

Helsinki

Kaupunkiympäristön aineistoja 2019:10

# Maanalaisten toimintojen yleinen turvallisuus selvitys 2018





Helsinki

# Maanalaisten toimintojen yleinen turvallisuus selvitys 2018

Kaupunkiympäristön aineistoja 2019:10

Julkaisija | Helsingin kaupunki / kaupunkiympäristön toimiala  
Kannen kuva | ROCKPLAN Kuva-arkisto, Juha Nenonen

ISBN | 978-952-331-660-7 (verkkoversio)  
ISSN | 2489-4257 (verkkoversio)

# Sisältö

Tiivistelmä .....	05
Abstract .....	05
<b>1. Johdanto .....</b>	<b>07</b>
<b>2. Selvityksen tavoitteet .....</b>	<b>08</b>
2.1 Tavoitteet	08
2.2 Kohderyhmä	09
2.3 Määritelmä	09
<b>3. Selvityksen toteutustapa .....</b>	<b>10</b>
3.1 Käytönaikaiset vahingot ja onnettomuudet Suomessa	11
3.2 Käytönaikaiset vahingot ja onnettomuudet Euroopassa	12
3.3 Rakennusaikaiset vahingot ja onnettomuudet Suomessa	13
<b>4. Riskienhallinta .....</b>	<b>14</b>
4.1 Riskianalysoinnin määritelmiä	14
4.2 Riskienhallinnan määritelmiä	14
<b>5. Vahingot ja onnettomuudet maanalaisissa tiloissa .....</b>	<b>15</b>
5.1 Käytönaikaiset Suomessa tapahtuneet vahingot ja onnettomuudet	15
5.1.1 Katsaus käytönaikaisiin vahinkoihin ja onnettomuuksiin	17
5.1.2 Häiriökäyttäytyminen, ilkivalta ja väkivalta	17
5.1.3 Liikenneonnettomuudet	17
5.1.4 Tulvat	18
5.1.5 Palot	18
5.1.6 Muut liikennekatkot	20
5.1.7 Radonin haitat	20
5.1.8 Ajoneuvon polttoaineen merkitys	20
5.2 Rakentamisen aikaiset ja vahingot ja onnettomuudet Suomessa	21
5.2.1 Katsaus rakentamisen aikaisiin vahinkoihin ja onnettomuuksiin	21
5.2.2 Komut	22
5.2.3 Palot	22
5.2.4 Tulvat rakennusvaiheessa	23
5.2.6 Pohja- ja orsivesi	23
5.2.7 Sortumat	24
5.2.8 Siirtymät	24
5.2.9 Radon rakennusaikana	24
5.3 Käytönaikaiset vahingot ja onnettomuudet kansainvälisen aineiston perusteella	25
5.3.1 Metrotunnelit	25
5.3.2 Rautatietunnelit	26
5.3.3 Maantietunnelit	26
5.3.4 Tahalliset vahingot	27
<b>6. Riskiarviointimenettely .....</b>	<b>28</b>
6.1 Riskienhallinta	28
6.2 Riskiarvion laadinta	28
6.3 Tapahtumatiheyden ja tapahtuman vaikutuksen arviointi riskiarvion perusteena	29
6.3 Esimerkkejä riskiarvioista	29

<b>7. Maanalainen yleiskaavoitus</b> .....	<b>31</b>
7.1 Lähtökohta	31
7.2 Tilavaraukset	31
7.3 Tilavarausten kokoaminen	32
7.4 Tilavarausten sijainti	32
7.5 Maanalaisessa yleiskaavassa esitettävät asiat	33
7.6 Maanalaisen yleiskaavan kartat	33
7.6.1 Maanalaisen yleiskaavan ohjaava vaikutus	33
7.6.2 Maanalaiset yleiskaavakartat	33
7.6.3 Maanalaisten tilojen teemakartat	33
7.7 Vaiheittain eteneminen	34
7.8 Riski- ja turvallisuustekijöiden arviointi	34
7.8.1 Rakennettavuus selvityksen riski- ja turvallisuustekijät	34
7.8.2 Riski- ja turvallisuustekijöiden tunnistaminen	34
<b>8. Maanalaisen kohteen lähellä oleva maanpäällinen rakennuskohde</b> .....	<b>35</b>
<b>9. Maanalainen asemakaavoitus</b> .....	<b>36</b>
9.1 Turvallisuuteen liittyvät tarkastelut	36
9.2 Suojavyöhyke	37
9.2.1 Suojavyöhykkeen määrittely	37
9.2.2 Suojavyöhykkeiden merkintä asemakaavaan	38
9.2.3 Lujitusrakenteiden suojavyöhykkeet	38
9.2.4 Kalliomekaanisen rakenteen suojavyöhykkeet	38
9.2.5 Maanalaisessa asemakaavoituksessa määritettävä suojavyöhyke tai -alue	38
9.2.6 Maanalaisen yleiskaavan tilavaraus suunnittelua varten	38
9.2.7 Kiinteistön rajojen yli ulottuvat ankkuroinnit	38
9.3 Siirtymien arviointi	39
9.4 Ympäristön rakenteiden sijaintiselvitykset	39
9.5 Pohja- ja orsivesiselvitykset	40
9.6 Tulvat ja johtojen vuodot	40
9.7 Liittymät muihin tiloihin	41
9.8 Palo- ja pelastusturvallisuus	41
9.9 Louhinnan riskien arviointi	42
<b>10. Yhteenveto</b> .....	<b>43</b>
<b>Kirjallisuus</b> .....	<b>44</b>

# Tiivistelmä

Helsingin ”Maanalaisten toimintojen yleinen turvallisuusselvitys 2018” raportti käsittelee maanalaisten tilojen turvallisuutta yleisellä tasolla.

Helsingin maanalainen yleiskaava on suunnitelma, jolla ohjataan pääosin kalliotiloihin sijoituvia suuria ja tärkeitä tilavarauksia. Uudessa maanalaisessa yleiskaavassa varaudutaan kalliotilan suunnitelmalliseen hyödyntämiseen ja sovittamaan yhteen erilaisia toimintoja keskenään.

Osana maanalaisen yleiskaavan päivitystä on laadittu tämä selvitys maanalaisten tilojen turvallisuuteen liittyvistä tekijöistä. Selvityksen tavoitteena on luoda yleiskuva Helsingin maanalaisten tilojen turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä ja määritellä kaavoitusvaiheessa tarvittavat maanalaisten tilojen riskeihin ja turvallisuuteen liittyvät selvitykset, sekä kuinka maanalaisten tilojen turvallisuus otetaan huomioon maanalaisissa yleiskaavoitus- ja asemakaavoitusvaiheissa.

Selvityksessä turvallisuutta lähestytään käänteisesti -riskien kautta. Turvallisuuden vastakohta on turvattomuus ja riskialttius. Tämän vuoksi selvitystä varten koottiin tilastotietoja todellisista käytön- ja rakentamisen aikaisista toteutuneista vahingoista ja onnettomuuksista. Kootuista tiedoista muodostettiin tilastoja tapahtumista, joissa vaara on yleensä toteutunut aiheuttaen vahingon tai onnettomuuden.

Poiketen aiemmista tutkimuksista, voidaan todeta, että maanalaisten tilojen vahingot ja onnettomuudet poikkeavat vastaavista maanpäällisistä. Onnettomuuksien seurausvaikutukset voivat olla pahempia ja vahinkojen vaikutukset laaja-alaisempia kuin vastaavissa vahingoissa maan päällä.

## Abstract

Helsinki's "Underground Activities General Safety Report 2018" considers the safety of underground facilities at a general level.

Helsinki's Underground Master Plan guides major and important space reservations within rocky areas. The new Underground Master Plan, indicates planned future uses of rock spaces and coordinates the various activities with one another.

This study considers the safety characteristics of underground facilities as part of an effort to update the Underground Master Plan. The purpose of the study is to provide an overview of the factors affecting the safety of underground facilities in Helsinki, to identify the risks associated with underground facilities in the planning stage and safety-related reports, as well as to define how the safety of an underground space is accounted for during the general planning and zoning phases.

In the report, safety is approached inversely -through risks. The opposite of safe is unsafe and risky. Accordingly, statistics were collected regarding damage and accidents occurring during facility use and construction. The compiled data generated statistics on events where danger has typically occurred, causing injury or accident.

Through examination of previous reports, it can be concluded that damage and accidents occurring in underground spaces differ from those in the corresponding surface areas, the consequences may be worse, and the effects of the damage are more extensive than the corresponding damages occurring in above-ground spaces.





# 1. Johdanto

Helsingin kaupunki käynnisti maanalaisen yleiskaavan päivityksen vuonna 2017.

Maanalaisen yleiskaavan päivitystä varten Helsingin kaupungin Kaupunkisuunnitteluvirasto laati ”Maanalaisen yleiskaavan muutoksen suunnitteluperiaatteet”, jonka johdannossa todetaan, että ”Maanalainen yleiskaava on suunnitelma, jolla ohjataan pääosin kalliotiloihin sijoittuvia suuria ja tärkeitä tilavarauksia. Maanalainen yleiskaava ohjaa maanalaista asema-kaavoitusta. Uudessa maanalaisessa yleiskaavassa varaudutaan kalliotilan suunnitelmalliseen hyödyntämiseen ja sovittamaan yhteen erilaisia toimintoja keskenään”.

Yhtenä osana maanalaisen yleiskaavan päivitystä on selvityksen laatiminen maanalaisten tilojen turvallisuuteen liittyvistä tekijöistä. Yllä mainitun ohjeen kohdan 2.4 mukaan:

”Kaupunkirakenteen tiivistyessä sijoitetaan maan alle yhä useammin eri käyttötarkoituksiin soveltuvia toimintoja. Tarve kytkeä tiloja toiminnallisesti keskenään yhtenäisiksi kokonaisuuksiksi on kasvanut. Samalla tilojen toiminnan ja käytön turvallisuus on tullut entistä merkittävämmäksi tekijäksi. Maanalaisissa tiloissa turvallisuuden kokonaishallinta on poikkeustilanteissa hankalampaa, kuin maanpäällisissä tiloissa. Maanalaisissa tiloissa tilojen suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä on huomioitava muun muassa ympäristöön, kallioperään ja sen laatuun liittyvät riskit, tilojen palo- ja pelastusturvallisuus, rankkasateisiin ja merivesitulviin liittyvien vahinkojen ennaltaehkäiseminen ja aiheutuvien vahinkojen vähentäminen”.

Helsingissä on tällä hetkellä jo yli 400 erillistä kallioon rakennettua maanalaista tilaa ja niiden käyttötarkoitus vaihtelee suuresti. Uudessa maanalaisessa yleiskaavassa varaudutaan tulevien maanalaisten toimintojen tarpeisiin ja kallioperän suunnitelmalliseen hyödyntämiseen. Lisäksi maanalaisessa yleiskaavassa sovitetaan yhteen maanalaiset julkiset ja yksityiset tilatarpeet. Kaupunkirakenteen tiivistyessä uuden rakentamisen myötä, syntyy tarve sijoittaa maan alle sinne parhaiten soveltuvia tiloja. Eri käyttötarkoitusten tiloja tulee suunnitella toiminnallisesti keskenään yhteensopiviksi kokonaisuuksiksi. Näin voidaan myös maanalaiset ja maanpäälliset tilat yhdistää suunnitelmallisesti keskenään.

Osana maanalaisen yleiskaavan päivitystä laadittiin vuoden 2018 aikana tämä maanalaisten tilojen turvallisuuteen liittyvä selvitys. Tämä raportti esittää selvityksen keskeiset tulokset. Raportille on annettu nimeksi ”Maanalaisten toimintojen yleinen turvallisuusselvitys 2018”.

Turvallisuusselvityksen on teettänyt ja ohjannut Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristön toimiala. Tilaajan ohjausryhmässä ovat toimineet:  
Raila Hoivanen, KYMP  
Eija Kivilaakso, KYMP

Yhteistyöhön on kutsuttu mukaan Helsingin kaupungin virastojen ja laitosten edustajia, joita on kuultu KYMPissä pidetyissä kokouksissa. Lisäksi on pidetty erilliskokouksia aineiston täydentämistä varten.

Seuraavat tahot kutsuttiin mukaan antamaan näkemyksensä selvityksen laadintaan:  
Kaupunkiympäristön toimiala, geotekninen osasto  
Helsingin Pelastuslaitos  
Helsingin seudun ympäristöpalvelut, HSY, vesihuolto  
Helsingin kaupungin liikennelaitos, HKL  
Helsingin Kaupunki, Turvallisuus- ja valmiusyksikkö  
Helen Oy  
Helen Sähköverkko Oy  
Säteilyturvakeskus

Selvityksen ovat koonneet ROCKPLANista (Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd):  
Jarmo Roinisto  
Rodrigo Winderholler  
Daniele Martinelli  
Suvi Lindberg  
Heidi Rönkkö

Konsultin asiantuntijana on toiminut:  
Juha-Pekka Laaksonen, L2 Paloturvallisuus Oy

# 2. Selvityksen tavoitteet

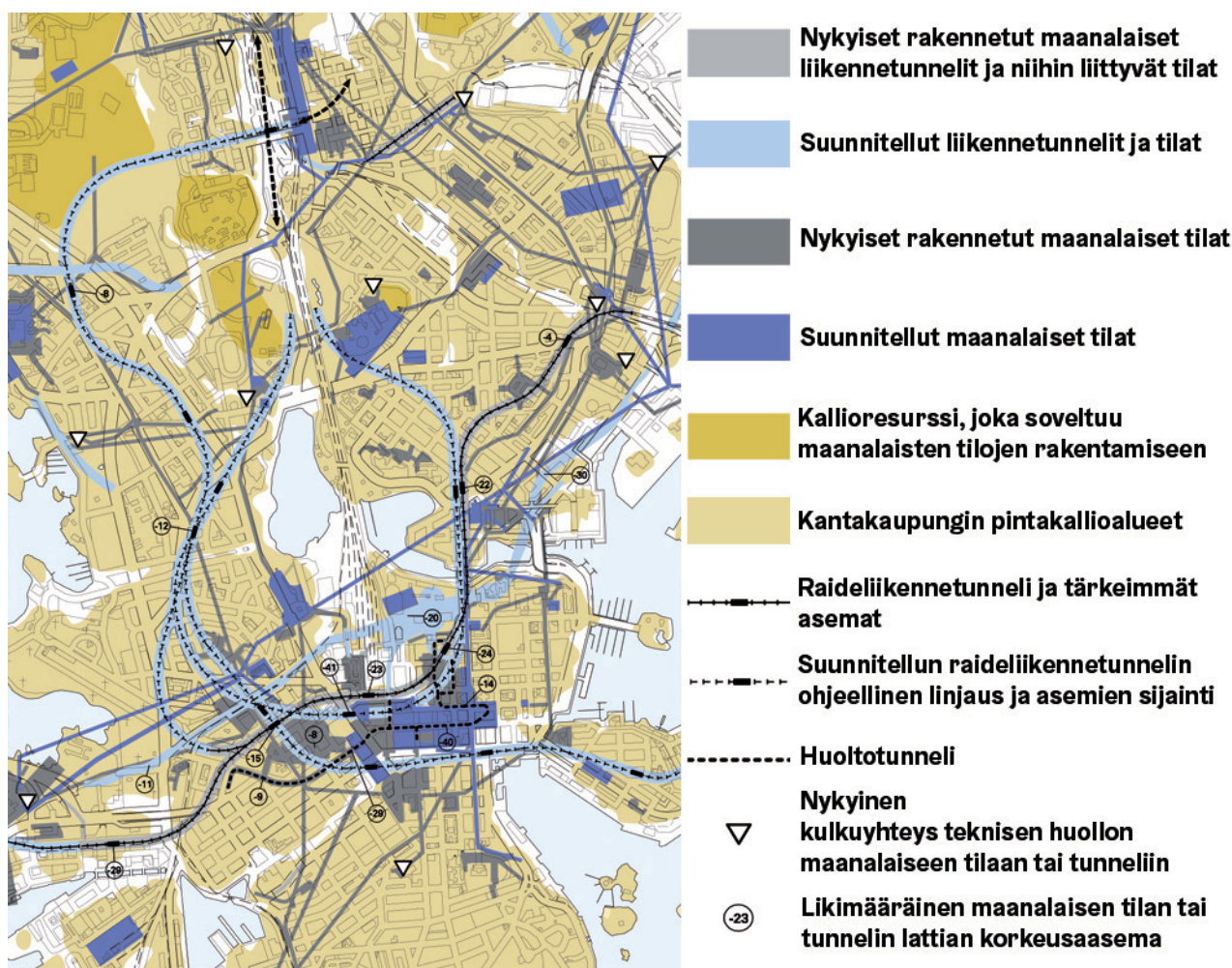
## 2.1 Tavoitteet

Selvityksen tavoitteena on:

- Luoda yleiskuva Helsingin maanalaisen tilojen turvallisuuden vaikuttavista tekijöistä.
- Tuoda esille niitä turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä, joihin voidaan vaikuttaa maanalaisen tilan asemakaavavaiheessa, maanalaisen tilan asemakaavavaiheessa sekä sen jälkeen tapahtuvassa hankkeen yksityiskohdallisessa suunnittelussa, sekä osoittaa kuinka näihin voidaan vaikuttaa.
- Määritellä ja luetteloida tunnistamiskriteerit ja turvallisuuden vaikuttavat selvitykset maanalaisen yleiskaavan ja asemakaavojen vaiheessa.

