka vastaa automatiikasta ja muista toiminnoista. Yhdessä ohjelmat lisäävät järjestelmän luotettavuutta, minimoivat virheiden mahdollisuuksia ja vähentävät yksittäisen kuljettajan työkuormaa.

#### 4.3.3 Turvallisuus (AZD 2012.)

Junan turvallisuudesta vastaa Automatic train protection (ATP) of SOP-2P type (junien automaattinen suojajärjestelmä), joka vastaa eritoten junien kulkunopeuksista. Ohjelma on todettu luotettavaksi ja se toimii hyvin yhdessä opasteiden ja asemien lukitusjärjestelmien kanssa. Ohjelma toimii yhdessä Automatic train operation (ATO) of ACBM3 type -ohjelman kanssa.

Ohjelma saa jatkuvasti tietoa radan opasteista ja se tekee päätöksensä sekä niiden että ennalta ohjelmoitujen asetusten perusteella. Ohjelman päätöksenteon vaikuttaa junan sijainti radalla, opasteiden tila, korkeusventtiilit, eri radanosien nopeusrajoitukset ja hätäpysäytyspainikkeiden tila.

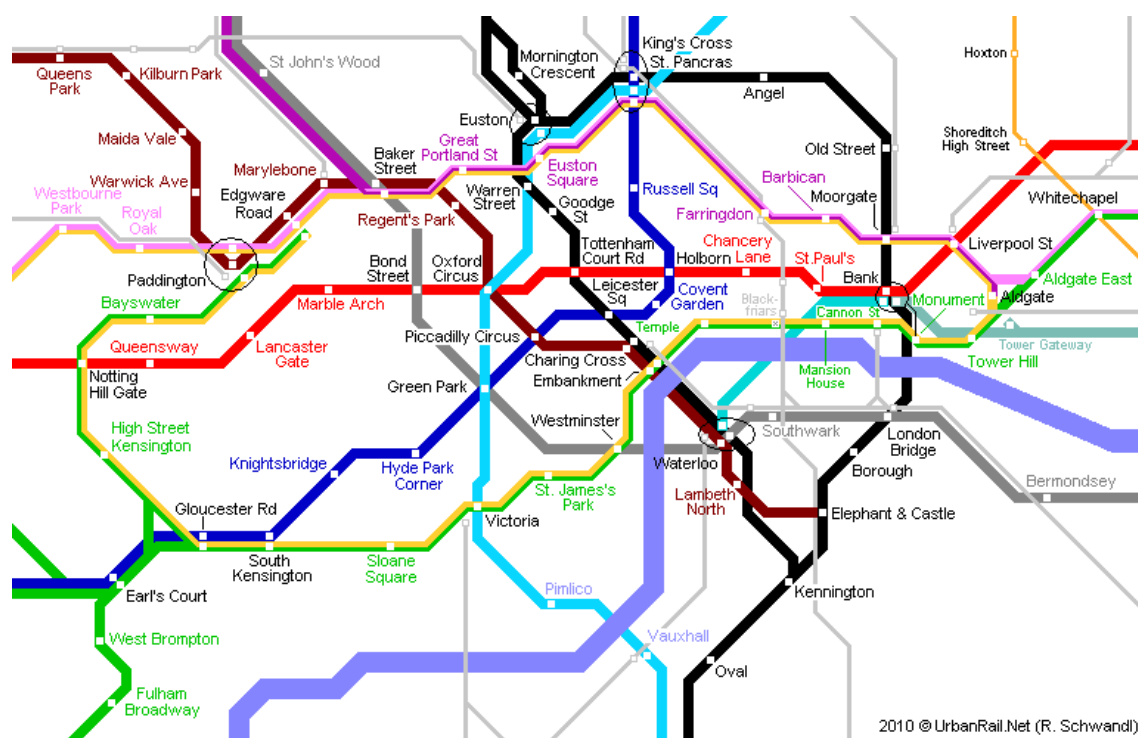
Edellä mainittujen ohjelmien lisäksi, metrossa on käytössä myös Electronic interlocking for metro type ESA 11M -ohjelma, joka vastaa asemien turvallisuudesta. Ohjelma estää junien lähtemisen asemilta, elleivät kaikki turvallisuusasiat ole kunnossa. Radan on oltava tyhjä, opasteiden on näytettävä vihreää ja ovien on oltava kiinni, jotta juna saa luvan jatkaa matkaa.

## 4.4 Lontoo

### 4.4.1 Esittely

Lontoon metro (London Underground, maanalainen) palvelee suurta osaa Suur-Lontoon alueesta ja osia muistakin alueista. Se on maailman vanhin maanalainen rautatie ja se on otettu käyttöön vuonna 1863. (Wikipedia 2012a.)

Metroverkon pituus on noin 450 kilometriä ja se on maailman toiseksi pisin. Metrossa on 11 linjaa ja 270 asemaa. Linjoilla ei ole numeroita vaan nimet ja tunnusvärit. Kuvassa 16 on esitetty Lontoon maanalaisen linjakartta. (Wikipedia 2012a.)



Kuva 16. Lontoon maanalaisen linjakartta. (Schwandl 2010.)

### 4.4.2 Turvallisuussuunnittelu

Lontoon maanalaisen on ollut pakko varautua useisiin erilaisiin sisäisiin ja ulkoiisiin uhkiin viime vuosien aikana, jonka vuoksi turvallisuusasioita on kehitetty. Maanalaisen turvallisuussuunnittelu ja vasteprosessi on suunniteltu varmistamaan, että turvallisuustoimet suoritetaan mahdollisimman nopeasti ja turvallisesti. (Transport for London 2012.)

Lontoon maanalaisen organisaatio vakuuttaa, että sen henkilöstö on tietoinen kaikista turvallisuusjärjestelmistä ja -toimista, ja osaa toimia niiden edellyttämällä tavalla. Henkilökunnalla on käsikirja, joka määrittelee nopeat ja tehokkaat



toimintatavat jokaiselle häiriötilanteelle ja onnettomuustyyppille erikseen, sekä henkilökohtaiset vastuualueet eri tilanteissa. (Transport for London 2012.)

Lontoon maanalaisessa on kolmenlaisia turvallisuussuunnitelmia. Kattavin suunnitelmista on verkostosuunnitelma, joka kattaa tilanteet, jotka saattavat vaikuttaa koko metroverkostoon. Tällaisia uhkia ovat laaja sähkökatkos, laaja kommunikaatiokatkos, laaja tulva tai terroriteko. Jokaiselle linjalle on lisäksi tehty oma suunnitelmansa. Tällainen suunnitelma kattaa tilanteet, joissa juna on jäänyt radalle tai tietyltä linjalta katkeaa sähköt tai yhteydet. Lisäksi on pienempiä suunnitelmia kattamaan yksittäisiä kohteita. Tällaisia kohteita ovat asemat, henkilökunnan tilat ja paikalliset evakuointisuunnitelmat. Kaikki suunnitelmat toimivat sekä yhdessä että erikseen. (Transport for London 2012.)

#### **4.4.3 Toimenpiteet onnettomuuden sattuessa**

Lontoon maanalaisessa toimitaan vahvasti ohjeiden ja määräysten mukaan. Johtajista yksi on aina tavoitettavissa onnettomuustilanteiden varalta. Tällaisessa tilanteessa päivystävä johtaja vastaa yhteistyön organisoimisesta eri toimijoiden välillä. Myös teknikot ja huoltohenkilökunta päivystävät kellon ympäri. (Transport for London 2012.)

Turvallisuussuunnitelmissa on määritelty tarkat toimenpiteet erilaisten tilanteiden varalle. Tilanne voi vaatia toimenpiteitä niin asemalle kuin radallekin. (London Underground 2009.)

*Tulipalo asemalla.* Mikäli asemalla syttyy tulipalo, arvioidaan ensin sen vaikutusta junaliikenteeseen. Junat pyritään pitämään liikkeellä, mutta niitä ei pysäytetä palavalla asemalla. Asema evakuoidaan ja suljetaan. (London Underground 2009.)

*Tulipalo junassa.* Hälytyksen jälkeen on päätettävä toimenpiteistä, joihin vaikuttavat tulipalon syttymiskohta ja junan sijainti linjalla. Mikäli tulipalo on junan alla, pyritään juna ajamaan lähimmälle asemalle. Tarvittaessa juna evakuoidaan asemien välillä. Tällöin linjan osalta kytketään virta pois ja muiden junien pääsy alueelle estetään. (London Underground 2009.)

*Kaasuvuoto.* Joillain asemilla on edelleen käytössä kaasujärjestelmiä. Henkilökunnan tai matkustajien havaitessa kaasuvuodon, asema voidaan sulkea kokonaan tai osittain. Tilanteen vakavuuden mukaan myös junien pysähtyminen asemalla estetään tai koko linja voidaan sulkea. (London Underground 2009.)

*Räjähdys.* Asema suljetaan kaikissa tapauksissa tutkinnan ja mahdollisten korjausten ajaksi. Mikäli radalle on aiheutunut vahinkoa tai rakenteiden epäilyttäviä vaurioita, myös rata suljetaan liikenteeltä. (London Underground 2009.)

*Paikallinen tulva.* Asema- tai linjakohtainen tulva voi johtua monesta eri syystä. Tilanteen vakavuus riippuu veden määrästä ja tulvan kestosta. Asemalle tai radalle voi tulla vettä esimerkiksi rikkoontuneesta vesiputkesta, rankkasateen vuoksi tai kanaalin tulvimisen seurauksena. Suurempien tulvariskialueiden asemat on varustettu tulvaesteillä. (London Underground 2009.)

Liikennettä ei ole tarpeen pysäyttää, mikäli vedenpinta pysyy matalalla. Jos vedenpinta ylettyy junan alapinnassa oleviin sähköjohtimiin, pitää liikenne välittömästi pysäyttää sähköiskuriskin vuoksi. (London Underground 2009.)

*Sähkökatko.* Paikallinen sähkökatko saattaa estää junien liikkumisen, jolloin junat joudutaan evakuoimaan asemien välillä. Myös asemia joudutaan sulkemaan, koska suurin osa järjestelmistä ei toimi ilman sähköä. Osassa asemista on varavoimajärjestelmä, joka kytkeytyy automaattisesti. Tällöin asemia ei tarvitse sulkea ja junat saadaan ajettua seuraavalle asemalle. (London Underground 2009.)

Muita mahdollisia tilanteita, joissa vaaditaan erityisiä toimia, ovat esimerkiksi turvahälytys, jossa asemalta on löydetty epäilyttäviä esineitä, mahdollinen kemiallinen hyökkäys, poikkeuksellisen sään aiheuttamat ongelmat, junan törmääminen esineeseen, junan suistuminen radalta, matkustajien aiheuttamat häiriötilanteet tai valvomon evakuointi. (London Underground 2009.)

## 5 Länsimetro

### 5.1 Yleistä

Joukkoliikenteen kehittämistä Helsingistä länteen on selvitetty useaan otteeseen. 2000-luvun alusta alkaen Espoon kaupunki on ajanut asiaa eteenpäin ja vuonna 2006 tuleva hanke nimettiin Länsimetroksi. Lopulliset suunnitelmat valmistuivat vuonna 2008. (Länsimetro 2008.)

Länsimetro on suunniteltu niin, että sillä voidaan liikennöidä samalla kalustolla kuin Helsingin nykyisessä metrossa. Länsimetro liikennöi välillä Matinkylä – Mellunkylä ja Tapiola – Vuosaari. Koko metron automatisoiminen lisää metron palvelutasoa, koska vuoroväliä saadaan tihennettyä. Länsimetron vuoroväli tulee aluksi olemaan 2,5 minuuttia ja sitä voidaan tulevaisuudessa lyhentää. (Länsimetro 2008.)

Länsimetroa on tarkoitus liikennöidä kahdella kahden vaunuparin junaryhmällä. Tällaisella kapasiteetilla on mahdollista vastata nykyisistä matkustajamääristä laskettuun tulevaisuuden matkustuskysyntään. (Länsimetro 2008.)

Länsimetroon kuuluu 7 uutta asemaa. Kuva 17 havainnollistaa uusien asemien sijainnin maastossa ja reitin linjauksen.



Kuva 17. Länsimetron reitti. (Länsimetro 2008.)

## 5.2 Suunnittelu

### 5.2.1 Alkutilanne

Metroa suunniteltaessa on tehtävä päätöksiä siitä, mitä metrojärjestelmältä halutaan. Yksi tärkeimmistä päätöksistä on henkilökunnan käyttäminen. Joissain tilanteissa on suositeltavaa, että junassa on henkilökuntaa. Esimerkiksi onnettomuudet tai tilanteet, joissa on vedetty hätäkahvasta, on kuljettajan tai muun henkilökuntaan kuuluvan reagoitava välittömästi ja selvitettävä tilanne. (Karvonen ym. 2011.)

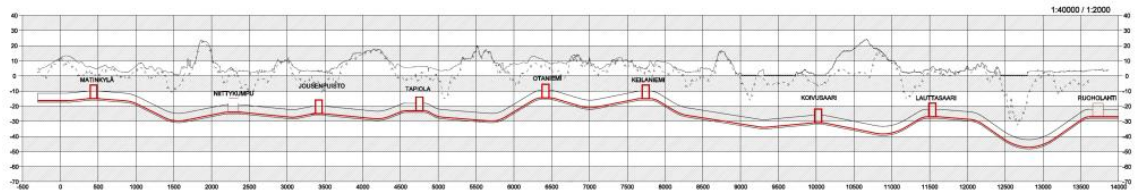
Alla on lueteltu metrohanketta ohjaavat lait, määräykset ja ohjeet:

- Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) ja -asetus (895/1999)
- Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa E1, Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet
- Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa F2, Rakennusten käyttöturvallisuus, määräykset ja ohjeet
- Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa F1, Esteetön rakennus, määräykset ja ohjeet
- Pelastuslaki (379/2011)
- RIL 233–2007 Maanalaisten tilojen paloturvallisuussuunnittelu – Perusteet ja soveltamisohjeet
- Maanalaisten tilojen yleinen turvallisuusselvitys (KSV 2007)
- NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (NFPA, USA 2007)
- BOStrap German Federal Regulations on the Construction and Operation of Light Rail Transit/Systems (Saksa 1987)
- Helsinki kaikille (esteettömyys) ja SuKaRu-ohjeet (Helsingin rakennusvirasto 2007)

### 5.2.2 Ratageometria (Länsimetro 2008.)

Pituuskaltevuuden normaalina maksimiarvona on käytetty 30 ‰. Suurempaa 35 ‰ kaltevuutta joudutaan käyttämään Ruoholahden länsipuolella, Lauttasaarensalmen molemmin puolin sekä Otaniemen länsipuolella. Kuvassa 18 on esitetty länsimetron pituusleikkaus.

Länsimetroon tulee yhteensä 7 raiteenvaihtopaikkaa ja näiden kohdilla pituuskaltevuudeksi on kuivatussysteistä valittu 4 – 10 ‰.

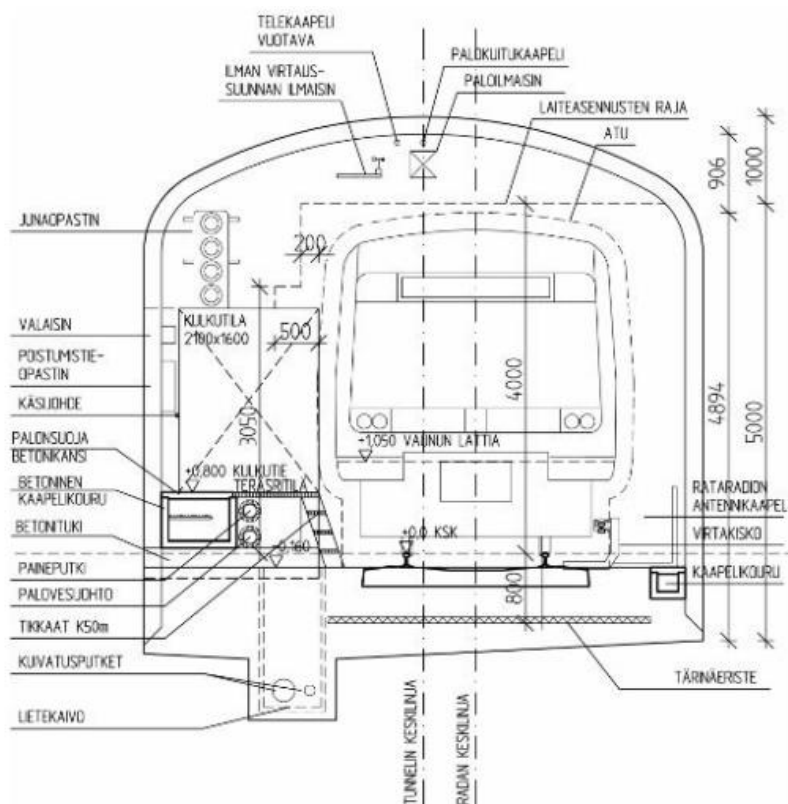


Kuva 18. Länsimetron pituusleikkaus. (Länsimetro 2008.)

