



Väylävirasto  
Trafikledsverket

Väyläviraston ohjeita  
88/2024

# TIETUNNELIEN SÄHKÖTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUOHJE





## Väylävirasto Trafikledsverket

### Ohje

14.5.2024

VÄYLÄ/3499/06.04.01/2024

Vastaanottaja	Korvaa
Väylävirasto, ELY-L, Tieyhtiö, Traficom Tiekonsultit	
Säädösperusta	Voimassa
Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/54/EY	15.5.2024
Väylämuoto	Kohdistuvuus
Tie	Suunnittelu
Asiasanat	Käyttäjärühmät
Tietunneli, sähkötekniinen, suunnittelu	Suunnittelijat

## TIETUNNELIEN SÄHKÖTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUOHJE

Tätä ohjetta noudatetaan tietunneleiden sähkötekniisten järjestelmien suunnittelussa. Ohjeessa kuvataan tunnelin sähkötekniisten järjestelmien suunnitteluperiaatteita. Ohje täydentää ja yhtenäistää jo olemassa olevien ohjeistuksien, vaatimuksien ja standardien tulkintaa.

Osastonjohtaja, tekniikka ja ympäristö	Minna Torkkeli
Tieliikennejohtaja	Jarmo Joutsensaari
Asiantuntija, tietunneliturvallisuus	Kari Korpela

Ohje on osa Väyläviraston turvallisuusjohtamisjärjestelmää tienpidon osalta.

Voit antaa palautetta ohjeesta ohjeen yhteyshenkilölle ([etunimi.sukunimi@vayla.fi](mailto:etunimi.sukunimi@vayla.fi)) tai Väyläviraston teknisten ja turvallisuusohjeiden palautteenantokanavaan ([teknisetjaturvallisuusohjeet@vayla.fi](mailto:teknisetjaturvallisuusohjeet@vayla.fi)).

Dokumentin sisältö ei ole kaikilta osin saavutettava.

Kannen kuva: Kuvauspalvelu Salopino

### LISÄTIETOJA

Kari Korpela  
Väylävirasto  
PL 33, 00521 Helsinki  
Opastinsilta 12 A, 00520 Helsinki

Puhelin 0295 34 3000  
Faksi 0295 34 3700

[www.vayla.fi](http://www.vayla.fi)  
[etunimi.sukunimi@vayla.fi](mailto:etunimi.sukunimi@vayla.fi)  
[kirjaamo@vayla.fi](mailto:kirjaamo@vayla.fi)

## Esipuhe

Vuonna 2021 Väylävirasto teetti selvityksen tunneliohjeistuksen päivitys- ja täydennystarpeista. Selvitystyön yhteydessä käytiin läpi Väyläviraston silloista ohjeistusta ja sen tulkintoja jo toteutuneissa tunnelihankkeissa. Selvitystyön yhteydessä todettiin sähköteknisen suunnitteluohjeen tarve, johon kirjataan jo aikaisemmin havaitut huomiot.

Selvitystyötä ohjasi ohjausryhmä, johon kuuluivat:

- Kari Korpela, Väylävirasto
- Pekka Nurminen, Väylävirasto
- Laura Väisänen, Traficom
- Kimmo Toivonen, KAS-ELY
- Raine Sallinen, Fintraffic Tie
- Juha Ylikorpi, Fintraffic Tie
- Tatu Mikkonen, Fintraffic Tie.

Selvitystyöstä vastasi pääkonsulttina Traficon Oy, jossa työn projektipäällikkönä toimi Jari Oinas. Työhön osallistuivat myös A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n Samuli Korpi, Nodeon Finland Oy:n Markku Pakarinen ja muut Nodeonin asiantuntijat, Skanska Infra Oy:n Tapani Toivanen sekä Traficon Oy:n Aapo Tiilikainen.

Tämä uusi ohje on laadittu vuosina 2022–2023 Väyläviraston toimeksiannosta.

Ohjetyötä johti työryhmä, johon kuuluivat Kari Korpela, Väylävirasto ja työryhmän pääkonsultti Traficon Oy Jari Oinas.

Työryhmän konsultteina toimivat Nodeon Finland Oy:n Markku Pakarinen, Antti Muurikainen ja muut Nodeonin asiantuntijat. Työhön osallistuivat myös Jensen Hughesin Juha-Pekka Laaksonen ja Kimmo Vähäkoski.

