

Heljä Korhonen

Tunneleiden turvavalaistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK)

Rakentaminen, talotekniikka

Opinnäytetyö

14.1.2016

Tekijä Otsikko	Heljä Korhonen Tunneleiden turvavalaistus
Sivumäärä Aika	39 sivua + 2 liitettä 14.1.2016
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	talotekniikka
Ohjaaja	suunnittelupäällikkö Mika Alen yliopettaja Torsti Viilo
<p>Opinnäytetyössä oli tavoitteena tutustua tunneleiden turvavalaistusohjeistuksiin ja standardeihin. Työssä selvitettiin, mitä standardeja ja ohjeistuksia on olemassa, jotka koskevat tunneleiden turvavalaistusta. Tavoitteena oli myös löytää ja tutustua aiheen eurooppalaiseen ohjeistuksiin ja standardeihin.</p> <p>Ensin selvitettiin, mitä turvavalaistussääntöjä on olemassa normaaleihin rakennuksiin. Seuraavaksi tutustuttiin maanalaisiin tiloihin ja siihen, millä tavalla ne poikkeavat normaaleista rakennuksista poistumisturvallisuuden kannalta. Tämän jälkeen tutustuttiin erilaisten tunneleiden ohjeisiin ja standardeihin turvavalaistuksesta.</p> <p>Länsimetroa käytettiin työssä esimerkki kohteena ja työssä kerrottiin, kuinka metrossa turvavalaistus toteutetaan.</p> <p>Projektin lopputuloksena on paljon enemmän tietoa tunneleiden turvavalaistuksesta Rambollilla. Tulevien tunnelikohteiden turvavalaistussuunnittelu on huomattavasti helpompi aloittaa, ja Ramboll voi olla aktiivisemmin mukana ehdottamassa erilaisia valaistusratkaisuja. Työ toi myös paljon selvyttä palonkestävän johtojärjestelmän suunnitteluun, joka koskee myös turvavalaistusta.</p>	
Avainsanat	turvavalaistus, tunneli, palonkestävät johtojärjestelmät

Author(s) Title	Heljä Korhonen Emergency lightning in tunnels
Number of Pages Date	39 pages + 2 appendices 14 January 2016
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructor(s)	Mika Alen, Team Leader Torsti Viilo, Principal Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to collect the requirements for emergency lighting in tunnels into a concise database. The aim was not only to find and examine the national, but also the European instructions and standards regarding this topic.</p> <p>As sources for the final year project, standards and laws that affect the implementation of emergency lighting were used. The study proceeded from emergency lighting standards for regular buildings to underground spaces, comparing the two in an evacuation situation. Furthermore, instructions and standards regarding emergency lighting in different kinds of tunnels were studied. The underground line Länsimetro was used as a sample case in the study to explain how emergency lighting can be implemented in the underground. The thesis offers information about a highly relevant issue due to the ever increasing complexity of the underground spaces that are constructed.</p>	
Keywords	emergency lighting, tunnel, fire-resistant cable system

Sisällys

Käsitteet

1	Johdanto	1
2	Poistumisreittivalaistus	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Lait, asetukset ja standardit	2
2.3	Valaistavat kohteet	3
3	Valaisimet	4
3.1	Opasvalaisimet	4
3.2	Turvavalaisimet	5
3.3	Varavalaistus poistumisvalaistuskäytössä	8
4	Poistumisvalaistuksen suunnittelu	9
4.1	Opastevalaisimien sijoittelu	9
4.2	Poistumisreitien valaistus	9
4.2.1	Poistumisreitien valaistusvoimakkuus	9
4.2.2	Toiminta-aika	10
5	Maanalaiset tilat	11
5.1	Poistumisturvallisuus	11
5.2	Poistumistilanne	13
5.3	Poistumisreittien merkitseminen ja valaistus maanalaisissa tiloissa	15
5.4	Paloturvallisuuden parantaminen	16
6	Tietunnelit	17
6.1	Standardin laajuus	17
6.2	Tietunnelien termit ja määritelmät	17
6.2.1	Tunnelin rakenteelliset osat	17
6.2.2	Tietunneli poistumisvalaistus termit	20
6.3	Valaistus erityisillä alueilla hätätilanteessa	20
6.4	Ajamisen valaistus	21
6.4.1	Ajorata	21
6.4.2	Ajoneuvojen risteyskohta	21
6.5	Jalankulkijoiden opastus	21
6.5.1	Yleistä	21

6.5.2	Poistumisreitti päätunnelin sisällä	22
6.5.3	Hätäuloskäynnit	24
6.5.4	Poistumisreitti päätunnelin ulkopuolella	27
7	Rautatietunnelit	28
7.1	Poistumistiet	28
7.2	Poistumisreittien hätävalaistus	28
7.3	Poistumisteiden ja -reittien merkinnät	29
8	Palonkestävät johtojärjestelmät	30
8.1	Kaapelointi	31
8.2	Palonkestävien hyllyjen ja kaapeleiden asennus	31
9	Länsimetro	33
9.1	Valaisimet	34
9.2	Kaapelointi	35
9.3	Varavalaistus	35
10	Yhteenveto	36
	Lähteet	37
	Liitteet	
	Liite 1. Länsimetron turvavalaistuksen periaate	
	Liite 2. Mielenkiintoista lähdeaineistoa	

Käsitteet

Avoimen alueen valaistus (*open area lighting*): Poistumisvalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on ehkäistä paniikkia ja varmistaa henkilöiden pääsy paikkaan, josta poistumisreitti voidaan havaita (1, s. 10).

Kulkureitti (*passageway*): Lattiapinnan kustakin kohdasta uloskäytävään johtava kulkukelpoinen tie (3, s. 3).

Osastoitu uloskäytävä: Osastoitu tila, jonka kautta rakennuksesta voidaan poistua turvallisesti (3, s. 3).

Poistumisalue: Poistumisen järjestämisen kannalta yhtenäinen ja tarkoituksenmukainen rakennuksen osa. Poistumisalue on usein samalla myös palo-osasto. (3, s. 3.)

Poistumisopasteet: Poistumisopasteella tarkoitetaan erityistä kilpeä, jota käytetään uloskäytävän sijainnin ja poistumiseen käytettävän kulkureitin osoittamiseen. Poistumisopasteiden on oltava aina valaistuja. (3, s. 3.)

Poistumisreitivalaistus (*escape route lighting*): Valaistus, joka tavallisen valaistuksen peittäessä on tarkoitettu takaamaan henkilöturvallisuuden vaatima valaistus (3, s. 3).

Poistumisvalaistus (*emergency escape lighting*): Turvavalaisuksen osa, jonka tarkoituksena on varmistaa henkilöiden turvallisuus tilasta poistuttaessa tai turvata mahdollisesti vaaraa aiheuttavan prosessin lopettaminen ennen poistumista (1, s.8).

Riskialttiin työalueen valaistus (*high risk task area lighting*): Poistumisvalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on varmistaa niiden henkilöiden turvallisuus, jotka ovat tekemisissä mahdollisesti vaarallisen prosessin tai tilanteen kanssa, joka mahdollistaa toiminnan hallitun pysäyttämisen käyttäjän ja muiden tilassa olijoiden turvallisuutta vaarantamatta (1, s. 10).

Turvavalaisustus (*emergency lighting*): Normaalin valaistuksen virransyötön häiriintyessä käytettävä valaistus (1, s. 8).

Uloskäytävä (*emergency exit*): 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 (3, s. 4).

Varatie: Uloskäytävää vaikeakulkuisempi reitti, jota pitkin on mahdollisuus päästä turvaan palolta (3, s. 4).

Varavalaistus (*standby lighting*): Turvavalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on taata normaalin toiminnan jatkuminen oleellisesti muuttumattomana (1, s. 10).

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tehdään Ramboll Finland Oy:n tilauksesta selvitys tunneleiden turvavalaistuksen ohjeistuksesta. Ramboll on kansainvälinen suunnittelu- ja konsulttialan yritys. Suomessa Rambollilla työskentelee 1 900 asiantuntijaa eri liiketoimintalueilla. Opinnäytetyö tehdään Rambollin sähkösuunnitteluosaston tilaamana.

Olen päässyt työssäni suunnittelemaan Länsimetron turvavalaistusta. Työni aikana on herännyt paljon kysymyksiä siitä, miksi asiat tehdään niin kuin tehdään. Länsimetro on kokonaan maan alla, ja sen turvavalaistus poikkeaa kovasti rakennusten turvavalaistuksesta. Minulle heräsi mielenkiinto selvittää, mitä ohjeistuksia tunnelien turvavalaistukselle on.

Opinnäytetyössäni on tarkoitus selvittää tunneleiden turvavalaistuksen vaatimuksia ja standardeja sekä huomioida, mistä kaikista standardeista pitää vaatimuksia ja ohjeita etsiä. Tarkoitus on myös hakea ja tutustua eurooppalaisiin ohjeisiin ja standardeihin. Euroopassa metrotunnelit ovat laajempia ja vanhempia kuin Suomessa, joten Euroopasta toivoin saavani apua työhöni. Euroopassa on myös paljon tietunneleita, joissa on tapahtunut pahoja onnettomuuksia. Kiinnostaa tietää, onko Euroopassa lähdetty parantamaan tunneleiden turvallisuutta omilla standardeilla.

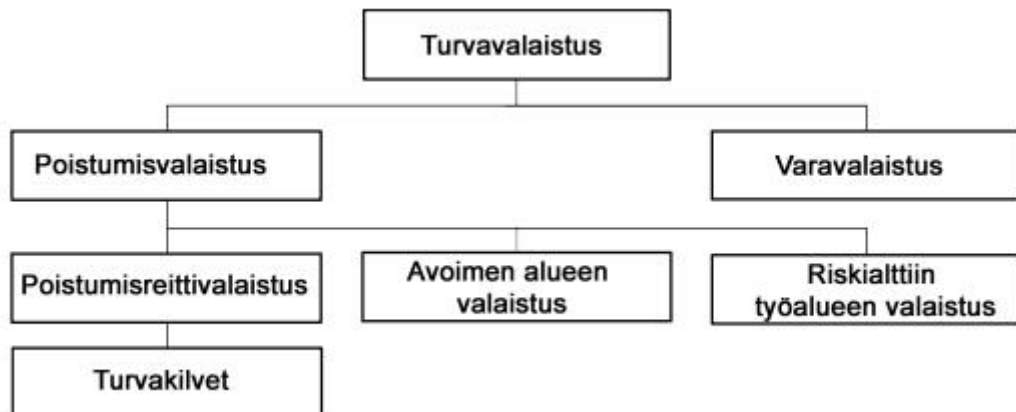
Suomessa erilaisten tunneleiden rakentaminen on lisääntynyt viime vuosina. Opinnäytetyöni tavoitteena on tutustua erilaisten tunneleiden ja maanalaisten tilojen turvavalaistusohjeistuksiin. Tarkoituksena on selvittää, onko erilaisten tunneleiden ohjeistuksissa niin suuria eroja, että näitä ei voitaisi yhdistää tai soveltaa toisiin tunneleihin.

Opinnäytetyössä tutustutaan myös palonkestävän johtojärjestelmän suunnitteluun. Turvavalaistuksen pitää toimia palon aikana ja tämä tuo haasteita turvavalaistuksen kaapelointiin. Palonkestäviä johtojärjestelmiä ja kaapelointia koskevat määräykset ovat hyvin tuoreita, ja tämä työ toi mahdollisuuden tutustua myös niihin kunnolla.

2 Poistumisreittivalaistus

2.1 Yleistä

Käsite *poistumisreittivalaistus* sisältää opasvalaisimet ja turvavalaisimet, kuten kuviosta 1 selviää.



Kuvio 1. Turvavalaistuksen erityismuodot (1, s. 6).

Rakennuksessa tulee olla tarpeeksi oikein sijoitettuja, riittävän väljiä ja helposti kuljettavia uloskäytäviä. Tulipalossa tai muussa hätätilanteessa rakennuksesta tulee voida poistua turvallisesti niin, että poistumisaika ei ole vaarallisen pitkä. Uloskäytävän tulee johtaa ulos maan pinnalle tai muualle turvalliselle paikalle palotilanteessa. (2, s. 23; 3, s. 27–28.)