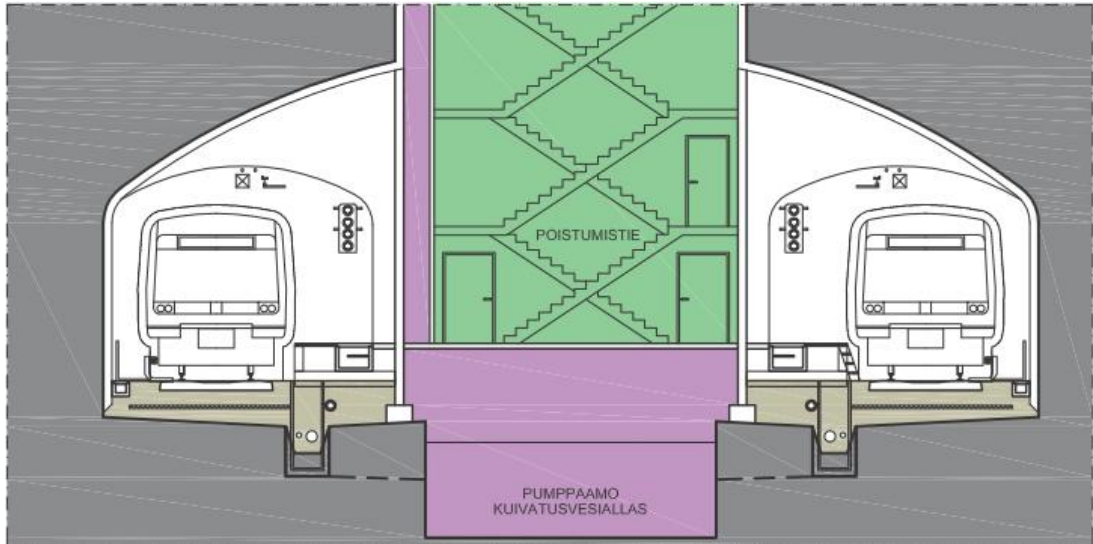
Rata kulkee koko matkan tunnelissa ja eri suuntaan kulkevien raiteiden väli on 16,3 – 24,2 metriä. Ratalinja on suunniteltu käyttäen vaakageometrian normaa-  
leja suositusarvoja. Ainoastaan Tapiolan ja Keilaniemen kohdilla on jouduttu  
käyttämään poikkeavia arvoja.

### 5.2.3 Poikkileikkaus

Yhden tunnelin leveys on 6 metriä. Poikkileikkausmitta on teoreettinen ja se sisältää 200 mm kallioliujitusrakenteen tilavarauksen. Tunnelien keskilinjojen etäisyys toisistaan vaihtelee 13 – 17 metrin välillä. Kääntöraiteiden kohdilla etäisyys on suurimmillaan lähes 50 metriä. Kuvassa 19 on esitetty suoran metrotunnelin poikkileikkaus ja kuvassa 20 suoran metrotunnelin poikkileikkaus poistumiskuilun kohdalta. (Länsimetro 2008.)



Kuva 19. Metrotunnelin poikkileikkaus. (Tallberg 2008.)



Kuva 20. Tunnelin poikkileikkaus poistumiskuilun kohdalta. (Länsimetro 2007.)

### 5.3 Metrojunat / -vaunut (HKL 2012.)

#### 5.3.1 M100-sarja

M100-sarjan junat (kuva 21) ovat kotimaisia ja ne on kehitetty yhdessä metro-radon kanssa. Junat ovat osoittautuneet kestäviksi ja luotettaviksi.

Vanhimmat vaunut ovat vuodelta 1977 ja uusimmat vuodelta 1984. Suurin osa sarjasta on peruskorjattu vuosina 2004–2009 ja junia tullaan käyttämään vielä kaksi vuosikymmentä. Taulukossa 2 on esitetty M100-sarjan vaunuparin tekniset tiedot.



Kuva 21. M100-sarjan metro. (HKL 2012.)

Taulukko 2. M100-sarjan vaunuparin tekniset tiedot. (HKL 2012.)

Tyyppi	sähkömoottorijuna (käyttöjännite 750 V DC)
Matkustajapaikkoja	287, istumapaikkoja 130
Rakenteellinen huippunopeus	100 km/h
Omapaino	60,8 t
Pituus	44,2 m

### 5.3.2 M200-sarja

M200-sarja (kuva 22) otettiin käyttöön 2000-luvun alussa, koska lisäkalustolle oli käyttöä uusien ratahaarojen myötä. Bombardierin toimittamat junat on valmistettu Saksassa. Merkittävin ero vanhoihin juniin verrattuna on kulkumahdollisuus vaunuparin vaunusta toiseen. Taulukossa 3 on esitetty M200-sarjan vaunuparin tekniset tiedot.



Kuva 22. M200-sarjan metro. (HKL 2012.)

Taulukko 3. M200-sarjan vaunuparin tekniset tiedot. (HKL 2012.)

Tyyppi	sähkömoottorijuna (käyttöjännite 750 V DC)
Matkustajapaikkoja	287, istumapaikkoja 124
Rakenteellinen huippunopeus	120 km/h
Omapaino	64,8 t

## 5.4 Palotekninen suunnittelu (Nevala ja Laaksonen 2010.)

### 5.4.1 Tunneli

Länsimetro toteutetaan ns. kaksoistunneliratkaisulla. Tällöin eri suuntiin kulkevat junat liikkuvat omissa tunneleissaan ja tunnelit yhdistetään toisiinsa yhdyskäytävillä.

Kumpikin tunneli on oma palo-osastonsa ja yhdyskäytäviin asennetaan molemmiin puolin kolme 1200 mm leveää, EI 60 -luokan palo-ovea. Yhdyskäytävät ylipaineistetaan, jolloin poistumistiet pysyvät käytön aikana lähes savuttomina.

Asemat erotetaan tunneliverkostosta palo-ovilla. Näin estetään palon leviäminen palo-osastosta toiseen eli tunnelista asemalle tai toisinpäin.

### 5.4.2 Paloilmaisuus

Paloilmaisuun käytetään useita eri järjestelmiä. Junien teknisten tilojen lämpötilaa seurataan valvontajärjestelmällä ja sisätiloja näytteenottoilmaisimilla. Junissa on myös paloilmoitinpainikkeet. Tunneliin asennetaan optiseen kuituun perustuva paloilmoitinkaapeli, joka ilmaisee paloteholtaan 60 kilowatin palon. Tällöin palon on kehityttävä jonkin aikaa ennen kuin kuitu havaitsee palon.

Optisen paloilmoitinkaapelin ilmaisu-aikaa voidaan arvioida ns. Richardsonin (Ri) luvun avulla. Mitä suurempi luku on, sitä nopeampi ilmaisu-aika.

Richardsonin luvun laskentakaava on:

$$Ri = \frac{gQ}{\rho c_p (T_a + 273) v_a^3 H} \quad (5)$$

missä

- g = maan vetovoiman kiihtyvyys 9,81 m/s<sup>2</sup>
- Q = paloteho kilowateissa
- ρ = ilman tiheys (normaalisti 1,2 kg/m<sup>3</sup>)
- c<sub>p</sub> = ilman ominaislämpö (normaalisti 1,0 kJ/(kg\*K))
- T<sub>a</sub> = ympäristön lämpötila Celsiusasteissa (oletus 15)
- v<sub>a</sub> = ilman virtausnopeus metreissä sekunnissa
- H = tunnelin korkeus metreissä (Länsimetro 4,6 m)

### 5.4.3 Savunpoisto

Tunnelin savunpoisto toteutetaan savunpoistokuilujen avulla käyttäen kahta kuilua, toisen kautta syötetään korvausilmaa ja toisen kautta poistetaan savua. Jokaisella tunneliosuudella on kolme poistokuilua.



Pelastuslaitoksen arvion mukaan savunpoisto voidaan käynnistää 5 minuuttia palon havaitsemisen jälkeen. Osatehoinen savutuuletus on kuitenkin mahdollista aloittaa välittömästi, jolloin estetään tehokkaasti savun leviäminen. Simulointien perusteella 40 % (40 m<sup>3</sup>/s) osatehoinen tuuletus on paras vaihtoehto. Savunpoistoa voidaan tulevaisuudessa säätää metron teknisestä valvomosta. Tuulettimet kiihdyttävät automaattisesti maksimitehoonsa 125 m<sup>3</sup>/s.

Tarvittaessa koko tunneli voidaan ylipaineistaa ja samalla voidaan ylipaineistaa myös yhdyskäytävät ja pystykuilut. Tällöin turvataan ihmisten poistumista savuisesta tunnelista.

Lähtökohtaisesti savunpoisto pyritään aina käynnistämään ylämäen suuntaan, jolloin ihmisten luonnolliseksi poistumissuunnaksi jää alamäki.

#### **5.4.4 Poistumistiet**

Tunnelissa on yhdyskäytäviä noin 170 metrin välein ja ne on varustettu palo-ovilla. Tunnelin sisäreunalla on poistumiseen tarkoitettu 1200 mm leveä kulkutaso. Kulkutasolle ei rakenneta kaidetta, koska se haittaisi junasta poistumista.

Poistuminen tunneleista mahdollistetaan 400 – 600 metrin välein rakennettavilla pystykuiluilla. Pisin pystykuilujen väli on 775 metriä Ruoholahden ja Lauttasaa-  
ren asemien välillä, jolloin metro kulkee meren alla.

#### **5.4.5 Toiminta palotilanteessa**

Palavan junan ohjaus toteutetaan seuraavasti:

- Jos juna on asemalla, sen lähteminen estetään.
- Jos seuraava asema on vapaa, juna ajetaan sinne.
- Jos seuraava asema on varattu, juna ajetaan lähimmän pystykuilun kohdalle.
- Jos ollaan viimeisen pystykuilun ohi, juna ajetaan lähelle asemaa palo-oven taakse.

Muiden junien ohjaus toteutetaan seuraavasti:

- Palavan junan edellä ajava juna ajetaan aseman ohi, jotta palava juna mahtuu asemalle.
- Seuraava asema pyritään tyhjentämään junista palavaa junaa varten.
- Takana tuleva juna pysäytetään mahdollisimman nopeasti, jotta välimatka palavaan junaan jää mahdollisimman suureksi.
- Jos palava juna on pysähtynyt tunneliin, pidetään viereinen tunneli tyhjänä.

Mikäli palopaikka on muualla kuin junassa, toteutetaan ohjaus seuraavasti:

- Juna pyritään pysäyttämään mahdollisimman kauas tunnelissa sijaitsevasta palopaikasta.
- Jos palo on laiturialueella, juna pysäytetään ennen asemaa.
- Jos palo ei ole laiturialueella, juna ajetaan aseman ohi seuraavalle.

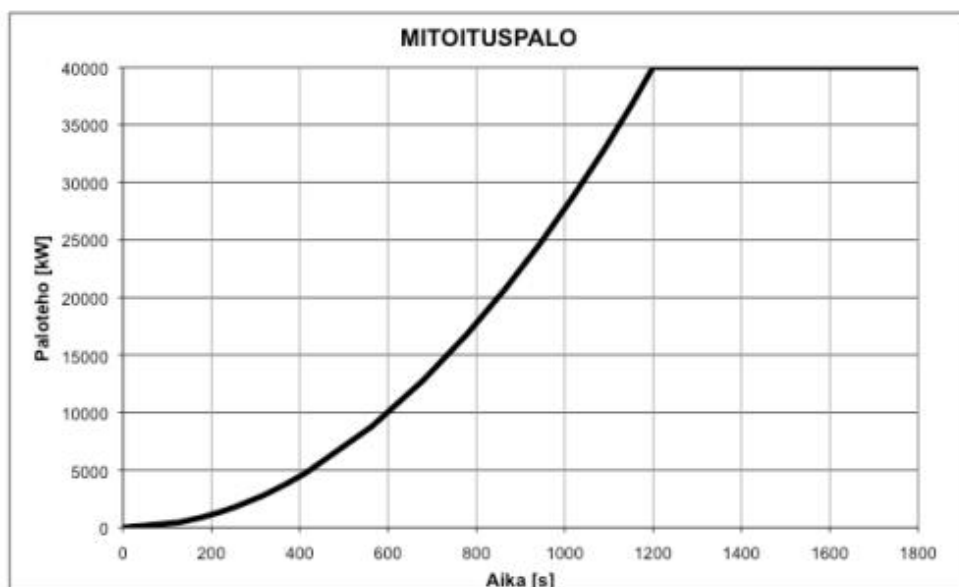
#### 5.4.6 Palo- ja poistumissimuloinnit

Palosimuloinneilla tarkasteltiin 7 eri skenaariota. Simuloinneilla vertailtiin eri vaihtoehtojen vaikutusta palon kehittymiseen. Vertailukohtina oli:

- palon syttymiskohta (junan sisällä tai ulkopuolella)
- palon sijainti junan kulkusuuntaan nähden (edessä tai takana)
- savunpoiston osatehon käynnistyminen
- savunpoisto ei toimi
- junan ovien aukeamisen ajankohta.

Palosimulointi suoritettiin Fire Dynamics Simulator (FDS) -ohjelmalla. Palon kehittymisen aikana mitattiin näkyvyyttä, lämpötilaa ja -säteilyä sekä tutkittiin savun muodostumista ja kulkeutumista.

Mitoituspalona junan sisällä on käytetty  $t^2$ -käyrää, joka saavuttaa maksimiarvonsa (40 MW) 20 minuutin kuluttua palon syttymisestä. Kuvassa 23 on esitetty palon kehittyminen. Junan ulkopuolinen palo on simuloinneissa rajoitettu 10 MW:iin, joka saavutetaan käyrän mukaisesti 10 minuuttia palon syttymisen jälkeen.



Kuva 23. Mitoituspalon palotehokäyrä. (Nevala ja Laaksonen 2010.)

Perustilanteiden palosimuloinneissa tapahtumat etenevät alla esitellyn mukaisesti. Poistumisen palotunnelista oletetaan päättyneen, kun poistumisovet ovat sulkeutuneet. Molemmissa tilanteissa poistumiseen kuluu 10 minuuttia.

*Palo junan sisäpuolella (ajat sekunneissa)*

T = 0	Junassa syttyy tulipalo.
T = 40	Junan sisätilan näytteenottoilmaisoin hälyttää. Juna jatkaa seuraavalle asemalle tai pystykuilun lähelle.
T = 50	Valvomo varmistaa tilanteen kameroista ja valmistautuu tunnelievakuointiin. Matkustajille annetaan poistumisohjeet kuulutusjärjestelmän avulla.
T = 90	Juna pysähtyy tunneliin, ovet aukeavat ja poistuminen alkaa.
T = 131	Palo-ovien sulkeutuminen alkaa.
T = 221	Palo-ovet sulkeutuneet. Savunpoiston osatehokäynnistys.
T = 241	Savunpoisto 40 % osateholla.
T = 431	Täysi savunpoisto käynnistetään palokunnan ohjeistamana (5 min paloilmoituksesta).
T = 471	Savunpoisto 100 % teholla.
T = 600	Poistuminen päättynyt ja yhdyskäytävien ovet kiinni.
T = 1800	Simulointi päättyy (kesto 30 min).