Helsingissä huhtikuussa 2024

Väylävirasto  
Turvallisuusosasto

## Versiohistoria

Pvm.	Versio	Muutokset
15.5.2024	VO 88/2023	Kirjoita tähän

# Sisällys

1.1	OHJEEN LÄHTÖKOHDAT JA SISÄLTÖ .....	6
1.2	MUUT KESKEISET OHJEET .....	6
1.3	SÄHKÖTEKNISET JÄRJESTELMÄT .....	7
1.4	SUUNNITTELUPROSESSI JA YLEISET SUUNNITTELUPERIAATTEET .....	8
1.4.1	SUUNNITTELUVAIHEET .....	8
1.4.2	LIIKENTEENOHJAUSPALVELUNTARJOAJA .....	9
1.4.3	TARKASTUS- JA HYVÄKSYNTÄMENETTELYT .....	9
1.4.4	YHTEENSOVITUS- JA LÄHTÖTIEOTARPEIDEN HUOMIOIMINEN .....	10
1.4.5	KUNNOSSAPIDON HUOMIOIMINEN .....	11
1.4.6	KORVAUSINVESTOINNIN HUOMIOIMINEN .....	12
1.5	TERMISTÖ .....	12
1.6	LAITETUNNUKSET .....	13
1.6.1	JÄRJESTELMÄLUOKITUS JA PIIRUSTUSNUMEROINTI.....	15
2.1	SÄHKÖLAITTEISTOJEN PERIAATTEET .....	16
2.1.1	YLEISESTI .....	16
2.1.2	TEKNISET TILAT .....	19
2.1.3	KESKIJÄNNITEVERKKO .....	21
2.1.4	TUNNELIN PJ-VERKKO .....	22
2.1.5	MAADOITUKSET .....	23
2.1.6	PISTORASIAKESKUKSET .....	23
2.2	SÄHKÖVARMENNUS .....	24
2.2.1	YLEISTÄ .....	24
2.2.2	VARAVOIMALÄHTEET .....	25
2.2.3	SÄHKÖVARMENNUKSEN VAATIMUKSET JA TOIMINNALLISUUS .....	29
2.2.4	TEHONSÄÄTÖ .....	30
2.3	SÄHKÖJÄRJESTELMIEN TARKASTUSVAATIMUKSET .....	31
2.4	DOKUMENTOINTI.....	32
2.4.1	TIETOMALLI.....	32
3.1	YLEISPERIAATE .....	33
3.1.1	JOHTOJÄRJESTELMIEN TILANVARAUKSET .....	34
3.2	CPR-LUOKITUS.....	35
3.2.1	YLEISTÄ .....	35
3.2.2	TUNNELISSA KÄYTETTÄVÄT KAAPELOINNIN CPR-LUOKAT .....	35
3.3	PALONKESTOISUUS.....	35
3.3.1	LÄHTÖKOHDAT .....	35
3.3.2	JOHTOJÄRJESTELMIEN PALONKESTOISUUSVAATIMUKSET .....	36
3.4	EVAKUOINTIVALAISTUS .....	38
3.5	DOKUMENTOINTI.....	39
4.1	YLEISKUVAUS.....	40
4.2	OHJAUSJÄRJESTELMÄ .....	40
4.3	KÄYTTÖLIITTYMÄ.....	42
4.4	TIEDONSIIRTOJÄRJESTELMÄ.....	42
4.5	DOKUMENTOINTI.....	43

## LIITTEET

LIITE 1: SÄHKÖTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN S2022-SÄHKÖNIMIKKEISTÖN JÄRJESTELMÄTUNNUSVASTAAVUUDET

LIITE 2: SÄHKÖTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN TUNNUSESIMERKIT

LIITE 3: TUNNELIN SÄHKÖVARMENNUKSEN SELVITYS – OHJEISTUS JA MALLISISÄLTÖ

LIITE 4: TEHONSÄÄDÖN TOIMINNALLISUUS, LIIPOLAN TUNNELI

LIITE 5: TUNNELIN SÄHKÖNJAKELUN PERIAATEKAAVIO, LIIPOLAN TUNNELI

LIITE 6: TUNNELIN MAADOITUSKAAVIO, LIIPOLAN TUNNELI

LIITE 7: SÄHKÖVARMENNUKSEN VARMENNUSKARTTA, LIIPOLAN TUNNELI



## Väylävirasto Trafikledsverket

### Ohje

14.5.2024

VÄYLÄ/7272/02.01.00/2022

# 1 Johdanto

## 1.1 Ohjeen lähtökohdat ja sisältö

Tietunnelien suunnitteluhankeet ovat laajuudeltaan, monimuotoisuudeltaan ja ympäristöltään hyvin erilaisia. Tämän suunnitteluohjeen tavoitteena on pyrkiä yhdenmukaistamaan ja selventämään Suomeen rakennettavien tietunneleiden sähkötekniisten järjestelmien toteutuksia sekä vähentää tarvetta hankekohtaisille määrittelyille. Hankekohtaiset määrittelyt ovat mahdollisia hyvin perusteltuina ja erikseen hyväksyttyinä. Hankekohtaisilla määrittelyillä mahdollistetaan esimerkiksi sellaisen uuden tekniikan hyödyntäminen, jota ei tässä suunnitteluohjeessa ole esitetty.

Tässä suunnitteluohjeessa kuvataan tunnelin sähkötekniisten järjestelmien suunnittelutehtäviä, suunnitteluperiaatteita ja dokumentointia. Ohjeen sisältö painottuu sähkölaitteistoihin sekä tietojärjestelmiin. Turvatekniisten järjestelmien (kuten paloilmoinjärjestelmän, hätäpuhelimien ja evakuointivalaistuksen) vaatimukset ja suunnitteluohjeet on esitetty Väyläviraston muissa suunnitteluohjeissa. Sähkötekniisten järjestelmien suunnittelun dokumentoinnin vaatimusten osalta tämä ohje on tarkoitettu ensisijaisesti tunnelin yleissuunnitteluvaihetta varten.

Ohjetta käytetään ensisijaisesti suunnittelun toiminnanohjauksessa ja suunnittelussa. Suunnitteluohjeen avulla pyritään ohjaamaan suunnittelua niin, että saavutetaan turvallisia ja elinkaaritehokkaita ratkaisuja, jotka palvelevat tietunnelin huoltotoimintaa ja normaalia käyttöä. Ohjeeseen on kerätty tietunneleissa yleisesti käytössä oleva teknisiin järjestelmiin, suunnitteluun ja toteutukseen liittyvä termistö. Ohjeessa on kuvattu eri järjestelmien hyväksi havaittuja ja yleisesti käytössä olevia ratkaisumalleja.

Lähtökohtaisesti tätä ohjetta tulee noudattaa aina ja siitä poikkeavat ratkaisut tulee perustella sekä sopia kohdan 1.4.3 Tarkastus- ja hyväksyntämenettelyt mukaisesti.

Ohjetta noudatetaan alle 3 000 m pitkissä tietunneleissa. Jos tietunnelin pituus on yli 3 000 m, laaditaan yhteistyössä tunneliviranomaisten kanssa erillinen, soveltava suunnitteluperusteet-dokumentti, jota noudatetaan. Ohjetta käytetään soveltuvin osin peruskorjattavissa tietunneleissa.