2.2 Lait, asetukset ja standardit

Sisäasiainministeriön asetus SMA 805/2005 täydentää ja tarkentaa rakennusten poistumisreittien lainsäädäntöä, joka säädetään rakentamismääräyksissä ja pelastuslaissa. Asetus määrittelee velvoittavaksi standardin SFS-EN 50171, joka koskee keskitetyn tehonsyötön järjestelmiä. Toinen velvoittavaksi määritelty standardi asetuksessa on valaistusstandardi SFS-EN 60598-2-22. Valtioneuvoston turvamerkkipäätös 976/1994 on edelleen voimassa velvoittavana. Soveltuvin osin noudatettava turvavalaistusstandardi SFS-EN 1838 ja suositusluontoinen poistumisvalaistusjärjestelmiä käsittelevä standardi SFS-EN 50172 ovat myös tärkeitä. (2, s. 11; 4, s. 70; 5, s. 1; 6, s. 1.)

2.3 Valaistavat kohteet

Poistumisvalaistuksen tarve ja ominaisuudet määritellään rakennuksen käyttötavan ja tyyppin mukaan. Poistumisvalaistuksen toteutukseen ei ole olemassa yleispätevää ohjetta, joten suunnittelijan tulee itse määrittellä poistumisreitit ja poistumisopasteiden tarve. On olemassa kuitenkin taulukko, joka ohjeistaa suunnittelijaa oikeaan suuntaan. Tilat, joissa liikkuu ihmisiä, jotka eivät tunne paikkoja hyvin, pitää varustaa poistumisopasteilla. Kokoontumis-, liike- ja majoitustilat sekä hoitolaitokset ovat edellä mainittuja tiloja. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa E1 osana mainitaan, että nämä tilat tulee yleensä varustaa poistumisopasteilla ja poistumisreitivalaistuksella. Maanalaiset tilat ja korkeat rakennukset asettavat poistumisreittien merkitsemiselle erityisvaatimuksia, kuten myös muut tilat, joissa poistumisjärjestelyt eivät ole tavanomaisia. (2, s. 57–58; 3, s. 32.)

Taulukko 1. Poistumisopasteiden ja poistumisreitit valaistuksen tarve (5, s. 6).

	Poistumisopasteet	Poistumisreitit valaistus
Majoitustilat	+	+ ¹
Hoitolaitokset	+	+
Rangaistuslaitokset	+	+
Kokoontumis- ja liiketilat	+	+ ²
Toimistot ja muut työpaikkatilat	+	-
Tuotantotilat	+	- ³
Varastotilat	- ⁴	-
Autosuojat	+	-
Maanalaiset tilat	+	+
Yli 8-kerroksiset rakennukset	+	+

1 Yksikerroksisissa rakennuksissa, joissa poistumismahdollisuudet ovat hyvät (esimerkiksi poistumisen ollessa huoneista suoraan ulos) poistumisreitit valaistus voidaan jättää pois.

2 Tiloissa, joiden pinta-ala on suurempi kuin 300 m². Pienemmissä tiloissa poistumisreitit valaistus toteutetaan harkinnan mukaan.

3 Mikäli poistuminen on vaikeaa tai poistumisjärjestely on tavanomaisesta poikkeava, poistumisreitit on valaistava.

4 Tilassa ei työskennellä jatkuvasti.

3 Valaisimet

3.1 Opasvalaisimet

Poistumisopasteet on aina valaistuja. Niiden korkeus ja leveys on oltava vähintään 100 mm, lisäksi opasteen kokoa määrittelee katseluetäisyys ja kilven valaistustapa. Ulkopuolelta valaistu opaste näkyy huonommin kuin sisäpuolelta valaistu opaste, joten näillä on erilaiset vakiot kuvion korkeuden määrittelevässä kaavassa 1.

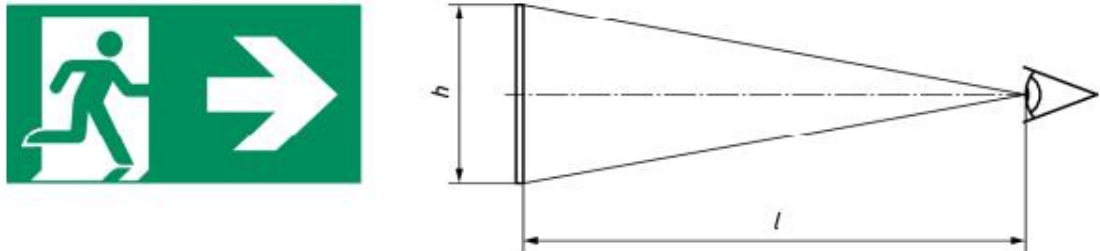
$$l = hxz \quad (1)$$

l on suurin katseluetäisyys

h on kilven kuvion korkeus

z on vakio, jonka arvo on 100 ulkopuolelta valaistuilla opasteilla ja 200 sisäpuolelta valaistuilla opasteilla.

Kuvio 2 selventää kaavan 1 tarkoitusta.



Kuvio 2. Katseluetäisyys (1, s. 20).

Poistumisopasteen on oltava muodoltaan suorakulmainen tai neliömäinen. Opasteen kuvan tulee olla valkoinen vihreällä taustalla, jonka osuus peittää vähintään 50 % merkin pinnasta. (7, s. 18.)

Poistumisopasteiden vaatimuksiin kuuluvat myös SFS-EN 1838 -standardissa asetetut kohdat:

- Värien on oltava standardin ISO 3864 Safety colours and safety signs mukaisia.
- Poistumisopasteiden luminanssin on turvallisuusvärillä merkityssä kohdassa oltava vähintään 2 cd/m^2 kaikissa kyseeseen tulevissa katselukulmissa.

- Suurimman ja pienimmän luminanssin suhde joko valkoisella tai turvallisuusvärillä merkityllä alueella ei saa olla suurempi kuin 10:1.
- Valkoisella merkityn alueen luminanssin $L_{\text{valkoinen}}$ suhde turvallisuusvärillä merkityn alueen luminanssiin $L_{\text{väri}}$ ei saa olla pienempi kuin 5:1 eikä suurempi kuin 15:1. (2, s. 31.)

3.2 Turvalaisimet

Sähköturvallisuussäädöksissä ja standardeissa on määritelty poistumisvalaistuksessa käytettävien laitteiden vaatimukset, jotka tulee täyttää. Laitteiden valmistaja tai maahantuoja vastaa tuotteidensa vaatimustenmukaisuudesta. Vaatimustenmukaisuusvakuutus on kirjallinen selvitys tuotteen täyttämistä vaatimuksista. Tuotteen valmistajan tai maahantuojan on voitava esittää vaatimustenmukaisuusvakuutus. (8, s. 12.)

Standardi SFS-EN 50171 kertoo, miten tulee suunnitella ja rakentaa akulla toimivat keskitetyn tehonsyötön järjestelmät. Standardi SFS-EN 50272-1 esittää akkujen turvallisuudelle vaatimukset, jotka on täytettävä.

Valaisimien rakenteen tulee täyttää standardin SFS-EN 60598-2-22 vaatimukset ja lisäksi niiden tulee olla asennuspaikan asettamien vaatimusten mukaisia. Valaisimien ominaisuuksien vaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 1838. (8, s. 12.)

Käytettäessä poistumisvalaistuksessa käytettäväksi suunniteltuja ja valmistettuja valaisimia täytyvät valaisimille asetetut vaatimukset. Muitakin valaisimia voi käyttää, jos ne täyttävät standardeissa esitetyt vaatimukset. Valaisimille asetettuja vaatimuksia ovat:

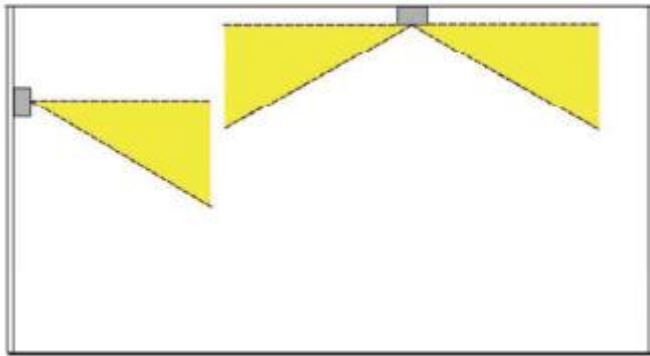
- Valaisimien tulee täyttää 850 °C:n kuumalankakoe, josta osoituksena valaisimessa on kuvion 3 mukainen tunnus.
- Liitäntälaitteen on kestävä 70 °C:n lämpötila vähintään tunnin ajan sekä toimitettava 50 %:n lamppuvirralla vähintään 1,5 h:n ajan.
- Loistelamppuvalaisimissa ei saa olla hohtosytytintä eikä valonlähteenä saa käyttää sisäänrakennetulla sytyttimellä varustettuja loistelamppuja.
- Valaisimen on kestävä 0,35 Nm:n iskukoe.
- Estohäikäisyn rajoittamiseksi valaisimen valovoima ei saa häikäisyalueella ylittää taulukossa 2 esitettyjä raja-arvoja. Häikäisyalue määritellään kuvioden 4 ja 5 mukaisesti erilaisilla poistumisreiteillä. Vaakatasossa olevilla poistumisreiteillä

häikäisyalue sijaitsee pystysuorasta alhaalta päin lukien 60–90 asteen kulmassa (kuvio 4) ja kaikilla muilla poistumisreiteillä häikäisyalue sijaitsee kaikkiin suuntiin valaisimesta (kuvio 5).

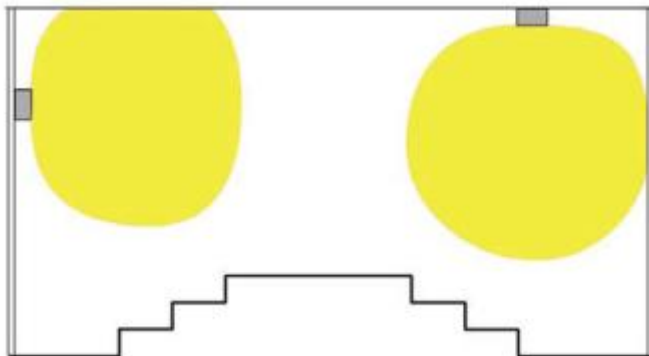
- Turvallisuusvärien tunnistamiseksi valaisimessa käytettävän lampun yleisen värintoistoindeksin R_a tulee olla vähintään 40 eikä valaisimen rakenne saa merkittävästi pienentää sitä. (8, s. 12.)

850°C

Kuvio 3. Kuumalankakokeen läpäisemisen osoittava tunnus (5, s. 4).



Kuvio 4. Häikäisyalue vaakatasossa olevalla poistumisreitillä (5, s. 4).



Kuvio 5. Häikäisyalue muilla kuin vaakatasossa olevilla poistumisreiteillä (5, s. 4).

Valaistusvoimakkuustasot ovat poistumisvalaistuksessa alhaisia, jolloin häikäisyä aiheuttaa helposti taustan ja valaisimen välinen kontrasti. Estohäikäisy on pääongelma, jolloin esteiden ja merkkien näkyminen estyy tai häiriintyy valaisimen suuresta lumi-

nanssista johtuen. Taulukossa 2 on esitetty suurimmat valovoimat, joita saa esiintyä häikäisyalueella. (8, s. 12–13.)

Taulukko 2. Poistumisvalaistuksessa käytettävän valaisimen suurin valovoima häikäisyalueella (8, s. 13).

Asennuskorkeus lattiasta h / m	Suurin sallittu valovoima I _{max} / cd	
	Poistumisreitit ja avoimen alueen valaistus	Riskialttiin alueen valaistus
h < 2,5	500	1000
2,5 < h < 3,0	900	1800
3,0 < h < 3,5	1600	3200
3,5 < h < 4,0	2500	5000
4,0 < h < 4,5	3500	7000
h < 4,5	5000	10000

SFS-EN 60598-2-22 -standardissa turvavalaisimet luokitellaan rakenteen ja toiminnan mukaan. Standardissa on velvoittava liite B, jonka sisältö esitellään seuraavaksi. Valaisinluokittelu esitetään turvavalaisimille seuraavalla toiminnan ja rakenteen mukaiseen luokitteluun perustuvalla alla kuvatulla neljästä nelikulmion lohkoista muodostuvalla merkinnällä sen käyttöohjeeksi. Nelikulmio on esitetty kuviossa 6. (2, s. 43.)

Nelikulmion on oltava kiinnitettynä muiden standardien IEC 60598-2-22:1997 ja SFS-EN 60598-2-22:1997 kohtien 22.4 ja 22.5 mukaisten merkintöjen lisäksi itse valaisimessa.



Kuvio 6. Nelikulmiot (2, s. 43).