Selvityksen toteutustavaksi valittiin toteutuneiden vahinkojen ja onnettomuuksien selvittäminen ja tilastointi, jotta arviot voidaan tehdä mahdollisimman luotettavan tiedon perusteella.

Jotta kokonaiskuva turvallisuuden vaikuttavista tekijöistä olisi tarkempi, todellisiin tapahtumiin perustuva, selvitystä varten koottiin tilastotietoja todellisista toteutuneista vahingoista ja onnettomuuksista sekä jonkin verran myös 'läheltä piti'-tilanteista. Kootuista tiedoista muodostettiin tilastoja, joissa vaara on yleensä toteutunut aiheuttaen onnettomuuden.



Kuva 1: Ote Helsingin maanalaisesta yleiskaavasta, 8.10.2010, Helsingin kaupunki

## 2.2 Kohderyhmä

Selvitys tehdään palvelemaan kohderyhmää, johon kuuluvat maanalaisten rakennushankkeiden kaavoittajat, suunnittelijat, käyttäjät, rakennuttajat, viranomaiset, päättäjät ja muut tällaisten hankkeiden kehittämiseen osallistuvat tahot.

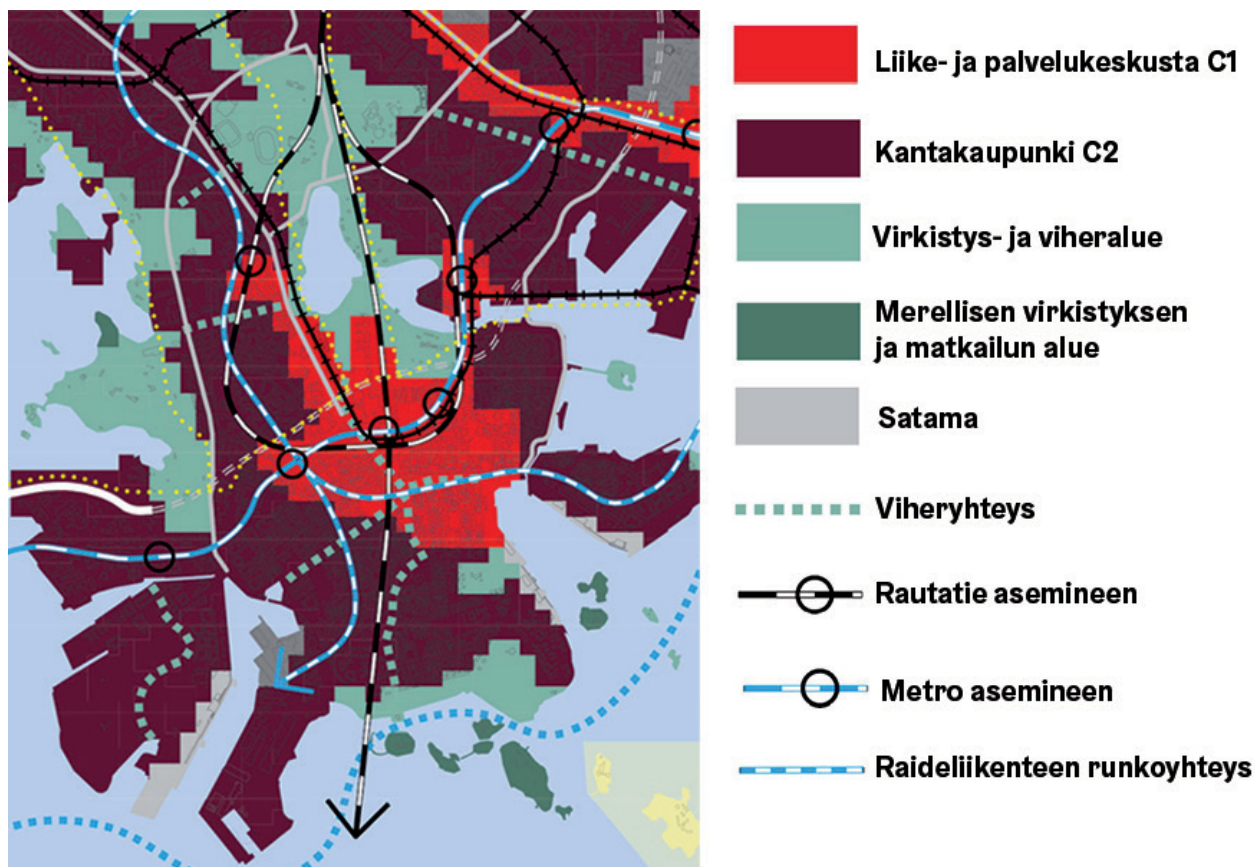
## 2.3 Määritelmä

### Maanalainen tila

•Maanalainen tila on maan pinnan alle rakennettu tai kallioperään louhittu tila. Tila voi olla laaja tila, halli tai tunneli. Maanalaisen tilan katto voi olla kalliota ja betonia.

•Maanalaisiin tiloihin ei tässä selvityksessä lueta kellaritiloja.

•Tässä selvityksessä ei myöskään käsitellä maan alle sijoitettuja putkia tai muuta maanalaista tekniikkaa.



Kuva 2: Ote Yleiskaavaehdotuksen kaavakartasta 14.6.2016, Helsingin kaupunki

# 3. Selvityksen toteutustapa

”Maanalaisten toimintojen yleinen turvallisuusselvitys 2018” työn käynnistyessä loppuvuodesta 2017, päätettiin aiheen toteutustavasta. Turvallisuutta lähestytään käänteisesti –riskien kautta. Turvallisuuden vasta-kohta on turvattomuus ja riskialttius. Tämän vuoksi selvitystä varten koottiin tilastotietoja todellisista toteutuneista vahingoista ja onnettomuuksista, sekä jonkin verran myös ’läheltä piti’ -tilanteista. Kootuista tiedoista muodostettiin tilastoja tapahtumista, joissa vaara on yleensä toteutunut aiheuttaen onnettomuuden.

Toistaiseksi ei ole löytynyt tämän vastaavan kaltaista tilastointiin perustuvaa koottua tietoa. Päinvastoin –on todettu, että tiedot ovat usein hajallaan hyvin monissa eri lähteissä. Osittain tiedot ovat tilastoimattomia ja siten muistinvaraisia. Sattuneita vahinkoja on usein pyritty käsittelemään pienessä piirissä julkaisematta asioita missään yhteydessä sen laajemmin. Varsinkin rakennusvaiheen vahingot on pyritty selvittämään välittömästi ja samalla pyrkimyksenä on tietysti ollut töiden jatkaminen ilman viiveitä.

Työn yhteydessä luotiin menetelmä maanalaisten tilojen riskien arviointia varten käytettäväksi nimenomaan maanalaisten tilojen yleissuunnittelu-vaiheessa. Esitetty menetelmä on yksi mahdollinen tapa arvioida riskejä. Menetelmä on tarkoitettu hankkeiden suunnitteluvaiheen riskien arviointitehtäviin. Tässä menetelmässä vahingot jaotellaan henkilövahinkoihin, omaisuusvahinkoihin ja toiminnan keskeytyksen aiheuttamiin vahinkoihin. Menetelmän avulla arvioidaan riskien todennäköisyyttä ja mahdollisen vahingon vakavuutta Helsingin maanalaisissa kohteissa. Menetelmä perustuu ITA:n (International Tunnelling Association) suosituksiin.

Tässä selvityksessä päädyttiin tarkastelemaan rakennusvaiheen ja käytönaikaisia riskejä erikseen. Uusi rakennushanke voi vaikuttaa jo olemassa olevien maanalaisten tilojen käytönaikaiseen toimintaan. Rakennushankkeet ovatkin aiheuttaneet riskitilanteita käytössä oleville maanalaisille tiloille.

Tämän selvityksen toteutustapaan liittyvä tärkeä näkökulma on se, että tapahtuneiden vahinkojen ja onnettomuuksien avulla pyritään parantamaan toimintaa ja siten välttämään virheiden toistumista. Tällä tavoin on saatu koottua mahdollisimman laaja aineisto erilaisista tapahtumista.

Käytönaikaisten vahinkojen ja onnettomuuksien arviointia varten koottiin vahinko- ja onnettomuustietoja sekä suomalaisista tietokannoista että kansainvälisistä tilastoista. Kansainväliset tilastot päätettiin ottaa selvitykseen mukaan siksi, että maanalaisten kohteiden määrä Suomessa on monien eri käyttötarkoitusten osalta liian rajallinen. Esimerkiksi tieliikennetunneleiden määrä on melko pieni; kaupunkien katuverkoissa tunneleita on Suomessa vain 7 kappaletta, liikenneviraston verkossa tieliikennetunneleita on puolestaan 16 kohteessa.

### 3.1 Käytönaikaiset vahingot ja onnettomuudet Suomessa

Kotimaisena paikallisena lähtötietoaineistona on käytetty:

Julkiset lähteet

- VARO (Tukes)
- Turvallisuustutkinta, Onnettomuustutkintakeskus

Helsingin kaupungin tietolähteet

- Helsingin Pelastuslaitos
- HKL Metro
- Helsingin kaupungin viranomaisten tietokannat

ROCKPLANin sisäinen aineisto

- Aiemmat projektit
- ROCKPLANin sisäinen riskitietokanta

Maanalaiset tilat voidaan ryhmitellä kohteen saavutettavuuden mukaan seuraavasti:

•Julkiset tilat -yleisökäyttö

Ryhmään kuuluvat yleisölle avoimet tilat kuten metro, liikennetunnelit, pysäköintilaitokset ja liikuntatilat

•Rajatun käytön tilat -määrätty henkilöstö käyttää

Ryhmään kuuluvat kaupan huoltotilat, teknisen huollon laitokset, kuten puhdistamot ja palvelinkeskukset

•Suljetut tilat -käyttö vain huoltotilanteissa  
Ryhmään kuuluvat tekniset tilat, joissa on vähän huoltotarvetta, kuten yhteiskäyttötunnelit ja viemäritunnelit

Luokituksen mukaisten maanalaisten tilojen riskejä voidaan painottaa sen mukaan, kuinka monta henkeä altistuu riskilähteelle. Maanalaisen tilan saavutettavuus vaikuttaa kohteen riskianalyyysiin arvioitaessa kohteen vaaratekijöiden vaikuttavuutta.

Kootun aineiston perusteella Suomessa kootut vahinko- ja onnettomuustiedot on ryhmitelty seuraavasti:

•Palot tunneleissa

•Tulva -veden vuotaminen tunneliin putkista, viemäreistä ja maanpinnalta tuleva sadevesi, hulevesi tai merivesi.

•Liikenneonnettomuudet

•Ilkivalta ja väkivalta

•Laittevat (Elektroniikka- tai laitevika, sähkökatkot)

•Muut liikennekatkot (Huoltotehtävät, korjaustyöt)

•Jalankulkijoiden onnettomuudet



Kuva 3: Lauttasaaren metroasema, 2018, ROCKPLAN kuva-arkisto, Juha Nenonen

### 3.2 Käytönaikaiset vahingot ja onnettomuudet Euroopassa

Viralliset julkaistut dokumentit ja onnettomuusraportit muodostavat kansainvälisen analysoidun lähtöaineiston. Tähän aineistoon kuuluu:

- EU tutkimusprojektit (UPTUN, SAFE-T, SIRTAKI, DARTS)
- ITA (International Tunnelling Association)
- PIARC (Permanent International Association of Road Congresses)
- DAUB (Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen)
- BTS (British Tunnelling Society)
- AFTES (Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain)
- FEDRO (Federal Road Swiss Association)

Kotimaisten ja kansainvälisten infrastruktuurijärjestelmien välisten erojen johdosta suora korrelaatio ei johda luotettavaan tulokseen. Kansainvälistä dataa voidaan käyttää kuitenkin ohjaavana pohjana; minkä tyyppisiin riskeihin meidän tulisi keskittyä ja miten riskienhallintaa tulisi lähestyä.

Lontoon ja Pariisin metron käytönaikaiset onnettomuudet jakautuvat selvityksen mukaan kolmeen pääryhmään:

- Raiteilta suistumiset
- Törmäykset
- Tulipalot

Euroopan rautateiden käytönaikaiset onnettomuudet jakautuvat selvityksen mukaan viiteen pääryhmään:

- Tulipalot
- Törmäykset
- Rikkoontuminen
- Räjähdykset
- Tai edellisten yhdistelmät



Kuva 4: City-Centerin rakennustyömaa, työt käynnissä, 2010, ROCKPLAN kuva-arkisto, Juha Nenonen

### 3.3 Rakennusaikaiset vahingot ja onnettomuudet Suomessa

Rakennusvaiheen vahinkojen ja onnettomuuksien arviointia varten koottiin vahinko- ja onnettomuustietoja Suomessa ja ensisijaisesti Helsingissä rakennetuista kohteista.

Kootun aineiston perusteella rakennusaikaiset riskit (vahingot ja onnettomuudet) on ryhmitelty seuraavasti:

- Räjähdykset
- Pohjavesi
- Tärinä
- Siirtymä
- Sortumat
- Komut (kalliolohkareiden irtoaminen)
- Palot
- Pöly ja ilmanlaatu
- Tulvat
- Liikenneonnettomuudet

Selvityksen saatavilla olleet tilastoidut lähtötiedot rajoittuivat 1980-luvulta nykypäivään painottuen 2000-luvun kohteisiin. Tilastoaineiston kerryttämiseksi ja aineiston luotettavuuden parantamiseksi aineistoa täydennettiin haastatteluin. Saatujen tulosten luotettavuus on tästä johtuen siis täysin riippuvainen syötettyjen tietojen määrästä.



Kuva 5: Geologit tarkistavat Länsimetron tunneliperän louhintäjälkeä, ROCKPLAN kuva-arkisto, Juha Nenonen

# 4. Riskienhallinta

## 4.1 Riskianalysoinnin määritelmiä

### Vaara

Tilanne, joka voi johtaa vaarallisiin seurauksiin:

- Loukkaantuminen
- Ympäristövahingon vaara
- Rakennustekninen vaara
- Toiminnan keskeytymisen vaara/viive projektin valmistumisessa
- Taloudellisen vahingon vaara

### Riski

Vaaratilanteen todennäköisyyden ja tapahtuman vaikutuksen yhdistelmä.

### Riskianalyysi

Prosessi, jossa tunnistetaan vaaratilanteet, arvioidaan todennäköisyydet ja vaikutukset ja määritellään edellisten tuloksena riski.