*Palo junan ulkopuolella (ajat sekunneissa)*

T = 0	Palo syttyy; tekninen vika. Valvomoon tieto vikaantuneesta junasta.
T = 30	Juna pysähtyy tunneliin. Valvomoon tieto tunneliin pysähtyneestä junasta. Valvomossa valmiustila mahdollisen tulipalon varalta.
T = 60	Junan teknisestä valvontajärjestelmästä tulee tieto kohonneesta lämpötilasta, joka ylittää asetetun raja-arvon.
T = 70	Valvomossa tehdään päätös junan evakuoinnista ja matkustajille annetaan poistumisohjeet kuulutusjärjestelmän avulla.

T = 90	Junan ovet avataan ja poistuminen alkaa.
T = 131	Tunnelin paloilmoitinjärjestelmä havaitsee palon. Palo-ovet sulkeutuvat.
T = 221	Palo-ovet sulkeutuneet kokonaan. Savunpoiston osatehokäynnistys.
T = 241	Savunpoisto 40 % osateholla.
T = 431	Täysi savunpoisto käynnistetään palokunnan ohjeistamana (5 min paloilmoituksesta).
T = 471	Savunpoisto 100 % teholla.
T = 600	Poistuminen päätynyt ja yhdyskäytävien ovet kiinni.
T = 1800	Simulointi päättyy (kesto 30 min).

Näkyvyyden heikentyminen on ratkaiseva turvallisuuskriteeri. Näkyvyys laskee alle kriittisen 3 metrin arvon ennen kuin lämpötila samassa pisteessä nousee yli 60 °C:een.

## **5.5 Pelastuslaitoksen toimenpiteet**

### **5.5.1 Varustautuminen**

Metron kaikki tilat on varustettu automaattisella paloilmoitinlaitteistolla, joka ilmoittaa palon sijainnin jo varhaisessa vaiheessa. Järjestelmään liitetään automaattinen savunpoisto sekä muita turvallisuuteen liittyviä järjestelmiä. Järjestelmää ohjataan metrovalvomosta. (Tallberg 2008.)

Asematiloihin asennetaan myös automaattinen sammutusjärjestelmä, jolla pyritään sammuttamaan alkavat tulipalot. (Tallberg 2008.)

Metrotunneleihin asennetaan sammutusvesiputkisto, joka takaa sammutusveden saannin tunnelin jokaisessa kohdassa. Järjestelmä varmistetaan palokunnan syöttöliittimillä ja tunneleihin asennetaan myös seinäpalopostijärjestelmä. (Tallberg 2008.)

Pelastuslaitokselle louhitaan omat sammutusreitit maan alle. Tällöin tunneleihin pääsee joko laiturin tai erillisten poistumiskuilujen kautta. Laitureiden molempiin päihin sijoitetaan kiskokärryt, joilla voidaan kuljettaa sammutuskalustoa tunneleihin. Pelastuslaitos voi myös käyttää huoltotunnelia ajaakseen omalla kalustol-

laan suoraan kiskojen viereen. Tällaiset huoltotunnelit tehdään joidenkin aseminen kohdalle. (Tallberg 2008.)

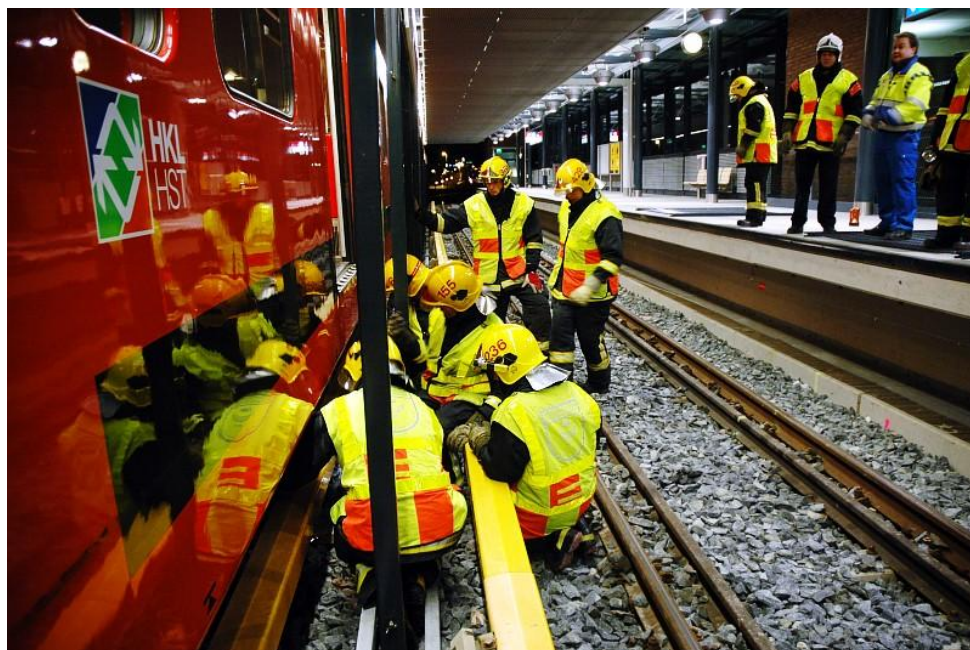
### 5.5.2 Toiminta ja kalusto

Palokunta suunnittelee toimintaansa erilaisten onnettomuustyyppien varalle. Sammutus- ja pelastustyön johtamisen näkökannalta onnettomuustyyppit jaetaan staattisiin ja dynaamisiin onnettomuuksiin. Lisäksi voi olla yhdistelmäonnettomuuksia, joissa toimenpiteet määräytyvät pelastustoiminnan ensisijaisuuden perusteella. (Tallberg 2008.)

Staattinen onnettomuus tapahtuu nopeasti ja tilanne stabiloituu. Esimerkiksi liikenneonnettomuus on staattinen onnettomuus. Dynaamisessa onnettomuudessa tilanne kehittyy ja laajenee koko ajan, esimerkiksi tulipalo. (Tallberg 2008.)

Ensisijaisuudella tarkoitetaan onnettomuuden luonteen mukaisia tehtäviä, päätehtäviä ja tukitehtäviä. Tunnelipalon ensisijainen päätehtävä on ihmisten pelastaminen ja palon sammuttaminen. Tukitehtäviä ovat savutuuletus ja ihmisistä huolehtiminen. (Tallberg 2008.)

Tehokkaan ja turvallisen pelastustoiminnan takaamiseksi pelastuslaitos on luonut metroa varten omat toimintaohjeet. Ohjeita noudattamalla jokainen yksikön jäsen osaa suoriutua erikoisimmistakin tilanteista ilman ongelmia. Harjoittelemalla ja tutustumalla metron tiloihin pelastuslaitos varmistaa henkilöstönsä kohdetuntemuksen. Kuvassa 24 Helsingin pelastuslaitos harjoittelee metrojunan nostamista. (Järvinen 2012.)



Kuva 24. Pelastuslaitos harjoittelee metrojunan nostamista. (Hietaranta 2012.)

Ohjeiden lisäksi pelastuslaitoksella on erityisesti metro- ja raideonnettomuuksiin suunniteltua kalustoa. Metrossa tapahtuvia onnettomuuksia varten tarvitaan ensiksi maadoituskalustoa, jotta junista ja kiskoista saadaan virrat pois ja työskentely olisi turvallista. Maadoitus voidaan järjestää erillisellä kalustolla tai voidaan käyttää junien omaa maadoitusjärjestelmää (Järvinen 2012.)

Ihmisten pelastamista varten on erilaista nostokalustoa. Siihen sisältyy mm. tunkit ja erilaiset nostolevyt, joilla juna saadaan tehokkaasti nostettua potilaan päältä. (Järvinen 2012.)

Raskaan ja teknisen kaluston lisäksi palokunnalla on oltava avaimet sekä metroihin että asemien eri tiloihin. Lisäksi metrovalvomon kanssa on sovittu erilaisista toimenpiteistä sammutus- ja pelastustoimen helpottamiseksi. (Järvinen 2012.)

Yleisesti pelastustoiminta vaatii toimivaa ja katkeamatonta yhteydenpitoa, joka on toteutettu varmennetulla VIRVE-verkolla ja metron omilla toimintakanavilla. (Järvinen 2012.)

## 6 Opastusmenetelmät

### 6.1 Menetelmien analysointi

Taulukossa 4 on esitetty kaikki turvallisuutta edistävät laitteet ja tekniikat sekä kuvattu niiden vaikutus erilaisissa onnettomuustilanteissa. Matriisitaulukon tarkoituksena on kuvata kaikki mahdolliset vaihtoehdot ja löytää sopivimmat laitteet ja tekniikat länsimetroon.

Tulipalo on vaarallinen niin liekkien kuin savunkin vuoksi. Suurimpana haasteena on saada ihmiset poistumaan eri suuntaan kuin savunpoisto.

Suistuminen on junan putoaminen pois kiskoiltaan. Siihen ei välttämättä liity tulipaloa tai hengenvaaraa matkustajille, mikäli junan nopeus on ollut alhainen.

Junan pysähtyminen tunneliin voi johtua monesta syystä. Esimerkiksi junan radion hajoaminen katkaisee yhteyden liikenteenohjaukseen, jonka seurauksena juna pysähtyy ja ovet aukeavat.

Katastrofi on laajentuva häiriötilanne, jonka seuraukset ovat vakavat. Katastrofissa onnettomuustilanne uhkaa sekä metrojärjestelmää että ihmisiä. Kyseessä voi olla sortuminen, tulva tai muu vakava onnettomuus, tai näiden uhka.

Erilaiset tilanteet vaativat opasteilta hieman eri asioita ja myös niiden vaatimustaso on erilainen. Yhteistä tilanteille on ihmisten ohjaaminen pois tunnelista turvallisesti ja nopeasti.

Taulukko 4. Turvallisuutta edistävät laitteet ja tekniikat.

	TULI-PALO	SUISTUMINEN	JUNAN PYSÄHTYMINEN	KATASTROFI
KIINTEÄT OPASTEET	Ilmaisevat tarpeellisten laitteiden ja poistumisteiden sijainnit. +	Ilmaisevat tarpeellisten laitteiden ja poistumisteiden sijainnit. +	Ilmaisevat tarpeellisten laitteiden ja poistumisteiden sijainnit. +	Ilmaisevat tarpeellisten laitteiden ja poistumisteiden sijainnit. +
- jälki-valaisevat	Ei näy pimeässä eikä savussa. +	Ei näy pimeässä. Ei ole riippuvainen sähköstä, joten parempi kuin ei mitään. +	Ei näy pimeässä. Ei ole riippuvainen sähköstä, joten parempi kuin ei mitään. +	Ei näy pimeässä. Ei ole riippuvainen sähköstä, joten parempi kuin ei mitään. +

	TULI-PALO	SUISTUMINEN	JUNAN PYSÄHTYMINEN	KATASTROFI
- valaistut	Selkeä ja näkyy myös savussa.  +	Selkeä ja toimiva.  +	Selkeä ja toimiva.  +	Valaistus toimii mikäli virta kulkee edelleen ja ovat ehjiä.  Ilman valaistusta toimivat tavallisina opasteina.  +
TURVA-VALAISTUS	Savu saattaa heikentää valaistua.  ±	Valaisee pimeään tunnelin.  +	Valaisee pimeään tunnelin.  +	Valaisee, mikäli virta kulkee ja ovat ehjiä.  +
KUULUTUS	Poistumisohjeet ja rauhoittelu.  +	Poistumisohjeet ja rauhoittelu.  +	Tilannetiedotus.  +	Rauhoittelu.  +
- tunneli	Sekoittuu meluun ja kaikuu tunnelissa.  ±	Sekoittuu meluun ja kaikuu tunnelissa.  ±	Sekoittuu meluun ja kaikuu tunnelissa.  ±	Sekoittuu meluun ja kaikuu tunnelissa.  ±
- juna	Reaaliaikainen tilannetiedotus matkustajille.  +	Reaaliaikainen tilannetiedotus matkustajille.  +	Reaaliaikainen tilannetiedotus matkustajille.  +	Reaaliaikainen tilannetiedotus matkustajille.  +
NÄYTÖT	Poistumisohjeet ja -kehotus.  +	-	Tilannetiedotus ja aikataulu.  +	-
LED-nauha	Näkyy myös savussa.  Hintava.  +	Selkeä.  +	Selkeä.  +	Toimii mikäli virta kulkee ja on ehjä.  +



	TULI-PALO	SUISTUMINEN	JUNAN PYSÄHTYMINEN	KATASTROFI
<b>SPRINKLAUS</b>	Sammuttaa ja rajoittaa junassa syttyneitä tulipaloja. +	Varmistaa tulipalon varalta. ±	-	Varmistaa tulipalon varalta. ±
<b>ILMAISIMET</b>	Tieto palosta metrovalvomon ja hätäkeskukseen. +	Reagoi vaan tulipaloon. ±	Reagoi vaan tulipaloon. ±	Reagoi vaan tulipaloon. ±
<b>- ilmoitin-kaapeli tunnelissa</b>	Ilmaisee paloteholtaan 60 kilowatin palon tunnelissa. +	Ilmaisee paloteholtaan 60 kilowatin palon tunnelissa. +	Ilmaisee paloteholtaan 60 kilowatin palon tunnelissa. +	Ilmaisee paloteholtaan 60 kilowatin palon tunnelissa. +
<b>- junan alla</b>	Tunnistaa lämmön nousun junan alla. +	Tunnistaa lämmön nousun junan alla. +	Tunnistaa lämmön nousun junan alla. +	Tunnistaa lämmön nousun junan alla. +
<b>- junan sisällä</b>	Reagoi savuun junan sisällä. +	Reagoi savuun junan sisällä +	Reagoi savuun junan sisällä +	Reagoi savuun junan sisällä +
<b>- painike</b>	Ihminen voi tehdä hälytyksen mikäli ilmaisim ei toimi. +	Ihminen voi tehdä hälytyksen mikäli ilmaisim ei toimi. +	Ihminen voi tehdä hälytyksen mikäli ilmaisim ei toimi. +	Ihminen voi tehdä hälytyksen mikäli ilmaisim ei toimi. +
<b>KAMERAT</b>	Valvomon silmät tunnelissa. +	Valvomon silmät tunnelissa. +	Valvomon silmät tunnelissa. +	Valvomon silmät tunnelissa. +
<b>HÄTÄ-KAHVA</b>	Merkki junan pysäytystarpeesta. +	-	-	-

	TULI-PALO	SUISTUMINEN	JUNAN PYSÄHTYMINEN	KATASTROFI
<b>SAVUN-POISTO</b>	Lisää näkyvyyttä ja antaa mahdollisuuden poistumiseen. +	Tulipalon varalle. ±	-	Tulipalon varalle. ±
<b>HÄTÄ-PUHELIN</b>	Suora yhteys valvomoon, jolla matkustajat voivat antaa tietoa tilanteesta. +	Suora yhteys valvomoon, jolla matkustajat voivat antaa tietoa tilanteesta. +	Suora yhteys valvomoon, jolla matkustajat voivat antaa tietoa tilanteesta. +	Suora yhteys valvomoon, jolla matkustajat voivat antaa tietoa tilanteesta. +
<b>MATKA-PUHELIN-VERKKO</b>	Matkustajat voivat soittaa suoraan hätäkeskukseen. +	Matkustajat voivat soittaa suoraan hätäkeskukseen. +	Matkustajat voivat soittaa suoraan hätäkeskukseen. +	Matkustajat voivat soittaa suoraan hätäkeskukseen. +
<b>HENKILÖ-KUNTA</b>	Henkilökunta tuntee paikat ja osaa neuvoa matkustajat lähimmälle poistumisreitille. +	Henkilökunta tuntee paikat ja osaa neuvoa matkustajat lähimmälle poistumisreitille. +	Henkilökunta tuntee paikat ja osaa neuvoa matkustajat lähimmälle poistumisreitille. +	Henkilökunta tuntee paikat ja osaa neuvoa matkustajat lähimmälle poistumisreitille. +

*Kiinteät opasteet.* Jaetaan kolmeen ryhmään: valaisemattomat, jälkivalaisevat ja valaistut. Asetuksen mukaan tunnelissa on aina käytettävä valaistuja opasteita.