Nelikulmiot on täydennettävä rakennetta ilmaisevilla kirjaimilla ja numeroilla:

- a) Ensimmäiseen lohkoon sisältyy yksi kohta: tyyppi
 - X yksikkövalaisin (omalla virtalähteellä)
 - Z keskusjärjestelmästä syötettävä

- b) Toiseen lohkoon sisältyy yksi kohta: toimintatapa
 - 0 ajoittain toimiva
 - 1 jatkuvatoiminen
 - 2 ajoittain toimiva yhdistelmävalaisin
 - 3 jatkuvatoiminen yhdistelmävalaisin

- 4 ajoittain toimiva yhdistelmäturvalaisin
- 5 jatkuvatoiminen yhdistelmäturvalaisin
- 6 oheisturvalaisin

c) Kolmanteen lohkoon sisältyy neljä kohtaa: välineistö

- A testilaitteilla
- B kauko-ohjattu lepotila
- C estotoiminnalla
- D riskialttiin työalueen valaisin

d) Neljänteen lohkoon sisältyy kolme kohtaa: itsenäisten valaisimien toiminta-aika minuuteissa

- 10 min
- 60 min
- 120 min
- 180 min.

X	0	A*C*	*60
---	---	------	-----

Kuvio 7. Esimerkki (2, s. 44).

Esimerkissä kuviossa 7 on ajoittain toimiva yksikköturvalaisin (omalla virtalähteellä), testilaitteilla ja estotoimintatapavarustuksella, valaisimen minimi toiminta-aika 60 minuuttia. (2, s. 43–44.)

3.3 Varavalaistus poistumisvalaistuskäytössä

Varavalaistuksen tulee täyttää kaikki edellä mainitut vaatimukset, mikäli sitä käytetään poistumisvalaistuksena (8, s. 13).

4 Poistumisvalaistuksen suunnittelu

4.1 Opastevalaisimien sijoittelu

Poistumisopasteet tulee sijoittaa niin, että opaste on koko ajan näkyvässä, kun poistumisreittiä kuljetaan. Uloskäytävät ja kulkureitit pitää olla selvästi havaittavissa tilan kaikista osista. Muut reitit ja aukot eivät saa vaikeuttaa ulospääsyn löytämistä. Poistumisopaste on sijoitettava jokaisen poistumisreitin oven yläpuolelle, jota käytetään poistumiseen. Opasteet sijoitetaan yleensä korkealle, jotta ne näkyvät paremmin. Ylös nouseva savu palotilanteessa kuitenkin estää korkealle sijoitettujen opasteiden näkemisen. Poistumisvalaistusta on tarkoituksenmukaista täydentää matalalle tai lattialle sijoitetuilla poistumisopasteilla. Valaistusvoimakkuus- ja häikäisynrajoitusvaatimukset tulee ottaa huomioon valaisimien sijoittelussa. Tarkempia valaistuslaskelmia täytyy tehdä normaalista poikkeavilla asennuskoroilla ja tätä varten tarvitaan valaisinvalmistajien valonjakokäyriä. (2, s. 32–33, 59–63.)

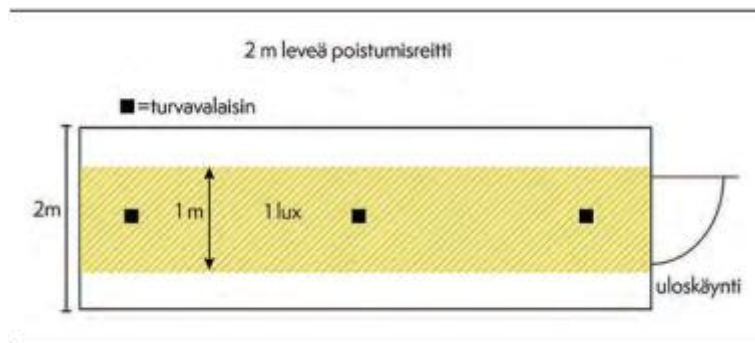
4.2 Poistumisreitien valaistus

Poistumisopasteiden on oltava aina valaistuja ja opasteiden valaistuksen tulee toimia aina tavallisesta valaistuksesta riippumatta. Muu valaistus poistumisreitillä syttyy, kun tavallinen valaistus menee epäkuuntoon. Valaistus käynnistyy myös siinä tapauksessa, että vain osa rakennuksen valaistuksesta menee epäkuuntoon. Valaistus toimii turvalliseen poistumiseen vaadittavan ajan, vähimmäisvaatimus on yksi tunti. Vaadittava aika riippuu seuraavista tekijöistä: rakennuksen ja tilojen käyttötapa, rakenteelliset ominaisuudet, tiloissa olevien ihmisten valmiudet ja muut poistumisturvallisuuden riskit. Valaistuksen toiminta turvataan tavallisen valaistuksen sähkösyötöstä riippumattomalla virransyötöllä, joka yleensä tarkoittaa automaattisesti kytkeytyviä akkuja. (2, s. 29–32.)

4.2.1 Poistumisreitien valaistusvoimakkuus

Lattian tasossa valaistusvoimakkuuden tulee olla poistumisreitien keskilinjalla vähintään 1 lx, eikä suurimman ja pienimmän valaistusvoimakkuuden ero saa olla kuin maksimissaan 40:1. Keskivyöhykkeellä, joka on 2 metriä leveällä poistumisreitillä vähintään 1 metri, tulee valaistusvoimakkuuden olla vähintään puolet keskilinjan valaistusvoimakkuudesta. Kuviossa 8 on kuvattu kyseistä vaatimusta. Keskivyöhyke on vähintään puo-

let poistumisreitien leveydestä. Yli 2 metriä leveitä poistumisreittejä voidaan tulkita avoimin alueina tai kuvitella siihen 2 metriä leveä kaista. 60 sekuntia on aika, jona poistumisreitivalaistuksen tulee saavuttaa täysi valaistusvoimakkuus. 5 sekunnin aikana valaistusvoimakkuuden tulee olla jo 50 % vaaditusta valaistusvoimakkuudesta. (2, s. 38–39.)



Kuvio 8. Poistumisreitien valaistuksen määrittely (2, s. 38).

4.2.2 Toiminta-aika

Poistumisvalaistuksen toiminta-ajan vähimmäisvaatimus on yksi tunti. Suunnittelussa tulee miettiä, onko perusteltua valita pitempi toiminta-aika, esim. kolme tuntia. Poistumisjärjestelyjen poiketessa tavanomaisesta 3 tuntia määriteltynä toiminta-ajaksi on perusteltua. Pelastusviranomaiselta tai rakennusvalvontaviranomaiselta kannattaa kysyä, onko näillä ehtoja toiminta-ajalle. (2, s. 58–59.)

5 Maanalaiset tilat

5.1 Poistumisturvallisuus

Suomessa turvallisuuteen liittyviä määräyksiä ei ole erikseen maanalaisille tiloille. Yleisiä rakentamiseen tarkoitettuja ohjeita ja määräyksiä on sovellettu maanalaisiin tiloihin. Maanalaisissa tiloissa lämpö ja savu eivät poistu tulipalossa samalla tavalla ovista ja ikkunoista kuin maanpäällisissä tiloissa. Palon leviämisen rajoittaminen maanalaisissa tiloissa on vielä tärkeämpää kuin maanpäällisissä rakennuksissa. Maanalaiset tilat ketjuuntuvat, ja tämäkin aiheuttaa vaaran, että tilojen välille syntyy virtauksia, jotka levittävät savua ja paloa nopeasti. Liian suureksi kasvaneen palon sammuttaminen maanalaisissa tiloissa on käytännössä mahdotonta. Tehokas tilojen erottaminen toisistaan on ainoa keino estää maanalainen aluepalo. (9, s. 20–21, 23.)

Ihmisillä voi olla vaikeuksia hahmottaa maanalaiset tilat ja eri tilojen eri osien keskinäiset yhteydet, mikä voi vaikeuttaa lyhimmän poistumisreitit löytämistä. Savukaasut nousevat aina ylöspäin, ja ne voivat päästä porraskäytäviin vaikeuttamaan poistumista, ellei tätä huomioida suunnittelussa. (10, s. 4–5.)

Poistumisen aikana sattuvien tapaturmien ja poistumisen estymisen näkökulmista arvioidaan henkilöiden riskejä. Poistuminen voi estyä kahdesta syystä. Henkilö ei ehdi havaita paloa ennen kuin on liian myöhäistä poistua, tai poistumiseen tarvittava aika on suurempi kuin aika, joka kuluu vaarallisten olosuhteiden syntymiseen. Vaarallisia olosuhteita, ovat myrkylliset ja näkyvyyttä häiritsevät savukaasut kulkureiteillä. Tulipalon kuumuus ja sortuvat rakenteet sekä kalusteet ja laitteet voivat estää poistumisen. Muiden ihmisten aiheuttamat ruuhkat ovat myös vaaraksi. (11, s. 24.)

Poistumisnopeutta hidastaa maanalaisissa tiloissa poistuminen ylöspäin. Kävelynopeus vähenee 50 % portaikossa verrattuna tasaisella alustalla kävelyyn. Ongelmana maanalaisissa tiloissa poistumisturvallisuudessa pidetään myös seuraavia asioita:

- Maanalaista tilaa ei voi nähdä ulkoapäin, joten sen hahmottaminen on vaikeaa, mikä puolestaan vaikeuttaa tilan eri osien keskinäisten yhteyksien ymmärtämistä ja sen vuoksi lyhimpien kulkureittien löytämistä uloskäytäviin.
- Maanalaiseen tilaan mentäessä kuljetaan alaspäin, mikä aiheuttaa yleistä epävarmuuden tunnetta.

- Ikkunoiden puuttumisen seurauksena kiintopisteiden saaminen on vaikeaa, mikä hankaloittaa suunnistamista tiloissa.
- Jotkut ihmiset kärsivät ahtaan paikan kammosta, joka tulipalon sattuessa voi entisestään pahentua.
- Yleinen käsitys lienee, että maanalaiset tilat ovat erityisen vaarallisia palotilanteissa.
- Savu saattaa nousta uloskäytävien portaikkoihin, mikäli näiden suunnitteluun ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota. (11, s. 25, 70.)

Maanalaisia tiloja, joissa tulee pääsääntöisesti käyttää kohdekohtaista toiminnallista paloturvallisuustarkastelua ovat mm.

- kokoontumistilat
- metroasemat
- pysäköintitilat
- yhteiskäyttötunnelit
- huoltokadut
- sähköasemat
- kaapelitunnelit
- kylmäkeskukset
- varastot (hiilisiilot, jne.)
- prosessitilat (jätevedenpuhdistamot, jne.) (11, s. 47.)



Kuvio 9. Kaluston ja potilaiden siirto maan alla on aina haastavaa, vaikka ei olisi tulipaloa ja savua (12).

Länsimetron liikennöinti alkaa syksyllä 2016, ja jo nyt on järjestetty 30 pelastusharjoitusta Länsimetron tunneleissa. Metrotunnelissa haasteita tuovat olosuhteet ja viestiliikenne. Tunneleissa eksyy helposti, kun suuntavaisto katoaa. Viestiyhteyksien turvaaminen syvälle tunneliin vaatii neljä linkkimiestä. Onnettomuuspaikalle 40 metrin syvyyteen voi olla 600 metrin matka maan pinnalta. On tärkeää tietää ajoissa, mitä kalustoa tarvitsee maan alle viedä. Kuviossa 9 on kuva Länsimetrossa tapahtuvasta pelastusharjoituksesta. (12.)

Maan alla tulipalossa kuumuus voi nousta niin korkeaksi, että palomiehet eivät voi mennä lähellekään palopesäkettä. Ainoa keino palon sammuttamiseen on tällöin automaattinen sammutusjärjestelmä. (9, s. 24.)

5.2 Poistumistilanne

Tulipalotilanteessa poistumiseen käytettävä aika voidaan laskea mallin avulla, mutta näissä malleissa huomioidaan yleensä vain fyysistä siirtymisvaihetta. Poistuminen sisältää kuitenkin vaiheita ennen varsinaista siirtymisen aloittamista. Ensin tehdään päätös siirtymisen aloittamiseksi ja sitten valmistellaan siirtymisen aloittamista. Nämä vaiheet voivat kestää pidempään kuin itse siirtyminen. Suurissa monikerroksisissa raken-

nuksissa monesti arvioidaan todellisen poistumisajan olevan kaksinkertainen verrattuna laskennalliseen aikaan, kun tilannetta on etukäteen harjoiteltu ja poistumisjärjestelyt on hyvin organisoitu. Mikäli tilanne on vieras ja poistumisjärjestelyissä on puutteita, voi poistumisaika olla jopa kolminkertainen verrattuna laskennalliseen aikaan. (13, s. 15.)