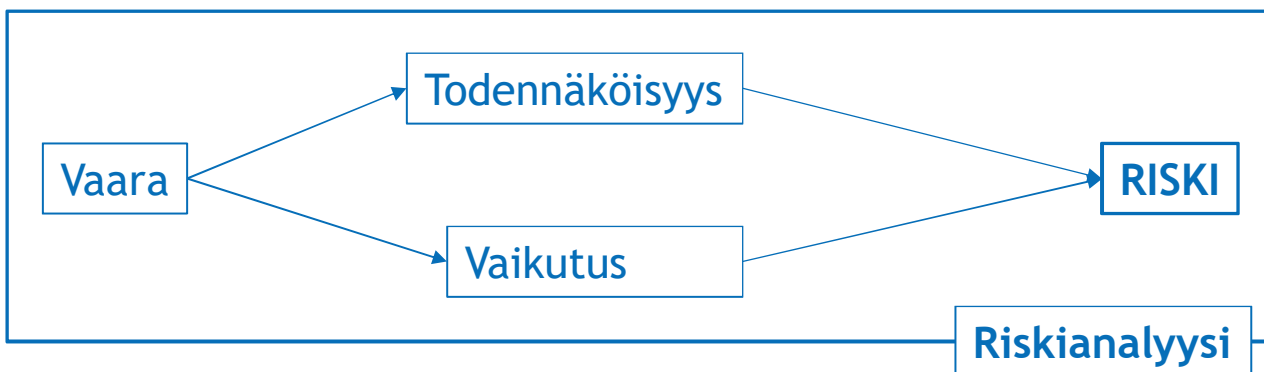
## 4.2 Riskienhallinnan määritelmiä

### Riskienhallinta

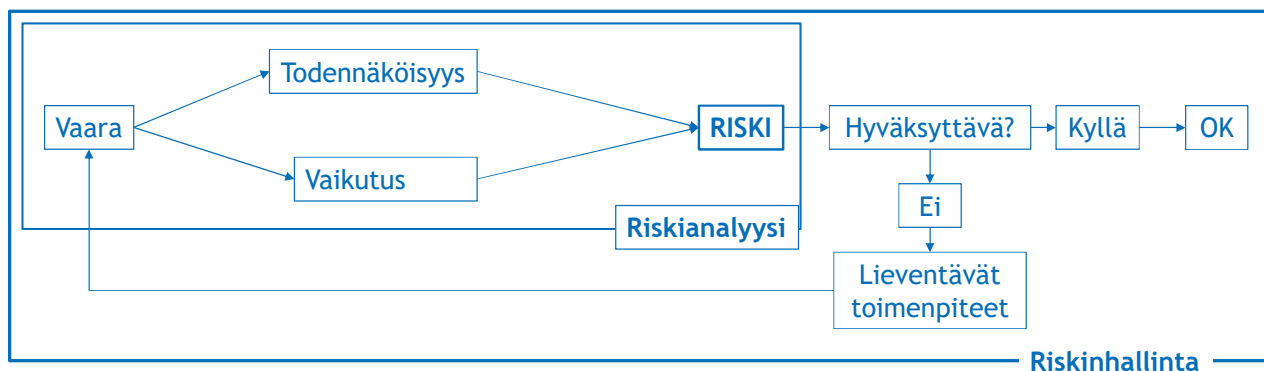
Kun tapahtuman todennäköisyyden ja sen seurausten yhdistelmä ylittää sallitun rajan, tarvitaan lieventäviä toimenpiteitä. Ne vähentävät tapahtuman todennäköisyyttä sekä vaikutusta. Tätä lähestymistapaa on käytettävä hankkeen jokaisessa vaiheessa.

### Riskin hyväksyntäkriteerit

Laadullinen tai määrällinen ilmaus, joka määrittää tietyille järjestelmälle hyväksyttävän tai sallitun suurimman riskitason. (Tässä selvityksessä ei anneta hyväksyntätasoa, vaan ne määritellään kohdekohtaisesti).



Kaavio 1: Riskianalyysin prosessikaavio, ROCKPLAN



Kaavio 2: Riskianalyysi osana riskienhallintaa, ROCKPLAN



# 5. Vahingot ja onnettomuudet maanalaisissa tiloissa

## 5.1 Käytönaikaiset Suomessa tapahtuneet vahingot ja onnettomuudet

Aineistoon koottiin tiedot Suomessa tapahtuneista käytönaikaisista vahingoista ja onnettomuuksista maanalaisissa tiloissa. Tilastoaineisto muodostuu pääosin vuosien 2000-2017 tapahtumista. Vain yksittäisiä tapahtumia on 1980- ja 1990-luvuilta. Kuten aiemmin on todettu, valmista kattavaa aineistoa ei ole täysin olemassa, koska maanalaisia vahinkoja ja onnettomuuksia ei ole koottu systemaattisesti. Kuitenkin tässä selvityksessä koottu aineisto antaa yleiskuvan tilanteesta.

Maanalaisten tilojen käytönaikaisten vahinkojen ja onnettomuuksien määrää kuvaava jakauma on esitetty kaaviossa 3. On tärkeää huomata, että kaaviot perustuvat onnettomuuksien lukumäärään, isot ja pienet vahingot on esitetty kukin yhtenä tapauksena.

Kootun aineiston tuloksia voidaan tarkastella tilatyypeittäin, toisin sanoen tilan käyttötarkoituksen mukaan ryhmitellen. Kaavioissa 4-6 on tarkasteltu metroliikenteen, pysäköinnin ja tieliikennetunneleiden vahinko- ja onnettomuustilastoja.

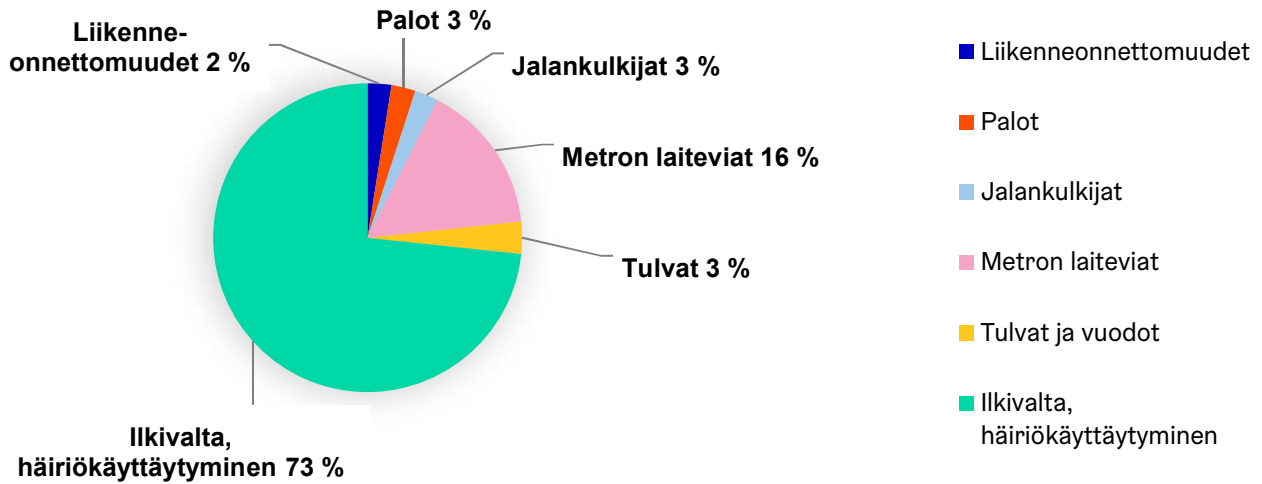
Tarkastelun perusteella havaitaan oleellisia eroja vahinkojen ja onnettomuuksien jakaumassa eri käytössä olevien maanalaisten tilojen välillä:

- Metroliikenteessä korostuvat häiriökäyttäytyminen ja laiteviat (kaavio 4)
- Pysäköintilaitoksissa korostuvat palot (syttymät) ja tulvat (kaavio 5)
- Tieliikennetunneleissa taas korostuvat liikenneonnettomuudet (kaavio 6)



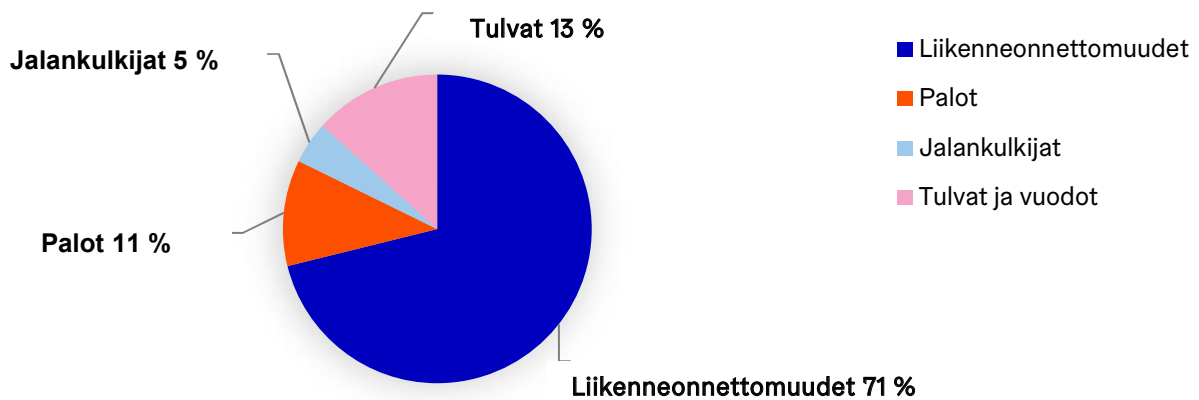
Kaavio 3: Käytönaikaisten onnettomuuksien ja vahinkojen jakauma, 2018, ROCKPLAN

## Vahinko- ja onnettomuustyyppien jakauma metrolienteessä



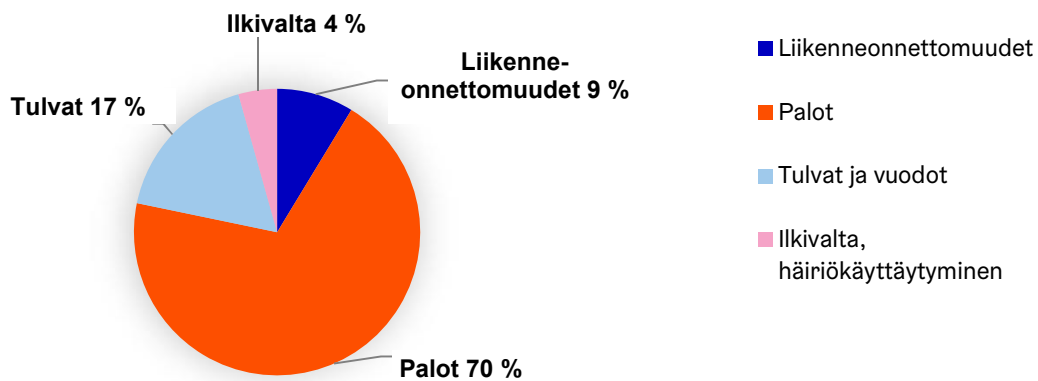
Kaavio 4: Vahinko- ja onnettomuustyyppien jakauma metrolienteessä, 2018, ROCKPLAN

## Vahinko- ja onnettomuustyyppien jakauma tieliikennetunneleissa



Kaavio 5: Vahinko- ja onnettomuustyyppien jakauma tieliikennetunneleissa 2018, ROCKPLAN

## Vahinko- ja onnettomuustyyppien jakauma pysäköintilaitoksissa



Kaavio 6: Vahinko- ja onnettomuustyyppien jakauma pysäköintilaitoksissa, 2018, ROCKPLAN

### 5.1.1 Katsaus käytönaikaisiin vahinkoihin ja onnettomuuksiin

Tapahtumien määrä ei kerro yksittäisten tapahtumien mahdollisesta vahingon vakavuudesta eikä tapahtumien todennäköisyydestä. Seuravaksi on esitetty kerätyn aineiston pohjalta laadittu yleiskatsaus eri vahinkoihin ja onnettomuuksiin.

### 5.1.2 Häiriökäyttäytyminen, ilkivalta ja väkivalta

Tilastollisesta aineistosta lukumääräisesti suurin on ilkivalta ja vähäisessä määrin väkivalta. Ilkivalta muodostuu taloudellisesti vähäisistä teoista aina hyvin vakaviin tekoihin. Jälkimmäisistä voi muodostua hengenvaarallisia tilanteita yleisölle.

Maanalaisissa tiloissa ei ole Suomessa tehty terroristisia tekoja. Vastaavat kansainväliset tunnetut tapaukset on arvioitu ja niistä on tehty arviot.

### 5.1.3 Liikenneonnettomuudet

Lukumääräisesti toiseksi suurin tapahtumaryhmä on liikenneonnettomuudet. Liikenneonnettomuudet muodostuvat pääosin ajoneuvojen keskinäisistä kolareista (peräänajot, ohituskolarit), ajoneuvojen törmäämisestä tunnelin seinään ja muista monenlaisista inhimillisistä virheistä aiheutuneista kolareista. Tunneleiden liikenneonnettomuuksissa on tapahtunut ainakin kaksi ihmishengen menetystä.

Liikennetunneleiden onnettomuustiheyttä on tarkasteltu muun muassa suunnitellun Itäväylän katetun osuuden ja jo rakennetun Paloheinän tunnelin riskitarkasteluissa. Tarkastelussa käytettiin Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston onnettomuustilastoja, joista karsittiin ramppien päissä olevat tasonisteykset pois. Aineiston mukaan esimerkiksi Itäväylällä tapahtuu noin 27 ajoneuvo-onnettomuutta 100 miljoonaa ajokilometriä kohden. Raskaiden ajoneuvojen onnettomuuksia on noin 4kpl/100 milj. ajokilometriä.

Henkilövahinkoihin johtavia onnettomuuksia tapahtuu noin 7kpl/100 milj. ajokilometriä ja kuolemaan johtavia onnettomuuksia noin 0,24kpl/100 milj. ajokilometriä.

Tilastojen mukaan kaupunkiliikenteen tunneleissa sattuu vähemmän onnettomuuksia, kuin vastaavalla liikennemäärällä avoimessa katuverkossa. Näin ollen yleisen katuverkon tilastot lievästi yliarvioivat liikennetunneleiden onnettomuustiheyttä.



Kuva 6: Tulvaveden vaurioittama hissi Rautatientorin metorasemalla, 2009, STT, Lehtikuva, Martti Kainulainen

#### 5.1.4 Tulvat

(merivesitulva, hulevesi, rankkasateet, putkien/johtojen rikkoutuminen)

Lukumääräisesti kolmanneksi suurin tapahtumaryhmä on tulvat. Tulvat ovat aiheutuneet säiden vaikutuksesta (merivesitulva, rankkasade/hulevesi), vesiputkien, viemäritunneleiden tai sprinklerijohtojen vaurioista. Tulvaonnettomuuksissa ei ole tapahtunut henkilömenetyksiä, yksi ”läheltä piti” tapahtuma on todettu. Taloudelliset vahingot sen sijaan ovat olleet pahimmissa tapauksissa suuria.

Merkittävää on, että tulvaonnettomuudet ovat usein vaikuttaneet metroon tai uhanneet vakavasti metron toimintaa. Pahimmissa onnettomuudessa metroasema on suljettu pitkäksi aikaa korjausten vuoksi. Tulvaonnettomuudet ovat myös aiheuttaneet suuria taloudellisia vahinkoja yhteyskäyttötunneleissa.

Tulvat ovat myös osoittaneet suuren puutteen maanalaisten tilojen osalta –maanalaiset tilat ovat olleet yllättävällä tavalla yhteyksissä toisiinsa. Tulvalanteessa yhdessä kohteessa tapahtunut vahinko on eskaloitunut vaikutuksiltaan hyvin laajaksi, koska vesi on levinnyt moniin eri tiloihin. Ongelman haastavuutta on lisännyt se, että kriisitilanteessa on ollut vaikeuksia muodostaa tilannekuva tapahtumista.

#### 5.1.5 Palot

Lukumääräisesti neljänneksi suurin tapahtumaryhmä on palot tunnelissa. Suurin osa paloista tunnelissa on autopaloja. Lisäksi aineiston mukaan paloja aiheutuu sähkölaitevioista, joitain paloja on myös sytytetty ilki-  
valtaisesti. Palo-onnettomuuksissa ei ole tapahtunut henkilömenetyksiä, taloudelliset vahingot sen sijaan ovat olleet pahimmissa tapauksissa suuria.