## 1.2 Muut keskeiset ohjeet

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/54/EY (tunneliturvallisuusdirektiivi) asettaa vähimmäisvaatimukset Euroopan laajuisen tieverkon tunnelien turvallisuusratkaisuille ja hallinnollisille menettelyille. Tunneliturvallisuusdirektiivin toimeenpano Suomessa on esitetty Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien määräyksessä Tieliikenne: tietunnelit TRAFICOM/435710/03.04.03.00/2019 (jäljempänä tietunnelimääräys) ja ohjeessa Ohje tietunnelien turvallisuusmenettelyistä TRAFICOM/314117/03.04.03.06/2023 (jäljempänä tietunneliohje). Tietunnelimääräyksessä on esitetty tietunneleiden turvallisuutta koskevat vähimmäisvaatimukset ja tietunneliohjeessa tunnelien turvallisuus- ja hallinnolliset menettelyt. Tietunnelimääräys ja tietunneliohje koskevat kaikkia yli 100 m pitkiä maantietunneleita ja yli 500 m pitkiä TEN-T-verkon tunneleita.

Tunneleiden sähkö-, tele- ja turvajärjestelmien sisällöistä ja esitystavoista löytyy Väyläviraston ja muiden viranomaisten laatimia ohjeita ja määräyksiä, mitkä tulee huomioida suunnittelussa ja toteutuksessa.

Huomioitavia Väyläviraston ohjeita ovat mm:

Väylävirasto

PL 33, 00521 Helsinki

Opastinsilta 12 A, 00520 Helsinki

Puhelin 0295 34 3000

Faksi 0295 34 3700

[www.vayla.fi](http://www.vayla.fi)

etunimi.sukunimi@vayla.fi

kirjaamo@vayla.fi

- *Tietunnelien turvalliseen poistumiseen ja poikkeustilanteiden viestintään liittyvien järjestelmien suunnitteluohje*
- *Tietunneleiden LVI-suunnitteluohje*
- *Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu*
- *Tietunnelien liikenteen hallinnan toimintaperiaatteen laadinta*
- *Tietunnelien turvallisuusasiakirjojen laadinta*
- *Tiesuunnitelma – Toimintaohjeet*
- *Tiesuunnitelmavaiheen asiakirjat – Sisältö ja esitystapa*
- *Tien rakentamissuunnitelma – Toimintaohjeet*
- *Tien rakentamissuunnitelma – Sisältö ja esitystapa*
- *Väyläviraston inframallivaatimukset*
- *Tietunnelin rakennetekniset ohjeet*

Sähköasennusten turvallisuutta koskevat määräykset annetaan sähköturvallisuuslaissa ja valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista. Säädöksissä annetaan turvallisuuden perusvaatimukset ja periaatteet, joiden mukaan määräysten vaatimukset täytetään standardeja noudattamalla.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes julkaisee luettelon standardeista, joita noudattamalla katsotaan sähköturvallisuuslain vaatimusten täyttyvän. SFS 6000 -sarjan standardit ovat keskeisiä sähköturvallisuuslain vaatimusten noudattamisessa.

### 1.3 Sähkötekniset järjestelmät

**Tietunnelin sähkötekniellä järjestelmällä** tarkoitetaan tunnelin **sähkölaitteistokokonaisuutta** (kojeistot, muuntajat, keskuskeskukset, varavoimat, maadoitukset, johtotiet, kaapeloinnit yms.) ja **tietojärjestelmäkokonaisuutta** (tunnelin ohjausjärjestelmät, tietoliikenneverkko ja operoinnin käyttöliittymä) sekä seuraavia **turvateknisiä järjestelmiä**: paloilmoinjärjestelmä, hätäpuhelinjärjestelmä, kuulutusjärjestelmä, ovivalvonta, kameravalvonta, rikosilmoitinjärjestelmä, turva- ja evakuointivalaistus, pelastuslaitoksen kenttäpuhelin, Virve- ja FM-verkot, matkapuhelinverkot.

**Tietunnelin tekniset järjestelmät** koostuvat kokonaisuudessaan edellä mainittujen sähkötekniisten järjestelmien lisäksi liikenteen hallinta ja -seurantalaitteista (lyhenne LIHA) sekä häiriönhavaintojärjestelmästä (lyhenne HHJ), LVIA-tekniistä laitteista ja järjestelmistä sekä tunnelivalaistuksesta. Näiden järjestelmien ja laitteiden sähkönsyötöt, yhteiset ohjausjärjestelmä- ja tietoliikenneverkon osuudet sisältyvät lisäksi sähkötekniisiin järjestelmiin.

Tietunneli koostuu tyypillisesti tunneliputkista (ajoneuvotunnelit), tunneliputkien välillä olevista, poistumisteinä toimivista yhdyskäytävistä tai muista poistumisreiteistä, muista maanalaisista tiloista sekä maanpäällisistä rakenteista ja teknisistä rakennuksista. Tunnelin tekniset järjestelmät ja laitteet sijoittuvat pääsääntöisesti näihin tiloihin, mutta osa tunneliin liittyvistä järjestelmistä, kuten liikenteen hallinta ja -seurantalaitteet, ulottuvat tie- ja katuosuuksille tunnelin ulkopuolelle kohdekohtaisesti, pisimmillään useiden kilometrien päähän. Tästä tunnelin ulkopuolisesta tie- ja katuosuudesta käytetään tässä ohjeessa termiä tunnelijakso. Tunnelin kautta kulkevalla tiellä voi olla tunnelijakson ulkopuolella pitkilläkin tiejaksoilla liikenteen hallinta ja -seurantalaitteita, jotka on tarkoitettu muuhun kuin tunnelin liikenteen hallintaan. Näistä tiejaksoista käytetään tässä ohjeessa termiä avo-osuus.





Kuva 1. Tietunnelin sähkötekniset järjestelmät.

## 1.4 Suunnitteluprosessi ja yleiset suunnitteluperiaatteet

### 1.4.1 Suunnitteluvaiheet

Tietunnelihankkeen sähköteknisten järjestelmien suunnitteluvaiheet koostuvat yleissuunnittelusta (tiedesuunnitelma), rakentamissuunnittelusta ja työaikaisesta suunnittelusta sekä loppudokumentaatiosta. Sähköteknisten järjestelmien yleissuunnitelma tehdään tiedesuunnitelmavaiheessa. Korvausinvestointihankkeissa yleissuunnitteluvaihe toteutetaan tarvittaessa, ja sitä edeltää yleensä tunnelin järjestelmien laajuuden, toimintojen ja kunnon kartoitus.