*Turvavalaistus.* Kaikki poistumiseen tarkoitetut reitit on varustettava poistumisvalaistuksella, joka on kytketty varavirtaan. Valaistuksen on toimittava sekä varsinaisen valaistuksen kanssa että siitä riippumatta. Turvavalaistuksella varmistetaan turvallinen poistuminen.

*Kuulutukset.* Kuulutuksilla saadaan annettua matkustajille ajantasaista tietoa tapahtuneesta. Junassa ennen poistumista voidaan kertoa matkustajille oikea poistumissuunta ja lähimmät poistumisreitit. Tunnelissa kuulutuksista voi olla vaikea saada selvää.

*Näytöt.* Näytöillä voidaan kertoa visuaalisesti tilanteesta ja poistumisesta. Tieto on kuitenkin sama kuin kuulutuksilla ja vaatii keskittymistä.

*LED-nauha.* Tunnistamalla junan sijainti voidaan LED-nauha asettaa "juoksemaan" oikeaan suuntaan. Tällöin ihmiset voivat seurata LEDejä oikeaan poistumissuuntaan.

*Sprinklaus.* Sammuttaa ja rajoittaa junan sisällä syttyneitä tulipaloja ja antaa lisäaikaa pelastajille, koska matka kohteeseen saattaa kestää. Järjestelmän suuttimet on kytketty sarjaan, eli kun yksi laukeaa kaikki laukeavat.

*Ilmaisimet.* Tulipalosta kertovat ilmaisimet ovat välttämättömiä, jotta tieto saadaan palon mahdollisimman alkuvaiheessa.

*Kamerat.* Tunneliin ja juniin sijoitetut kamerat toimivat valvomon silminä. Liikennettä ja tapahtumia on pystyttävä seuraamaan, jotta tilanteisiin voidaan reagoida mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti.

*Hätäkahva.* Hätäkahvasta vetäminen ei pysäytä junaa, mutta se antaa valvomolle merkin, että jotain on vialla ja juna pitäisi pysäyttää. Kahva on nollattava, jotta juna pääsee jatkamaan matkaa.

*Savunpoisto.* Koneellinen savunpoisto mahdollistaa turvallisen poistumisen pitämällä savun pois tunnelin alaosista. Tällöin matkustajilla on riittävästi näkyvyyttä seurata opasteita ja poistua tunnelista.

*Hätäpuhelin.* Hätäpuhelimien avulla matkustajat voivat olla yhteydessä metrovalvomoon ja kertoa valvomon henkilökunnalle tilanteesta omin sanoin. Matkustajilta saatu lisätieto saattaa olla hyödyksi sammutus- ja pelastustoimia suunniteltaessa.

*Matkapuhelinverkko.* Toimivan matkapuhelinverkon ansiosta matkustajat voivat soittaa suoraan hätäkeskukseen ja antaa lisätietoja tapahtuneesta. Useat soittajat saattavat kuitenkin ruuhkauttaa hätäkeskuksen ja estää tärkeiden puheluiden perillepääsyn.

*Henkilökunta.* Henkilökunta tuntee paikat ja osaa neuvoa matkustajat lähimmälle poistumisreitille. Henkilökunta on myös harjoitellut tunnelissa liikkumista ja antaa omalla käytöksellään esimerkkiä tunnelissa toimimiseen. Henkilökuntaa ovat sekä kuljettajat että muu junahenkilöstö.

## **6.2 Menetelmien soveltuvuus länsimetron**

Tässä kappaleessa on verrattu eri maiden turvallisuusasioita länsimetron suunnitelmiin ja pohdittu niiden soveltumista käyttöönotettavaksi. Jotkin asiat on jo huomioitu länsimetron suunnitelmissa, mutta joitain uusia ratkaisuja on löytynyt.

Kööpenhaminan metrossa on kiinnitetty huomiota poistumisreitteihin, palon aikaiseen havaitsemiseen ja henkilökunnan koulutukseen. Näitä asioita on pohdittu myös länsimetrossa ja henkilökunnalle järjestetään erilaisia koulutuksia.

Prahassa metro toimii puoliautomaattisena, jolloin kuljettaja on tarkkailemassa tilannetta ja antaa junalle luvan lähtöön. Tällaista järjestelmää on suunniteltu myös länsimetron, mutta toteutus ei ole vielä varmaa.

Lontoon metro on varautunut kaikkiin mahdollisiin tilanteisiin ja tehnyt toimintasuunnitelmat jokaiselle asemalle, jokaiselle linjalle ja laajemmille alueille erikseen. Henkilökunta perehdytetään suunnitelmiin ja koulutetaan toimimaan niiden mukaan.

Lontoon metrossa pyritään varmistamaan, että mahdollisiin onnettomuuksiin pystytään vastaamaan nopeasti ja tehokkaasti, jolloin vahingot jäävät mahdollisimman pieniksi.

Länsimetrossa on tehty erilaisia riskikartoituksia, joiden avulla on pyritty löytämään kaikki mahdolliset uhat ja vaaratilanteet. Näiden kartoitusten avulla laaditaan suunnitelmia uhkien estämiseksi ja vahinkojen minimoimiseksi. Myöhemmin henkilökunta koulutetaan toimimaan suunnitelmien mukaan.

Mt. Blancin tunnelissa Ranskan ja Italian välillä on kiinnitetty huomiota poistumisovien näkyvyyteen. 11,6 km pitkässä tunnelissa on oltava tehokkaat poistumisreitit, jotta ihmiset eivät onnettomuuden sattuessa jää loukkoon.

Liitteessä 4 on esitetty Mt. Blancin versio poistumisovesta ja sen näkyvyydestä. Tätä tekniikkaa voisi soveltaa myös länsimetrossa, koska tunnelit ovat maan alla ja poistuminen on tärkeä osa turvallisuutta.

Länsimetron poistumisovien ulkonäköä ei ole vielä päätetty. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon oven näkyvyys tunnelissa ja Mt. Blancin versio on hyvä esimerkki näkyvästä ja toimivasta ovesta.

## 7 Poistumisen ohjaus

### 7.1 Suunnittelu

Erikoistilanteisiin suunnitellun opastuksen on oltava yksinkertainen ja helposti ymmärrettävä eivätkä opasteet saa jättää epäselvyyksiä. Opasteiden on kiinnitettävä matkustajien huomio ja luotava selkeä kuva toimenpiteistä ja poistumis-suunnasta.

Opasteilla pyritään luomaan matkustajille turvallisuuden tuntua ja mielikuva turvallisesta ja hyvin suunnitellusta poistumisreitistä. Sekä opasteiden että reitin on oltava selkeitä, koska hätätilanteessa ihmisten havainnointi on rajoitettua.

Opasteita ei myöskään saa olla liikaa, ettei opasteiden välillä tule sekaannusta. Selkeä opastus muodostuu kolmesta pääkohdasta:

*Kiinteät välimatkaopasteet*, joilla kerrotaan etäisyys seuraavaan yhdyskäytävään tai poistumiskuiluun.

*Poistumisreitivalaistus*, jonka avulla käytettävä reitti valaistaan, jotta sen käyttö olisi helpompaa, houkuttelevampaa ja turvallisempaa.

*Poistumisovien näkyvyys*, jonka avulla matkustajille kerrotaan oikea ovi ja nopein reitti ulos.

### 7.2 Olosuhteet tunnelissa

Perustilanteessakin olosuhteet tunnelissa ovat erilaiset kuin muissa ympäristöissä. Tunneli on pitkä, kapea ja pimeä, ja liikkumatila on rajoitettu seinän vierestä kulkevaan reilun metrin levyiseen tasoon. On siis ymmärrettävää, että savu ja liekit lisäävät olosuhteiden poikkeavuutta. Kun erilaisiin ja valmiiksi vaativiin olosuhteisiin lisätään pelko ja huoli, on tilanne vaikeasti hallittavissa.

Tunnelin vaativat ominaisuudet saattavat korostua erilaisista peloista kärsivillä ihmisillä. Tunnelin on tiedetty aiheuttavan niin pimeänpelkoa kuin ahtaanpaikankammoakin. Molemmissa tilanteissa ihminen ei suostu liikkumaan vaan jähmettyy paikoilleen. Tämä tekee pelastautumisesta vieläkin haastavampaa.

Muita poikkeavia olosuhteita saattavat aiheuttaa erilaiset äänet ja tunnelin muoto. Voimakkaat puhaltimet ja muualla tunnelissa liikkuvat junat aiheuttavat kovaa ääntä, joka voimistuu tunnelissa. Näkyvyys kaarteessa tai loivassakin mässä saattaa estää ihmisiä poistumasta oikeaan suuntaan. Tällöin opastuksen toimivuus on välttämätön.

Kapea poistumistila saattaa aiheuttaa ongelmia, mikäli kyseessä on lastenvaunut, hitaasti liikkuva vanhus tai pyörätuoli. Tällaisessa tilanteessa matkustaja ei myöskään pääse kiipeämään poistumiskuilun portaita ylös, joten matkustajan on jäätävä kuilun alapäässä sijaitsevaan tilaan odottamaan pelastushenkilöstöä. Tila on varustettu hätäpuhelimella, jolla voi olla yhteydessä metrovalvomoon.

Tulipalotilanteissa savunpoisto on suunniteltu toimimaan aina siten, että savu poistetaan ylämäkeen. Tällöin opastuksen tulee ohjata matkustajia alamäkeen ja pois savusta. Joskus kuitenkin voi olla tilanne, että tulipalo on matkustajista alamäkeen, jolloin poistumisen on tapahduttava ylämäkeen.

## **7.3 Poistuminen**

### **7.3.1 Hätäpoistuminen**

Evakuointi on toimenpide, kun ihmiset on saatava turvaan palon tai muun onnettomuuden uhatessa. Tällöin ihmiset joutuvat normaalista poikkeavaan tilanteeseen ja vieraisiin olosuhteisiin. Aina on mietittävä onko evakuointi välttämätön vai voidaanko tilanne hoitaa muulla tavalla, koska matkustajat ovat jonkinlaisessa vaarassa myös tunnelissa. Rata-alueella juna on ihmisille turvallisin paikka.

Hätäpoistuminen toteutetaan sellaisessa tilanteessa, kun juna ei ole enää turvallinen matkustajille. Tällöin joko junassa tai tunnelissa on syttynyt ihmishenkiä uhkaava tulipalo tai juna on suistunut raiteiltaan ja on vaarassa syttyä palaamaan. Tällaisessa tilanteessa vaarallisia ovat sekä liekit että savu.

Kiireisessä poistumistilanteessa opasteet ovat ratkaisevassa asemassa. Niiden on kerrottava matkustajille yksiselitteisesti oikea poistumissuunta ja turvallinen poistumisreitti.

Tulipalosta ja junan pysähtymisestä menee tieto metrovalvomoon heti, kun järjestelmä havaitsee tilanteen. Valvomo tarkkailee tilannetta kameroiden välityksellä. Onnettomuustilanteissa valvomo välittää tietoa pelastushenkilöstölle ja ohjaa muuta liikennettä ennalta sovittujen ohjeiden mukaan.

### **7.3.2 Onnettomuusevakuointi**

Kun junassa tai tunnelissa ei ole tulipaloa eikä savua, mutta juna on vaurioitunut liikkumiskelvottomaksi, ohjaa pelastuslaitos tai muu henkilökunta matkustajat ulos. Tällöin junan ovet pidetään suljettuina, kunnes henkilökunta on paikalla.

Tällaisen tilanteen voi aiheuttaa junan hajoaminen, ratarikko, ilkivalta raiteissa tai vaihteissa, tai törmäys ihmiseen tai eläimeen. Junan ylimääräisestä pysähtymisestä kuljettaja ilmoittaa matkustajille.

## **7.4 Opastus**

### **7.4.1 Haasteet**

Opastuksen tehtävä on ohjata ihmiset pois palavan junan luota. Ihmiset ohjataan lähimmän yhdystunnelin kautta toiseen tunneliin ja edelleen pystykuilun kautta ulos. Mahdollisuuksien mukaan matkustajat pyritään ohjaamaan lähimmälle asemalle, josta uloskäynti on helpoiten toteutettavissa.

Haastetta opastukseen tuo tunnelin pimeys ja kapea kulkuväylä. Lisäksi on mietittävä miten matkustajat saadaan erottamaan tunnelien välisen yhdyskäytävän ovi maan pinnalle nousevan pystykuilun ovesta. Joissain tilanteissa ihmisten on kuljettava yhdyskäytävien ovien ohitse päästäkseen pystykuilulle. Tämä ongelma on ratkaistavissa erilaisilla ovilla.

### **7.4.2 Asemahalli ja laiturialue**

Metroasemilla poistumisturvallisuus hoidetaan Suomen rakentamismääräyskoelman osan E1 mukaan. Sekä opasteissa että ohjeistuksissa noudatetaan viranomaismääräyksiä ja -ohjeita.

Asemilla ja laitureilla matkustajia ohjataan näyttöjen ja kuulutusten avulla. Useimmilla asemilla on henkilökuntaa kellon ympäri.

### **7.4.3 Tunneli**

Poistumisopastuksen kannalta tunneli on metron haastavin osa. Tunneli on pimeä ja poistumistila on rajallinen. Kuitenkin matkustajat pitäisi saada nopeasti ja turvallisesti ohjattua vapaan tunnelin ja pystykuilun kautta ulos.

Pimeän ympäristön vuoksi opasteiden on oltava hyvin näkyvillä eli niiden on loistettava pimeässä. Varmin keino taata näkyvät opasteet on käyttää sisältä valaistuja opasteita, koska jälkivalaisevat eivät pääse latautumaan pimeässä tunnelissa. Kuvassa 25 on esitetty tunneliin soveltuva poistumisopaste, jossa näkyy etäisyydet seuraaviin yhdyskäytäviin.



Kuva 25. Poistumisopaste välimatkatiedoilla.

Tunneliin on tärkeää saada valoa, jotta poistuminen olisi turvallista ja yleensäkin mahdollista. Valaistus voidaan hoitaa seiniin asennettavilla poistumisvalaisimilla, jotka syttyvät vain tarvittaessa. Tarve voi olla joko hätäpoistuminen tai onnettomuusevakuointitilanne. Poistumisreitivalaistuksen on toimittava myös sähkökatkosten aikana, joten valaistus on kytkettävä varavoimaan.



Kuva 26. Esimerkki poistumisreitivalaisimesta. (Exilight 2012.)

Valaistus on nimensä mukaan vain valaistus ja opastus suoritetaan erillisillä poistumisopasteilla. Valaistus voidaan toteuttaa joko metron omalla valaistuksella, josta osa on kytketty varavoimaan, tai erillisellä poistumisvalaistuksella. Kuvassa 26 on esitetty yhden toimittajan malli poistumisreitivalaisimesta.

Kiinteiden poistumisopasteiden ja poistumisvalaistuksen lisäksi voidaan käyttää LED-nauhaa, jossa LEDit "juoksevat" kohti lähintä ja turvallisinta poistumisreittiä. Nauhaa varten on luotava järjestelmä, joka tunnistaa junan sijainnin ja ohjaa matkustajia erillisen ohjelman mukaan aina oikeaan suuntaan eli pois päin tulipalosta ja savusta. Kuvassa 27 on esimerkki LED-nauhasta.



Kuva 27. LED-nauha. (Oversol 2012.)



Opastuksen ja valaistuksen jälkeen seuraava ongelma on poistumisovien näkyminen riittävän hyvin, jotta ihmiset löytävät oikean oven nopeasti. Tätä tarkoitusta varten ovien on oltava huomiota herättäviä ja niiden käyttötarkoituksen on oltava kansainvälisestikin ymmärrettäviä. Kuvassa 28 on esitetty yhdyskäytävän oven ulkoasu. Oven käyttötarkoitus selviää ovesta olevasta, poistumista kuvaavasta juoksevasta miehestä.