Syttymä on tilanne, jossa palo on syttynyt tai olisi todennäköisesti syttynyt, jos tilanteeseen ei olisi puututtu. Suurin osa syttymistä sammuu itseksensä, sammutetaan alkuunsa tai sammuvat palokuorman loppuessa ilman, että syntyy uhkaavaa tulipaloa. karkeasti kymmenesosa syttymistä voidaan arvioida johtavan uhkaavaan tilanteeseen, ja sadasosa syttymistä vakaviin vahinkoihin (henkilövahingot ja/tai huomattavat taloudelliset vahingot). Suurionnettomuudet ovat vielä selkeästi harvinaisempia.

Rakennusten syttymistäajuustiheyttä on tutkittu koko rakennuskannasta Suomessa paljonkin perustuen Pronto-tietokantaan. VTT:n tutkimusten perusteella voidaan arvioida syttymistäajuustiheyksiä seuraavasti:

•Liikennetilat (esimerkiksi pysäköintiluolat): 6e-6 syttymää vuodessa neliometriä kohden. Toisin sanoen noin 6 syttymää vuodessa miljoonaa neliometriä kohden. Nämä eivät ole suoraan sovellettavissa liikennetunneleihin.



Kuva 7: Meriveden tulvimista Kauppatorille estettiin paaleilla, 2005, STT, Lehtikuva, Matti Björkman

•Kokoontumistilat: 5e-6 syttymää vuodessa neliometriä kohden. Eli luokkaa 5 syttymää vuodessa miljoonaa neliometriä kohden.

•Asuintilat ja liiketilat: 7e-6 syttymää vuodessa neliometriä kohden. Eli luokkaa 7 syttymää vuodessa miljoonaa neliometriä kohden.

•Toimistotilat: 3e6 syttymää vuodessa neliometriä kohden. Eli luokkaa 3 syttymää vuodessa miljoonaa neliometriä kohden.

•Teollisuustilat: 1e-5 syttymää vuodessa neliometriä kohden. Eli luokkaa 10 syttymää vuodessa miljoonaa neliometriä kohden.

•Varastotilat: 1,5e-5, eli luokkaa 15 syttymää vuodessa miljoonaa neliometriä kohden.

Tilastot perustuvat keskimääräiseen rakennuskantaa, joka keskimäärin ei sijaitse maan alla. Ei kuitenkaan ole erityisiä perusteita olettaa, että syttymistäajustiheys olisi olennaisesti erilainen maanpäällisissä tai maanalaisissa tiloissa. Sen sijaan syttynyt tulipalo, jota ei saada hallintaan heti alkuvaiheessa, on toki paljon haastavampi maan alla kuin maan päällä.

Noin 0,3 % - 0,5 % liikenneonnettomuuksista johtaa paloon. Ajoneuvopalojen osalta ei ole toistaiseksi saatavilla tilastoaineistoa Suomesta. Siten seuraavassa esitettävät arviot perustuvat eurooppalaisiin malleihin ja tilastoihin.

Henkilöautopalotiheys on edellä mainittujen perusteella 4,6 kpl / 100 milj. ajon.km ja raskaiden ajoneuvojen palotiheys 9,2 kpl / 100 milj. ajon.km. Suurin osa ajoneuvopaloista aiheutuu ajoneuvon teknisistä vioista. Raskaille ajoneuvoille paloja tapahtuu suhteellisesti enemmän kuin henkilöautoille. Etenkin pitkissä ja jyrkissä mäissä esiintyy normaalia enemmän raskaiden ajoneuvojen paloja.

Ajoneuvopalojen paloteho vaihtelee suuresti riippuen ajoneuvon tyypistä ja kuorman laadusta. On arvioitu, että 90 % ajoneuvopaloista on pieniä, paloteholtaan alle 5 MW. Massiivisia ajoneuvopaloja (50–100 MW) esiintyy lähinnä onnettomuuksien yhteydessä ja vain harvoin teknisen vian seurauksena. Massiivisissa ajoneuvopaloissa on useimmiten osallisena raskas ajoneuvo. Paloteholtaan suurien ja seurauksiltaan vakavien ajoneuvopalojen määrä on arvioitu niin ikään eurooppalaisten tilastojen ja mallien perusteella siten, että 0,2 % henkilöautopaloista ja 4 % raskaiden ajoneuvojen paloista on vakavia tai erittäin vakavia (paloteho yli 30 MW).



Kuva 8: Helsingin Pelastuslaitoksen harjoitus käynnissä liikennetunnelissa, STT, Lehtikuva, Martti Kainulainen

### 5.1.6 Muut liikennekatkot

Lukumääräisesti viidenneksi suurin tapahtumaryhmä on ”muut liikennekatkot” tunneleissa. Muut liikennekatkot ovat häiriöitä aiheuttavia rakentamisen vaatimia keskeytyksiä, korjaus- ja huoltotöitä, laite-testauksia tai palo- ja turvallisuusharjoituksia. Nämä katkot aiheuttavat liikenteelle ajoittain hyvin suuria häiriöitä.

### 5.1.7 Radonin haitat

Yhden projektin yhteydessä tuli esille radonin aiheuttamana haittana pumppaamotilojen radonpitoisuuden nousu. Kohde oli juuri valmistunut ja ilmeisesti syynä tilanteeseen oli näiden uusien pumppaamotilojen huoltotuuletuksen alimitoitus. Muutoin Radon ei noussut tässä selvityksessä esille, mikä tarkoittanee sitä, että radonin poistaminen hallitaan.

Säteilyturvakeskus on koonnut kartan radonpitoisuuksien keskiarvoista kunnittain, tulokset on esitetty oheisessa kuvassa 9.

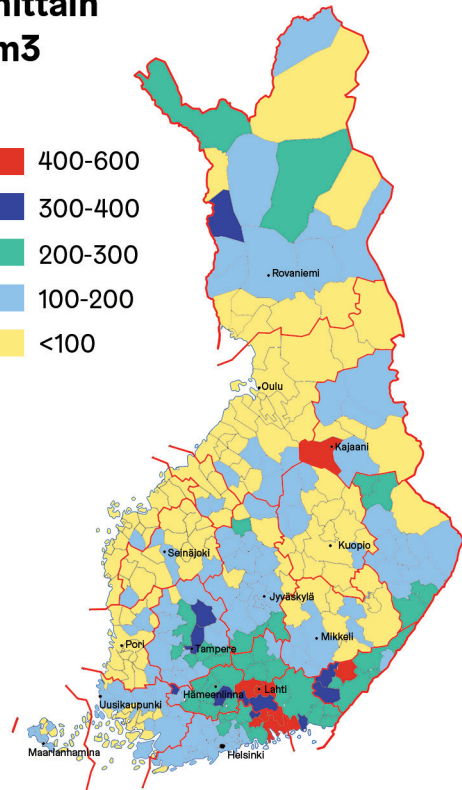
### 5.1.8 Ajoneuvon polttoaineen merkitys

Ajoneuvon polttoaineen merkitys vahinkojen ja onnettomuuksien aiheuttajana ei noussut esille, mikä johtui valitusta tutkimusmenetelmästä. Asiaa on kuitenkin selvitetty valtioneuvoston kanslian toimesta.

Valtioneuvoston kanslian (julkaisusarja 10/2018, 08.03.2018) julkaiseman tutkimuksen ”Selvitys metaanilla toimivien kaasujoneuvojen käyttörajotuksista maanalaisissa tiloissa” mukaan:

”Työssä referoidut tilastot osoittavat, että polttoaineen merkitys onnettomuustiheydessä ei ole merkittävä. Suoritettu vertaileva riskinarviointi osoittaa, että kaasukäyttöisten henkilöajoneuvojen riskilisa maanalaisissa tai suljetuissa tiloissa on bensiinikäyttöisiin ajoneuvoihin verrattuna korkeintaan pieni. Dieselkäyttöisiin ajoneuvoihin verrattuna kaasukäyttöiset ajoneuvot edustavat jonkinasteista riskilisää, mikä on syytä ottaa huomioon esimerkiksi maanalaisten bussterminalien ja vastaavien tilojen suunnittelussa. Riskilisää ei ole perusteltua hallita laajamittaisilla lainsäädännön tai esimerkiksi rakentamismääräysten muutoksilla, vaan tapauskohtaisella harkinnalla.”

## Radonpitoisuuden keskiarvo kunnittain Bq/m<sup>3</sup>



Kuva 9: Radonpitoisuuden keskiarvo kunnittain, arvot STUK, pohjakartta: Maanmittauslaitos

## 5.2 Rakentamisen aikaiset ja vahingot ja onnettomuudet Suomessa

Aineistoon koottiin tietoja Suomessa tapahtuneista rakentamisen aikaisista vahingoista ja onnettomuuksista maanalaisissa tiloissa. Tilastoaineisto muodostuu pääosin vuosien 2000-2017 tapahtumista, vain yksittäisiä tapahtumia on 1980- ja 1990-luvuilta. Rakentamisen aikaisten onnettomuustietojen kokoaminen on tehty pääosin haastattelemalla työelämässä aktiivisesti mukanaolevia henkilöitä -lähtötiedot ovat olleet osittain muistinvaraisia. Tämän vuoksi vanhemmat vahingot ja onnettomuudet eivät näy tässä tilastoinnissa samalla tiheydellä kuin uudemmat tiedossa olevat.

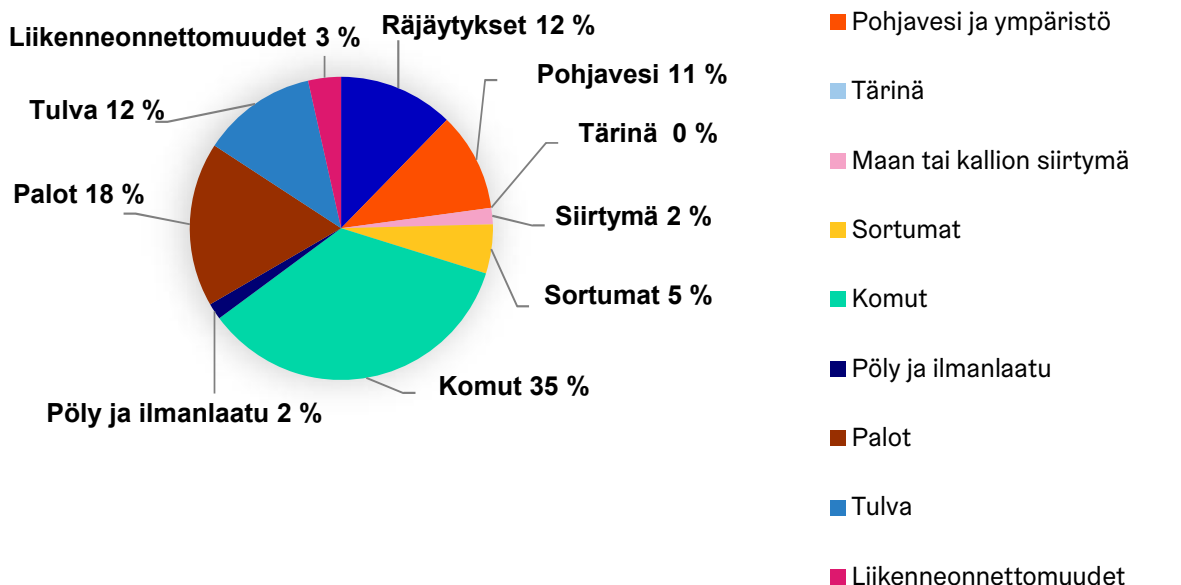
Vahingotapahtumien ja onnettomuuksien määrää kuvaava jakauma on esitetty kaaviossa 7. Rakentamisen aikaisten riskien määrä jakautuu tutkimusaineiston perusteella kymmeneen tapahtumaryhmään.

Tässäkin on tärkeää huomata, että kaaviot perustuvat onnettomuuksien lukumäärään, isot ja pienet vahingot on esitetty tässä kukin yhtenä tapauksena.

### 5.2.1 Katsaus rakentamisen aikaisiin vahinkoihin ja onnettomuuksiin

Tapahtumien määrä ei kerro yksittäisten tapahtumien mahdollisesta vahingon vakavuudesta eikä tapahtumien todennäköisyydestä. Kerätyn aineiston pohjalta on laadittu yleiskatsaus rakentamisen aikaisiin eri vahinkoihin ja onnettomuuksiin.

### Rakentamisen aikaiset vahingot ja onnettomuudet



Kaavio 7: Rakentamisen aikaisten onnettomuuksien ja vahinkojen jakauma, ROCKPLAN

## 5.2.2 Komut

Tilastollisesta aineistosta lukumääräisesti suurin vahinkojen/vaaratilanteiden ja onnettomuuksien aiheuttaja on komut. Komuilla tarkoitetaan esimerkiksi tunnelin holvista irtoavia kivenlohkareita, jotka voivat pudota alas aiheuttaen vaaratilanteen. Komujen vaara on suurimmillaan välittömästi räjäytysten jälkeen. Irtoavien lohkkareiden vaaraa estetään irrottamalla lohkkareet pois ennen kuin kohteeseen mennään työskentelemään. Lisäksi komujen vaara estetään lujittamalla kalliota ruiskubetonilla ja kalliokkureilla.

Komujen suuri määrä selittyy osittain kallio- ja tunnelirakentamisen suurella volyymilla ja sillä, että vaaratilanteita aiheuttaneet komut on raportoitu hyvin. Komut ovat aiheuttaneet myös henkilömenetyksiä.

Louhintatöissä komujen aiheuttamia ja muista syistä tapahtuneita henkilömenetyksiä on tapahtunut seuraavasti:

- 2011, ONKALO® louhintatyö, syy komu
- 1999-2004, Salmisaaren kivihiilivarasto, syy tippuminen
- 1987-1989, Helsingin keskuspuhdistamon 1 vaihe, syy komu

Lisäksi komujen aiheuttamia ja muista syistä tapahtuneita loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia on tapahtunut useita, kootussa aineistossa tuli esille viisi tapausta.

ONKALO® is a registered trademark of Posiva Oy



Kuva 10: Louhinnan jälkeen tunnelin holvista tai seinistä voi irrota kalliolohkareita, joita kutsutaan komuiksi. ROCKPLAN kuva-arkisto

## 5.2.3 Palot

Rakennusvaiheen tilastollisesta aineistosta lukumääräisesti toiseksi suurin onnettomuuksien ja vahinkojen aiheuttaja on tulipalot. Palot ovat aiheutuneet autopaloista, tulitöistä ja sähkölaitevioista.

Maanalaisten tilojen rakennusvaiheessa palot liittyvät työmaan toimintaan. Louhintavaiheessa palavaa materiaalia ei tunnelissa paljon ole, ajoneuvot aiheuttavat tällöin riskin. Rakentamisen edetessä muun muassa tulitöiden riskin merkitys kasvaa.

Tulipalon vaikutus poistumisturvallisuuteen louhintavaiheessa olevassa umpiperätunnelissa (Nino Ahokas, Savonia-ammattikorkeakoulu, 2017) tutkimuksen tulosten perusteella ”Henkilöturvallisuus vaaraantuu silloin, kun henkilöt ovat palavan kohteen ja tunnelin perän välillä. Palon aiheuttama lämpösäteily estää palopaikan ohittamisen, jolloin poistuminen ei todennäköisesti onnistu ja henkilöt jäävät loukuun palopaikan taakse. Huomion arvoiseksi seikoiksi tutkimuksessa nousivat myös etäisyys palopaikasta ja poistumisajat”.



#### 5.2.4 Tulvat rakennusvaiheessa

Rakentamisen aikaisten vahinkojen ja vaaratilanteiden lukumääräisesti kolmanneksi suurin tapahtumaryhmä on tulvat. Tulvat ovat aiheutuneet enimmäkseen rakentamisen aikaisista viemäri- tai johtovaurioista. Rakentamisen aikana ei ole niinkään tapahtunut meriveden, rankkasateen tai huleveden aiheuttamia vahinkoja.

Tulvaonnettomuuksissa ei ole tapahtunut henkilömenetyksiä. Taloudelliset vahingot sen sijaan ovat olleet melko suuria. Merkittävää on, että tekijät arvioivat, että vahinkojen syynä on monesti ollut lähtötietojen puuttellinen selvittäminen. Johdon tai viemäriin sijaintia ei ole selvittetty, eikä näitä tietoja ole jostain syystä tutkittu toteutusvaiheessa riittävästi tai kohdetta ei ole louhittu riittävän varovasti.