Yleissuunnittelussa noudatetaan Väyläviraston tiedesuunnitelmavaiheen ohjeita ja rakentamissuunnittelussa Väyläviraston rakentamissuunnitelmavaiheen ohjeita. Sähköteknisten järjestelmien suunnittelussa tulee lisäksi noudattaa tämän ohjeen vaatimuksia.

Suunnitelmat laaditaan tietomallipohjaisesti Väyläviraston inframallinnusta koskevien ohjeiden mukaisesti. Tietomallin käyttö lisää sähköteknisiltä järjestelmiltä vaadittavaa suunnittelutarkkuutta yleissuunnitelmavaiheessa (tiedesuunnitelma) liittyen mm. pääkaapelireittien ja pääkomponenttien suunnitteluun ja niiden tilantarpeiden esitykseen tietomallissa.



## 1.4.2 Liikenteenohjauspalveluntarjoaja

Tieliikenteen ohjaus- ja hallintapalvelusta Suomen maantieverkolla ja maanteiden tunneleissa vastaa ohjeen voimaantulohetkellä valtionyhtiö Fintraffic Tie Oy, joka omistaa tunnelin tekniset järjestelmät. Tässä ohjeessa ao. toimijasta on käytetty jatkossa lyhyempää muotoa liikenteenohjauspalveluntarjoaja.

Liikenteenohjauspalveluntarjoaja vastaa tietunnelien teknisten järjestelmien käytöstä ja ylläpidosta sekä liikenteenohjauksesta. Liikenteenohjauspalveluntarjoaja toimii myös tietunnelihankkeisiin liittyvien teknisten järjestelmien suunnittelun, toteutuksen ja käytön aikaisena asiantuntijaorganisaationa.

Liikenteenohjauspalveluntarjoajan rooli tietunnelihankkeessa muuttuu suunnittelun ja toteutuksen edetessä. Tekniikan yleissuunnittelu (tiesuunnitelma) on viranomaisvetoista. Sen jälkeen sähkötekniisten järjestelmien suunnittelu- ja toteutusvastuu siirtyy enemmän liikenteenohjauspalveluntarjoajalle. Liikenteenohjauspalveluntarjoaja vastaa rakentamissuunnittelun aikana mm. suunnitelmien sisällöstä sähkötekniisten järjestelmien osalta ja rakentamisen aikana ohjausjärjestelmän toteutuksesta.

## 1.4.3 Tarkastus- ja hyväksyntämenettelyt

Tietunneleiden suunnittelu vaatii usean eri alan suunnittelijoiden ja asiantuntijoiden yhteistyötä. Suunnitelmia tulee arvioida tilaajaorganisaation asiantuntijoiden, Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, liikenteenohjauspalveluntarjoajan ja pelastusviranomaisen kanssa määräykset, ohjeet ja kohteen ominaisuudet huomioiden tarkoituksenmukaisimman lopputuloksen saavuttamiseksi.

Suunnitelman teettävä huolehtii, että suunnitteluhanketta varten kootaan eri tekniikkalajien asiantuntijaryhmä, jossa ovat edustettuina tunneliviranomaiset sekä tunnelin käyttöön ja ylläpitoon osallistuvat keskeiset tahot. Näin varmistetaan suunnitelmaratkaisujen hyväksyttävyyttä. Asiantuntijaryhmä laatii tiesuunnitelman Traficom, Väyläviraston ja muiden viranomaisten määräyksiä, ohjeita ja lausuntoja sekä liikenteenohjauspalveluntarjoajan vaatimuksia vastaavaksi. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom hyväksyy tunnelin turvallisuusasiakirjat.

Riittävän vuorovaikutuksen takaamiseksi suunnittelun aikana pidetään riittävästi työpajatyyppeisiä tilaisuuksia tai kokouksia ja suunnitelmien esittelytilaisuuksia. Niissä käsitellään suunnittelijan (suunnittelijaryhmän) laatimat suunnitelmat, kartoitetaan eri osapuolten näkemykset niistä ja haetaan osapuolten asiantuntijoiden hyväksyntä suunnitelmaratkaisuille. Tällä tavoin esimerkiksi sähkövarmennuksen ratkaisuille haetaan kokouksissa hyväksyttävyyttä suunnittelun aikana.

Turvallisuuteen liittyvät, ohjeista ja turvallisuuskonseptista poikkeavat ratkaisut tulee kirjata tunnelien hallintoviranomaisella hyväksyttävään tunnelin turvallisuusasiakirjaan.

Rakentamisen ja käyttöönoton aikaiset tarkastus- ja hyväksyntämenettelyt tehdään liikenteenohjauspalveluntarjoajan toiminnanvarmistusprosessin mukaisesti. Urakoitsija ja suunnittelija vastaavat järjestelmäkokonaisuuden testauksen toteuttamisesta sekä testaus- ja käyttöönottovaiheen aikataulujen yhteensovittamisesta osana hankkeen kokonaisaikataulua. Kuvassa 2 on kuvattu toiminnanvarmistusprosessin yleisperiaatteet hankkeissa.