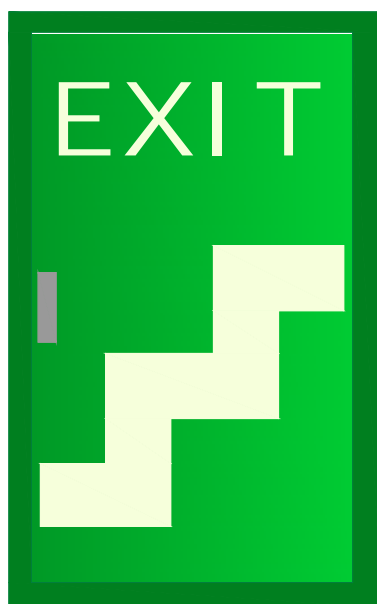
*Kuva 28. Yhdyskäytävän ovi.*

Löydettyään savuttomaan ja turvalliseen tunneliin vievän oven, on matkustajien seuraavaksi löydettävä pystykuilun ovi jota kautta pääsee ulos. Pystykuilun oven on erotuttava yhdyskäytävän ovesta, jotta ihmiset eivät palaa takaisin savuiseen tunneliin.

Ovien erona voi olla esimerkiksi uloskäyntiä kuvaava teksti "EXIT". Tämä kansainvälinen uloskäynnin merkki kertoo kaikille matkustajille, että kyseistä ovea käyttämällä pääsee ulos ja turvaan. Kuvan ja tekstin on erotuttava selkeästi oven pohjaväristä. Kuvassa 29 on esimerkki pystykuilun ovesta. Toinen vaihtoehto on kuvata ovesta poistumiskuilun portaat (kuva 30).



*Kuva 29. Pystykuilun ovi.*



*Kuva 30. Vaihtoehto pystykuilun ovelle.*

Mikäli epäillään ovien näkyvyyttä, voidaan ovien yläpuolelle tai jopa ympärille lisätä erilaisia valotehosteita. Valot voivat olla pieniä opastusvaloja tai suuria salamavalvoja. Myös eriväriset pyörivät tai vilkkuvat valot helpottavat oven havainnoimista. Valaistusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, etteivät liian tehokkaat valot sokaise ihmisiä.

Yksinkertainen ratkaisu on asentaa oven yläpuolelle katos, johon upotetaan pieniä tehokkaita lamppuja. Tämän kaltainen vaihtoehto ei häikäise matkustajia. Toinen vaihtoehto on asentaa oven yläpuolelle kuvan 31 mukainen keltainen hälytysvalo, joka syttyy hälytyksen tullessa.



*Kuva 31. Oven yläpuolelle asennettava hälytysvalo. (Suomen Pelastuskeskus 2012.)*

Näkyvin vaihtoehto on kuvassa 32 esitetty, strobo-valoilla ympäröity poistumisovi. Tehokkaat valot helpottavat oven paikallistamista, mutta saattavat myös häikäistä.



*Kuva 32. Ympäriältä valaistu pystykuilun ovi.*

#### **7.4.4 Juna**

Junassa on tärkeää tiedottaa matkustajille tapahtumista ja tilanteen etenemisestä. Ajantasainen ja rauhallinen tiedotus luo matkustajiin turvallisuuden tuntua ja antaa ihmisille mahdollisuuden valmistautua tulevaan.

Toimivin keino tiedottamiselle on kuulutus. Tällöin ihmisille saadaan selitettyä tilanne niin kuin se on. Toinen vaihtoehto junissa tiedottamiselle on näytöt. Näytöt kuitenkin vaativat ihmisiltä keskittymistä ja asiasisällön ymmärtämistä, joka joissain tilanteissa saattaa olla hankalaa.

## **7.5 Henkilökunta**

Junissa ja asemilla työskentelevä henkilökunta on koulutettu toimimaan erilaisissa tilanteissa, jolloin he voivat opastaa ihmisiä oikeaan suuntaan ja rauhoitella hätäntyneitä matkustajia. Varsinkin tunneleissa oikean poistumissuunnan ja -reitien löytäminen on tärkeää ja henkilökunta tuntee toimintaohjeet erilaisissa hätätilanteissa. Henkilökunta voi myös avustaa muita matkustajia ja pyytää muita avukseen.

Valvomossa työskentelevän henkilökunnan vastuu kasvaa, mikäli junissa ei ole henkilökuntaa. Hätätilanteissa valvomon työntekijät seuraavat tilannetta kameroiden välityksellä ja ovat yhteydessä pelastushenkilöstöön. Pienemmissä tilanteissa valvomon henkilökunta saattaa myös joutua tunneliin tarkistamaan tilanteen. Tarkkoja ohjeita ei vielä ole laadittu, koska metron automatisointi ei ole varmistunut.

## **7.6 Esimerkki**

Tässä kappaleessa on esitetty vaihtoehto opastuksen toteuttamiseksi tunnelissa. Esimerkin kohteeksi on valittu Otaniemen aseman alue. Liitteissä 1 ja 2 on kuvattu poistumisopasteiden ja -ovien sijainnit.

Opastus toteutetaan molemmissa tunneleissa samanlaisena. Tunneleihin saatetaan asentaa myös kiinteiden kohteiden, kuten asemien sijaintitietoja välimatkopasteina, jolloin ne tukevat osaltaan poistumisopastusta.

Liitteessä 1 on esitetty kiinteiden poistumisopasteiden sijoittaminen tunneliin. Poistumissuuntaa ja etäisyyttä poistumistiehen ilmaisevat opasteet sijoitetaan 25 metrin välein. Opasteet liitetään varavoimaan, jolloin opasteet syttyvät tarvittaessa.

Liitteessä 2 on havainnollistettu erilaisten poistumisovien käyttöä erilaisten tarkoitusten mukaan. Yhdyskäytäviin asennetaan pelkistetympi poistumista kuvaava ovi ja pystykuiluihin paremmin valaistu ja helpommin havaittava ovi, johon on otettu mallia liitteen 4 Mt. Blancin poistumisovesta.

Jotta saadaan varmistettua, että matkustajat kulkevat eri suuntaan savusta, on opastus suunniteltava ja toteutettava kohdeopastuksena. Tällöin opastusjärjestelmä liitetään junien paikallistamisjärjestelmään ja tietokone ohjaa sähköisiä poistumisopasteita kussakin tilanteessa erikseen määrätyn ohjelman mukaan. Opastus tällaisessa tilanteessa voi olla LED-nauha tai erikseen syttyvät poistumisovien huomiovalot. Kiinteät huomiovalot eivät kuitenkaan välttämättä näy kaarteiden taakse. Myös sähköllä toimivia kiinteitä opasteita voidaan ohjelmoida syttymään vaan halutulla alueella, jolloin saadaan ohjattua matkustajia turvallisimpaan suuntaan.

## 8 Yhteenveto ja päätelmät

### 8.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena oli tutustua ihmisten käyttäytymistä koskeviin tutkimuksiin ja selvittää ihmisten yleisimpiä käyttäytymismalleja maanalaisissa tiloissa sattuneissa tulipaloissa. Tutkimusten avulla pyrittiin luomaan lähtökohdat metrotunnelien hätäpoistumisopastukselle.

Yleisimpiä tilanteita metrossa ovat palavat roska-astiat, tekniset viat tai vauhuissa tahallaan sytytetyt ilmaisjakelulehdet. Toistaiseksi Helsingin metrossa ei ole sattunut evakuointiin johtavaa tulipaloa.

Tutkimuskysymykset:

- Miten ihmiset käyttäytyvät hätätilanteissa?
- Miten tähän käytökseen voi vaikuttaa?
- Mitkä ovat opastusjärjestelmän mahdollisuudet ja vaikutukset ihmisen ohjaamiseen hätätilanteissa?
- Miten henkilökunnan läsnäolo vaikuttaa hätätilanteiden poistumistilanteisiin?
- Tarvitaanko henkilökuntaa turvaamaan poistumista hätätilanteissa?

### 8.2 Työn tulokset

#### 8.2.1 Ihmisten käyttäytyminen

Ihminen käyttäytyy eri tilanteissa eri tavalla. Kuitenkin ihmisten käyttäytymisessä on huomattavissa samankaltaisia ominaisuuksia.

Hätätilanteissa ihmisten käyttäytymisessä on havaittavissa kolme eri vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa ihminen havaitsee tilanteen, toisessa vaiheessa havaittuun tilanteeseen reagoidaan ja kolmannessa vaiheessa toimitaan. Hätätilanteessa toiminta tarkoittaa siirtymistä turvaan.

Ihmisten käyttäytymistä voidaan tutkia monella eri tavalla ja näiden tutkimusten avulla voidaan suunnitella keinoja ihmisten ohjaamiseksi. Tutkimusten perusteella ihmiset käyttäytyvät järkevästi ja rauhallisesti, mikäli sellaiseen toimintaan on edellytykset. Ihmisten käyttäytymiseen voidaan vaikuttaa riittävällä informaatiolla ja tiedotuksella, joiden avulla lisätään ihmisten varmuutta ja turvallisuuden tunnetta. Tällöin ihmiset kykenevät säilyttämään malttinsa ja toimimaan hillitysti.

Opastusjärjestelmän avulla luodaan ihmisille tunne turvallisesta ympäristöstä, josta on mahdollista poistua hallitusti ja ilman lisävahinkoa.

Useilla ihmisten ominaisuuksilla on vaikutusta ihmisten käyttäytymiseen hätätilanteissa. Suurin vaikutus on henkisellä ja fyysisellä kunnolla. Ihmiset myös haluavat pysyä läheistensä vierellä. Lisäksi toiset ihmiset ottavat ohjeita ja neuvoja vastaan toisia helpommin. Henkilökunta myönnetään auktoriteetiksi, jota kuunnellaan ja uskotaan.

Poistumisopastuksen on ohjattava matkustajat turvaan ilman henkilökuntaa, mutta järjestelmän turvallisuusasioihin perehtyneestä henkilöstä on varmasti apua. Tällainen henkilö nopeuttaa poistumista ja auttaa ihmisiä pysymään rauhallisina. Henkilökunnan läsnäolo ei ole välttämätöntä, mutta suositeltavaa.

Ajallisesti poistumisen onnistumiseen vaikuttaa päätöksen tekeminen. Ennen varsinaista toimintaa halutaan selvittää tilanteen laajuus ja uhan laatu, valita toimenpiteet ja kulkureitti, sekä selvittää muiden mielipiteet. Tällaisessa tilanteessa koulutettu henkilökunta on avuksi.

Eriyisen haastavan metrotunnelista tekee sen maanalainen sijainti ja erikoinen muoto. Ikkunattoman tunnelin hahmottaminen ei onnistu ulkoapäin, joten ihmiset kokevat sen vaaralliseksi. Tunnelissa ei voi mennä harhaan, mutta poistumisteiden löytäminen saattaa olla haasteellista pimeyden ja savun vuoksi.

### **8.2.2 Ihmisten ohjaaminen**

Yleisimmin ihmiset pyrkivät aina poistumaan samaa reittiä kuin tilaan saapuesaan, mutta aina se ei ole mahdollista. Tällöin hätäpoistumisopastuksella on suuri merkitys poistumisen onnistumisen kannalta. Opastuksen on oltava yksiselitteinen ja helposti havaittavissa. Myös poistumisteiden sijainnilla ja näkyvyydellä on merkitystä.

Kuulutuksilla voidaan antaa matkustajille ajankohtaista tietoa tilanteesta ja ohjeita poistumista varten. Kuulutukset annetaan metron ohjaamosta. Kuulutukset ovat aina ajantasaisia, mutta kuuluvuus ei ole taattua.

Poistumisvalaistuksesta on sisäasiainministeriön asetus, jota on noudatettava. Asetuksen mukaan poistumisvalaistus on suunniteltava toimimaan vähintään tunnin ja sähkökatkonkin aikana. Poistumisovelle johtava LED-nauha on varmin keino ohjata matkustajat oikealle ovelle.

Poistumisopasteista on annettu ohjeet turvamerkkipäätöksessä ja ohjeita on ehdottomasti noudatettava. Opasteiden tärkein ominaisuus on niiden näkyvyys. Poistumisopastuksessa käytettävien opasteiden ja merkkien on näyttävä joka tilanteessa, niin pimeässä kuin savussakin.

Hätäpoistumiseen suunnitellun opastuksen on oltava yksinkertainen ja helposti ymmärrettävissä. Opasteet eivät saa jättää epäselvyyksiä eikä niitä saa olla liikaa. Selkeään ja toimivaan opastukseen kuuluu kiinteät välimatkaopasteet, toimiva poistumisreittivalaistus ja tehokkaasti näkyvät poistumisovet.

Välimatkaopasteet asennetaan tunnelin kulkutason puoleiseen seinään 25 metrin välein. Valaistuksen avulla helpotetaan matkustajien liikkumista pimeässä ja poistumisovet varustetaan valoilla, jotta matkustajat löytävät poistumistien helposti. Valaistuksen mallina voi käyttää Mt. Blancin esimerkkiä.

Ongelmana on, että ihmiset löytävät pystykuilun oven yhdyskäytävien ovien joukosta. Tämä saadaan ratkaistuksi käyttämällä erilaisia ovia eri tarkoitukseen. Savuisesta tunnelista pääsee turvaan toiseen tunneliin mitä tahansa ovea käyttämällä ja vain muutamista ovista pystykuiluihin. Savuttomassa tunnelissa on aikaa ajatella ja valita eri tavalla merkitty pystykuilun ovi.

### **8.3 Päätelmät**

Ihmisten käyttäytymistä koskevat tutkimustulokset ovat samankaltaisia, joten käyttäytymistä koskevat päätelmät ovat luotettavia ja niitä voidaan hyödyntää suunniteltaessa poistumisopastusta.

Länsimetroa varten tehty riskianalyysi on julistettu salaiseksi, joten työtä tehdessä ei tiennyt minkälaisia uhkia ja vaaratilanteita metrossa on ajateltu mahdollisiksi. Tämä tuntui ensin rajoittavalta tekijältä, mutta osoittautui myöhemmin hyväksi asiaksi, koska uhat piti miettiä itse. Tässä työssä asioita on ajateltu enemmän maallikon näkökannalta, joka on lähempänä matkustajia.

Ennen opastuksen toteuttamista voisi olla hyvä käydä suunnitelmat läpi ja arvioida opastuksen toimivuutta riskianalyysissä mainituissa poikkeustilanteissa.

Koska länsimetroa ei ole vielä rakennettu, ei työn toteutumista pääse testaamaan. Metron käyttöönoton jälkeen olisi hyvä järjestää sarja poistumisharjoituksia ja tehdä kokemusten perusteella tarvittavia korjauksia ja muutoksia. Harjoitusten tuloksia olisi myös hyvä verrata ulkomaisiin harjoituksiin, koska Suomessa ei ole riittävää vertailupohjaa.

## Lähdeluettelo

AZD. 2012. Systems for rail transportation. [Viitattu 4.4.2012]. Saatavissa: <http://www.azd.cz/en/products-1/systems-for-rail-transportation/>

Daamen, W. & Hoogendoorn, S. 2010. Capacity of Doors during Evacuation Conditions. The Netherlands. [Viitattu 20.8.2012]. Saatavissa: [http://ac.els-cdn.com/S1877705810004765/1-s2.0-S1877705810004765-main.pdf?\\_tid=49db5f5cd9c127be1689ef38a2d8fda5&acdnat=1345022088\\_ea3a9c4df2579eb24ce5b1df27c4db7d](http://ac.els-cdn.com/S1877705810004765/1-s2.0-S1877705810004765-main.pdf?_tid=49db5f5cd9c127be1689ef38a2d8fda5&acdnat=1345022088_ea3a9c4df2579eb24ce5b1df27c4db7d) (sähköinen)

Exilight. 2012. Poistumistievalaisin. [Viitattu 29.5.2012]. Saatavissa: [http://www.exilight.fi/exilight\\_turva\\_valaisin\\_elt.php](http://www.exilight.fi/exilight_turva_valaisin_elt.php)

Fridolf, K. 2010. Fire evacuation in underground transportation systems: a review of accidents and empirical research. Lund University. Sweden. [Viitattu 9.2.2012]. Saatavissa: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1775811&fileId=1776312> (sähköinen)

Helbing, D. & Farkas, I. & Vicsek, T. 2000. Simulating Dynamical Features of Escape Panic. Hungary and Germany. [Viitattu 31.7.2012]. Saatavissa: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=947685](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=947685) (sähköinen)

Hietaranta, J. 2006. Pelastuslaitos harjoittelee metrojunan nostamista. Helsinki. [Viitattu 5.4.2012]. Saatavissa: <http://www.seisake.net/kuva.php?id=1112>

HKL. 2008. Metroasemien opastusjärjestelmän rakennusselitys ja suunniteluohje. Helsingin kaupunki. Helsinki. ISBN 951-8926-51-4

HKL. 2012. Helsingin kaupungin liikennelaitos. Helsinki. [Viitattu 29.3.2012]. Saatavissa: <http://www.hel.fi/hki/hkl/fi/HKL-Metroliikenne/Kalusto>

Hoogendoorn, S. 2004. Walking behavior in bottlenecks and its implications for capacity. The Netherlands. [Viitattu 16.8.2012]. Saatavissa: <http://www.enhancements.org/download/trb/trb2004/TRB2004-001739.pdf> (sähköinen)

Järvinen, M. 2012. Aluepalomestari. Helsingin pelastuslaitos. Helsinki. Puhelinhaastattelu 11.4.2012.