#### 5.2.5 Räjähdykset ja sinkoilut

Lukumääräisesti neljänneksi suurin tapahtumaryhmä on räjäytyksiin liittyvät vahingot. Vaarallisimmat onnettomuudet ovat olleet tyypiltään hallitsemattomia vaarallisia räjähdyksiä tai kivien sinkoutumisia räjäytysten yhteydessä. Tällöin kyseessä on yleensä tilanne, jossa kohde on maanalaiseen tilaan liittyvä ajotunnelin kaivanto tai kuilun yläosan kaivanto.

Räjäytysonnettomuuksissa henkilömenetyksiä on tapahtunut seuraavasti:

- 2003, Kouvola, räjähdysonnettomuus
- 1985, Kuopio, räjähdysonnettomuus

Kivien sinkoutumisesta aiheutuneita loukkaantumisia on myös tapahtunut. Erään sinkoutumisonnettomuuden yhteydessä on loukkaantunut peräti seitsemän henkeä. Taloudelliset vahingot ovat olleet sinkoutumisonnettomuuksissa myös huomattavia. Merkittävintä on kuitenkin ollut vaara suurten henkilövahinkojen syntymiseen.

#### 5.2.6 Pohja- ja orsivesi

Lukumääräisesti viidenneksi suurin tapahtumaryhmä on pohjavesien aleneminen tunneleiden ympäristössä. Pohjavesien alenemisiä on tilastoitu tunnelirakentamisen yhteydessä viidessä eri paikassa. Merkittävää on se, että pohjaveden alenemisen vauriot ovat olleet laajuudeltaan suuria ja taloudellisesti huomattavia.

Pohja- ja orsiveden pinnan tason muuttuminen (laskeminen) aiheuttaa vaurioita puupaaluperustuksiin (puupaalujen yläpäät lahoavat), vesi- ja viemäriputkiin, piha-alueisiin ja teihin maan painuessa. Samoin pohjaveden aleneminen aiheuttaa maanpinnan kuivumista, minkä vuoksi kasvillisuus kuivaa tällaisella kohdalla. Pohja- ja orsiveden virtauksen muuttuminen voi vaikuttaa pohjavesiolosuhteisiin laajemmalla alueella.

Maanalaisten tilojen yhteydessä tapahtuva pohjaveden aleneminen voi johtua liian suuresta pohjaveden vuodosta esimerkiksi silloin, kun tunnelia ei ole tiivistetty riittävästi.

Pohjaveden tai maaperän saastumiseen liittyviä vahinkoja on tunnistettu yksi tapaus. Tämän tapauksen vaikutukset ovat olleet rajalliset ja vaikutukset on korjaustoimenpiteillä saatu hoidettua kuntoon.



Kuva 11: Mittapato mittaa vuotovesiä, ROCKPLAN

### 5.2.7 Sortumat

Lukumääräisesti pieni ryhmä on tunnelisortumat, joita tilastossa on kolme. Kysymyksessä on ollut kunnallisteknisten tunneleiden louhinta heikkolaatuisten kalliovyöhykkeiden läpi tai tunnelin louhinta sellaisen kohdan läpi, jossa on ollut poikkeavan korkea jännitystila. Nämä tekijät ovat aiheuttaneet paikallisen sortuman, joka on aiheuttanut louhinnan yhteydessä merkittäviä lisäkustannuksia.

### 5.2.8 Siirtymät

Lukumääräisesti pieni ryhmä on myös siirtymät maanalaisten tilojen louhinnan yhteydessä. Kysymyksessä on kalliotilan louhinta sellaisella alueella, jossa on poikkeavan korkea jännitystila. Nämä tekijät aiheuttavat siirtymiä, joista aiheutuu taloudellisia vahinkoja. Siirtymät voivat vaikuttaa laajallakin alueella. Tunneleiden ja hallien siirtymät voivat ulottua alueelle, joka on 2-3 kertaa hallin leveys. Samoin avokaivantojen aiheuttamat siirtymät voivat ulottua alueelle, joka on 2-5 kertaa kaivannon seinän korkeus.

Kampin keskuksen louhinnan yhteydessä tapahtui odotetusti ja pääosin tehtyjen laskelmien mukaisesti siirtymiä ympäröivässä kalliiossa ja Kampin metroaseman holvissa. Vauriot olivat huomattavia ja taloudellisesti suuria, mutta kuitenkin pääosin odotusten mukaisia.

### 5.2.9 Radon rakennusaikana

Rakennusaikaisten vahinkojen yhteydessä radonin aiheuttamia haittoja ei noussut esille tässä selvityksessä. Ilmeistä on, että radonin mittaaminen osataan tehdä ja radonin poistaminen hallitaan. Radon vapautuu maanalaiseen tilaan, kun kalliohalkeamasta tuleva vesi tulee huonetilaan -tällöin radon vapautuu vedestä ilmaan pohjaveden virratessa esimerkiksi pumppaamoon. Radonin poistaminen ilmasta tapahtuu tunneleiden huoltotuuletuksella.



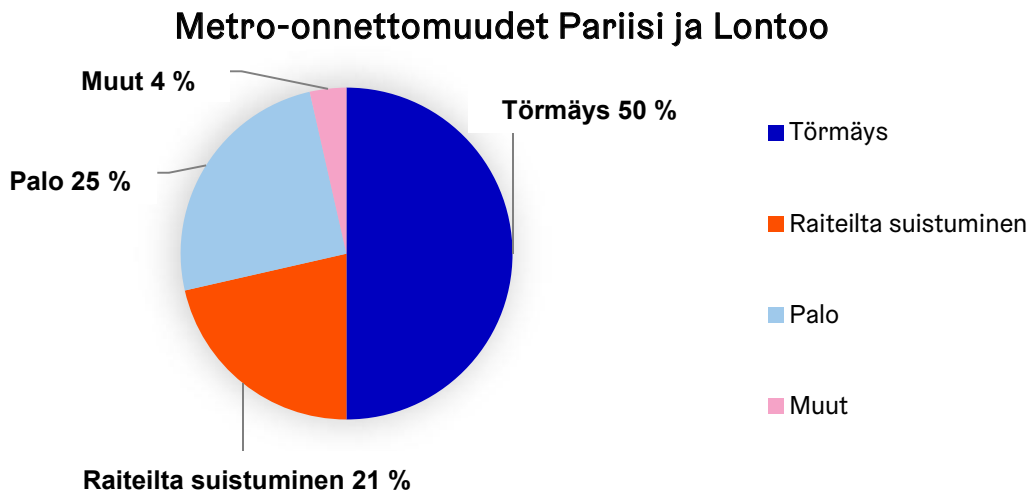
Kuva 12: Käsikäyttöinen radonmittari, Airthings

## 5.3 Käytönaikaiset vahingot ja onnettomuudet kansainvälisen aineiston perusteella

Aineistoon koottiin tiedot kansainvälisestä aineistosta Pariisin ja Lontoon metroaineistojen vahingoista ja onnettomuuksista. Pariisin metron tilastoaineisto muodostuu pääosin vuosien 1903-2016 tapahtumista, Lontoon aineisto taas vuosien 1938-2014 tapahtumista. Lisäksi aineistoon otettiin mukaan PIARCin tutkimus Norjan tietunneleiden vahingoista ja onnettomuuksista.

### 5.3.1 Metrotunnelit

Pariisin ja Lontoon metro-onnettomuuksien syyt on esitetty kaaviossa 8. Tilaston mukaan suurin onnettomuuksien tapahtumaryhmä on törmäykset ja toiseksi suurin raiteilta suistuminen. Selkeästi näitä pienempiä tapahtumaryhmiä ovat palot ja muut syyt.



Kaavio 8: Pariisin ja Lontoon metro-onnettomuuksien jakauma, ROCKPLAN



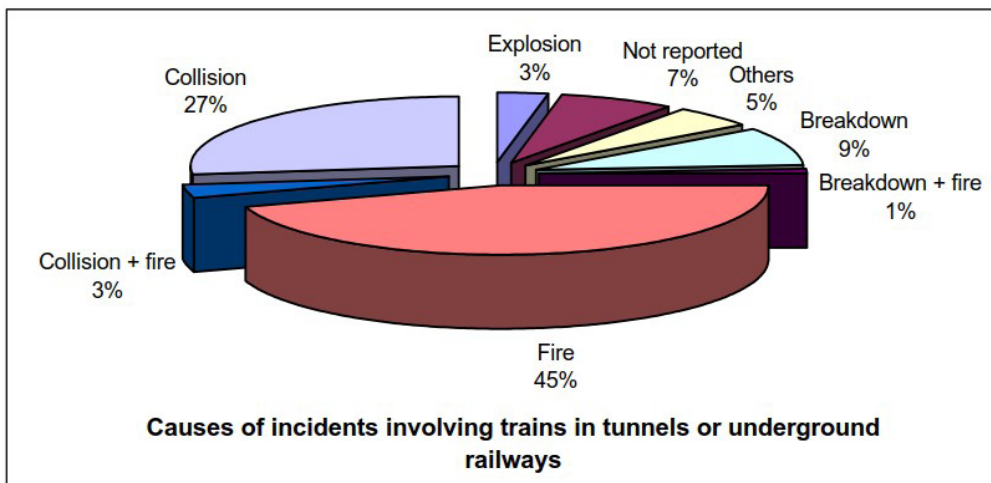
Kuva 13: Kahden metrojunan törmäys Roomassa, 2006, AFP Photo / Police Cantonale Valais, STT, Lehtikuva,

### 5.3.2 Rautatietunnelit

UNECE tietojen mukaan juniin liittyvät tunneleissa tai maanalaisissa tilastoissa tapahtuneiden onnettomuuksien syyt on esitetty kaaviossa 9. Tilastojen mukaan suurin onnettomuuksien tapahtumaryhmä on tulipalot ja toiseksi suurin törmäykset. Selkeästi näitä pienempiä tapahtumaryhmiä ovat rikkoontumiset ja muut syyt.

### 5.3.3 Maantietunnelit

PIARCIN tietojen mukaisten Norjan tietunneleiden onnettomuuksien syyt on esitetty kaaviossa 10. Tietojen mukaan Norjan tietunneleiden onnettomuuksien suurin tapahtumaryhmä on yksittäisen ajoneuvon onnettomuus, toiseksi suurin yhteentörmäykset ja kolmanneksi suurin peräänajot.



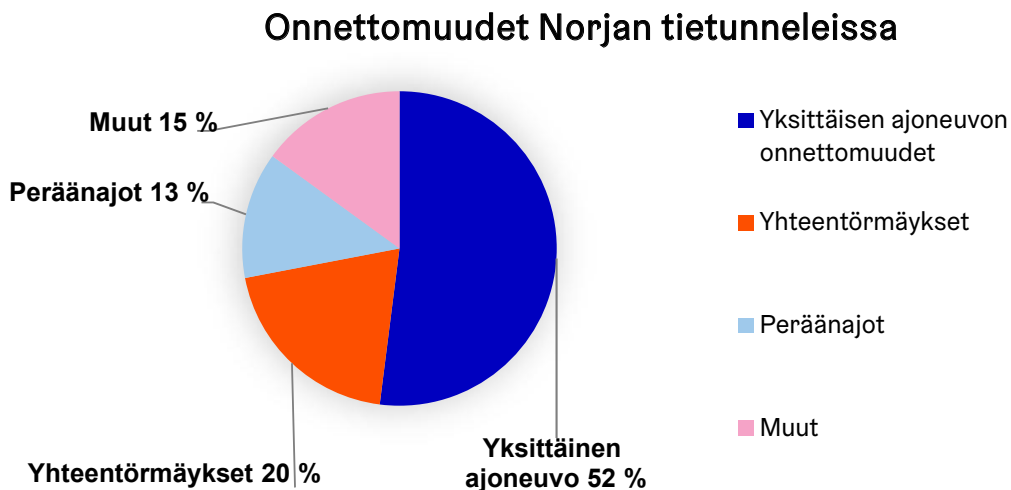
Kaavio 9: UNECE maanalaiset junaonnettomuudet



Kuva 14: Onnettomuus tietunnelissa Sveitsissä, jossa linja-auto törmäsi tunnelilevikkien yhteydessä olleeseen poikkiseinämään, 2012 STT, AFP/Lehtikuva,

### 5.3.4 Tahalliset vahingot

Tässä selvityksessä koottujen tietojen mukaan juniin ja metroon kohdistuneet terrorismi/itsemurha hyökkäykset on esitetty taulukossa 1.



Kaavio 10: Onnettomuuksien jakauma Norjan tietunneleissa, lähde: PIARC 2006

4.8.1974	Italia	Italicus Express	12 menehtynyttä, 48 loukkaantunutta
23.12.1984	Italia	Juna 904	16 menehtynyttä, 267 loukkaantunutta
18.2.2003	Etelä-Korea	Daegu metro	192 menehtynyttä, 151 loukkaantunutta
7.7.2005	Englanti	Lontoo metro	56 menehtynyttä, 784 loukkaantunutta
11.4.2011	Valkovenäjä	Minsk metro	15 menehtynyttä, 204 loukkaantunutta
22.11.2016	Belgia	Brysseli metro ja lentoasema	35 menehtynyttä, 340 loukkaantunutta

Taulukko 1: Tahalliset vahingot maanalaisiin tiloihin Euroopassa, ROCKPLAN

# 6. Riskiarviointimenettely

## 6.1 Riskienhallinta

Riskienhallintaprosessi johtaa aina arvioon, jossa useilla eri toimenpiteillä riskien määrää ja todennäköisyyttä vähennetään hyväksyttävälle tasolle. Riskien vähentämiseen tähtäävien toimenpiteiden määrä ja laatu määritetään riskiarvioprosessissa. Riskiarvio laaditaan ainakin suunnittelun yhteydessä erikseen maanalaisessa yleiskaavoitus-, asemakaavoitus- ja lupavaiheissa.

Riskiarvion laadinnasta vastaa hankkeen toteuttajaorganisaatio. Toteuttajaorganisaatio saa riskiarviosta paljon hyödyllistä tietoa hankkeen turvallista ja taloudellista toteutusta varten.

Riskiarvion laadinnan yhteydessä kirjataan myös riskien hyväksyntäkriteerit eli tehdään laadullinen tai määrällinen ilmaisu, joka määrittää tietyille järjestelmälle hyväksyttävän tai sallitun suurimman riskitason.

## 6.2 Riskiarvion laadinta

Riskien arviointia varten on olemassa monia erilaisia menetelmiä. Tämän selvityksen yhteydessä määritettiin yksi mahdollinen menetelmä Helsingin maanalaisten tilojen riskien arviointia varten. Menetelmä muodostuu vahinkojen ja onnettomuuksien tilastointiin ja tilastojen perusteella laadittuihin riskiarvoihin. Selvityksen tuloksena muodostui käsitys oleellisimmista riskitekijöistä.

Hankkeen valmistelun yhteydessä on kohdekohtaisesti aina tehtävä hankkeen riskiarvio, jossa arvioidaan uuden hankkeen riskit ympäristöön ja muihin riskikohteisiin. Maanalaisten tilojen riskiarviointimenettelyssä arvioidaan riskien vakavuutta tapahtumatiheyden ja tapahtuman vaikuttavuuden perusteella. Maanalaisten tilojen onnettomuuksien ja vahinkojen riskien arviointi tehdään käytönaikaisten ja rakentamisen aikaisten tarkastelujen osalta periaatteessa samalla tavalla.

RISKI	Tiheys	Vaikutus				
		Tuhoisa	Erittäin vakava	Vakava	Hyväksyttävä	Merkityksetön
		5	4	3	2	1
Erittäin todennäköinen	5	Ei hyväksyttävä	Ei hyväksyttävä	Ei hyväksyttävä	Ei toivottu	Ei toivottu
Todennäköinen	4	Ei hyväksyttävä	Ei hyväksyttävä	Ei toivottu	Ei toivottu	Hyväksyttävä
Satunnainen	3	Ei hyväksyttävä	Ei toivottu	Ei toivottu	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
Epätodennäköinen	2	Ei toivottu	Ei toivottu	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä	Merkityksetön
Erittäin epätodennäköinen	1	Ei toivottu	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä	Merkityksetön	Merkityksetön

Taulukko 2: Riskienarviointimenettely, ROCKPLAN

### 6.3 Tapahtumatiheyden ja tapahtuman vaikutuksen arviointi riskiarvion perusteena

Maanalaisten tilojen riskiarviointimenettely voidaan esittää taulukon 2 mukaan. Tapahtuman tiheys arvioidaan erikseen ja samoin tapahtuman vaikutus. Yhteisvaikutuksena saadaan näkemys riskin merkityksestä/hyvaksyttävyydestä.