Uloskäytävät eivät saisi olla sekavia. Portaiden ja rakenteiden tulisi olla mahdollisimman normaaleja. Pääsääntöisesti ovien tulisi avautua kulkusuuntaan ja kaikkien poistuvien henkilöiden tulisi saada ne omilla voimillaan auki. Uloskäytävien suuaukko ulkona tulisi olla sellaisessa kohdassa, josta voi nopeasti siirtyä pois rakennuksen vierestä ilman ruuhkaa. Lopulliset uloskäynnit ja lähistöt 2 metrin etäisyydeltä ja ulkopuolella sijaitseva kokoontumispaikka tulisi valaista. (1, s. 12; 13, s. 19.)

Liikennetunneleita varten on poistumiseen aineistoa, mutta muiden maanalaisten tilojen poistumisesta on vain muutamia kirjoituksia. Maanalaisten tilojen suunnittelussa sovelletaan yleisiä rakentamista koskevia määräyksiä eli Suomessa rakentamismääräyskokoelman mukaan E1 (2011) sisältyviä vaatimuksia. Kansainvälisesti tilanne on samanlainen. (14, s. 102.)

Tunnelipaloissa ei ole aikaa ja vaihtoehtoja pelastautumiseen yhtä paljon kuin rakennuspaloissa, koska tunneleissa olosuhteet heikkenevät monesti varsin nopeasti. Ihmiset eivät yleensä tunne metroasemien poistumistiejärjestelyjä, vaikka he käyttävät metroasemaa päivittäin. Ihmiset pyrkivät poistumaan poispäin palosta, vaikka pitäisi mennä savun läpi. Ihmiset käyttävät palotilanteessa poistumiseen yleensä reittiä, josta he ovat tilaan saapuneet, jos uloskäytäviin ei erikseen opasteta. Maanalaisissa tiloissa tapahtuneista tulipaloista on tehty seuraavia havaintoja. ”Turvajärjestelmät ja -laitteet voivat pettää. Tulipalo ja savu leviävät nopeasti erityisesti tunneleissa. Poistumisreitit tukkeutuvat usein. Erilaiset turvajärjestelmät voivat estää tai haitata poistumista. Valvottu maanalaiset tilat ja turvajärjestelmät parantavat henkilöturvallisuutta. Loukkuun jääneiden ihmisten pelastaminen voi olla vaikeaa. Maanalaisten tilojen suunnittelussa ei ole otettu huomioon riittävän vakavia palotilanteita.” (13, s. 21.)

5.3 Poistumisreittien merkitseminen ja valaistus maanalaisissa tiloissa

Osoitteisto maan alla ja yhteydet maan päälliseen tie/katuverkostoon sekä kovaääniset ja kuulutusjärjestelmät kuuluvat poistumisen ja pelastamisen opastamiseen. Näiden näkyvyys ja kuuluvuus on taattava poistumisalueilla ja -reiteillä oikealla sijoittamisella. (11, s. 68.)

Kaikki uloskäytäviin johtavat reitit on varustettava selkeillä opasteilla ja suuntanuolilla, sen lisäksi niiden tulee olla hyvin valaistuja. Suuntanuolet tulee sijoittaa myös lattiaan tai muuten alle 1,5 metrin korkeuteen niin, että mahdollinen savukerros ei estä niiden näkymistä. Nousukorkeus ja etäisyys turvalliseen tilaan sekä osoitteisto tulee merkitä opasteisiin. Valaistus tulee suunnitella siten, että mahdollinen savukerros ei heikennä poistumisteiden näkyvyyttä haitallisesti. Osa valaisimista tulee sijoittaa riittävän alas. (11, s. 68–69.)

Oikein toteutetulla kuulutusjärjestelmällä voidaan parantaa henkilöturvallisuutta merkittävästi. Kuulutuksilla voidaan ohjata ihmisiä oikeaan suuntaan. Lisäksi voidaan käyttää näyttötauluja poistumisopasteita täydentävänä osana. Näyttötauluilla voidaan antaa lisäohjeita ja tietoa tilanteesta. (11, s. 75–76.)

Ihmiset tulee ensisijaisesti ohjata niille uloskäytävälle, joihin saadaan riittävästi korvausilmaa ja pystytään pitämään savu poissa. Näin poistumisolosuhteet varmennetaan pidemmäksi aikaa. (11, s. 76.)

Erityistä huomiota tulee kiinnittää huolto- ja kunnossapitotoimiin, jotta turvallisuuteen vaikuttavat laitteet pysyvät kunnossa. Käyttö- ja huolto-ohjeiden on oltava kunnossa ja ajan tasalla. (11, s. 81.)

Tunneleiden valaisimien tulee olla korroosion kestäviä sekä tiiviitä (IP 65) suihkuveden pitäviä, mahdollista vesisuihkupesua varten. Tunnelien tärinän takia lampunpitimien ja valaisimien kannakoinnin tulee olla tärinän kestäviä, jotta lamput eivät irtoa niistä. (15, s. 330.)

5.4 Paloturvallisuuden parantaminen

Maanalaisissa tiloissa tulee käyttää laitteissa ja asennuksissa palamattomia ja ei helposti syttyviä materiaaleja. Palavat materiaalit tulee valita niin, että ne tuottavat mahdollisimman vähän lämpöä, savua ja myrkyllisiä savukaasuja. Palokuorman määrää tulee rajoittaa ja kaikki palavat laitteet tulee sijoittaa tai suojata niin, että ne eivät edistä palon leviämistä. Tähän kuuluu osastoivien rakenteiden läpivientien toimivuus.

Palon ilmaisen, sammutusmenetelmien käytön ja savunpoiston suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota maanalaisissa tiloissa. Ilmavirtausten voimakkuudet ja niiden suunnat, vallitsevat paine-erot, käytävien ja poistokanavien pituudet sekä lämpötilat ja kosteus tulee ottaa huomioon. (10, s. 5–6.)

6 Tietunnelit

6.1 Standardin laajuus

Eurooppalainen standardi EN 16276:2013 turvavalaistuksesta tietunneleihin koskee yli 500 metrin pituisia tunneleita, joissa vuodessa kulkee keskimäärin yli 500 ajoneuvoa päivässä. Standardi on osoitettu ensisijaisesti turvavalaistukseen poistumisreiteillä, hätäuloskäynneillä ja yhdystunneleissa, ja samalla se antaa käytännöllisiä neuvoja koskien asennuksia ja huoltoa tietunneleissa.

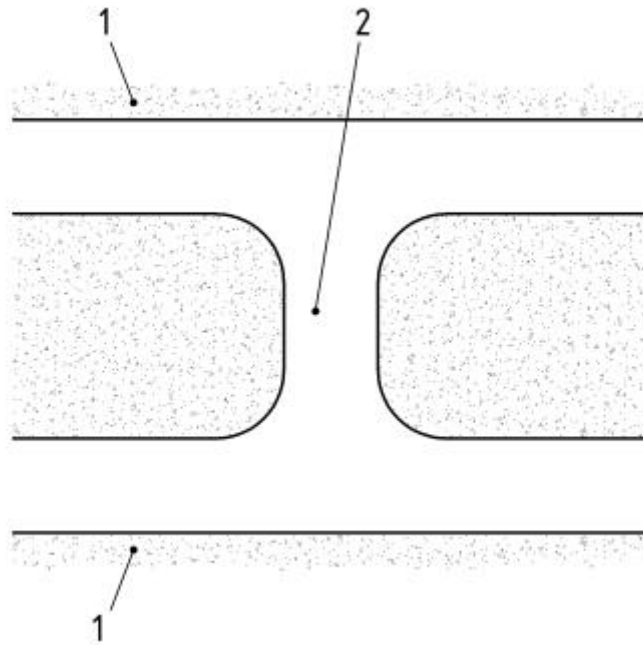
Suositus on soveltaa standardia myös alle 500 metrin pituisiin tunneleihin, varsinkin jos tunnelissa on paljon liikennettä, jyrkkiä mutkia tai jyrkkiä kaltevuuksia.

Valaistustaso ja yleinen varustelutaso turvavalaistus asennuksille perustuu kokemukseen ja huomioi välttämättömän turvallisuuden kannalta ihmisille, jotka ajavat tunnelin läpi onnettomuuden tai etenkin tulipalon sattuessa. On erilaisia tunneleita sekä rakenteeltaan että liikenteen kannalta ja monenlaisia onnettomuuksia voi tapahtua. Standardi EN 16276:2013 huomioi listan minimimääräyksiä tunnelien turvavalaistukselle, joita voi täydentää erityisellä riskianalyysillä tiettyyn tunneliin. Standardiin ei kuulu merkkien ulkoasu. (16, s. 5.)

6.2 Tietunnelien termit ja määritelmät

6.2.1 Tunnelin rakenteelliset osat

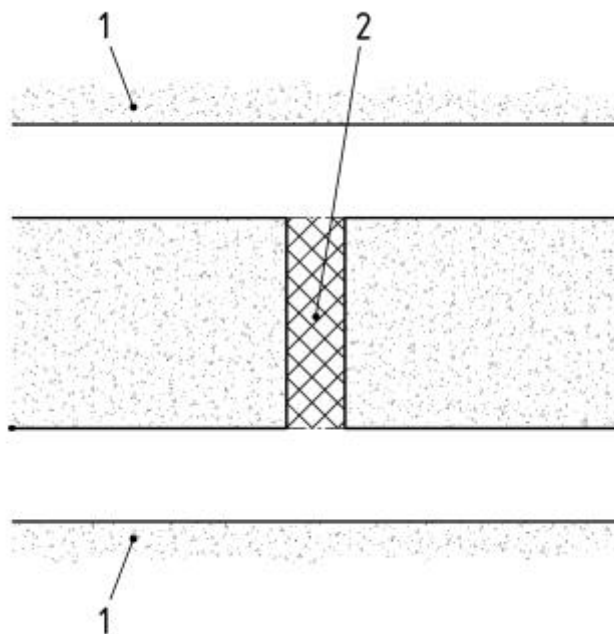
- päättunneli: osa tunnelista, joka sisältää ajoradan (kuvio 12)
- ajorata: osa tiestä, jota käyttää ajoneuvoliikenne, normaalisti jaettu kaistoihin
- ajoneuvojen risteyskohta (tunneleiden välillä): ajoneuvojen ajoratayhteys viereiseen tunneliin (kuvio 10)
- jalankulkijoiden risteyskohta (tunneleiden välillä): jalankulkijoiden tunneliyhteys viereiseen tunneliin (kuvio 11)



Kuvio 10. Ajoneuvojen risteyskohta (16, s. 6).

1 päätunneli

2 ajoneuvojen risteyskohta

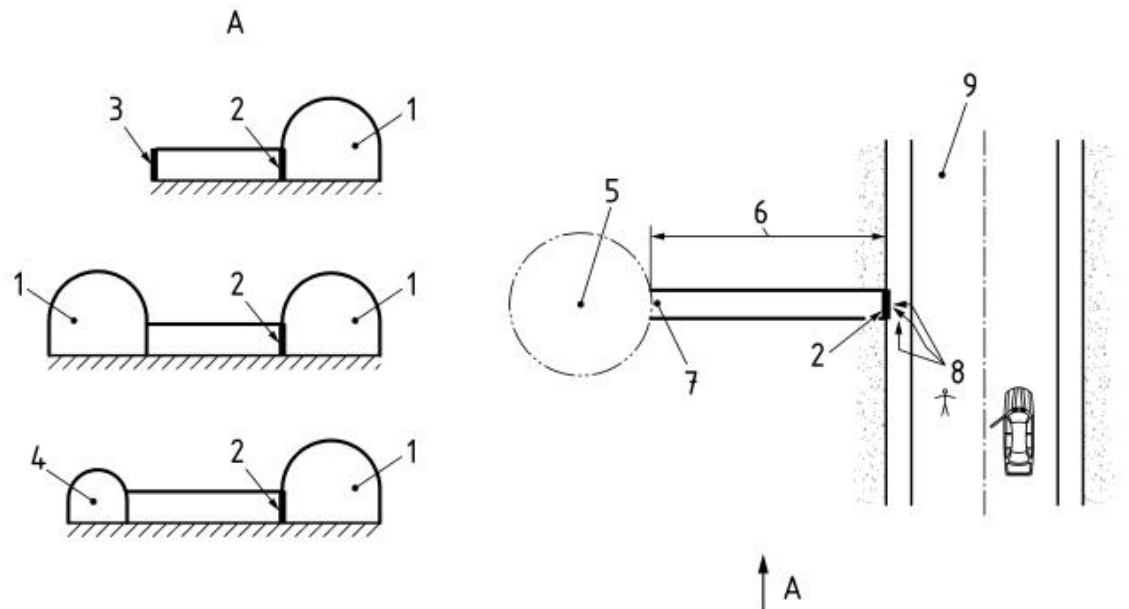


Kuvio 11. Jalankulkijoiden tunneliyhteys (16, s. 6).