Kari, M. 2012. Kuljettaja-liikenteenohjaaja. HKL-Metroliikenne. Helsinki. Haastattelu 5.6.2012.



Karvonen, H. & Aaltonen, I. & Wahlström, M. & Salo, L. & Savioja, P. & Norros, L. 2011. Hidden roles of the train driver: A challenge for metro automation. VTT and HIIT. Technical Research Centre of Finland. Espoo. [Viitattu 25.1.2012]. Saatavissa: [http://pdn.sciencedirect.com/science?\\_ob=MiamiImageURL&\\_cid=271616&\\_user=8758044&\\_pii=S0953543811000427&\\_check=y&\\_origin=search&\\_zone=rslt\\_list\\_item&\\_coverDate=2011-07-31&wchp=dGLzVIS-zSkWz&md5=88b92eb8d087741fc01d3af296282044/1-s2.0-S0953543811000427-main.pdf](http://pdn.sciencedirect.com/science?_ob=MiamiImageURL&_cid=271616&_user=8758044&_pii=S0953543811000427&_check=y&_origin=search&_zone=rslt_list_item&_coverDate=2011-07-31&wchp=dGLzVIS-zSkWz&md5=88b92eb8d087741fc01d3af296282044/1-s2.0-S0953543811000427-main.pdf) (sähköinen)

Laaksonen, J-P. & Nevala, J. 2011. Länsimetro: Tunneliosuuksien palotekninen suunnitteluohje. L2 Paloturvallisuus Oy. Helsinki. 16 s.

Li, Y. & Chen, J. & Ji, J. & Zhang, Y. & Sun, J. 2011. Analysis of Crowded Degree of Emergency Evacuation at "Bottleneck" Position in Subway Station Based on Stairway Level of Service. China. [Viitattu 9.2.2012]. Saatavissa: [http://pdn.sciencedirect.com/science?\\_ob=MiamiImageURL&\\_cid=278653&\\_user=8758044&\\_pii=S1877705811008411&\\_check=y&\\_origin=mlkt&\\_zone=rslt\\_list\\_item&\\_coverDate=2011-12-31&wchp=dGLzVIV-zSkWb&md5=e2290422e2286a6903c39ec4b5d8a7d6/1-s2.0-S1877705811008411-main.pdf](http://pdn.sciencedirect.com/science?_ob=MiamiImageURL&_cid=278653&_user=8758044&_pii=S1877705811008411&_check=y&_origin=mlkt&_zone=rslt_list_item&_coverDate=2011-12-31&wchp=dGLzVIV-zSkWb&md5=e2290422e2286a6903c39ec4b5d8a7d6/1-s2.0-S1877705811008411-main.pdf) (sähköinen)

London Underground. 2009. Line Emergency Plan. 72 s.

Länsimetro Oy. 2007. Länsimetron hankesuunnitelman tekninen osa: Piirustukset. Espoon kaupunki, Helsingin kaupunki. 253 s.

Länsimetro Oy. 2008. Länsimetron hankesuunnitelma. Suunnitelmaraportti. Espoon kaupunki, Helsingin kaupunki. 47 s.

Metroselskabet I/S. 2009a. Cityringen. General Description of Main Contract Works. Denmark. 21 s.

Metroselskabet I/S. 2009b. Cityringen MCW. Fire Safety Requirements. Denmark. 32 s. Document no. MCW-2-COO-OPS-Gen-REP-006.

Nevala, J. & Laaksonen, J-P. 2010. Länsimetro: Tunneliosuuden palo- ja poistumissimulointi. L2 Paloturvallisuus Oy. Helsinki. 167 s.

Oversol Oy. 2012. LED-nauha. [Viitattu 25.6.2012]. Saatavissa: <http://www.oversol.fi/tapelitenbspblednauha.html>

Paloposki, T. & Myllymäki, J. & Weckman, H. 2002. Luotettavuusteknisten menetelmien soveltaminen urheiluhallin poistumisturvallisuuden laskentaan. VTT tiedotteita 2181. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo. 53 s. + liitt. ISBN 951-38-6113-9.

Proulx, G. 1993. A Stress Model for People Facing a Fire. Canada. [Viitattu 30.7.2012]. Saatavissa: [http://ac.els-cdn.com/S027249440580146X/1-s2.0-S027249440580146X-main.pdf?\\_tid=9cc3d04c07d6aa33296c6f00d8517424&acdnat=1342163387\\_54cf506ecaf1d9075c5781cf2aa147ff](http://ac.els-cdn.com/S027249440580146X/1-s2.0-S027249440580146X-main.pdf?_tid=9cc3d04c07d6aa33296c6f00d8517424&acdnat=1342163387_54cf506ecaf1d9075c5781cf2aa147ff) (sähköinen)

Rinne, T. & Tillander, K. & Grönberg, P. 2010. Data collection and analysis of evacuation. VTT tiedotteita 2562. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo. 46 s. + liitt. ISBN 978-951-38-7673-9.

Schwandl, R. 2010. Lontoon metrokartta. [Viitattu 29.6.2012]. Saatavissa: <http://www.urbanrail.net/eu/uk/lon/london.htm>

Schwandl, R. 2010. Prahan metrokartta. [Viitattu 18.1.2012]. Saatavissa: <http://www.urbanrail.net/eu/cz/praha/praha.htm>

SMa 805/2005. Sisäasiainministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta. Helsinki. [Viitattu 26.3.2012]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050805?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=805%2F2005> (sähköinen)

Suomen Pelastuskeskus. 2012. Hälytysvalo. [Viitattu 29.5.2012]. Saatavissa: [http://www.suomenpelastuskeskus.fi/spkshop/product\\_catalog.php?c=305](http://www.suomenpelastuskeskus.fi/spkshop/product_catalog.php?c=305)

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2007. Maanalaisten tilojen paloturvallisuussuunnittelu: Perusteet ja soveltamisohjeet. RIL 233-2007. 112 s. ISBN 978-951-758-471-5.

Tallberg, C. 2008. Länsimetro: Pelastuslaitoksen varautuminen. Insinööriyö. Pelastusopisto. Kuopio. 62 s.

Tiehallinto. 1998. Kevyen liikenteen suunnittelu. Helsinki. 152 s. ISBN 951-726-431-3

Transport for London. 2012. London Underground Safety Certification and Safety Authorisation. [Viitattu 29.6.2012]. Saatavissa: <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/safety-certification-complete.pdf> (sähköinen)

VNa 402/2006. Valtioneuvoston asetus tieliikenneasetuksen muuttamisesta. Helsinki. [Viitattu 20.4.2012]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060402> (sähköinen)

VNp 976/1994. Valtioneuvoston päätös työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden käytöstä. Helsinki. [Viitattu 26.3.2012]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940976> (sähköinen)

Weckman, H. 2005. Henkilöturvallisuuden kehittäminen maanalaisissa tiloissa paloriskejä pienentämällä. Tehtävä B: Poistumisturvallisuus. VTT tiedotteita 2319. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo. 93 s. + liitt. ISBN 951-38-6757-9.

Wikipedia. 2012a. Lontoon metro. [Viitattu 10.7.2012]. Saatavissa: [http://fi.wikipedia.org/wiki/Lontoon\\_metro](http://fi.wikipedia.org/wiki/Lontoon_metro)

Wikipedia. 2012b. Prahan metro. [Viitattu 2.4.2012]. Saatavissa: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Metro\\_v\\_Praze](http://cs.wikipedia.org/wiki/Metro_v_Praze)

Ympäristöministeriö. 2011. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö. Helsinki. 43 s. [Viitattu 13.1.2012]. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1\\_2011-fi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf) (sähköinen)

## Liiteluettelo

- Liite 1. Länsimetron tunnelin hätäpoistumisopastus Otaniemen aseman alueella paaluvälillä 6700–8200. 9 sivua.
- Liite 2. Länsimetron tunnelin poistumisovet Otaniemen aseman alueella paaluvälillä 6700–8200. 2 sivua.
- Liite 3. HKL, Metroasemien opastusjärjestelmän rakennusselitys ja suunnitteluohje, piktogrammit. 1 sivu.
- Liite 4. Hätäpoistumistiet Mt. Blancin tunnelissa. 1 sivu.

## Liite 1.

### Länsimetron tunnelin hätäpoistumisopastus Otaniemen aseman alueella paaluvälillä 6700–8200.

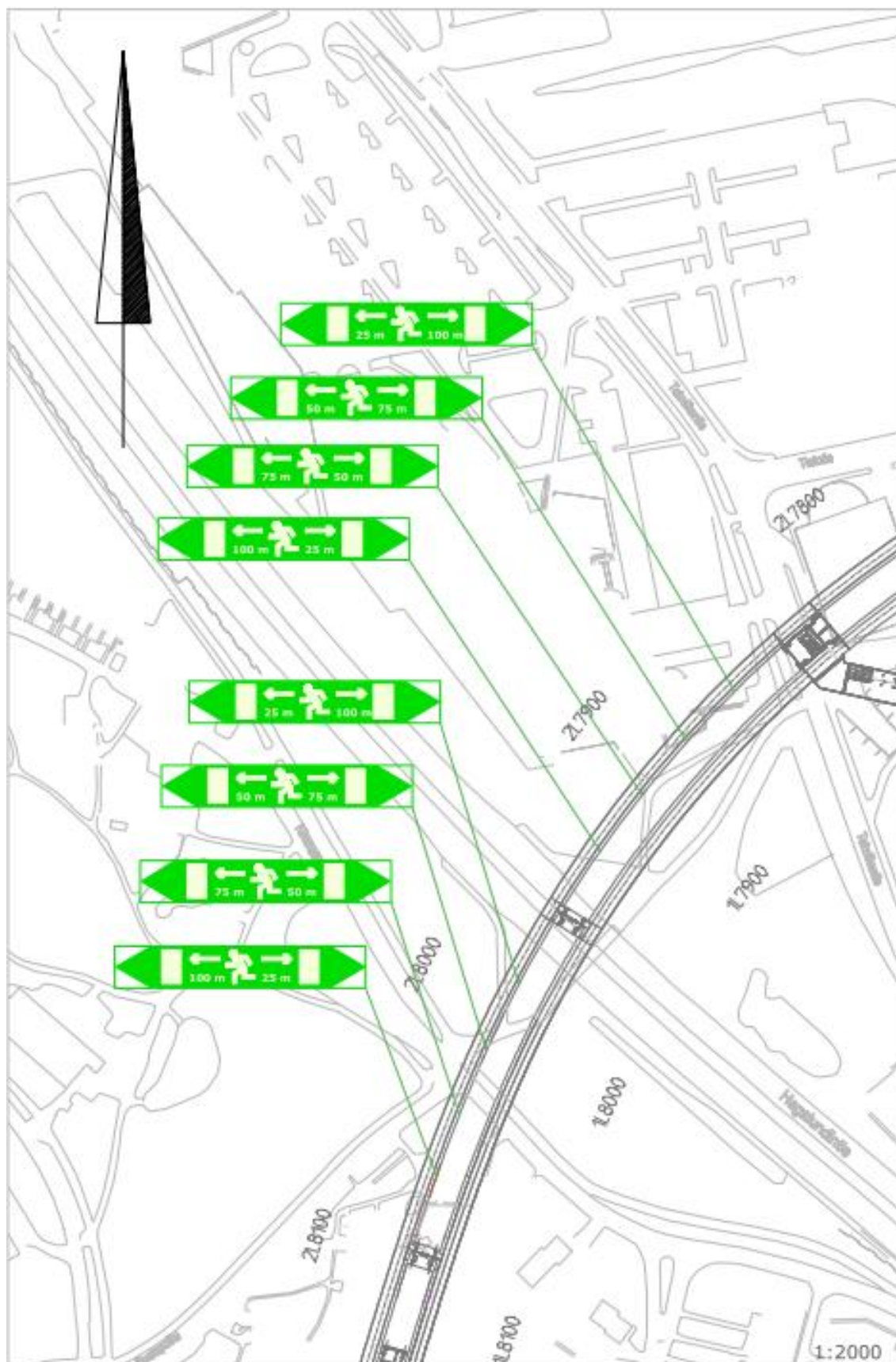
Tässä liitteessä on kuvattu kiinteiden poistumisopasteiden sijoittaminen tunnelissa (sivut 2–9) ja esitetty myös opasteiden mitoituksen peruslähtökohdat.

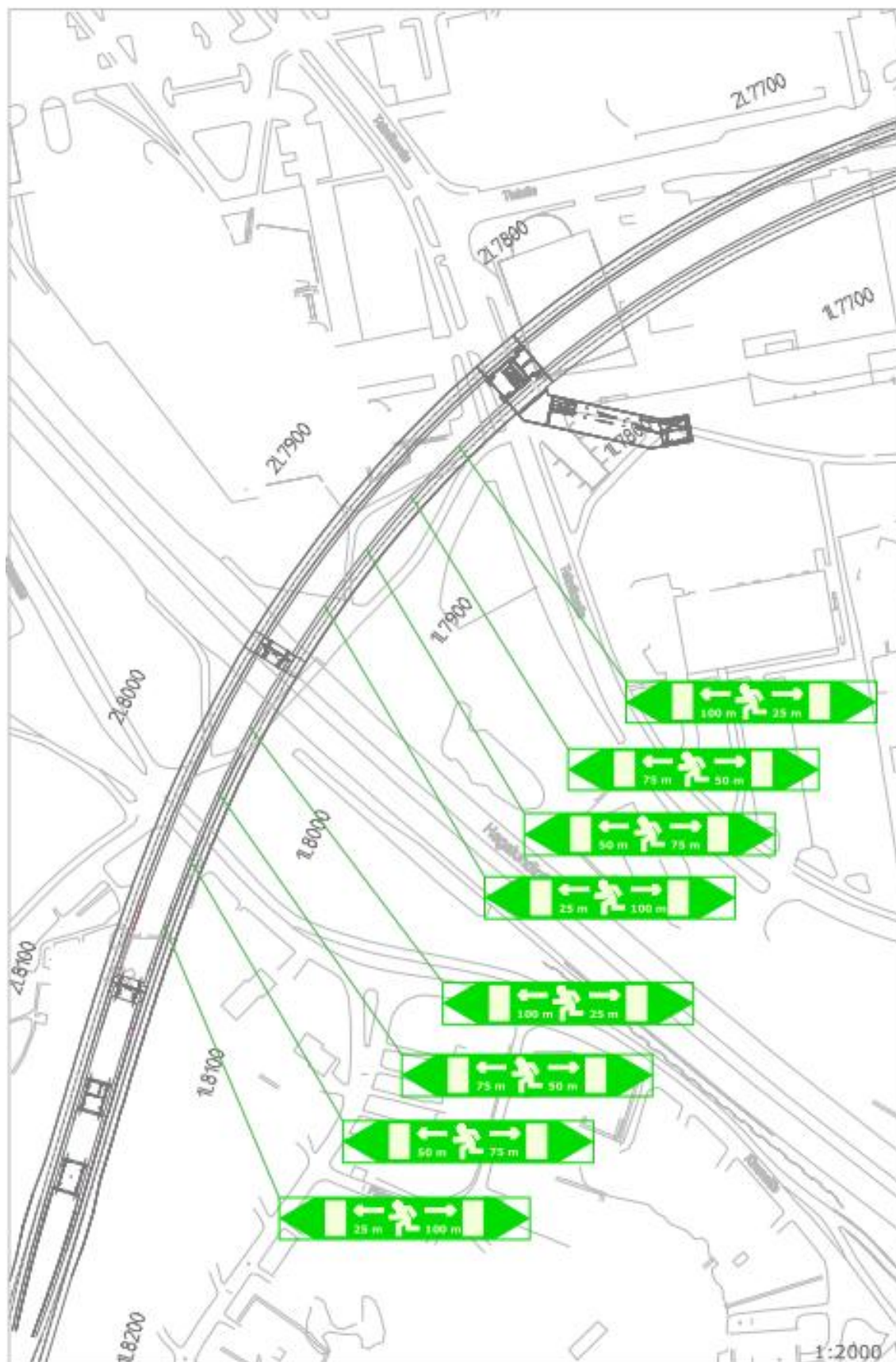
Poistumisopasteiden käyttö perustuu sisäasiainministeriön asetukseen 805/2005, joka säättää poistumisreittien opasteiden ja turvamerkintöjen toimintakunnossa pitämiseen liittyvistä teknisistä yksityiskohdista ja menettelytavoista sekä uloskäytävien ja niille johtavien kulkureittien asianmukaisesta merkitsemisestä ja valaisemisesta. Asetuksessa säädetään lisäksi poistumisreittien merkitsemiseen ja valaisemiseen käytettävien tuotteiden teknisistä ominaisuuksista ja tuotteiden vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta.