<p><b>1. LAITEHYVÄKSYNTÄ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Vastuut laitehyväksyntävaiheessa</li> <li>◦ Laitehyväksyntämateriaali yleisesti</li> <li>◦ Urakkakohtaiset määritykset</li> <li>◦ Hyväksyntäprosessi</li> </ul>	<p><b>2. TEHDASTARKASTUS JA -TESTAUS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Tehdastarkastus</li> <li>◦ Vastuut tehdastarkastusvaiheessa</li> <li>◦ Ennakkomateriaali</li> <li>◦ Urakkakohtaiset määritykset</li> <li>◦ Hyväksyntäprosessi</li> <li>◦ Tehdastestaus</li> <li>◦ Ohjausjärjestelmän testaus</li> <li>◦ Tietoliikenneverkon testaus</li> <li>◦ Laitteistotestaus</li> </ul>
<p><b>3. MAASTOTESTAUKSET</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Testausten seuranta ja raportointi</li> <li>◦ Asennustarkastus</li> <li>◦ Vastuut asennustarkastusvaiheessa</li> <li>◦ Tietoliikenneverkon testaus</li> <li>◦ Vastuut tietoliikenneverkon testauksessa</li> <li>◦ Ennakkomateriaali</li> <li>◦ Urakkakohtaiset määritykset</li> <li>◦ Tietoliikenneverkon testaus</li> <li>◦ Laitteistotestaus</li> <li>◦ Vastuut laitteistotestausvaiheessa</li> <li>◦ Toiminnallinen testaus</li> <li>◦ Vastuut toiminnallisessa testauksessa</li> </ul>	<p><b>4. YHTEISKOEKÄYTÖT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Vastuut yhteiskoeikäytövaiheessa</li> <li>◦ Valmisteleva koeikäyttö</li> <li>◦ Ennakkomateriaali</li> <li>◦ Yhteiskoeikäyttö</li> </ul>
<p><b>5. KÄYTTÖÖNOTTOTAR-KASTUS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ennakkomateriaali</li> <li>◦ Urakkakohtaiset määritykset</li> <li>◦ Hyväksyntäprosessi</li> </ul>	<p><b>6. SÄÄTÖ- JA SEURANTA-JAKSO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Vastuut säätö- ja seurantajakson aikana</li> <li>◦ Seuranta</li> <li>◦ Urakkakohtaiset määritykset</li> <li>◦ Hyväksyntäprosessi</li> </ul>
<p><b>7. HANKKEEN VASTAANOTTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Vastaanoton maastokatselmus</li> <li>◦ Vastaanottotarkastus</li> </ul>	

Kuva 2. Toiminnanvarmistusprosessin yleisperiaatteet.

#### 1.4.4 Yhteensovitus- ja lähtötietotarpeiden huomioiminen

Tunnelin sähköjärjestelmän suunnittelun lähtötiedoiksi tarvitaan eri järjestelmien sähkötehoja, laitesijain- teja ja niille haluttuja varmennusaikoja.

Tunnelin tietojärjestelmän suunnittelun lähtötiedoiksi tarvitaan järjestelmien laitteiden liityntä- ja oh- jausperiaatetietoja sekä laitesijainteja.

Sähkötekniinen suunnittelu tuottaa tunnelin rakennesuunnitteluun tarvittavat sähkötekniisten järjestel- mien tilavaraukset (mm. teknisten tilojen tarpeet) ja LVI-suunnitteluun tarvittavat teknisten tilojen ympä- ristöolosuhdevaatimukset (mm. tilojen lämpökuormat).

Tunnelin sähkötekniisten järjestelmien suunnittelu tulee yhteensovittaa muiden tekniikkalajien kanssa. Yhteensovituksessa on huomioitava esimerkiksi seuraavat osapuolet ja asiat:

- tunnelisuunnittelu, arkkitehtisuunnittelu ja rakennesuunnittelu
  - tunnelin tekniset tilat: sijainnit, määrät, tilat/huoneet, tilavaraukset, johtoreitit (mm. valvomotilat, varastotilat, muuntajatilat, sähkötilat, varavoimatilat, laahausreitit, palo-osastoinnit, välitilat, lä- piviennit)
  - tunneliputket: tekniikkakäytävät ja johtoreitit sekä laitteet (mm. tilavaraukset, läpiviennit, kaapeli- putkien ja kaivojen sijainnit, johtoteiden/laitteiden kiinnitykset ja kuormat, muut erikoisrakenteet ja -kiinnitykset; kiinnityksissä huomioitava tietunnelin rakennetekniset vaatimukset mm. liiken- teen aiheuttamista painekuormista, esim. hyllyjen kiinnitykset
  - ovivalvonta ja rikosilmoitinjärjestelmä (mm. lukitukset, ovet, kulkureitit)

- räjähdysvaarallisten tilojen määrittely ja luokittelu (ATEX)
- pelastusviranomaisen, katselmoi/hyväksyy ehdotetut ratkaisut
  - paloilmoinjärjestelmän perusmäärittelyt
  - turva- ja evakuointivalaistus (tunneli ja tekniset tilat)
  - hätäasemat, hätäpuhelimet, pelastuslaitoksen kenttäpuhelin
  - pistorasiakeskukset
- operaattorit
  - matkapuhelinverkon toteutus: sähkönsyöttö- ja varmennustarpeet, tilavaraukset ja tietoliikenne-/johtoreittitarpeet, lämpökuormat
  - muut johtoreittitarpeet ja tietoliikenne-/mobiililiittymät
- muut verkot / mahdolliset erikoissuunnittelijat
  - Virve-verkon toteutus: sähkönsyöttö- ja varmennustarpeet, tilavaraukset ja tietoliikenne-/johtoreittitarpeet, lämpökuormat
  - FM-verkon toteutus: sähkönsyöttö- ja varmennustarpeet, tilavaraukset ja tietoliikenne-/johtoreittitarpeet, lämpökuormat
- LVI-suunnittelu
  - laitesijainnit ja määrät, myös tunnelin ulkopuoliset laitteet
  - kanavien ja putkien sijainnit, risteilyt, läpiviennit
  - saattolämmitystarpeet
  - varavoimakoneen tilanvaraukset
  - sähkönsyöttö- ja varmennustarpeet
  - ohjausjärjestelmäliityntätarpeet ja ohjausperiaatteet
  - lämpökuormat, jäädytys ja ilmanvaihtotarpeet
- liikenteenhallinnan suunnittelu
  - laitesijainnit ja määrät, myös tunnelin ulkopuoliset laitteet
  - sähkönsyöttö- ja varmennustarpeet
  - ohjausjärjestelmäliityntätarpeet ja ohjausperiaatteet
- valaistussuunnittelu
  - laitesijainnit ja määrät, myös tunnelin ulkopuoliset laitteet
  - sähkönsyöttö- ja varmennustarpeet
  - ohjausjärjestelmäliityntätarpeet ja ohjausperiaatteet
  - tievalaistus tunnelin ulkopuolella (tarvittaessa)
- liikenteenohjauspalveluntarjoaja
  - tietoliikenteen rakenne ja liittymät (myös VAHTI-ohjeistus huomioitava)
  - ohjausjärjestelmän rakenne ja liittymät muihin palveluntarjoajan järjestelmiin
  - tieliikennekeskusten varusteet
- sähkönjakeluyhtiö
  - sähköliittymien selvitys ja lähtötiedot, sähköliittymäpisteet
  - liittymäkaapelin yhteensovitus esim. kaapelireittien osalta
  - varavoiman vaatimukset, koekäytöt
  - muut johtoreittitarpeet.