1 päätunneli

2 jalankulkijoiden risteyskohta

- poistumisreitti päätunnelin sisäpuolella: jalankulkijareitti paikallaan olevalta autolta hätäuloskäynnille
- hätäuloskäynti: uloskäynti tarkoitettu käytettäväksi jalankulkijoille heidän paetessaan päätunnelista turvalliselle alueelle (suoraan tai poistumisreittiä pitkin)
- poistumisreitti päätunnelin ulkopuolella: jalankulkureitti hätäuloskäynnin jälkeen



Kuvio 12. Tunnelin rakenteiden esimerkkejä (16, s. 7).

- 1 päätunneli
- 2 hätäuloskäynti
- 3 ulko-ovi
- 4 turvatunneli
- 5 turva-alue
- 6 poistumisreitti päätunnelin ulkopuolella
- 7 lopullinen uloskäynti
- 8 poistumisreitti päätunnelin sisäpuolella
- 9 ajorata

6.2.2 Tietunneli poistumisvalaistus termit

Tietunnelistandardissa mainitut termit eroavat hiukan normaalin turvalaistuksen termeistä, joten tässä on selitettynä tärkeimmät. Termeissä aina englanninkielinen termi on ensisijainen ristiriitatilanteissa.

- varvalaistus: osa normaalia valaistusta, joka pitää tunnelin valaistustason tietyllä tasolla myös sähkökatkon aikana
- poistumisopasteet: valaisimet joiden tehtävä on opastaa tunnelin käyttäjät evakuoimaan tunneli jalkaisin hätätilanteessa kuten tulipalossa
- evakuointireitin merkkivalaistus: valaistusta käytetään opastamaan jalankulkijoita ja rajaamaan evakuointireitti hätäuloskäynnille
- hätäuloskäyntivalaistus: valaistus tekee hätäuloskäynnistä näkyvän ja tunnistettavan
- hätäuloskäynti merkkivalaistus: valaistusta käytetään rajaamaan hätäuloskäynnin karmi
- evakuointireittivalaistus: valaistus turvaa, että reittiä voidaan käyttää turvallisesti poistumiseen tunnistamisen ja paikantamisen jälkeen
- evakuointiin käytettävä aika: aika, joka vaaditaan poistumisvalaistuksen kestoksi.

(16, s. 7–8.)

6.3 Valaistus erityisillä alueilla hätätilanteessa

Hätätilanteessa valaistuksella on kaksi päätehtävää:

- turvata opastus ja näkyvyys ajajille heidän poistuessa tunnelista ajoneuvollaan (varvalaistus)
- turvata opastus ja näkyvyys ihmisille, jotka lähtevät ajoneuvoista ja poistuvat tunnelista jalkaisin.

Kaikkien tässä mainittujen valaistusjärjestelmien tulee toimia keskeytymättömällä sähkön syötöllä järjestelmällä, joka takaa yhtäjaksoisuuden. Hätätilanteessa evakuointitavan keston mukaan tulee kansalliset vaatimukset. Jos kansallista standardia ei ole olemassa, todenmukainen kesto on vähintään 30 min tai tulokset katsotaan erillisen evakuointitutkimuksen mukaan. (16, s. 8.)

Tarkastelu ja testaus tunnelin poistumisvalaistusjärjestelmälle tulee tehdä standardin EN 50172 mukaan, ellei olemassa oleva kansallinen määräys ohjeista muuta. (16, s. 8.)

6.4 Ajamisen valaistus

6.4.1 Ajorata

Tarkoituksenmukainen opastus ajoradalla on valaistus vaatimus, jonka tulee toimia normaalien sähkönsyötön katketessa. Opastus tulee tehdä standardin CEN/CR 14380:2003, lauseen 7 tai kansallisen suosituksen tai standardin mukaan. (16, s. 8.)

6.4.2 Ajoneuvojen risteyskohta

Hätätilanteessa keskiarvon arvo on säilytettävä vaakasuorassa valaistuksessa ja tasaisuus valaistuksessa ajoneuvojen risteyskohdassa tulee olla vähintään samanarvoinen arvo kuin ajoradan sisäisellä alueella päätunnelissa (16, s. 9).

6.5 Jalankulkijoiden opastus

6.5.1 Yleistä

Kun näkyvyys on normaali, normaalin valaistuksen tai varavalaistuksen päätunnelissa voidaan olettaa olevan riittävä tarkoitukseensa. On havaittu, että ajoneuvojen haltijoilla on tapana pysyä ajoneuvoissaan ja he ovat haluttomia lähtemään varhaisessa vaiheessa autoistaan hätätilanteessa. On vahvasti suositeltavaa käyttää erillistä järjestelmää, joka käskyy ihmisiä poistumaan ajoneuvoista. (16, s. 9.)

6.5.2 Poistumisreitti päätunnelin sisällä

Hätätilanteessa päätunnelin ajorata muuttuu jalankulkureitiksi pakenemista varten hätäuloskäynneille. Poistumisreittien merkkivaloilla täydennetään normaalivalaistusta tai varavalaistusta. Tietyissä tilanteissa, kun näkyvyys on huono, kehoitetaan tunnelin käyttäjiä turvaan opastamalla ja helpotetaan heidän poistumista tunnelista kohti hätäuloskäyntejä.

Poistumisreitti tulee olla selvästi ja yksiselitteisesti merkitty poistumistiemerkkivalaisimilla. Harvennuksen tulee olla alle 25 m ja valaisin ei saa olla ylempänä kuin 1,5 m korkealla ajoradan tasosta. Tämä tulee tehdä vähintään yhdelle puolelle tunnelia, missä hätäuloskäynnit sijaitsee. Mikäli on kolme tai enemmän liikennekaistoja, on harkittava varausta poistumisreitimerkkivalaistukselle molemmille puolille tunnelia, turvaamaan selvän opastuksen kohti hätäuloskäyntejä. (16, s. 9.)



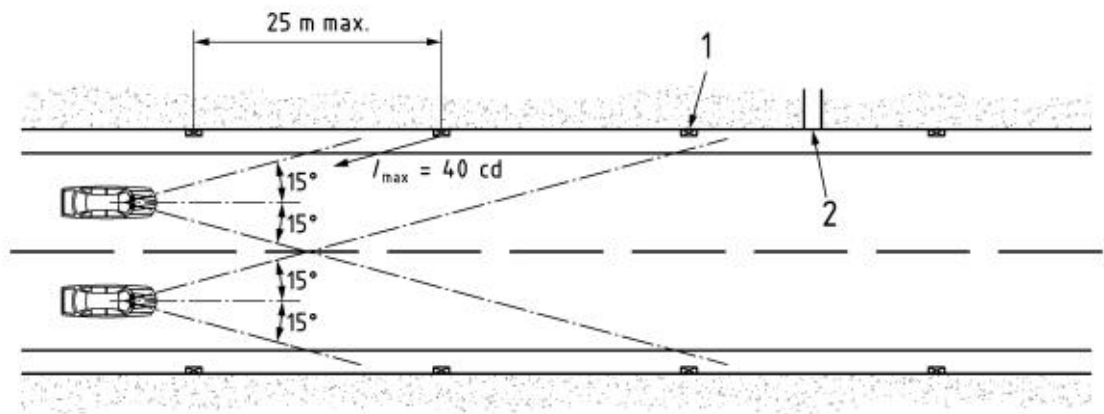
Kuvio 13. Poistumismerkkivalaisin tunnelissa (17).

Poistumisreitimerkkivalaisimien pitää olla toimintakunnossa koko ajan pitkin poistumisreittiä valaistukseen hädässä tai valaistukseen aina. Silloin kun merkit ovat pysyvästi valaistuksessa, määräys rajoittaa kiusallisen häikäisyn voimakkuutta ja suuntaa rajalliseksi.

Pyrkimys on, että kirkkauden voimakkuus joka valaisimella ei ylitä 40 cd:n normaalitilan aikana keilassa 2 x 15° akselia muodossa ajajan havaintosuuntaan Kuvio 14 selvittää asiaa. Evakuointitilanteessa merkkien teho voi nousta.

Näkyvyyttä parannetaan savussa säilyttämällä minimikirkkaudenvoimakkuus, joka valaisimella joka suuntaan, jonka voi nähdä paetessa jalkaisin. Pitää olla varovainen valaisimien harventamisessa. Joka metrillä on säilytettävä 0,1 cd:n minimikirkkauden

voimakkuus. Harvennuksessa valaisimien välillä valaisimien minimikirkkauden voimakkuus on 1 cd. Esimerkiksi: Etäisyyden ollessa valaisimien välillä 15 m minimi säilytettävä kirkkaus voimakkuus on 1,5 cd. Tunnelin ollessa leveä valaisimien minimikirkkauden voimakkuuden pitää olla saavutettu ja on hyvä olla varovainen harventaessa valaisimia tunnelin leveyden suhteen käyttämällä samaa sääntöä kuin edellä. (16, s. 9.)



Kuvio 14. Kirkkauden voimakkuus kohti ajajaa (16, s. 10).

1 poistumismerkkivalaisin

2 häätäuloskäynti

Näkyvä välkkymisefekti pitää välttää standardilla CEN/CR 14380:2003 tai kansallisella suosituksella tai standardilla.

Vaihtoehtoinen tapa merkitä poistumisreitti päätunnelissa on hyväksyttävää, jos näkyvyys kaikissa tilanteissa mukaan lukien savu on samanarvoinen tai parempi kuin järjestelmänä joka on kuvattu yllä. (16, s. 10.)

6.5.3 Hätäuloskäynnit

Yleistä

Hätäuloskäynnit on selvästi tunnistettavissa niille varatulla hätäuloskäyntivalaistuksella, joka auttaa rohkaisemaan ajoneuvon haltijaa lähtemään ajoneuvostaan tarpeen vaatiessa.



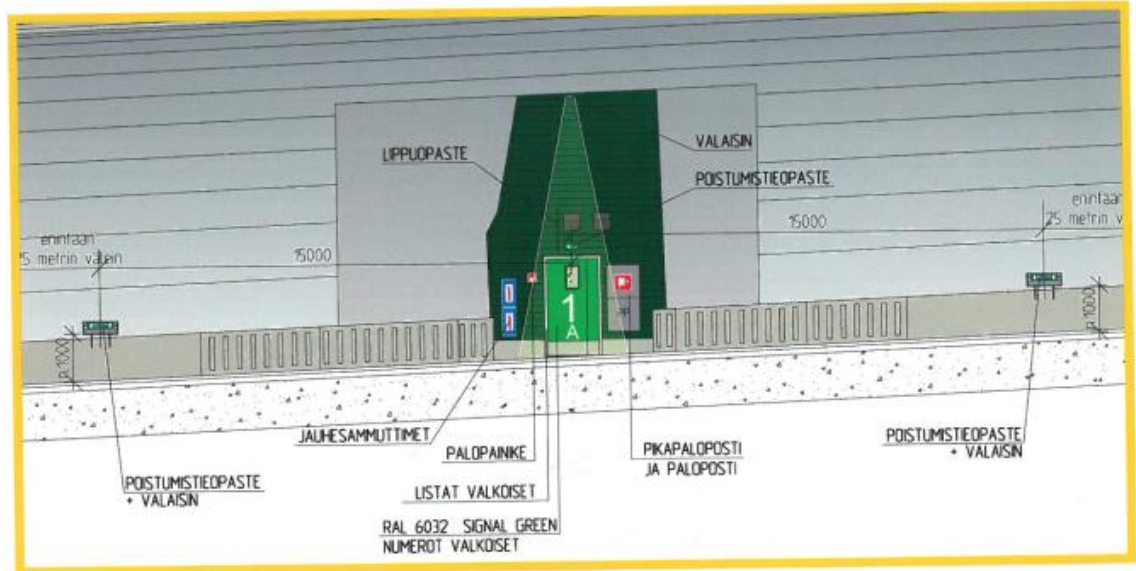
Kuvio 15. Lippuopaste hätäuloskäynnin kohdalla (18, s. 18).

Hätäuloskäyntien valaistuksella on kaksi tavoitetta. Ensimmäinen on tehdä hätäuloskäynnit riittävän näkyväksi, jotta käyttäjät tottuvat niiden läsnäoloon normaaliolosuhteissa. Toinen on korostaa hätäuloskäyntejä, kun niitä tarvitaan evakuointiin. Nämä kaksi tavoitetta voidaan saavuttaa käyttämällä yhtä järjestelmää tai eri järjestelmiä. (16, s. 10.)