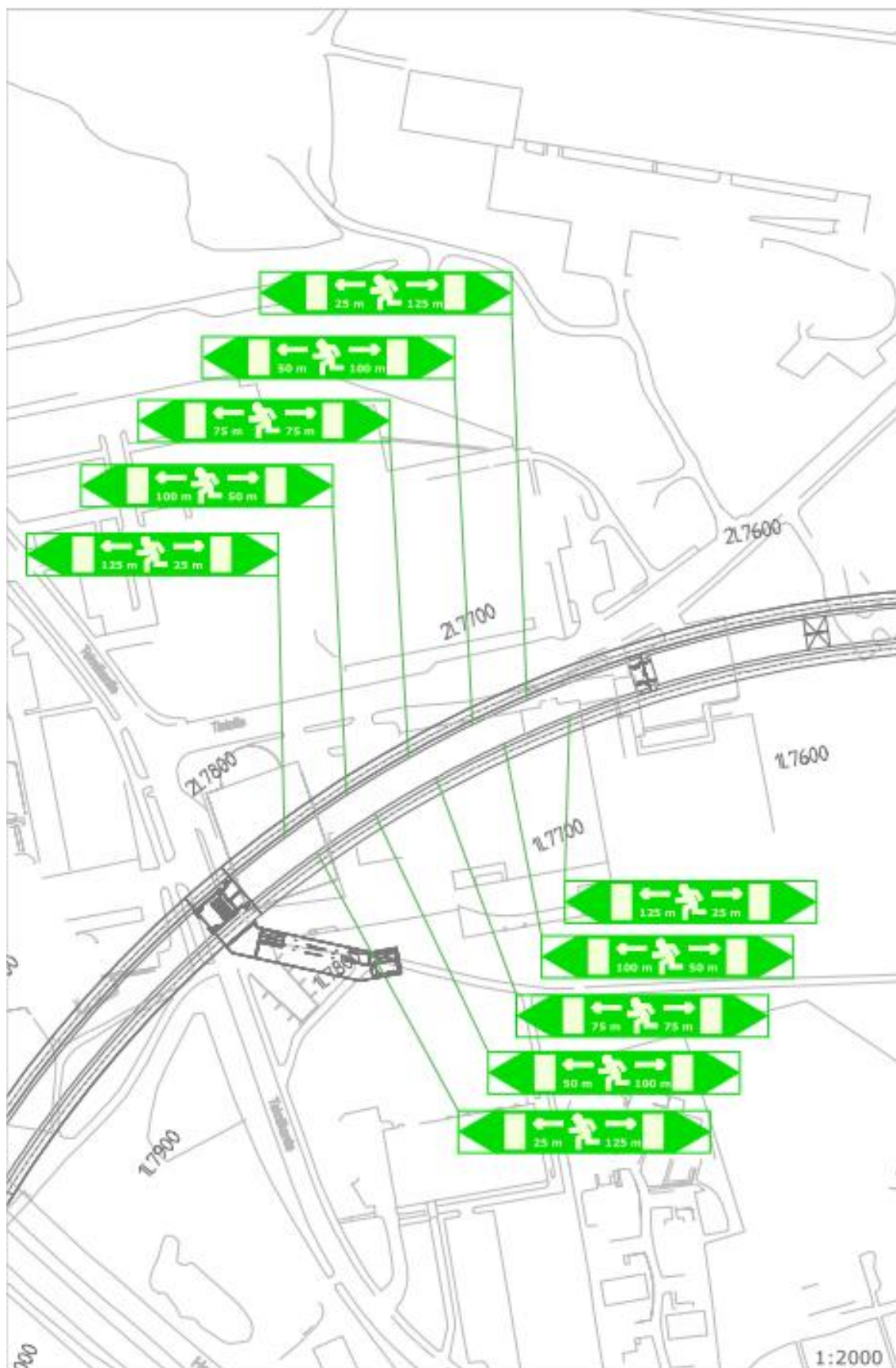
Asetuksen mukaan poistumisopasteen on oltava vähintään 100 mm korkea ja leveä. Riittävä opasteen koko määritetään standardin SFS-EN 1838 mukaisesti katseluetäisyyden perusteella.

Standardin SFS-EN 1838 mukaan, sisältä valaistun opasteen kuvion on oltava 100 mm korkea, jolloin opasteen katseluetäisyydeksi määräytyy  $\leq 20$  m. Katseluetäisyys lasketaan kaavalla  $100 \text{ mm} * 200 = 20 \text{ m}$ . Alla olevassa kuvassa on esitetty poistumisopasteen mitoitus mittakaavassa 1:10.