### 6.3 Esimerkkejä riskiarvioista

Oheisiin taulukoihin on koottu kolme esimerkkiä riskiarvioista. Kyseessä on todelliset tapahtumat, joita arvioidaan tapahtumatiheyden ja seurausten vakaavuuden perusteella. Tarkastelutulokset on esitetty matriiseina taulukoissa 3-5.

Esimerkki 1:

- 40 vuotta vanhan vesiputken rikkoutuminen
- Tapahtumatiheys on todennäköinen (kerroin 4)
- Taloudellinen vaikutus on erittäin vakava (kerroin 4)
- Toiminnan keskeytyminen (kerroin 1)
- Henkilövahingot -ei ole (kerroin 1)
- Ympäristövaikutus -ei ole (kerroin 1)

Tulos:

- (Tapahtumatiheydellä 1,2,3,4 tai 5 kerrotaan seuraavat tekijät)
- Taloudellinen vaikutus -16
- Toiminnan keskeytyminen -4
- Henkilövahingot -4
- Ympäristövaikutus -4

Onnettomuus			
Syy	Seuraus	Kommentit	Suosittelut toimenpiteet
40 vuotta vanhan vesiputken rikkoutuminen	Tulviminen	Veden kulku olemassa olevan reiän kautta maanalaiseen tilaan	Mahdollisten vuotoyhteyksien selvittäminen maanalaisissa tiloissa

Vaikutus					Riski			
Tiheys	Taloudellinen vaikutus	Toiminnan keskeytyminen	Henkilövahingot	Ympäristövaikutukset	Taloudellinen vaikutus	Toiminnan keskeytyminen	Henkilövahingot	Ympäristövaikutukset
4	4	1	1	1	16	4	4	4

Taulukko 3: Onnettomuusesimerkki 1, ROCKPLAN

Esimerkki 2:

- Rankkasateesta johtuva merenpinnan nousu
- Tapahtumatiheys on todennäköinen (kerroin 4)
- Taloudellinen vaikutus on erittäin vakava (kerroin 2)
- Toiminnan keskeytyminen on satunnaista (kerroin 3)
- Henkilövahingot -ei ole (kerroin 1)
- Ympäristövaikutus -ei ole (kerroin 1)

Tulos:

- Taloudellinen vaikutus -8
- Toiminnan keskeytyminen -12
- Henkilövahingot -4
- Ympäristövaikutus -4

Onnettomuus			
Syy	Seuraus	Kommentit	Suosittelut toimenpiteet
Rankkasateesta johtuva merenpinnan nousu	Tulviminen	Veden kulkeutuminen laajalle alueelle olemassa olevien yhteysreittien kautta	Vedenpinnan seuranta

Vaikutus					Riski			
Tiheys	Taloudellinen vaikutus	Toiminnan keskeytyminen	Henkilövahingot	Ympäristövaikutukset	Taloudellinen vaikutus	Toiminnan keskeytyminen	Henkilövahingot	Ympäristövaikutukset
4	2	3	1	1	8	12	4	4

Taulukko 4: Onnettomuusesimerkki 2, ROCKPLAN

Esimerkki 3:

- Yksittäinen autopalo
- Tapahtumatiheys on todennäköinen (kerroin 5)
- Taloudellinen vaikutus on erittäin vakava (kerroin 1)
- Toiminnan keskeytyminen - ei ole (kerroin 0)
- Henkilövahingot -ei ole (kerroin 1)
- Ympäristövaikutus -ei ole (kerroin 1)

Tulos:

- Taloudellinen vaikutus -5
- Toiminnan keskeytyminen -0
- Henkilövahingot -5
- Ympäristövaikutus -5

Onnettomuus			
Syy	Seuraus	Kommentit	Suosittelut toimenpiteet
Yksittäinen autopalo	Palo pysäköintihallissa	Palo sammunut itseksensä/sprinklerien ansiosta	Paloilmoitusjärjestelmien kunnon säännöllinen testaaminen

Vaikutus					Riski			
Tiheys	Taloudellinen vaikutus	Toiminnan keskeytyminen	Henkilövahingot	Ympäristövaikutukset	Taloudellinen vaikutus	Toiminnan keskeytyminen	Henkilövahingot	Ympäristövaikutukset
5	1	0	1	1	5	0	5	5

Taulukko 5: Onnettomuusesimerkki 3, ROCKPLAN



# 7. Maanalainen yleiskaavoitus

## 7.1 Lähtökohta

Maanalaisen yleiskaavan lähtökohtana on hakea, osoittaa ja varata maanalaiseen rakentamiseen soveltuvia alueita, joita tarvitaan kaupungin kehittyessä ja kasvaessa eri toimintojen tarpeisiin. Maanalainen yleiskaava mahdollistaa maanalaisen resurssin hyödyntämisen ja siten aiempaa toimivamman kaupunkiympäristön tulevaisuudessa. Maanalaisten resurssien avulla on jo vapautettu ja voidaan vapauttaa tärkeitä ja keskeisiä alueita maan pinnalta muun muassa asumisen käyttöön.

Maanalainen yleiskaava osoittaa kaupungin pitkän tähtäimen suunnittelun kautta varattavat alueet. Samalla aluevarauksia priorisoidaan ja kohteita osoitetaan tarpeellisempiin käyttötarkoituksiin.

## 7.2 Tilavaraukset

Maanalaiseen rakentamiseen varataan maanalaisella kaavoituksella alueita/kohteita, jotta tarkoituksenmukainen ja järkevä maanalainen resurssi voidaan saada käyttöön tulevaisuudessa, eikä käyttömahdollisuuksia estetä esimerkiksi toissijaisella rakentamisella. Maanalaisten tilojen purkaminen ja samojen kohteiden uudelleen rakentaminen on yleensä hankalampaa kuin vastaava työ maan päällä. Kaupunkialueilla maanalaisten tilojen hyödyntämistä uhkaava toissijainen rakentaminen tarkoittaa rakentamista, jonka hyöty on pieni verrattuna maanalaisen tilan toteutukseen. Toissijaista rakentamista voi olla muun muassa porakaivojen ja lämpökaivojen tekeminen ja tunneleiden sijoittaminen johonkin tiettyyn paikkaan, vaikka niiden sijainti ei ole tarkasti tiettyyn paikkaan sidottu.

Maanalaisten tilojen varaamisella turvataan kaupunkialueen kehittäminen. Alueiden varaaminen tehdään maanalaisessa yleiskaavavaiheessa mahdollisimman varhain eri alueilla ja varaukset pyritään tekemään riittävän laajoiksi turvallisen toteutuksen kannalta. Tilavarauksien muuttaminen hallitusti kaavoituksen ja asemakaavoituksen yhteydessä auttaa maanalaisen toiminnan ja rakentamisen kehittämisessä.

### 7.3 Tilavarausten kokoaminen

Helsinki kokoaa ja esittää maanalaisen yleiskaavan laadinnan yhteydessä tilavaruksia ja määrittelee kalliorakentamiseen varattavia tärkeitä alueita. Helsingissä varauksien tekeminen on suhteellisesti helpompaa moniin kaupunkeihin verrattuna, koska kaupungilla on jo kokemusta ja tietoa maanalaisesta kaavoituksesta yleis- ja asemakaavavaiheissa, hankkeiden toteutuksesta ja ympäristö- ja kallioperäolosuhteista sekä riskien hallinnasta toteutuksen ja käytön aikana.

Hankkeiden turvalliseen toteutukseen liittyviä suunnitelmia laaditaan ja turvallisuusselvityksiä tehdään kaikissa suunnitteluvaiheissa ja ratkaisuja tarkennetaan maanalaisissa kaavoitus-, lupa- ja toteutusvaiheissa.

### 7.4 Tilavarausten sijainti

Maanalaisen yleiskaavoituksen yhteydessä laaditaan tilavaraukset uusille suunniteltaville maanalaisille kohteille. Maanalaisen kohteen tilavarauksella määritetään sijaintialue ja tarvittaessa sijoitussyvyys, johon uuden kohteen sijoittamista voidaan suunnitella. Maanalaisen yleiskaavavaiheen maanalaisessa tilavarauksessa kohteen sijainti esitetään maanalaisen yleiskaavan vaatimalla tarkkuudella. Maanalaisen yleiskaavan tilavarauksen alueen rajausta tehdään niin laajaksi, että alueelle mahtuvat kalliorakenteelliset suojavyöhykkeet ja suunnittelun seuraavien vaiheiden tarkentamisen vaatima tilavaraus.

Maanalaisessa yleiskaavavaiheessa laaditaan kohteiden rakennettavuusselvitys, jossa arvioidaan toteutettavuus, soveltuvuus ympäristöön sekä riskeihin ja turvallisuuteen liittyvät tekijät. Kohdekohtaisesti arvioidaan tilavarauksen laajuus ja muut turvallisuuteen liittyvät tekijät. Kaupungin keskusta-alueilla ja tiiviisti rakennetuilla alueilla tarvitaan perusteellisemmat arviot, koska tilojen sijoittaminen muun muassa rakennettujen maanalaisien tilojen yhteyteen on haastavaa.

Hankkeiden turvallisuuteen liittyvät suunnitelmat laaditaan kohdekohtaisen harkinnan mukaan.



Kuva 15: Länsimetron Karhusalmen aluetta tutkittiin kalliokairaamalla, 2010, ROCKPLAN kuva-arkisto, Juha Nenonen

## 7.5 Maanalaisessa yleiskaavassa esitettävät asiat

Maanalaisessa yleiskaavassa esitettävät tiedot antavat perustan kohteiden turvalliseen suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön. On oleellista, että tieto maanalaisesta rakentamisesta on saatavilla laajasti ja kattavasti toimijoiden käyttöön. Tämä lisää turvallisuutta, koska näin voidaan vähentää toteutuksen ja käytön aikaisia riskejä. Maanalaisessa yleiskaavassa on perusteltua esittää laajasti maanalaiseen ympäristöön liittyvät asiat.

Maanalaisen yleiskaavan piiriin kuuluvat:

- Nykyiset ja suunnitellut laajat kallioperässä olevat maanalaiset tilat
- Merkittävimmät tunneliyhteydet
- Maanalaiset tilavaraukset
- Maanalaiseen rakentamiseen soveltuvat kallioidet alueet

Toiminnallisen luonteensa perusteella maanalaisen yleiskaavan piiriin kuuluu:

- Torien alapuoliset pysäköintilaitokset
- Maanalaisten tilojen maanpinnalle johtavat merkittävät yhteydet (liikenneväylät, tunneleiden suuaukot ja muut maanpintaan johtavat rakenteet)

Maanalaisessa yleiskaavassa ei esitetä:

- Kooltaan vähäisempiä olemassa olevia maanalaisia tiloja ja tunneleita
- Välittömästi rakennusten alla olevia kellareita

## 7.6 Maanalaisen yleiskaavan kartat

### 7.6.1 Maanalaisen yleiskaavan ohjaava vaikutus

Maanalainen yleiskaava ohjaa maanalaisten tilojen turvallista jatkosuunnittelua ja rakentamista. Maanalaisen yleiskaavan laadinnan yhteydessä valitaan kohteita ja alueita priorisoiduille hankkeille.

Esitettyjen tilavarausten lisäksi on mahdollista myös muiden maanalaisten tilojen rakentaminen tai nykyisten tilojen laajentaminen, mikäli nämä voidaan sovittaa yhteen maanalaiseen yleiskaavaan merkittyjen tilavarausten tai maanpäällisen voimassa olevan Helsingin yleiskaavan ja asemakaavojen kanssa.

Maanalaisessa yleiskaavassa esitettyjen tilatarpeiden lisäksi sallitaan muutakin maanalaista rakentamista, mikäli siitä ei aiheudu olennaista haittaa alueen pääasialliselle maanalaiselle toiminnalle tai maanpäälliselle käyttötarkoitukselle.

### 7.6.2 Maanalaiset yleiskaavakartat

Maanalainen yleiskaava laaditaan ja esitetään kartoilla ja yleiskaavaselostuksessa. Kartat ja kaava-aineisto laaditaan digitaaliseen muotoon ja ne ovat valmistuttuaan luettavissa Helsingin kaupungin karttapalvelusta.

### 7.6.3 Maanalaisten tilojen teemakartat

Teemakartoissa osoitetaan ja nimetään hankkeittain tilan käyttötarkoitus. Hankkeiden suunnitelmat ovat tarkkuudeltaan eri vaiheisia.

## 7.7 Vaiheittain eteneminen

Kaavoitus ja toteutus etenevät vaiheittain. Etenemisvaiheiden mukaan selvitetään vastaavasti turvallisuuteen liittyvät asiat.

Maanalaisen rakentamisen toteutuksen edellytyksiä tarkennetaan seuraavien vaiheiden mukaan:

Maanalainen yleiskaava

- Laaditaan rakennettavuusselvitys, jossa arvioidaan
  - Toteutettavuus
  - Soveltuvuus ympäristöön
  - Riskeihin ja turvallisuuteen liittyvät tekijät
  - Tilatarpeen määrittäminen kohteen suunnittelua varten

Asemakaavavaihe

- Rakennustekninen yleissuunnitelma
- Yksityiskohtaiset suunnitelmat

Rakennuslupavaihe

- Lupavaiheen suunnitelmat

Toteutusvaihe

- Toteutussuunnitelmat

Käytönaikainen turvallisuus

- Käytönaikainen turvallisuuden valvonta ja turvallisuuden parantamisen edellyttämät parannukset kohteissa.

## 7.8 Riski- ja turvallisuustekijöiden arviointi

Maanalaisen yleiskaavan laadinnan yhteydessä arvioidaan kohteen riskeihin ja turvallisuuteen liittyvät tekijät.

### 7.8.1 Rakennettavuusselvityksen riski- ja turvallisuustekijät

Riski- ja turvallisuustekijöiden arviointi ja selvittäminen tapahtuu tarkastelemalla alla esitettyjä tekijöitä:

•Arvioidaan, voiko kohde mahdollisesti aiheuttaa maa- ja kallioperän siirtymiä. Tavanomaisten tunneleiden kohdalla arviointi tarkoittaa käytännössä asian toteamista, suurten tilojen kohdalla tarvitaan tarkasteluja tai tarvittaessa laskelmia.

•Arvioidaan, voiko kohde aiheuttaa uusia tulvivan veden vuotamisyhteyksiä. Vuotamisyhteyksien tarkastelulla selvitetään vuotoriskien ja vuotoreittien mahdolliset uhat.

•Selvitetään palo- ja pelastusturvallisuuden edellyttämät tärkeimmät yhteydet maan pintaan. Tärkeimpien yhteyksien sovittaminen tiiviiseen kaupunkirakentamiseen on usein haasteellista.

•Selvitetään, onko vaikutuspiirissä metro, rautatie tai muita tärkeitä liikenneyhteyksiä tai muita tärkeitä maanalaisia tiloja. Läheisten tilojen olemassaolo tunnistetaan tässä tarkastelussa.

•Määritellään kohteen tarvitsema rakentamisalue suojavyöhykkeineen. Maanalaisen yleiskaavan rakentamisalueeseen kuuluu kalliorakenteellisen suojavyöhykkeen lisäksi varaukset suunnitelman tarkentumisen yhteydessä esille tuleviin tilatarpeisiin.

•Arvioidaan kohdekohtaisesti esille tulevat muut merkittävät riskit ja turvallisuustekijät.

### 7.8.2 Riski- ja turvallisuustekijöiden tunnistaminen

Hankkeen alkuvaiheen keskeinen haaste on tunnistaa kohteen riski- ja turvallisuustekijät. Riski- ja turvallisuustekijöiden tunnistaminen voidaan tehdä esimerkiksi hankkeen kehittäjän toimesta. Riski- ja turvallisuustekijät kootaan ”Hankkeen riski- ja turvallisuustekijät”-muistioon. Tarvittaessa kaavoittaja pyytää arvioita muistioon kootusta aineistosta asian tuntijoilta. Arvioiden perusteella laaditaan tarpeen mukaan tarkentavia suunnitelmia tai selvityksiä.