Nämä kaksi tavoitetta voidaan saavuttaa joko merkitsemällä hätäuloskäynnit (vaadittava) tai valaisemalla (suositus). Hätäuloskäynnin tekeminen vielä näkyvämmäksi onnistuu, kun pinta on värillinen. Tunnistamisen helpottamiseksi värin tulisi olla vihreä. Hätämerkkien ulkonäkö on käsitelty kansainvälisissä standardeissa ISO 3864-1 ja ISO 7010 kansallisten standardien puuttuessa. (16, s. 10.)

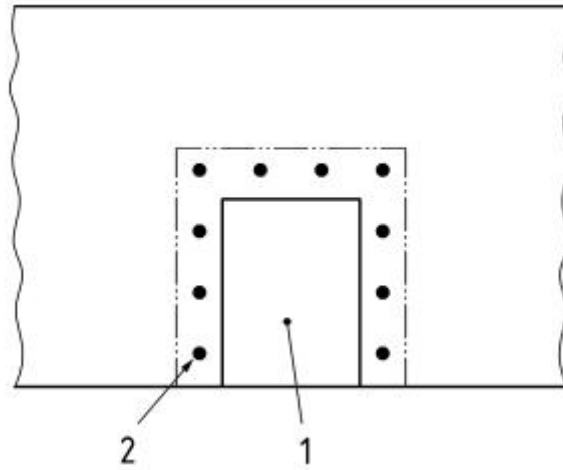
Hätäuloskäyntien merkitseminen

Vihreät hätäuloskäynnin merkkivalaisimet pitää järjestää molemmin puolin hätäpoistumisoven ympärille. Esimerkki järjestyksestä on esitetty kuviossa 16.



Kuvio 16. Hätäuloskäynnin yhteydestä löytyvät kaikki turvavarusteet (18, s.18).

Hätätilanteen aikana on suositeltavaa, että valot välähtävät herättämään huomion pakenemaan jalkaisin. Rajat välkynnän taajuudelle ovat 0,5–2 Hz kirkkauden voimakkuuden pysyessä yli 100 cd jokaiseen suuntaan on hyväksyttävää. (16, s. 10.)



Kuvio 17. Esimerkki vihreästä hätäuloskäynnin merkkivalaistuksesta (16, s. 11).

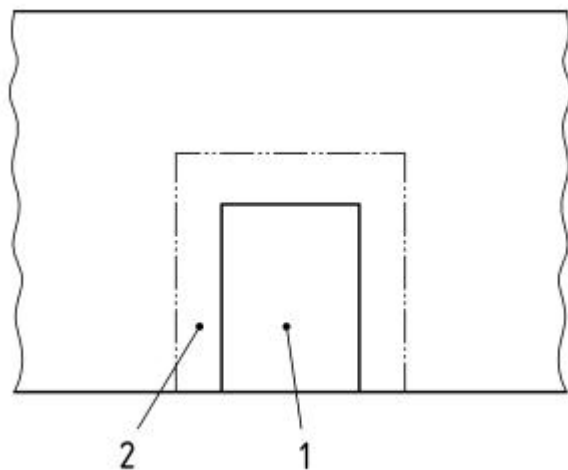
1 hätäuloskäynti

2 vihreät hätäuloskäynti merkkivalaisimet

Valaistus

Määräys on tehdä hätäuloskäynnit näkyvämmäksi ja totuttaa tunnelien käyttäjät niiden sijaintiin ja muotoon. Joka uloskäynnillä on ovi ja sen edustalla oleva alue valaistaan ulkoisesti tai sisäisesti (esimerkki kuviossa 18).

Hätäuloskäynnin valonlähteiltä edellytetään hyvää värintoistoa viimeistelemään vihreä pinta. Kun lasketaan raja-arvotasoa päätunnelin valaistukselle, luminanssi, jota käytetään hätäuloskäynnin valaistukseen, voi nousta merkitykselliseksi. (16, s. 11.)



Kuvio 18. Esimerkki hätäuloskäynnin valaistuksesta (16, s. 11).

1 hätäuloskäynti

2 valaistualue

6.5.4 Poistumisreitti päätunnelin ulkopuolella

Hätätilanteessa evakuointireittivalaistus turvaa maassa keskiarvoisen valaistustason, joka on vähintään sama kuin päiväsaikaan tunnelin sisemmällävyöhykkeellä, kokonaisarvon (min/ave) ollessa vähintään 0,2. Seinien keskiarvo valaistusvoimakkuuden tulee olla vastaava aina 1,5 metrin korkeuteen asti. Valonlähteillä tulee olla värintoistoindeksi vähintään 40. (16, s. 11–12.)

7 Rautatietunnelit

7.1 Poistumistiet

Yli 500 metriä pitkissä tunneleissa pitää rakentaa kulkutie vähintään toiselle puolelle raidetta, jos tunnelissa on vain yksi raide. Kaksiraiteisissa tunneleissa pitää olla kulkutie molemmilla puolilla tunnelia. Moniraiteisissa tunneleissa pitää olla pääsy kulkutielle jokaiselta raiteelta. Kulkutien vähimmäisleveys on 0,75 metriä ja minimikorkeus 2,25 metriä. Kulkutielle tulee asentaa kaide noin metrin korkeudelle. (19, s. 18.)

7.2 Poistumisreittien hätävalaistus

Yli 500 metriä pitkissä tunneleissa matkustajat ja henkilökunta tulee ohjata hätävalaistuksen avulla turvalliselle alueelle hätätilanteessa. Valaistuksen ei tarvitse toimia sähköllä, kunhan se palvelee tarkoitustaan. (19, s. 18.)

Yksiraiteiseen tunneliin hätävalaistus tulee olla yhdellä puolella ja kulkutien puolella. Kaksiraiteiseen tunneliin hätävalaistus tulee olla molemmilla puolilla tunnelia kuten kulkutietkin. (19, s. 18.)

Kulkutien yläpuolelle sijoitettavat valaisimet tulee asentaa mahdollisimman matalalle. Valaisimet eivät saa kuitenkaan viedä tilaa kulkutieltä, joka on tarkoitettu ihmisten kulkemiseen. Valaisimet voi asentaa myös kaiteeseen upotettuna. Valaistusvoimakkuus kulkutien keskellä tulee olla vähintään 1 luksi kulkutasolla. (19, s. 18.)

Hätävalaistus ei ole päällä normaali käyttöolosuhteissa. Valaisimet voidaan kytkeä päälle kahdella eri tavalla: manuaalisesti tunnelin sisäpuolelta 250 metrin välein tai kauko-ohjauksella kytkentä tunnelin haltijan toimesta. Valaisimien virtalähteen tulee toimia vähintään 90 minuuttia hätätilanteessa tai muussa vaadittavassa tilanteessa. (19, s. 18.)

7.3 Poistumisteiden ja -reittien merkinnät

Yli 100 metriä pitkissä tunneleissa pitää poistumisopasteilla merkitä hätäuloskäynnit sekä suunta ja etäisyys turvalliselle alueelle. Opasteiden tulee täyttää direktiivin 92/58/EY asetukset ja standardin ISO 3864-1 vaatimukset. Opasteiden välinen etäisyys saa olla enintään 50 metriä, ja opastimet asennetaan tunnelin sivuseinille. (19, s. 19.)

8 Palonkestävät johtojärjestelmät

Standardin SFS 6000-5-56 vaatimuksia tulee noudattaa kaapeloinnissa SFS 6000:n mukaisissa turvasyöttöjärjestelmissä, johon turvavalaistusjärjestelmä kuuluu. HD 384 on harmonisointijulkaisu, joka kertoo johtojen ja kaapeleiden asennusvaatimuksista. SFS 6000 2012 kertoo Suomessa HD 384:n sisällön. Poistumisvalaistuksen on täytettävä harmonisointijulkaisun vaatimukset standardin SFS-EN 50172 mukaan. (2, s. 71.)

Johtojärjestelmien palonkestoisuusvaatimukset eivät koske itsenäisesti toimivia valaisimia, koska valaisimet toimivat, vaikka kaapelit katkeaisivatkin. Palonkestäviä johtojärjestelmiä tulee käyttää keskitetystä tehonsyötöstä syötettyjen valaisimien johdoille, koska syötön pitää säilyä tehonlähteestä valaisimelle tulipalon aikanakin riittävän pitkän ajan. Valaisimet voidaan johdottaa ainakin kahteen erilliseen ryhmään, jotta saadaan turvattua valaistus myös yhden piirin vioittuessa. Turvavalokeskus tulee suunnitella ja asentaa muualle kuin palovaaralliseen tilaan, johon pääsevät vain ammattihenkilöt, tai sen tulee olla palolta suojattu. (20, s. 9, 11.)

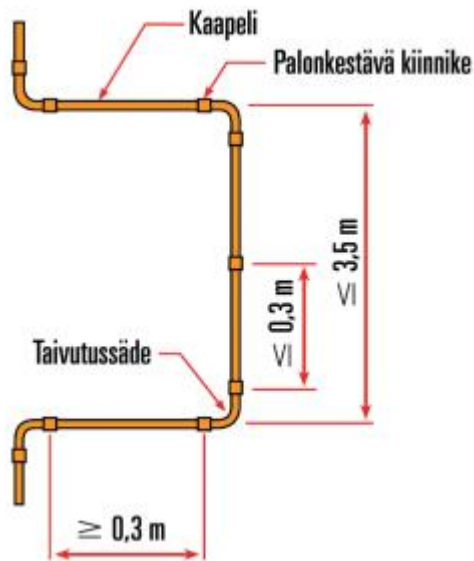
Rakennusten paloturvallisuuden takia on määräyksiä kaapeleille, joita asennetaan uloskäytäviin. Määräykset koskevat vain uloskäytäviä, jotka tulee rakentaa omaksi palo-osastokseen rakennusmääräysten mukaan. Palotilanteessa pelastautuminen tai sammutustyö ei saa vaarantua uloskäytävässä olevan palavan materiaalin takia. Kaapeleiden palo-ominaisuuksien testaamiseen on standardisoidut tyyppitestit. EU-alueella käytetään EN-standardeja, mutta kaapelivalmistajat viittaavat monesti IEC-standardeihin. EN- ja IEC-standardit ovat monesti täysin vastaavia keskenään. Kaapelin valmistajat testaavat tuotteensa kolmella erityyppisellä testillä. Testeissä mitataan kaapeleiden palon levittäminen yksin tai nipussa, savukaasujen ominaisuudet ja kaapelin toimintakyky palossa. Palonkestävät kaapelit ovat yleensä halogeenittomia ja nippupolttokokeen kestäviä. Toimintakyky kaapelilla säilyy, vaikka sen materiaalit palavat. Kaapelissa on palamaton eristävä nauhoitus, joka takaa kaapelin toimintakyvyn jopa muutamaksi tunniksi palaneenakin. Palaneen kaapelin toimintakyky edellyttää kaapelireitiltä palonkestoisuutta, jotta kaapeli ei pääse romahtamaan tai sen päälle ei sorru mitään kaapelia vahingoittavaa. (21, s. 3–5.)

8.1 Kaapelointi

Kaapelin palonaikaisen lämpötilan nousu tulee huomioida kaapelin mitoituksessa. Johtimien resistanssin ja impedanssin kasvu ja siitä seuraava jännitteenalenema ei saa vaikuttaa laitteen toimintaan palon aikana. Mitoituksessa voi huomioida DIN VDE -standardien salliman 10 %:n jännitteenaleneman laitevalmistajille tai ainakin normaalia suuremman jännitteenaleneman. Poikkipinnaltaan kahden koon lisäys tavanomaiseen kaapelointiin on riittävä, jos ei ole esittää loppulämpötilaa huomioivia laskelmia. Suunnittelussa täytyy määritellä palonkestävien kaapeleiden vähimmäis palonkestoluokka. (20, s. 11; 22, s. 14.)