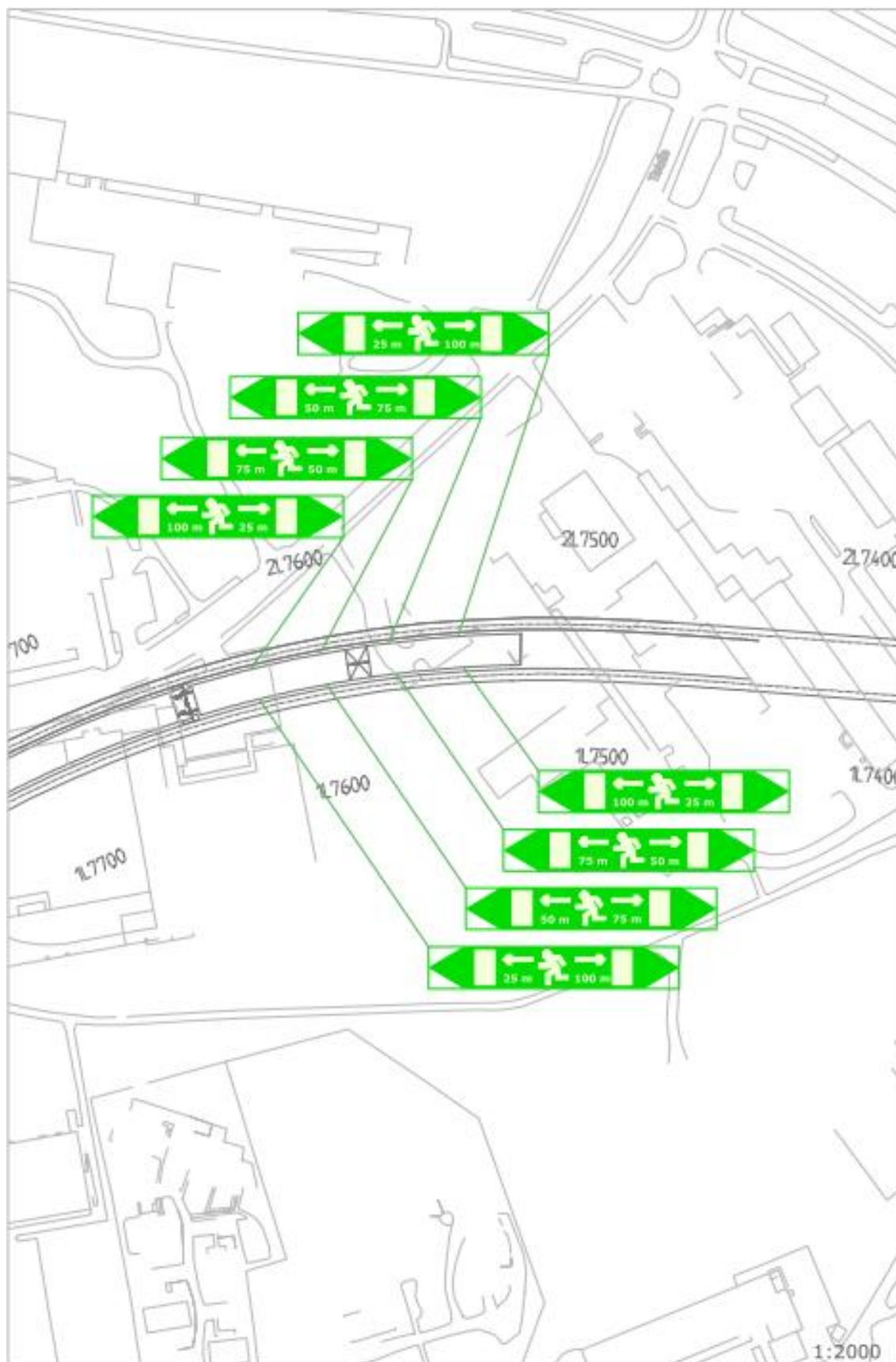


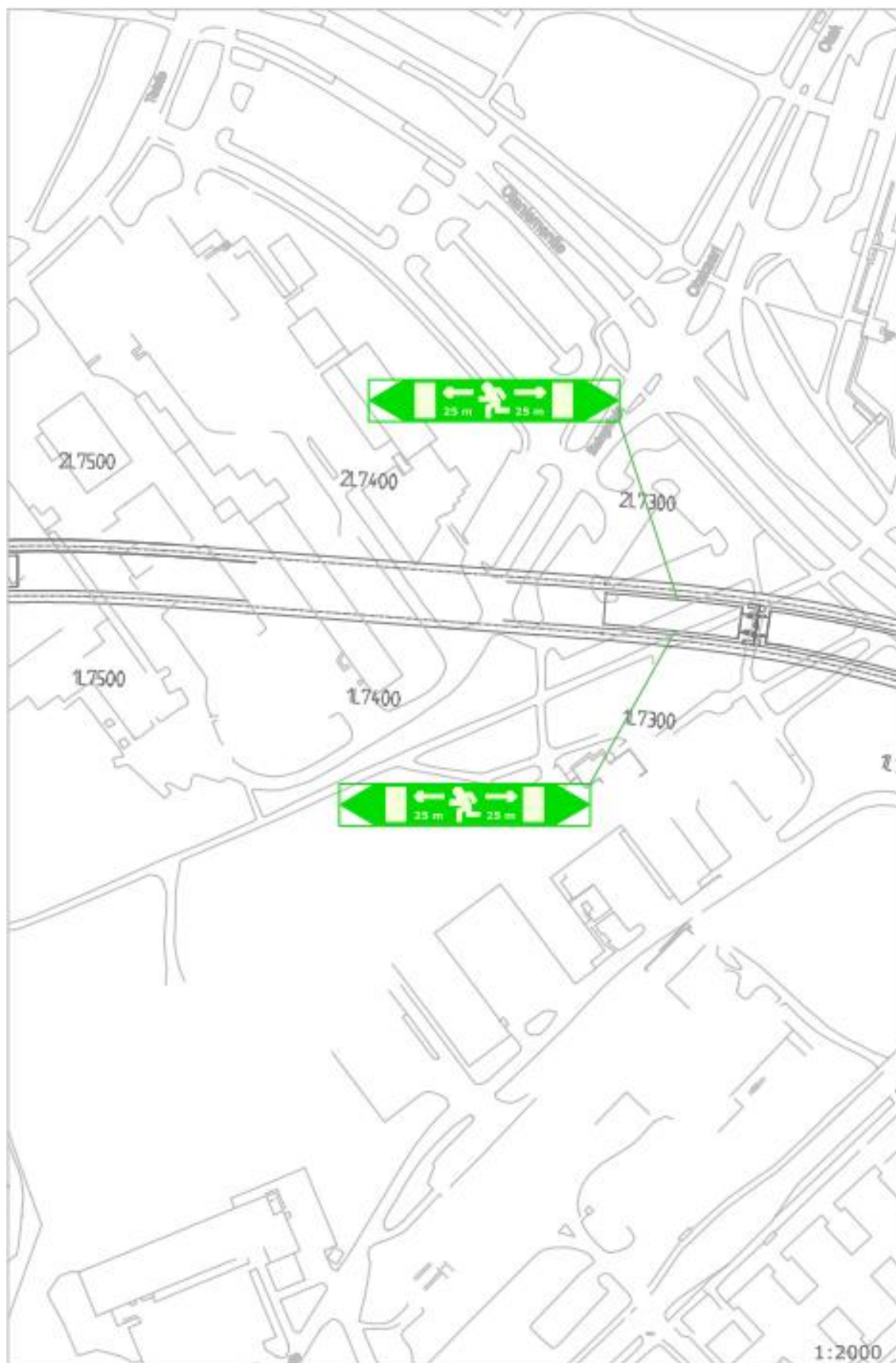


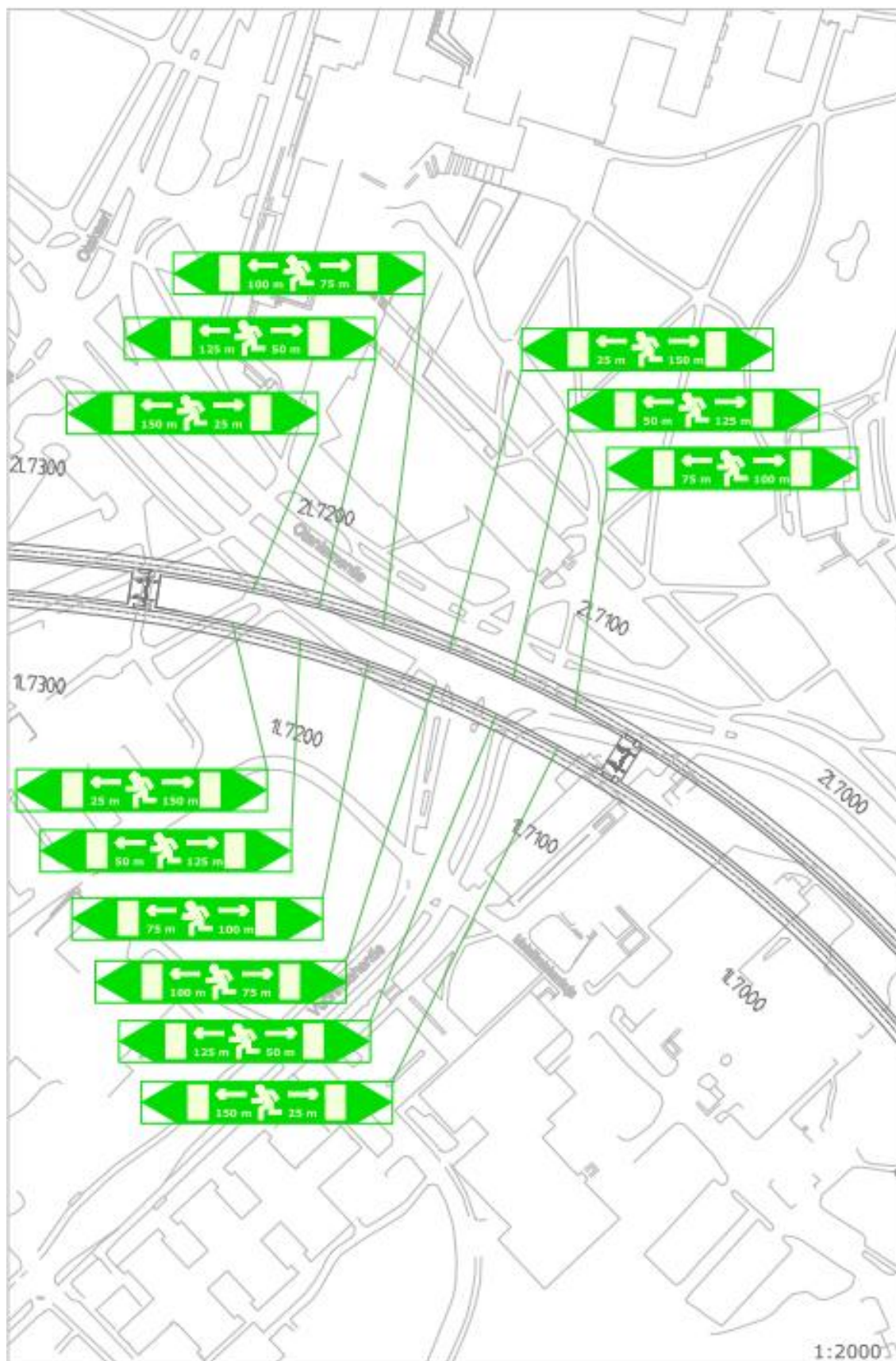




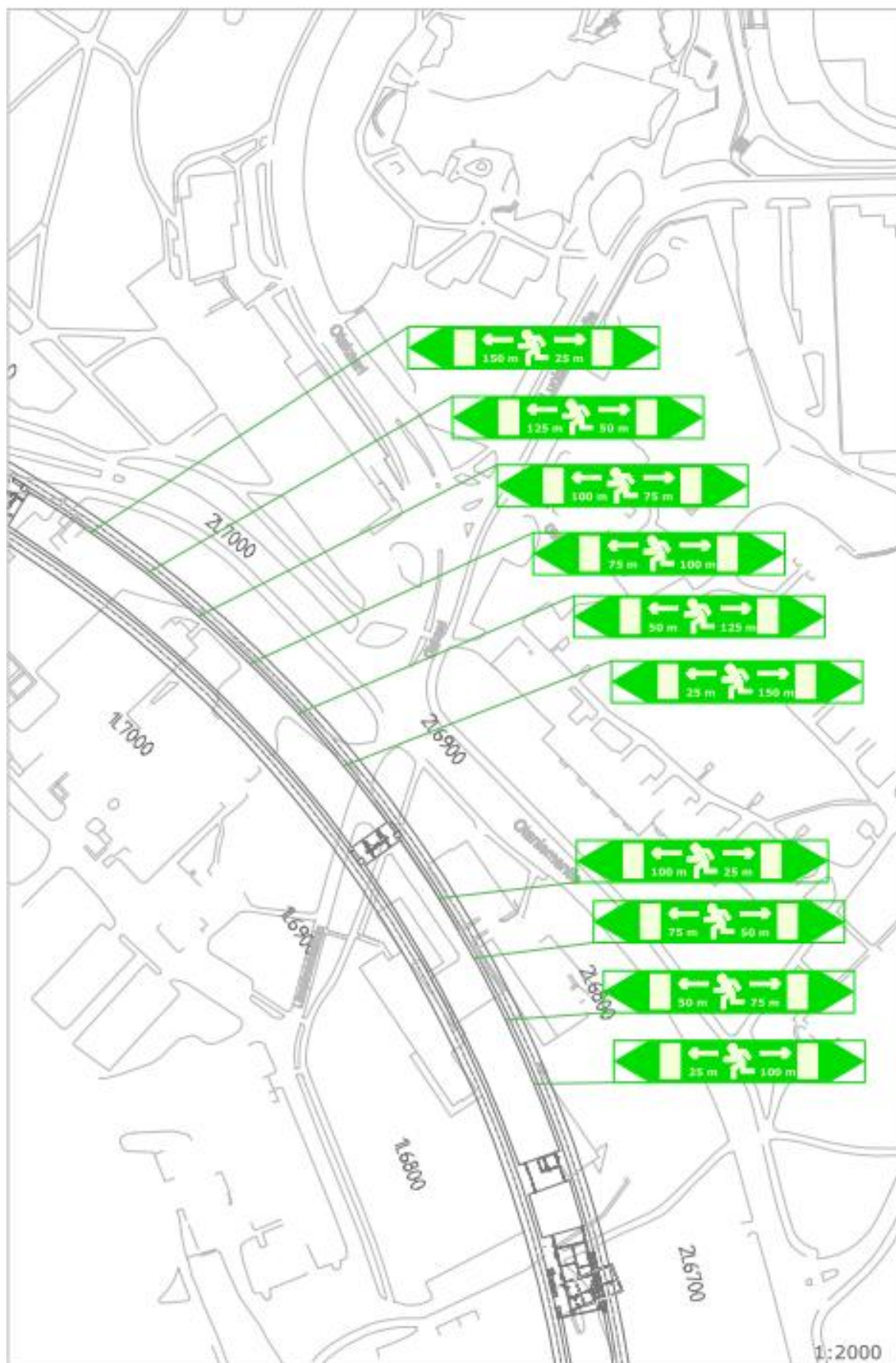






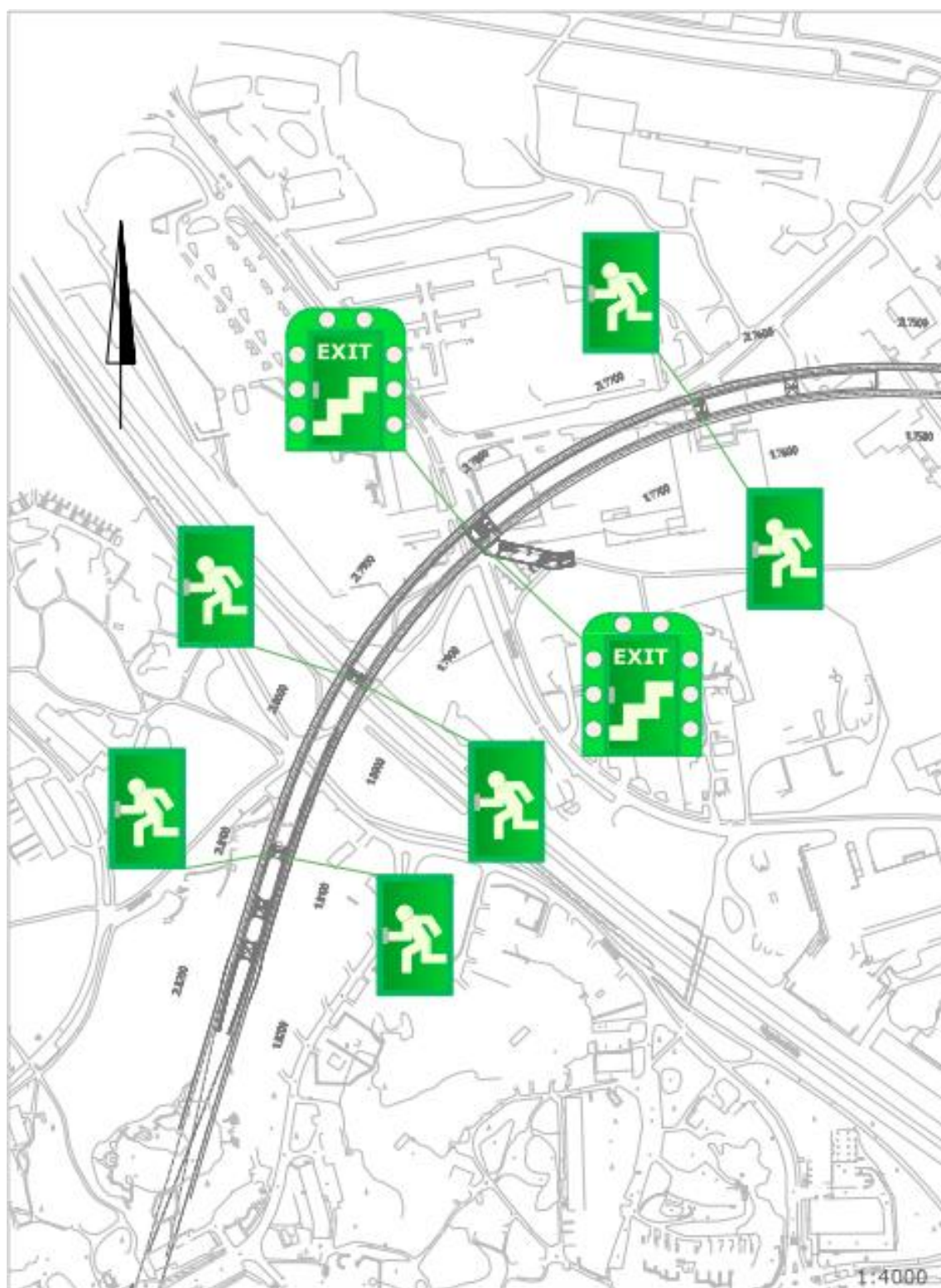


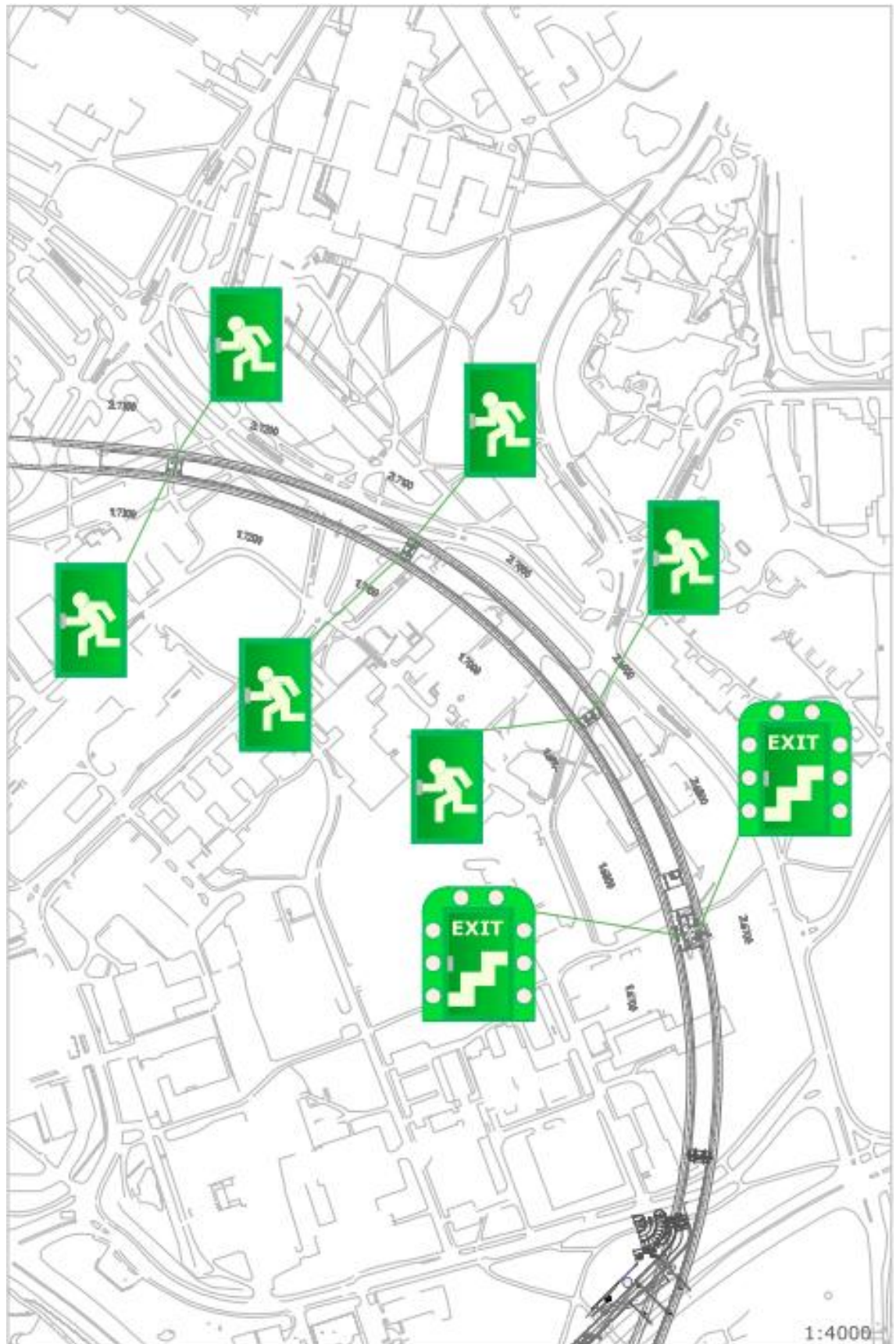




## Liite 2.

Länsimetron tunnelin poistumisovet Otaniemen aseman alueella paaluvälillä 6700–8200.





**Liite 3.****HKL, Metroasemien opastusjärjestelmän rakennusselitys ja suunnitteluohje, piktogrammit****Piktogrammit**

HKL:n opastusjärjestelmässä käytetään vieressä olevia piktogrammeja. Piktogrammien perusväri on sininen. Poikkeuksen perusvärin osalta tekevät määräysten mukaiset symbolit.

1	Nuoli	19A	Uloskäynti oikealle	36	Sisäänkäyntitunnus A
2	Säilytyslokerot	19B	Uloskäynti vasemmalle	37	Sisäänkäyntitunnus B
3	Neuvonta	20	Pysäköinti	38	Sisäänkäyntitunnus C
4	Liikuntaesteiset	21	Lastenvaunut	49	Sisäänkäyntitunnus D
5	WC	22	Hissi	40	Sisäänkäyntitunnus E
6	Naiset	23	Polkupyörän talutus	41	Sisäänkäyntitunnus F
7	Miehet	24	Leirintäalue	42	Sisäänkäyntitunnus G
8	HKL palvelupiste	25	Kameravalvonta	43	HKL logo
9	Ensiapu	26	Junan hätäpysäytin		
10	Varokaa hengenvaara	27	Pikapaloposti		
11	Pääsy kielletty	28	Jauhesammutin		
12	Raitiovaunut	29	Väestönsuoja		
13	Bussi	30	Metroasema		
14	Metrojuna	31	Nuoli varauks/uloskäynti		
15	Lautta, laiva	32	Wlan		
16	Taksi	33	Matkakorttitunnus		
17	Juna	34	Rullaluistelu kielletty		
18A	Varatie oikealle	35	Tupakointi/alkoholin käyttö kielletty		
18B	Varatie vasemmalle				



## Liite 4. Hätäpoistumistiet Mt. Blancin tunnelissa

### Hätäpoistumistiet Mt. Blancin tunnelissa

Esimerkkikuvia minimiratkaisua paremmista merkinnöistä

(Kuvat: Helsingin kaupungin pelastuslaitos / Marko Järvinen)



Poistumistien merkintä normaalioloissa. Huomaa nuoli, joka näyttää ovenkahvan paikan, oven tunnistenumerot sekä valaistus oven päällä. Vihreään oven lähitienooseseen on maalattu hätäpoistumistien merkki (ovea kohti juokseva hahmo).



Palohälytyksen aikana poistumistien ympärillä olevat valot rupeavat palamaan (vas.) ja niitä tehostetaan salamavaloilla (oik.). Salamavalon avulla viestitään ovien käyttämisen tärkeyttä ja helpotetaan niiden löytymistä kauempaa ja savussa (Huom. myös esim. paineilmalaitteita käyttävät palomiehet voivat niitä tarvita). Salaman ongelmana on häikäisy.