# 8. Maanalaisen kohteen lähellä oleva maanpäällinen rakennuskohde

Maanpäällisen rakennuskohteen osalta on tarpeellista tehdä riskeihin ja turvallisuuteen liittyvät selvitykset ja suunnitelmat, jotka vastaavat maanalaisen kohteen selvityksiä, silloin kun kohde on maanalaisen kohteen läheisyydessä. Maanalaisen kohteen läheisyydessä sijaitsevaa maan päällistä kohdetta koskisivat siten kaikki maanalaisen tilan suunnittelua ja toteutusta koskevat vaatimukset. Vaatimukset on lueteltu edellä. Selvitysten ja suunnitelmien tarve arvioidaan kaavoituksen yhteydessä.

Maanpäällinen kohde on maanalaisen kohteen läheisyydessä silloin, kun kohteen etäisyys on vähemmän kuin kolme kertaa maanalaisen kohteen leveys tai korkeus. Tämä ohje koskee siis olemassa olevaa tai suunnitteilla olevaa maanalaista tilaa.



Kuva 16: Kamppi, 2008, ROCKPLAN kuva-arkisto, Juha Nenonen

# 9. Maanalainen asemakaavoitus

Maanalaisessa yleiskaavassa esitetään tilavaraukset maanalaisille tiloille, joiden suunnittelua jatketaan maanalaisessa asemakaavavaiheessa. Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laaditaan ”rakennustekninen yleissuunnitelma”, jossa tarkennetaan turvallisuuteen ja riskeihin liittyviä selvityksiä ja vastataan keskeisiin näihin asioihin liittyviin kysymyksiin. Tämän vaiheen selvitysten ja suunnitelmien avulla voidaan tilavaraus sijoittaa kaavakartalle.

## 9.1 Turvallisuuden liittyvät tarkastelut

Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laadittavan suunnittelun yhteydessä tarkennetaan maanalaisen yleiskaavavaiheen yhteydessä tehtyjä turvallisuustarkasteluita. Tässä vaiheessa arvioidaan uuden tilan rakentamisen ja toiminnan vaikutuksia ympäristön kohteisiin. Vastaavasti arvioidaan muiden ympäristössä sijaitsevien kohteiden vaikutusta suunniteltavaan kohteeseen.

Tarkastelu kattaa seuraavia asioita:

- Liikenteen vaikutukset
- Tulvivien veden vesiyhteyksien vaikutukset ja tulvimis- ja leviämismahdollisuus suunnitteilla olevaan tilaan tai läheisyydessä olevaan tilaan (sade/hule/viesijohto/kaukolämpö/kaukojäähdytys/viemäri/meri)
- Metron, rautatien tai muiden maanalaisten tilojen vaikutukset kohteen toteutukseen
- Palo- ja pelastusturvallisuuden järjestelyt, selvitys tarvittavista pelastus- ja turvallisuusyhteyksistä maan pintaan, kuten savunpoisto- ja korvausilmareitit, poistumis- ja pelastusreitit.
- Talotekniikan keskeiset ratkaisut, kuten tulo- ja poistoilmakanavat ja niiden säleiköt
- Maa- ja kallioperän siirtymien mahdolliset tarkastelut
- Muut mahdolliset kohteen ja ympäristön keskinäiset vaikutukset.

## 9.2 Suojavyöhyke

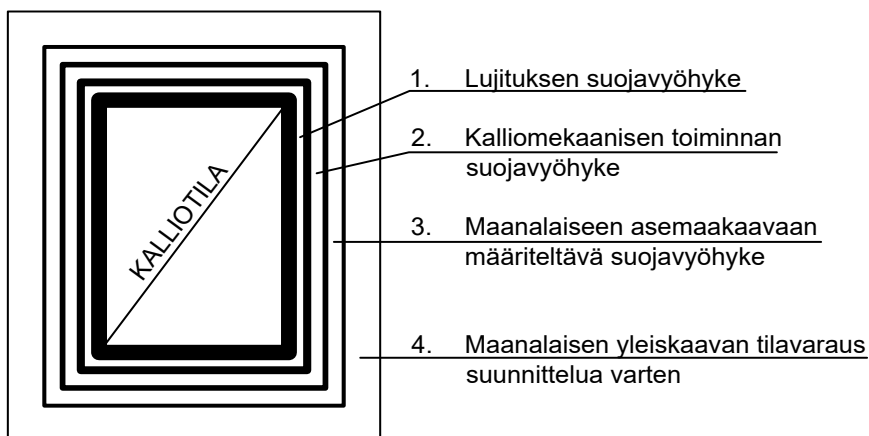
Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laadittavan suunnittelun yhteydessä tarkennetaan maanalaisten suojavyöhykkeiden mitoitus.

### 9.2.1 Suojavyöhykkeen määrittely

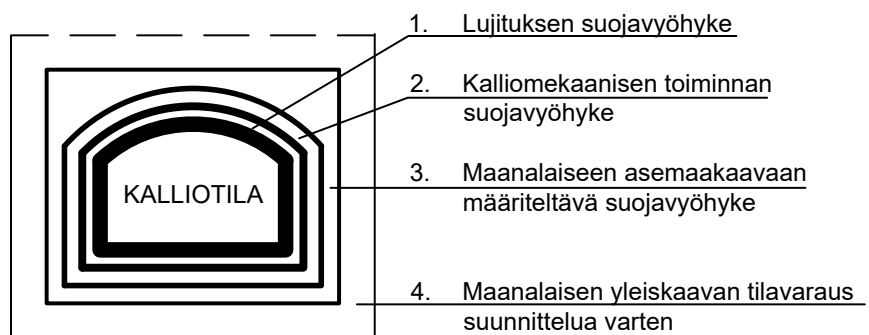
Kalliotilan ympärillä olevalla suojavyöhykkeellä tarkoitetaan kalliomassaa, jonka ensisijainen tehtävä on muodostaa kalliotilan kantava rakenne.

Kalliotilan kantava rakenne muodostuu lujitetusta kallioholvista, seinämästä tai pohjasta Tavanomaisen rakennuksen kalliovaaraisten anturoiden alla oleva kallio muodostaa vastaavasti kantavan kalliorakanteen.

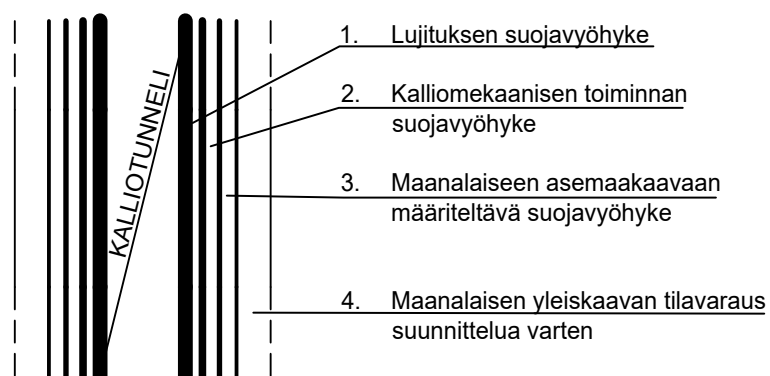
Suunnittelussa tulee tilanteita, joissa kalliotila suunnitellaan toisen kalliotilan suojavyöhykkeelle sillä ajatuksella, että muutetaan kantavan kalliorakenteen dimensioita. Tällaisissa tapauksissa tarkastellaan, kuinka olemassa olevan kalliotilan kantavia kalliorakenteita voidaan muuttaa ja samoin tehdään tarvittaessa kalliorakenteelliset mitoitus- ja muutossuunnitelmat.



Kaavio 11: Suojavyöhykkeiden määrittelyt, pohjakuva, ROCKPLAN



Kaavio 12: Suojavyöhykkeiden määrittelyt, leikkaus, ROCKPLAN



Kaavio 13: Suojavyöhykkeiden määrittelyt tunnelissa, pohjakuva, ROCKPLAN

### 9.2.2 Suojavyöhykkeiden merkintä asemakaavaan

Tunneleiden ja kalliotilojen ympärille merkitään suojavyöhykkeet. Tunneleiden ja kalliotilojen ympärillä olevan suojavyöhykkeen sisäpuolella on kallion kantava rakenne, jota ei saa muuttaa ilman tarkempaa suunnittelua. Vanhemmissa kaavoissa ei merkintää suojavyöhykkeistä ole, eikä se sinänsä ole oleellista. Kantava kalliorakenne on olemassa, vaikka sitä ei ole merkitty kaavaan.

### 9.2.3 Lujitusrakenteiden suojavyöhykkeet

Tavanomaiset pysyvät lujitukset tehdään kallioankkuroinnilla (pultituksella). Q-luokitusten mukaisten lujitusten avulla voidaan määrittää suojavyöhykkeet tavanomaisille pysyville lujituksille kallioankkuroinnilla (pultituksella).

Alla olevan taulukon 6 kantavan kalliorakenteen suojavyöhykkeiden mittojen lähtökohtana pidetään laadultaan tavanomaista Q-luokituksen mukaista ”kohtalainen” (C)-luokan kalliolaatua. Kohdekohtaisesti suunnittelun yhteydessä tarkistetaan kallion laadun ja kohteen koon perusteella tarvittava mitoitus.

### 9.2.4 Kalliomekaanisen rakenteen suojavyöhykkeet

Suuremmissa kalliotiloissa tarvitaan kalliomekaanisen rakenteen suojavyöhykkeet. Kalliorungon kalliomekaaninen toiminta edellyttää suurien kalliotilojen kohdalla yleensä dimensioiltaan suurempia suojavyöhykkeitä kuin Q-luokituksen mukainen ankkurointimitoitus antaa tulokseksi. Kalliomekaaniseen suojavyöhykkeeseen voidaan yleensä avata läpi meneviä kulku- tai muita tunneliyhteyksiä.

Kahden vierekkäisen kalliotilan kalliomekaanisen rakenteen suojavyökkeenä voi toimia näiden kalliotilojen välissä sijaitseva sama yhteinen kalliopilari.

Tarvittavan kalliomekaanisen rakenteen suojavyöhykkeen mitoitus lasketaan kalliomekaanisten tarkasteluiden avulla.

Kohde	Leveys (m)	Korkeus (m)	Suojavyöhyke (m)
Tunneli	4...6	4...6	2...3
Tunneli	6...10	6...8	3...4
Kalliotila	10...18	6...11	4...5
Kalliotila	18...31	11...20	5..9

Taulukko 6 Kalliotilan ympärille muodostettavan suojavyöhykkeen ohjeelliset mitat, ROCKPLAN

### 9.2.5 Maanalaisessa asemakaavoituksessa määritettävä suojavyöhyke tai -alue

Maanalaisessa asemakaavassa määriteltävä suojavyöhyke tai -alue voi olla dimensioiltaan suurempi kuin kalliotilan lujitusten tai kalliotilan kalliomekaaninen kantava rakenne. Tällöin maanlaisen asemakaavan laadinnan yhteydessä harkitaan kohdekohtaisesti tarvittavan suojavyöhykkeen laajuus. Perusteena suojavyöhykkeen tai -alueen sijoittamiselle voi olla esimerkiksi kohteen sijainnin kalliomekaaniset syyt ja toiminnalliset syyt. Lisäksi kohde voi olla kallioväestönsuoja, jolloin kyseessä olevat määräykset asettavat omat rajoituksensa.

### 9.2.6 Maanalaisen yleiskaavan tilavaraus suunnittelua varten

Maanalaisen yleiskaavan tilavaraus suunnittelua varten ottaa huomioon suunnittelun tarvitseman mahdollisesti laajemman alueen, jonka puitteissa kohteen suunnitteluratkaisulle voidaan hakea hyvä ratkaisu.

### 9.2.7 Kiinteistön rajojen yli ulottuvat ankkuroinnit

Mikäli rakennustekninen suojavyöhyke tai pysyvät ankkurointilujitukset ulottuvat hankkeen naapurikiinteistön alueelle, laaditaan tarvittavat sopimukset ja viedään rasitemerkinnät kiinteistörekisteriin.



### 9.3 Siirtymien arviointi

Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laadittavan suunnittelun yhteydessä tarkennetaan mahdolliset kalliotilan rakentamisen aiheuttamat siirtymät.

Suunnittelun yhteydessä arvioidaan, voiko uuden kohteen toteuttaminen aiheuttaa maa- ja kallioperän mahdollisia siirtymiä kohteessa ja alueellisesti. Tätä varten selvitetään kohteen kallioperän jännitystilaa suunta ja suuruus sekä kallioperän laatu. Lisäksi tehdään tarvittavat kalliomekaaniset tarkastelut ja riskiarviot sekä arvioidaan tulosten vaikutus kohteen sijaintiin.

### 9.4 Ympäristön rakenteiden sijaintiselvitykset

Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laadittavan suunnittelun yhteydessä tarkennetaan sijaintitiedot, jotka ovat turvallisuus- ja riskiselvityksien tärkeimpiä osia.

Suunnitteilla olevan maanalaisen tilan rakentamisen edellyttämät sijaintiin liittyvät turvallisuus selvitykset tarkennetaan muuan muassa seuraavilta osin:

- Läheisyydessä olevan maanalaisen kohteen sijainnin selvitykset ja tutkimukset. Maanalaisen kohteen mitatun sijaintitiedon hankinta.
- Läheisyydessä olevien muiden rakennettujen kohteiden sijainnin selvitykset ja tutkimukset.
- Selvitys ja mittaus suunnitelma ympäristön kiinteistöjen ja maanalaisten tilojen todellisesta sijainnista, vaikka niihin ei edes olisi suunnitteilla yhteyksiä. Selvityksessä otetaan huomioon ympäristön maanalaisten tilojen ja perustuskaivantojen louhintatyön epätarkkuuden ja mittausepätarkkuuden vaikutus.
- Lähtötiedot voivat olla vuosikymmeniä vanhoja merkinnöillä, että sijainti on epävarma. Tällaisissa tilanteissa pitää mittaus tehdä aina.
- Kohteen valmistuttua louhinnan ja kaivun mittaus tiedot tulee toimittaa kaupungille, jotta jatkolouhinnoissa voidaan huomioida olemassa olevat tark tiedot.



Kuva 17: Hartwall Arenan harjoitushalli maan alla, 2000, ROCKPLAN kuva-arkisto, Juha Nenonen

## 9.5 Pohja- ja orsivesiselvitykset

Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laadittavan suunnittelun yhteydessä tarkennetaan pohja- ja orsivesitiedot.

Selvityksiin kuuluu muun muassa:

- Pohja- ja orsiveden tasot

- Selvitys/tarkastelut pohjaveden ja orsiveden alenemisen mahdollisuudesta, pohjavesivirtausten muuttumisesta ja näiden estämiseen tarvittavista toimista.

- Arvioidaan pohja- ja orsiveden alenemisen riski pohjatutkimusten avulla

- Arvioidaan pohja- ja orsiveden alenemisen estämiseen tarvittavat toimenpiteet kuten maa- ja kallioperän tiivistys, rakenteellinen tiivistäminen, seurantajärjestelyt.

- Pohja- ja orsiveden riskikohteiden tunnistaminen

## 9.6 Tulvat ja johtojen vuodot

Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laadittavan suunnittelun yhteydessä tarkennetaan tulvien ja johtojen vuotoriskit.

Selvityksiin kuuluu muun muassa:

- Tulvien mahdollisuuden arviointi

- Mahdollisten tulvavesien (sade/hule/vesijohto/kaukolämpö/kaukojäähdytys/viemäri/meri/vesistö) tulvimis- ja leviämismahdollisuus rakennettavaan tilaan.

- Samoin mahdollisten tulvavesien (sade/hule/vesijohto/kaukolämpö/kaukojäähdytys/viemäri/meri/vesistö) tulvimis- ja leviämismahdollisuus rakennettavaan tilaan ja sen kautta ympäristön tiloihin, erityisesti metrotiloihin.

## 9.7 Liittymät muihin tiloihin

Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laadittavan suunnittelun yhteydessä tarkennetaan tunneli ja muiden liittymien riskit.