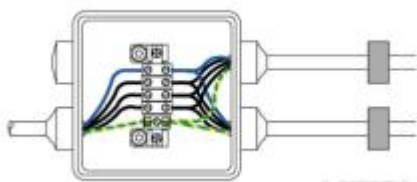
8.2 Palonkestävien hyllyjen ja kaapeleiden asennus

Kaapelihyllyjen ja palokatkojen lämpölaajeneminen on tunnettava, jotta ne voidaan ottaa toteutuksessa huomioon. Kaapelihylly tulee kiinnittää maksimissaan 0,7 m:n etäisyydeltä palokatkon kummaltakin puolelta, kun hylly menee palokatkon läpi. Palonkestävien hyllyjen mitoituksessa tulee huomioida laajennusvara tilavuudessa ja kantavuudessa. Rakenteissa tapahtuva eläminen tulipalon aikana tulee huomioida kaapelin riittävänä pituutena, jotta kaapelit eivät vaurioituisi. Palonkestävissä kaapeloinneissa tulisi välttää kaikkia ylimääräisiä jatkoksia, paloalueelta toiselle menevissä kaapeleissa tämä on erityisen tärkeää. Palonkestävät hyllyt tulisi sijoittaa ylimmäksi, jotta niiden päälle ei romahda palossa mitään. Vaihtoehtoisesti kaapelihyllyn yläpuolelle asennettavat esim. kanavat tulee asentaa palonkestävästi. Tätä tulee kuitenkin välttää. Palonkestävien asennustarvikkeiden ja kaapeleiden asennuksissa on noudatettava kunkin valmistajan ohjeita ja rajoja. Lattialle asennettavat kaapelit tulee suojata putoavilta esineiltä ja muilta ympäristötekijöiltä. Kaapelit tulee kiinnittää 300 mm:n välein vaaka- ja pystyasennuksissa, ellei palokokeilla pystytä muuta osoittamaan. Kuviossa 19 on esitetty kaapelin ja johtimen kiinnityksen yleisperiaate. (20, s. 11–12.)



Kuvio 19. Kaapelin ja johtimen kiinnityksen yleisperiaate (20, s. 12).

Palonkestävyyden vaatimus koskee myös kaapelikiinnikkeitä, kaapelihyllyjä ja vastavia sekä kaikkia niiden ja kaapeleiden kiinnittämiseen tarkoitettuja tarvikkeita. Palonkestävyys voidaan osoittaa muiden maiden kansallisilla standardeilla tai valmistajalta saaduilta tiedoilla. Suomessa tai Euroopassa ei ole standardia näiden tarvikkeiden palonkestävyyden testaamiseen. Jako- ja liitántärsioiden tulee olla myös palonkestäviä, eikä niihin saa tehdä muutoksia. Kaapelin kiinnitys ennen jako- tai liitántärsiaa on esitetty kuviossa 20. Palonkestävät johtojärjestelmät tulisi merkitä selkeästi, jotta ne eivät myöhemmin sekaannu muiden johtojärjestelmien kanssa. (20, s. 12.)

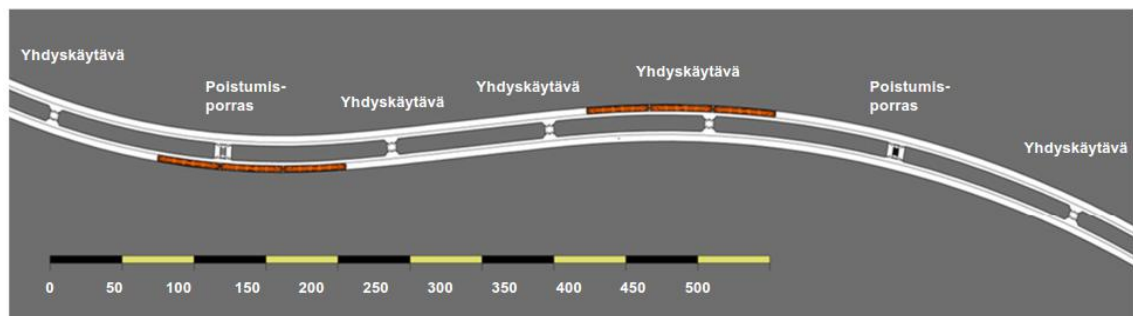


Kuvio 20. Kaapelin kiinnitys ennen jako- tai liitántärsiaa (20, s. 12).

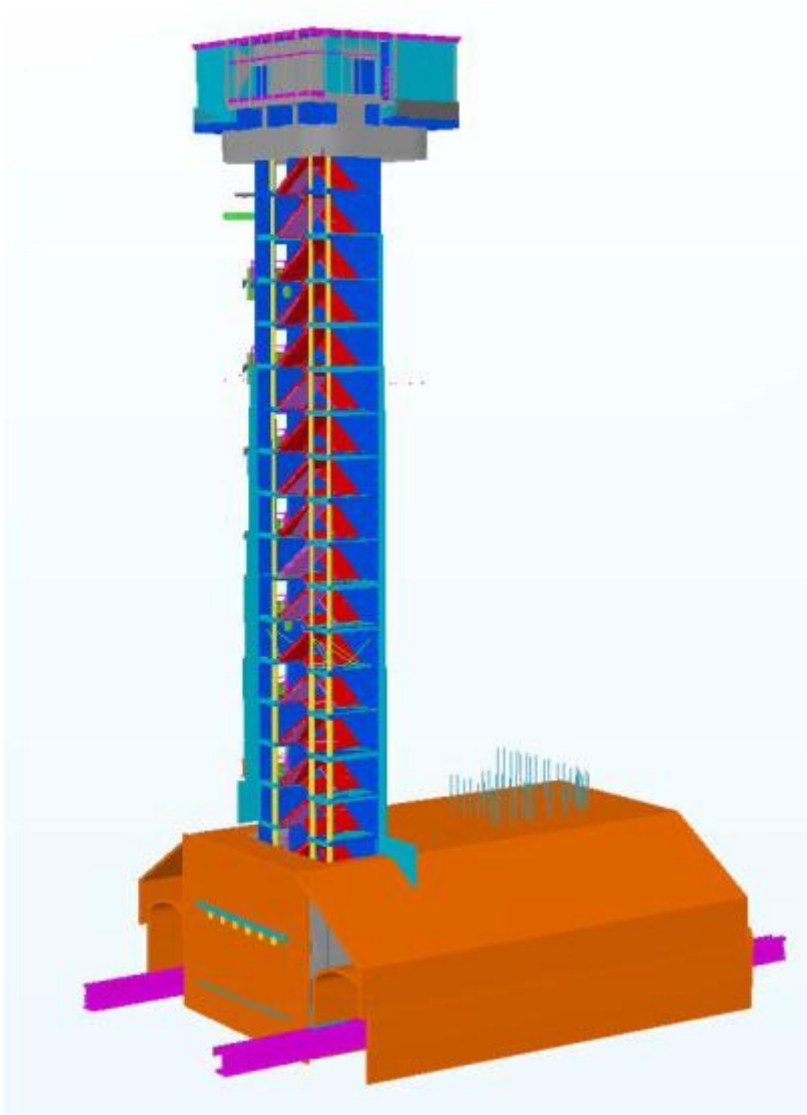
9 Länsimetro

Länsimetrossa on kaksi noin 14 kilometriä pitkää ratatunnelia, joissa eri suuntiin kulkevat, junat ovat omissa tunneleissaan. Tunnelit ovat yhdistetty toisiinsa yhdyskäytävillä noin 170 metrin välein. Tunneleiden sisäreunoilla on vähintään 1,2 metriä leveät poistumiseen tarkoitetut kulkutasot. Kulkutasoilla on kaiteet tunnelin seinän puolella, jotta ne eivät haittaa junasta poistumista. (23, s. 48–49.)

Poistuminen metrotunnelista tapahtuu yhdystunneleiden kautta toiseen puhtaaseen tunneliin. Tunnelin kulkutasoa pitkin siirrytään lähimmälle pystykuilulle tai asemalle. Pystykuiluja Länsimetrossa on noin 600 metrin välein, ja ne on rakennettu poistumista varten ja Pelastuslaitoksen avuksi. Kuilujen keskellä on palo-osastoitu poistumistieporras maan päälle. Pystykuiluja Länsimetrossa on yhteensä 15. Länsimetron rakennetta on esitetty kuviossa 21 ja pystykuilun rakenteen näkee kuvioista 22. (24, s. 3.)



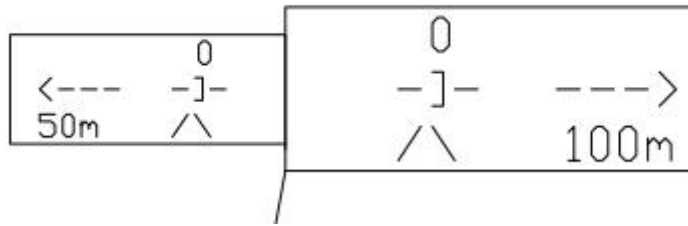
Kuvio 21. Yhdystunneleiden ja pystykuilujen sijoittuminen metrotunneliin (24, s. 4).



Kuvio 22. Pystykuilun rakenne (24, s. 11).

9.1 Valaisimet

Valaisimet asennetaan tunneleihin poistumistason kaiteeseen. Valaisimet asennetaan levyn taakse, minkä tarkoitus on estää häikäisevän valon pääsy kohti junaa. Poistumisopastevalaisimet ovat 25 metrin välein kaiteessa. Turvavalaisimet on sijoitettu kaiteeseen 8 metrin välein.



Kuvio 23. Tunnelin poistumisopastevalaisimet on merkitty suunnitelmiin etäisyyksillä lähimmälle poistumisovelle.

Tunnelissa poistumisopastevalaisimista selviää kumpaankin suuntaan olevan poistumistieoven etäisyys valaisimelta. Lisäksi opasteet on varustettu kahdella erikokoisella opasteella. Näiden tarkoituksena on kehoittaa ihmistä poistumaan isomman kyltin suuntaan, koska tämä reitti on alamäkeen. Pienemmän opasteen suunnassa on ylämäki. Savu nousee ylöspäin, joten alamäkeen poistuttaessa voi välttää savun paremmin. Tunnelin poistumisopasteen periaate selviää kuviosta 23.

Yhdystunneleiden ja pystykuilujen ovien päällä on poistumisopastevalaisimet. Pystykuilujen poistumistieportaat on valaistu varavalaistuksella, joka toimii turvavalaistuksena. Poistumisopastevalaisimet ovat portaissa joka tasanteella.

9.2 Kaapelointi

Tunnelissa turva- ja poistumisopastevalaisimien kaapelit kulkevat kaiteeseen kiinnityksessä kaapelihyllyssä. Kaiteessa oleva kaapelihylly on palonkestävä, kuten myös valaisinten kaapelit. Tunnelissa olevien valaisinten kaapelointimatkat ovat pitkiä, koska turvavalaistuskeskukset sijaitsevat yhdystunneleissa ja pystykuiluissa. Kaapelina on käytetty jopa 6 mm:n poikkipintaista kaapelia pisimmillä etäisyyksillä.

9.3 Varavalaistus

Länsimetro on varustettu varavalaistuksella. Varavalaistus toimii turvalaistuksen lisänä. Tunnelin poistumistasojen kaiteessa on varavalaistimet noin 40 metrin välein. Yhdystunnelit ja pystykuilut on myös varustettu varavalaistuksella.

10 Yhteenveto

Opinnäytetyössä tutustuttiin turvavalaistuksen standardeihin ja ohjeistuksiin. Työssä etsittiin erilaisia tunneleiden turvavalaistusta koskevia standardeja ja tutustuttiin niihin. Työssä käytiin läpi rautatietunneleita ja tietunneleita koskevat turvavalaistuksen ohjeet.

Opinnäytetyössä perehdyttiin maanalaisten tilojen erilaisuuteen hätäpoistumisen kannalta. Työssä käytiin läpi myös palonkestävien johtojärjestelmien vaatimuksia, jotka tulee huomioida turvavalaistuksia suunniteltaessa.

Opinnäytetyössä onnistuttiin löytämään eurooppalaisia standardeja ja ohjeistuksia turvavalaistukselle tunneleihin. Tietoa saatiin lopulta hyvin, mutta varsinaisia standardeja oli heikosti. Enemmän oli ohjeistuksia ja suosituksia siitä, miten asiat tulisi hoitaa.

Opinnäytetyön aikana opin, että tietunneleiden kohdalla käytetään termiä evakuointivalaistus ja normaaleissa rakennuksissa käytetään termiä turvavalaistus. Termit voisivat olla yhtenevät kaikkialla. Lisäksi sähköalan lähteissä käytetään eri termejä kuin rakennusalan lähteissä. Voisivatko myös nämä termit olla yhtenevät? Arkkitehtien ja sähkösuunnittelijoiden olisi helpompi ymmärtää toisiaan, jos he käyttäisivät samoja termejä.

Rautatietunneleissa poistumisopasteet suunnitellaan 50 metrin välein ja tietunneleissa 25 metrin välein. Heräsi kysymys, onko tälle joku järkevä selitys vai miksi etäisyydet poikkeavat toisistaan.