Suunnittelijan tulee yhteensovittaa sähköliittymän koot ja sijoitukset sekä tarvittaessa pääjakelun periaatteet sähköverkkoyhtiön kanssa. Pääjakelukaaviot ja pääkeskusten sekä kojeistojen pääkaaviot tulee toimittaa tiedoksi tai tarkastuttaa sähköverkkoyhtiöllä yhteensopivuuden varmistamiseksi.

#### 1.4.5 Kunnossapidon huomioiminen

Kunnossapidon vaatimukset on huomioitava jo sähkötekniisten järjestelmien yleissuunnittelun (tiesuunnitelma) yhteydessä suunnitteluperusteissa. Tunneliputken liikennöitävyyden estävät sähkötekniisten järjestelmien kriittiset komponentit kahdennetaan tarvittaessa vikatilanteiden varalle, ja huoltotoimintaa nopeutetaan sekä varmistetaan pääkomponenttien varaosilla. Varaosien tarve huomioidaan sähkötekniisten järjestelmien kustannusarvioissa yleissuunnitteluvaiheesta (tiesuunnitelma) lähtien.

Teknisille tiloille, laitteille ja järjestelmille suunnitellaan riittävät kulkureitit huoltojen mahdollistamiseksi. Tekniisten tilojen sijoituksissa ja sisäänkäynneissä huomioidaan haalausreitit siten, että kaikki laitteet (mm. muuntajat, sähkökeskukset) ovat vaihdettavissa rakenteita rikkomatta.

Suunnitteluperusteissa (mm. laitteiden asennussijainnit, järjestelmän rakenteet, kaapelointiratkaisut) on huomioitava tunnelin toiminnallisuus siten, että liikenne häiriintyy mahdollisimman vähän huoltotöiden yhteydessä. Kun toinen tunneliputki on suljettu liikenteeltä, liikenteellä olevassa putkessa tekniikan tulee toimia normaalisti. Suljetussa putkessa tehtävä huolto ei saa estää sellaisen tekniikan toimintaa, joka mahdollistaa toisen putken pitämisen auki liikenteelle.

Kaikissa suunnitteluvaiheissa tulee huomioida laitteiden ja järjestelmien elinkaarikustannukset, huollettavuus, käytettävyys, korvattavuus, vikasietoisuus, pitkäikäisyys ja ympäristöystävällisyys.

Tunnelin käytön aikaisen sähkölaitteiston haltijan ja käytön johtajan rooli on merkittävä sähkölaitteiston turvallisuudesta huolehtimisessa. Sähkölaitteiston haltija nimeää käytön johtajan ja ilmoittaa käytön johtajan Tukesille. Sähkölaitteiston käytön johtajan ja haltijan velvollisuudet on määritelty laissa. Käytön johtajan tehtävä on mm. huolehtia, että koko sähkölaitteistolle on olemassa kattava kunnossapito-ohjelma. Kaikkien tietunneleiden (koosta riippumatta) sähköteknisille järjestelmille tulee olla laadittuna huolto- ja kunnossapito-ohjelma. Huolto- ja kunnossapito-ohjelman tulee pitää sisällään mm. tarkastukset ja huollot, määräaikaishuollot (mm. vuosihuollot) ja ennakkohuollot. Ennakkohuolto ja koestusohjelma on huomioitava erityisesti kriittisille järjestelmille.

#### 1.4.6 Korvausinvestoinnin huomioiminen

Suunnittelussa tulee varautua myös aikanaan toteutuvaan korvausinvestointiin, koska sillä on vaikutusta mm. tarvittaviin tilavarauksiin. Tilanvaraukset, kaapelireitit ja mitoitus suunnitellaan riittäviksi tulevien korvausinvestointien edellyttämät varaukset huomioiden. Korvausinvestoinnin yhteydessä voi olla tarve rakentaa vaikkapa uusi järjestelmä ensiksi vanhan rinnalle, mikä vaatii kaapelireittien ja tilojen osalta merkittäviä tilavarauksia.

### 1.5 Termistö

**Tunnelijakso.** Alue muodostuu tieympäristön liikenneteknisistä laitteista ja järjestelmistä ja ulottuu siihen pisteeseen saakka, jossa sijaitsee kauimmaisina tunnelin toimintoja varten suunniteltu laite, keskus tai vastaava.

**Avo-osuus.** Alue muodostuu muista tieympäristön liikenneteknisistä laitteista ja järjestelmistä, jotka eivät sisälly tunnelijaksoon.

**Tekninen tila.** Yleistermi tietunnelin varusteille ja laitteille tarkoitetuille erillisille tiloille ja rakennuksille. Tekninen tila voi olla rakennus/laitetila tunnelin ulkopuolella (esim. tunnelin päällä) tai tila/huone tunnelin sisällä (esim. sähkötila, teletila).

**Päälaitetila.** Tekninen tila, johon on sijoitettu järjestelmien pääkomponentteja, kuten sähköliittymä/pääkeskus, päälogiikat yms. Päälaitetilaan sijoitetaan yleensä myös muita tiloja (kuten varasto, valvomo). Päälaitetila on tyypillisesti erillinen rakennus.

**Pääjohtoreitti.** Johtoreitin osuus, joka on tarkoitettu sähkönsyötön nousujohtoille tai tiedonsiirron runko-kaapeleille (tietoliikenne) tai muuten keskitetympi kaapelointiosuus ja tunnelin läpi menevä johtoreitti-osuus.