Selvityksiin kuuluu muun muassa:

- Arvioidaan liittymien määrä muihin maanalaisiin tiloihin
- Arvioidaan liittymien vaikutus muihin lähistöllä olevien maanalaisten tilojen toimintaan rakentamisen ja käytön aikana.

## 9.8 Palo- ja pelastusturvallisuus

Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laadittavan suunnittelun yhteydessä tarkennetaan palo- ja pelastusturvallisuuden toiminnan edellytykset.

Selvityksiin kuuluu muun muassa:

Käytönaikainen palo- ja pelastusturvallisuus

- Maan pintaan tulevien yhteyksien sijainnit ja mitoitus

- Savun mahdollinen leviäminen muihin maanalaisiin tai yläpuolisiin tiloihin ja kiinteistöihin

Palo- ja pelastusturvallisuus rakentamisen aikana

- Selvitys suunnitelluista rakenteellisista yhteyksistä ympäristön kiinteistöihin ja maanalaisiin tiloihin.

- Savun mahdollinen leviäminen muihin maanalaisiin tiloihin ja kiinteistöihin.



Kuva 18: Kampin jakelukeskus, 2008, ROCKPLAN kuva-arkisto, Juha Nenonen

## 9.9 Louhinnan riskien arviointi

Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laadittavan suunnittelun yhteydessä tarkennetaan louhinnan riskien arviointi.

Selvityksiin kuuluu muun muassa:

- Ympäristön ennakkoselvitys louhintaa varten.
- Alustava riskianalyysi alueelle, joka on kohdekohtaisesti 100-500 metrin etäisyydellä louhintatyöstä.



Kuva 19: Kampin bussiterminaali, 2008, ROCKPLAN kuva-arkisto, Juha Nenonen

# 10. Yhteenveto

Maanalaisen yleiskaavan lähtökohtana on hakea, osoittaa ja varata maanalaiseen rakentamiseen soveltuvia alueita, joita tarvitaan kaupungin kehittyessä ja kasvaessa eri toimintojen tarpeisiin. Maanalainen yleiskaava mahdollistaa maanalaisen resurssin hyödyntämisen ja siten aiempaa toimivamman kaupunkiympäristön tulevaisuudessa.

Maanalaisen yleiskaavavaiheen yhteydessä laaditaan kohteen rakennettavuusselvitys, jossa arvioidaan:

- Toteutettavuus
- Soveltuvuus ympäristöön
- Riskeihin ja turvallisuuteen liittyvät tekijät
- Tilarpeen määrittäminen kohteen suunnittelua varten

Maanalaisen yleiskaavavaiheen riski- ja turvallisuustekijöiden arviointiin liittyvät keskeiset asiat on esitetty selvityksen kohdassa 7.

Maanalaisessa asemakaavavaiheessa laaditaan ”rakennustekninen yleissuunnitelma”, jossa tarkennetaan turvallisuuteen ja riskeihin liittyviä selvityksiä ja vastataan keskeisiin näihin asioihin liittyviin kysymyksiin ja tarkennetaan kohteen tilan sijoittamiseen liittyviä suunnitelmia. Maanalaisen asemakaavavaiheen riski- ja turvallisuustekijöihin liittyvät keskeiset asiat on esitetty selvityksen kohdassa 8.

”Maanalaisten toimintojen yleinen turvallisuusselvitys 2018” tutkimuksen yhteydessä on selvitetty, että Helsingissä on tapahtunut maanalaisiin tiloihin liittyviä käytönaikaisia vakavia vahinkoja ja onnettomuuksia. Samoin tutkimuksessa selvitettiin rakentamisen aikaisia vahinkoja ja onnettomuuksia.

Tämän selvityksen vahinkojen ja onnettomuuksien uudet tiedot on otettu huomioon maanalaisessa yleiskaavoitus- ja maanalaisten asemakaavoitusvaiheiden toimenpidesuosituksissa, kohdissa 7.8 ja 9.1-9.7.



Kuva 20: Poikittaisen Jokerilinjan bussi 560 Rastila-Myyrmäki tulee Paloheinäntunnelin länsipäädystä. 2018, ROCKPLAN Kuva-arkisto, Juha Nenonen

# Kirjallisuus

Ahokas, N. (2017): Tulipalon vaikutus poistumisturvallisuuteen louhintavaiheessa olevassa umpiperätunnelissa. Opinnäytetyö, Savonia-ammattikorkeakoulu.

Beard, A., Carvel, C. (2005): The handbook of tunnel fire safety.

Beard, A. (2009): Tunnel safety, risk assessment and decision-making. *Tunnelling and Underground Space Technology* 25 (2010), pp. 91-94.

Becker, C., Harpf, R., Kuhnhenh, K., Kreuzberger, K., Maak, H., Naumann, J. (1998): Recommendations for Sharing Risks in Tunnelling Contracts. DAUB Recommendations, *Tunnel* 3/1998, pp.50-56.

Bendelius, A.G.(2002): Tunnel fire and life safety within the world road association (PIARC). *Tunnelling and Underground Space Technology* 17, 2002, pp.159-161.

Bentz, E., Guillaume, J., The international Tunnelling Insurance Group (2009): A code of practice for risk management of tunnel works. AFTES Recommendations, French Tunnelling and Underground Space Association.

Bergmeister, K., Fransesconi, S. (2004): Causes and Frequency of Incidents in Tunnels. UPTUN, Upgrading of existing tunnels, work package 1, task 1-2, D1.2a Report.

Brem, G., Naumann, J. (2003): Recommendations by the German Committee for Subsurface Construction Inc. (DAUB) on Planning and Constructing Tunnels. DAUB Recommendations, *Tunnel* 4/2004, pp.73-79.

Cheze, J., Racher, A., Sicsous, J-J. (2005): Catalogue of disorders in underground structures. AFTES Recommendations, Association Française des Tunnels et de L'Espace Souterrain.

Choi, H-H., Cho, H-N., Seo, J.W. (2004): Risk Assessment Methodology for Underground Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*.

Chromy, W., Stephan, D., Eder, M., Vogel, M. (2007): Recommendations for planning and implementation of occupational health and safety concept on underground worksites. Extracts from the D-A-CH Paper.

Cross River Rail (2011):Chapter 22: Hazard and Risk.

D'Alessio, C., Matarese, F., Neri, I. (2005): Tunnel accident data and review of accident investigation methodologies. SafeT, work package 4, D4.5 report.

Eskesen, S.D., Tengborg, P., Kampmann, J., Veicherts, T. H. (2004): Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association, Working Group No. 2. ITA/AITES Accredited Material. *Tunnelling and Underground Space Technology* 19 (2004), pp.217-237.

Finnish Consulting Group (2012): Hulevesitulvariskialueiden ja hulevesitulvaherkkien alueiden selvittäminen Helsingin kaupungissa, loppuraportti. Helsingin kaupunki, rakennusvirasto.

FEDRO (2012): Roads and Traffic, Facts and figures. Swiss Federal Roads Office.

FEDRO (2013): St. Gotthard road tunnel: automatic temperature measurement. Swiss Federal Roads Office.

Hakala, V-M., Hoivanen, R., Jäntti, J., Paloluoma, P., Pälviä, T., Stén, T. (2014): Pelastuslaitosten palontutkijoiden vuonna 2012 tutkimien teemojen välitulokset. Pelastuslaitosten kumppanuusverkoston julkaisu 1/2014.

Hostikka, S., Mikkola, E., Rinne, T., Tillander, K., Weckman, H. (2005): Henkilöturvallisuuden kehittäminen maanalaisissa tiloissa paloriskejä pienentämällä. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, VTT tiedotteita 2318.

- International Tunnelling and Underground Space Association (2008): Guidelines for good occupational health and safety practice in tunnel construction. ITA report N.001/November 2008.
- International Tunnelling and Underground Space Association (2009): A code of practice for risk management of tunnel works. ITA report N.214, 2009.
- Kim, Y-G. (2008): Application of Risk Analysis and Assessment in Tunnel Design. International Journal of the JCRM, Volume 5, Number 1, March 2009, pp.11-18.
- Khoury, G.A., Van den Horn, B., Molag, M., Kalstrom, H., Trijssenaar, I. (2006): Global Approach to Tunnel safety. Safe T, work package 7. Harmonised European Guidelines for Tunnel Safety.
- Klang, J., Kelkka, M., Nyberg, J., Svenns, T. (2013): Valtatie 1 liikenneturvallisuuustarkastus, Varsinais-Suomen ja Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, tarkastusrapotti.
- Koeberlein, K.(2005): Harmonised risk assessment. SafeT, work package 5, task 5.2, D5.2 report.
- Krausmann, E., Mushtaq, F. (2005): Analysis of tunnel-accident data and recommendations for data collection and accident investigation. SafeT, work package 4, D4.5 report.
- Krige, N.M. (1987): Guidelines for Good Tunnelling Practice: Summary of the ITA working Group Report. International Tunnelling and Underground Space Association.
- Lamont, D.R. (2010): Health and safety, and risk management in tunnelling. Introduction to tunnel construction, second edition, pp.244-261.
- Loganathan, N. (2011): An Innovative Method For Assessing Tunnelling-Induced Risks To Adjacent Structures. PB 2009 William Barcalay Parsons Fellowship, Monograph 25.
- Lunardi, P. (2001): Risk Assessment in Tunnel Design. Progress in Tunneling after 2000, pp.547-559.
- Matikainen, V-M. (2007): Yhteiskäyttötunneleiden riskiarviointi. Helsingin kaupunki, geotekninen osasto, julkaisu 91/2007.
- Martín, B., Vogler, S., Diers, C., Martens, M., Lacroix, J., Steiner, M., Schmitz, P., Serrano, M. (2005): Recommendations for the enhancement of preventive tunnel safety. SafeT, work package 2, D2 report.
- Mashimo, H. (2002): State of the road tunnel safety technology in Japan. Tunnelling and Underground Space Technology 17, pp.145-152.
- Nurmi, P., Heinonen, T., Jylhänlehto, M., Kilpinen, J., Nyberg, R. (2008): Helsingin kaupungin hulevesistrategia. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaistu 2008:9/Katu- ja puisto-osasto.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2001): Safety in Tunnels, Transport of dangerous goods through road tunnels.
- PIARC Technical Report B.5 Winter Maintenance (2012): A study of winter service management systems and road user information.
- Poon, L., Lau, R. (2006): Fire Risk in Metro Tunnels and Stations. International Journal of Performability Engineering, Vol3, No 3, July 2007, pp.355-368.
- Proulx, G., Sime, J.D. To Prevent 'Panic' in an Underground Emergency: Why Not Tell People the Truth. Fire Safety Science -Proceedings of the Third International Symposium, pp.843-852.
- Raivio, T., Kontiokari, V., Heikinheimo, E., Aho, J., Taginia, J., Li, B., Tanttari, J. (2018): Selvitys metaanilla toimivien kaasujoneuvojen käyttörajoituksista maanalaisissa tiloissa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 10/2018.

Reini, A. (2015): Liikenneonnettomuudet E18 Muurla-Lohja -moottoritieosuudella. Hämeen ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö, liikennealan koulutusohjelma.

Roed-Larsen, S. (2006): Railway safety and tunnel accidents in Europe.

Rosmuller, N., Beer, G., Gomez, R. (2005): Evacuation and intervention management. SafeT, work package 3, Task 3.1, 3.2 and 3.3, D3 integrated report.

Safe Work Australia (2013): Guide for tunnelling work.

Technical Committee 3.3 Road Tunnel Operation (2008): Human factors and road tunnel safety regarding users. PIARC.

Technical Committee C.4 Road Tunnel Operations (2012): Assessing and improving safety in existing road tunnels. PIARC.

Technical Committee C.4 Road Tunnel Operation (2012): Best practice for road tunnel emergency exercises. PIARC.

Technical Committee C.4 Road Tunnel Operation (2012): Recommendations on management maintenance and technical inspection of road tunnels. PIARC.

Technical Committee 5 Road Tunnels (1996): Road Safety in Tunnels. PIARC.

Technical Committee 5 Road Tunnels (1999): Fire and Smoke Control in Road Tunnels. PIARC.

Technical Committee 5 Road Tunnels (1999): Road Tunnels: reduction of Operating Costs. PIARC.

Technical Committee 5 Road Tunnels (2004): Good Practice for the Operation and Maintenance of Road Tunnels. PIARC.

Technical Committee 5 Road Tunnels (2007): Systems and equipment for fire and smoke control in road tunnels. PIARC.

The European Parliament and the Council of the European Union (2004): Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network. Official Journal of the European Union L167.

Trijssenaar, I., Khoury, G.A., Molag, M. (2007): Guidelines for tunnel safety. SafeT, work package 7, D7.2 report.

Trijssenaar-Buhre, I.J.M., Wijnant-Timmerman, S.I. (2004): Harmonised risk assessment. SafeT, work package 5, task 5.1, D5.1 report.

Trijssenaar-Buhre, I.J.M., Koch, W.W.R., Wiersma, T., Ramirez, C. (2005): Current practice in tunnel safety. SafeT, work package 1 "Current state of practice", D1 report.

Valkeapää, R., Nyman, T., Vaittinen, M. (2008): Helsingin kaupungin tulvastrategia. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2010:1.



# Kuvailulehti

Tekijä(t)	Helsingin Kaupunki: Raila Hoivanen, Eija Kivilaakso Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd: Jarmo Roinisto, Daniele Martinelli, Rodrigo Winderholler, Heidi Rönkkö, Suvi Lindberg, L2-Paloturvallisuus: Juha-Pekka Laaksonen
Nimeke	Maanalaisten toimintojen yleinen turvallisuusselvitys 2018
Sarjan nimeke	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja
Sarjanumero	2019:10
Julkaisuaika	2019
Sivuja	46
Liitteitä	-
ISBN	978-952-331-660-7 (verkkoversio)
ISSN	2489-4257 (verkkoversio)
Kieli, koko teos	Suomi
Kieli, yhteenveto	Suomi, englanti

## Tiivistelmä:

Helsingin ”Maanalaisten toimintojen yleinen turvallisuusselvitys 2018” raportti käsittelee maanalaisten tilojen turvallisuutta yleisellä tasolla.

Helsingin maanalainen yleiskaava on suunnitelma, jolla ohjataan pääosin kalliotiloihin sijoittuvia suuria ja tärkeitä tilavarauksia. Uudessa maanalaisessa yleiskaavassa varaudutaan kalliotilan suunnitelmalliseen hyödyntämiseen ja sovittamaan yhteen erilaisia toimintoja keskenään.

Osana maanalaisen yleiskaavan päivitystä on laadittu tämä selvitys maanalaisten tilojen turvallisuuteen liittyvistä tekijöistä. Selvityksen tavoitteena on luoda yleiskuva Helsingin maanalaisten tilojen turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä ja määritellä kaavoitusvaiheessa tarvittavat maanalaisten tilojen riskeihin ja turvallisuuteen liittyvät selvitykset, sekä kuinka maanalaisten tilojen turvallisuus otetaan huomioon maanalaisissa yleiskaavoitus- ja asemakaavoitusvaiheissa.

Selvityksessä turvallisuutta lähestytään käänteisesti -riskien kautta. Turvallisuuden vastakohta on turvattomuus ja riskialttius. Tämän vuoksi selvitystä varten koottiin tilastotietoja todellisista käytön- ja rakentamisen aikaisista toteutuneista vahingoista ja onnettomuuksista. Kootuista tiedoista muodostettiin tilastoja tapahtumista, joissa vaara on yleensä toteutunut aiheuttaen vahingon tai onnettomuuden.

Poiketen aiemmista tutkimuksista, voidaan todeta, että maanalaisten tilojen vahingot ja onnettomuudet poikkeavat vastaavista maanpäällisistä. Onnettomuuksien seurausvaikutukset voivat olla pahempia ja vahinkojen vaikutukset laaja-alaisempia kuin vastaavissa vahingoissa maan päällä.

## Avainsanat

Maanalainen, tilanvarausmitoitus, maanalainen suunnittelu, maanalainen turvallisuus, riskit maan alla, maanalainen asemakaavoitus



Kaupunkiympäristön toimiala huolehtii Helsingin kaupunkiympäristön suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta, rakennusvalvonnasta sekä ympäristöön liittyvistä palveluista.