Opinnäytetyöni aikana mietin, miksi erilaisille tunneleille on erilaiset turvavalaistusstandardit. Sama ihminen voi poistua monesta erilaisesta tunnelista, ja suurin ero erilaisten tunneleiden välillä on, että sinne mennään eri kulkuneuvolla. Poistuttaessa kulkuneuvo hylätään ensimmäisenä ja kaikista tunneleista ihminen poistuu jalkaisin. Miksi siis merkintöjen pitää poiketa eri tunneleissa? Eikö olisi parempi, että kaikissa tunneleissa käytettäisiin samanlaisia merkintätapoja, jotta ihmisen sieltä poistuessa merkinnät olisi hänelle mahdollisimman tuttuja ja selkeitä?

Lähteet

- 1 SFS-EN 1838, Valaistussovellukset, Turvavalaistus. 2014. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 2 Jumppanen Jarmo, Hainari Harri & Hongisto Pasi. 2013. Poistumisvalaistus, ST-käsikirja 36. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 3 Rakennusten paloturvallisuus. 2011. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa E1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 4 Hieta-Wilkman Sinikka, Ikävalko Mauri, Jumpponen Eino, Kovalainen Sulo, Männistö Matti, Roine Raimo, Rauhala Hannu, Salo Touko, Seesvuori Reino, Sulonen Risto, Taimisto Samuli & Tiainen Esa. 2006. Sähköasennukset 2. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 5 ST kortisto, ST 59.10. Turvavalaistus ja poistumisopasteet, Suunnittelu. 2010. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 6 Sisäasiainministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta. 805/2005. Helsinki: Suomen sisäasiainministeriö.
- 7 Majamaa, Jarmo. 2009. Rakennuksen turvamerkit. Ohjeita poistumisopasteiden ja palontorjunnan turvamerkkien valintaan ja sijoittamiseen. Tampere: Suomen pelastusalan keskusjärjestö.
- 8 Jumppanen, Jarmo. 2006. Poistumisvalaistus ja poistumisreittivalaistus. ST-ohjeisto 8. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 9 Kivilaakso Eija, Tarkkala Jukka, Narvi Seija, Neuvonen Matti, Mikkola Jannis, Hynynen Marja-Liisa & Laaksonen Juha-Pekka. 2006. Maanalaisten toimintojen yleinen turvallisuus selvitys. Helsinki: Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto.
- 10 Mikkola Esko & Rinne Tuomo, Paloturvallisuus maanalaisissa tiloissa. VTT.

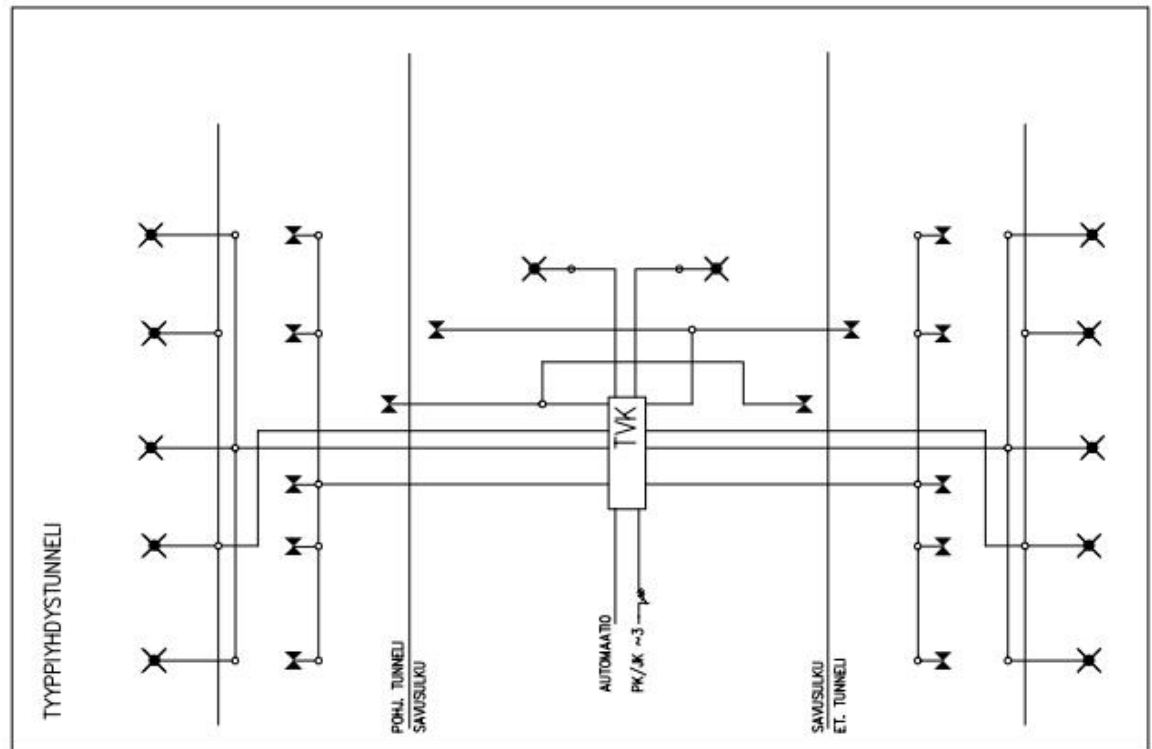
- 11 RIL 233-2007, Maanalaisten tilojen paloturvallisuussuunnittelu, Perusteet ja soveltamisohjeet. 2007. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- 12 Kaisto, Kimmo. 2015. Haasteita Länsimetrossa. Verkkodokumentti. Pelastustieto, <<http://pelastustieto.fi/pelastustoiminta/harjoitus-ja-koulutus/haasteita-lansimetrossa/>>. 25.06.2015. Luettu 3.08.2015.
- 13 Weckman Henry. 2005. Henkilöturvallisuuden kehittäminen maanalaisissa tiloissa paloriskejä pienentämällä, Tehtävä B: Poistumisturvallisuus. Espoo: VTT.
- 14 Hostikka Simo, Mikkola Esko, Rinne Tuomo, Tillander Kati & Weckman Henry. 2005. Henkilöturvallisuuden kehittäminen maanalaisissa tiloissa paloriskejä pienentämällä. Espoo: VTT.
- 15 Ahponen Veikko, Kasurinen Esko, Kukkonen Markku, Laitinen Mikko, Lakkonen Ritva, Setälä Juha, Tiainen Olli, Tiensuu Antti, Varsila Markku & Vuola Juhani. 1998. Lamput ja valaisimet, Valaistustekniikka-sarja osa 2. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 16 SFS-EN 16276, Evacuation Lighting in Road Tunnels. 2013. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 17 Opastevalaisimet, tunneliopaste. 2013. Verkkodokumentti. Exilight, <<http://www.exilight.fi/pdf/2013/tunneliesite.pdf>>. Luettu 5.8.2015.
- 18 Kalliotilat, kokemus-suunnittelu-toteutus. 2010. Helsinki: Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd.
- 19 Rautatietunnelit, TRAFI/22002/03.04.02.00/2012. Verkkodokumentti. Trafi, <http://www.trafi.fi/filebank/a/1355235015/e724165123643b01e010a22d3173f7fb/10881-Tunneli-maaraysluonnos_lausunolle_1012.pdf>. Luettu 28.8.2015
- 20 ST-kortisto, ST 51.06. Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille. 2014. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 21 ST-kortisto, ST 51.17, Sähkökaapelit ja paloturvallisuus. 2013. Espoo: Sähköinfo Oy.

- 22 Ohjekirja palonkestävät asennukset, painos 8. Verkkodokumentti. Datwyler, <http://www.pistesarjat.fi/files/pdf/pyro/Datwyler_pyro_k%C3%A4sikirja.pdf>. Luettu 4.11.2015.

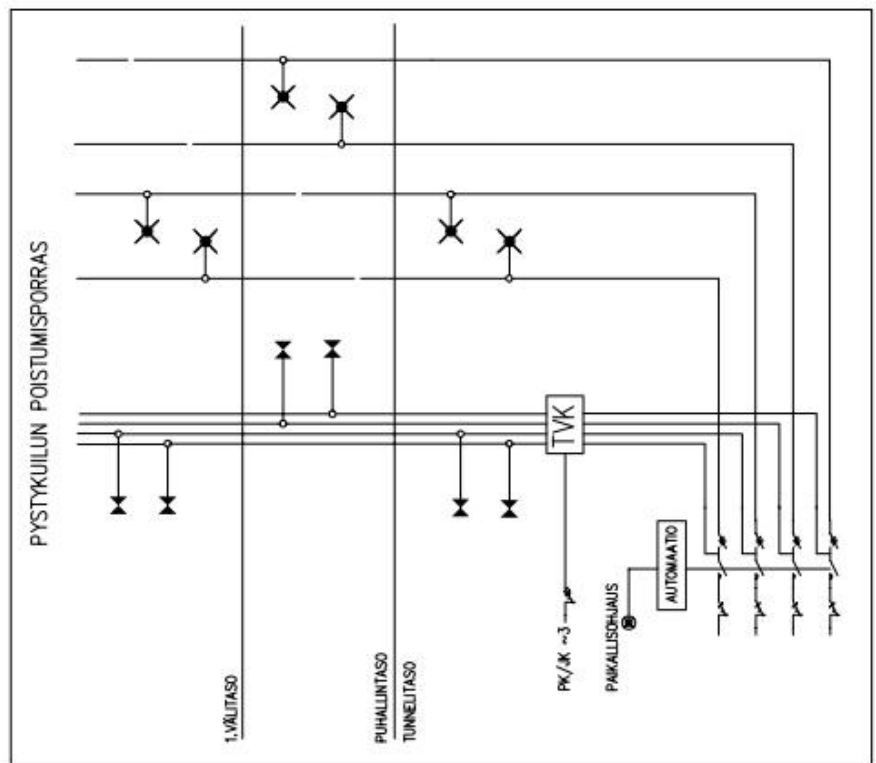
- 23 Koskinen, Jaana. 2012. Matkustajien ohjaus automaattimetron hätätilanteissa. Espoo. Aalto-yliopisto Insinööritieteiden korkeakoulu.

- 24 Länsimetron kuukausi-info 19.11.2013. Verkkodokumentti. Länsimetro, <http://www.lansimetro.fi/images/stories/yleisotilaisuudet/kuukausi-infot/lansimetro_kuukausiinfo_191113_1.pdf>. Luettu 28.8.2015.

Länsimetron turvavalaistuksen periaate



- MERKKI- JA TURVAVALAISTUS
- KAIKKI KAAPELOINTI FRHF 3x2,5S ELLEI TOISIN MAINITA
 - KAIKKI JAKORASIAI PALONKESTÄVIÄ (FRHF)
 - PORTAASSA PARILLISET JA PARITTOMAT VÄLITASOT SYÖTETÄÄN ERI RYHMISTÄ



Muu kirjallisuus

AlpTransit, Gotthard San Gottardo, Maailman pisin rautatietunneli. Verkkodokumentti. <<https://www.alptransit.ch/en/project/the-project/>>. Luettu 4.8.2015.

CR 14380, Lighting applications – Tunnel lighting. 2003. Brussels: European committee for standardization.

Devlin, John F. 2014. Fixed-Guideway Transit and Passenger Rail Systems Fire Safety: An Overview. Verkkodokumentti. <<http://magazine.sfpe.org/content/fixed-guideway-transit-and-passenger-rail-systems-fire-safety-overview>>. 1.4.2014. Luettu 4.8.2015.

Hautala, Pentti, Saari, Mika & Ekrias, Aleksanteri. 2015. Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnitteluohje uudistettiin. Valo 1/2015, s. 12-18.

IEC 60598-2-22, Luminaires – Part 2-22: Particular requirements – Luminaires for emergency lighting. 2014. Geneva: International electrotechnical commission.

Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. 2015. Verkkodokumentti. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf>. 13.5.2015. Luettu 4.8.2015.

Mannila, Johanna. 2013. Metroasemia odottaa miljoonien remontti. Verkkodokumentti. <<http://www.hs.fi/kaupunki/a1383453395183>>. 4.11.2013. Luettu 3.8.2013.

SFS-EN 50171, Keskitetyn tehonsyötön järjestelmät. 2002. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 50172, Poistumisvalaistusjärjestelmät. 2004. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 62034, Automatic test system for battery powered emergency escape lighting. 2007. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

ST kortisto, ST 51.36, Sähkö-, tele- ja turvajärjestelmien asennusten paloturvallisuus uloskäytävässä. 2013. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST kortisto, ST 59.11, Turvavalaistus ja poistumisopasteet, asennus ja käyttöönotto. 2014. Espoo: Sähköinfo Oy.