**KJ-verkko.** Keskijänniteverkko, yleensä pääjännite 20 kV.

**PJ-verkko.** Pienjänniteverkko, yleensä pääjännite 400 V.

**Muuntopiiri.** KJ-verkossa suurjännitemuuntajan vaikutusalue KJ-verkossa. PJ-verkossa KJ-muuntajan vaikutusalue PJ-verkossa.

**Sähköliittymäpiste.** Sähköverkkoyhtiön ja kohteen sähkölaitteiston omistusraja/-piste. KJ-liittymissä esimerkiksi pääkojeiston liittimet. PJ-liittymissä esimerkiksi muuntamon PJ-navat tai pääkeskuksen liittimet.

**Varavoimalähde.** Varavoimalähteellä tarkoitetaan varsinaisesta sähköenergiälähteestä riippumatonta toista sähköenergian lähdettä. Varavoimalähde on esimerkiksi varavoimakone, UPS-laitteisto tai akusto.

Myös toinen sähköliittymä voi toimia varavoimalähteenä tietyillä kriteereillä (varavoimaselvityksen perusteella).

**PRP-teho.** Standardin mukaan määritetty varavoimateho (Prime Power, maksimiteho), jolla varavoimakonetta voidaan käyttää määritetyissä olosuhteissa. Standardin mukaisesti laskettu 24 tunnin jakson vaihtelevan tehon keskiarvo ei saa ylittää 70 %:a PRP-tehosta. PRP-tehoon sisältyy 10 % ylikuormitettavuus 1 tunnin ajan 12 tunnin jakson aikana.

**CPR-luokitus.** CPR eli Construction Products Regulation on eurooppalainen rakennustuoteasetus, joka määrittelee rakennustuotteiden ominaisuuksia. Kaapeleiden CPR-luokitus antaa tietoa kaapeleiden paloturvallisuudesta (mm. savunmuodostus, myrkyllisten palokaasujen vapautuminen, pisaroiden tippuminen).

**Vaikutusalue.** Muodostuu tunneliputkesta pois johtavien poistumisovien välisestä osuudesta. Palotilanteen maksimivaikutusalue samassa tunneliputkessa.

**Johtojärjestelmä.** Kokonaisuus, joka muodostuu johtimista tai kaapeleista tai virtakiskoista ja osista, jotka kiinnittävät ja tarvittaessa suojaavat koteloinnilla johtimet, kaapelit tai virtakiskot.

## 1.6 Laitetunnukset

Liikenteenhallintalaitteiden nimeäminen tehdään olemassa olevien käytänteiden ja ohjeistusten mukaisesti. LVI-teknisten järjestelmien laitemerkinnät tehdään Väyläviraston *Tietunneleiden LVI-suunnitteluohjeen* mukaisesti. Tienkäyttäjälle näkyvät tunnukset esitetään *Tietunnelien turvalliseen poistumiseen ja poikkeustilanteiden viestintään liittyvien järjestelmien suunnitteluohjeessa* (mm. hätäasetmat).

Tarkemmat yksityiskohtaiset rakentamissuunnitelma- ja toteutusvaiheiden laitemerkinnät ja -tunnukset (kuten liittimet, kytkennät) tehdään liikenteenohjauspalveluntarjoajan ohjeiden mukaisesti. Mikäli laitemerkintää ei pystytä luomaan ohjeiden mukaisesti, poikkeavat laitemerkinnät sovitaan hankekohtaisesti erikseen yhteistyössä muiden suunnittelijoiden kanssa.

Sähköteknisen laitteen tunnus tunnelissa muodostuu paikka- tai sijaintitunnuksesta ja laite- tai tyyppitunnuksesta sekä tarvittaessa komponenttitunnuksesta. Laitteen koko tunnus on muotoa paikka-/sijaintitunnus-laite-/tyyppitunnus-komponenttitunnus (komponenttitunnus tarvittaessa).

- Tietunnelihankkeen paikka- tai sijaintitunnukset määritetään tietunnelikohtaisesti yhteistyössä muiden suunnittelijoiden ja pääsuunnittelijan kanssa. Tilalyhenteinä käytetään esimerkiksi seuraavia: YK01 (yhdyskäytävä nro 1) ja LT01 (tekninen tila nro 1). Tunneliputkissa käytetään tilalyhenteinä tunneliputken tunnusta (esim. A ja B).
- Tyyppitunnus muodostuu yleisesti käytössä olevista sähköteknisistä tyyppitunnuksista (esim. *ST 51.25 Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien laitteiden ja tilojen merkitseminen* mukaan) ja sisältää 1–4 kirjainta. Tyyppitunnusten lopussa käytetään juoksevaa numerointia (2–3 numeroa). Numerointia ei pääsääntöisesti sidota esimerkiksi laitesijainnin paalulukuun, vaan järjestys muotoutuu muuten hanke- tai järjestelmäkohtaisesti sopivalla tavalla.
- Keskuksien sisäisten komponenttien tunnukset muodostuvat keskuksen ryhmäkohtaisesta numeroinnista, yleisesti käytössä olevista laitetyyppitunnuksista (1–3 kirjainta) ja juoksevasta numerosta (esim. 1F1, 2F1). Keskusten sisäisten komponenttien koko tunnus muodostuu keskuksen ja komponentin yhdistelmänumerosta (esim. YK01\_JK01\_1F1).

Avo-osuudella sähköteknisen laitteen tunnus muodostuu laite- tai tyyppitunnuksesta sekä tarvittaessa komponenttitunnuksesta. Laitteen koko tunnus on muotoa laite-/tyyppitunnus-komponenttitunnus (komponenttitunnus tarvittaessa).

- Tyyppitunnus muodostuu 2 kirjaimesta (kts. liite 2) ja 5 numerosta. Numerointia ei pääsääntöisesti sidota esimerkiksi laitesijainnin paalulukuun, vaan numerointi muodostuu seuraavasti: 2 ensimmäistä numeroa vastaavat alueen liikenteenhallintalaitteiden numerointia, ja seuraavat 3 numeroa

numeroidaan juoksevasti (järjestysnumerointi). Esim. SK01001. Liikenteenhallintalaitteiden 2 ensimmäistä numeroa muodostetaan ELY-keskuksen tunnuksesta.

- Laitetta palveleva keskuksen, kotelon tai kaapin tunnus muodostuu kyseisestä laitetunnuksesta ja keskusta, koteloa tai kaappia ilmaisevasta KK tunnuksesta (esim. LKA011001\_KK, LPU011571\_KK).
- Keskuksien sisäisten komponenttien tunnukset muodostuvat keskuksen ryhmäkohtaisesta numeroinnista, yleisesti käytössä olevista laitetyyppitunnuksista (1–3 kirjainta) ja juoksevasta numerosta (esim. 1F1, 2F1). Keskusten sisäisten komponenttien koko tunnus muodostuu keskuksen ja komponentin yhdistelmänumerosta (esim. SK01001\_1F1, LKA011001\_KK\_1F1).

Ohjausjärjestelmän logiikkalaitteiden ja tietoliikennelaitteiden tunnus muodostuu sijainti- tai laitetunnuksesta ja tyyppitunnuksesta sekä tarvittaessa lisämääreestä. Laitteen koko tunnus on muotoa sijainti-/laitetunnus-tyyppitunnus-lisämääre (lisämääre tarvittaessa).

- Tietunnelihankkeen sijaintitunnukset määritetään tietunnelikohtaisesti yhteistyössä muiden suunnittelijoiden ja pääsuunnittelijan kanssa. Tilalyhenteinä käytetään yleisesti esimerkiksi seuraavia: YK01 (yhdyskäytävä nro 1) ja LT01 (tekninen tila nro 1). Tunneliputkista käytetään tilalyhenteinä tiesuunnitelmassa määritettyä tunnusta (esim. A ja B).
  - Laitetta palvelevissa logiikka- ja tietoliikennelaitteissa sijaintitunnus muodostuu kyseisestä laitetunnuksesta (esim. LPU011571).
  - Avo-osuudella useampaa laitetta palvelevissa logiikka- ja tietoliikennelaitteissa sijaintitunnus muodostuu keskuksen tunnuksesta (esim. LOK01001).
- Tyyppitunnus muodostuu kirjaimista (kts. liite 2) ja 2–3-numeroisesta juoksevasta numerosta.
- Laitteiden lisämääreet muodostuvat tarpeen mukaisesti. Esimerkiksi logiikkalaitteissa erotellaan yksittäiset logiikan kortit ja laitteissa mahdolliset useammat IP-liitynnät.

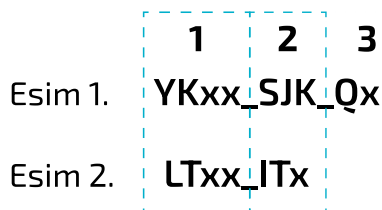
Tunnuksissa ei käytetä välilyöntejä, vaan määritteet erotetaan toisistaan alaviivalla. Tunnuksissa kirjaimet Ä ja Ö korvataan kirjaimilla A ja O. Järjestysnumeroinneissa voidaan käyttää erotteluun myös pistettä (esim. 1K1.1 ja 1K1.2).

## Tunnuksen muodostuminen tunnelissa

**1 = Paikka- ja sijaintitunnus**

**2 = Tyyppitunnus**

**3 = Sisäisen komponentin tunnus**



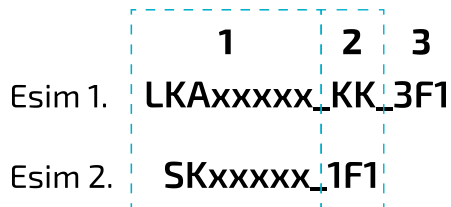
Kuva 3. Tunnuksen muodostuminen tunnelissa.

## Tunnuksen muodostuminen avo-osuudella

**1 = Tyyppitunnus**

**2 = Laitteen keskus tmv.**

**3 = Sisäisen komponentin tunnus**



Kuva 4. Tunnuksen muodostuminen avo-osuudella.

Liitteessä 1 on esitetty sähkötekniisten järjestelmien laitteiden, johtoteiden ja kaapeleiden tunnusesimerkit.

### 1.6.1 Järjestelmäluokitus ja piirustusnumerointi

Sähkönimikkeistö (kts. *ST 70.12 S2022-sähkönimikkeistö. Sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmät, tietotekniset järjestelmät*) on sähkö- ja tietotekniisten järjestelmien luokittelutapa, joka on laadittu järjestelmäperusteisesti ja jota käytetään yleisesti rakennus- ja kiinteistöalalla. Tieinfra-alalla ja tunnelisuunnittelussa tätä luokittelutapaa ei ole käytetty. Tietunneleiden sähkötekniisiin järjestelmiin sähkönimikkeistön luokittelu kuitenkin soveltuu.

Pääkomponenteissa ja -laitteissa ei käytetä sähkönimikkeistöön perustuvaa tunnuksen muodostumista (tunnukset kohdan 1.6 ja liitteen 2 mukaan). Sähkönimikkeistöön (S2022) perustuvaa tunnusta voidaan käyttää järjestelmien tarkemmissa laite- ja komponenttitunnuksissa ja esimerkiksi johtoteitä (hyllyt, putket, kaivot) ja kaapeleita yksilöivissä tunnuksissa. Sähkönimikkeistön tunnusta käytetään järjestelmän tunnuksena piirustus- ja suunnitelmadokumenttien numeroinnissa, nimeämisessä jaottelussa ja jäsentelyssä. Tiedostot nimetään piirustusnumeron mukaisesti. Sähkötekniisten järjestelmien piirustusnumerointi muodostuu seuraavasti:

- alkuosa Väyläviraston ohjeen *Tien rakentamissuunnitelma – Toimintaohjeet* mukaisesti (kaksi ensimmäistä tunnusta R23/xx)
- sähkönimikkeistöön perustuvasta järjestelmätunnuksesta (-Xxxx)
- tarvittaessa loppuosa järjestysnumeroinnilla ja mahdollisilla alajaotteluilla järjestelmän laajuuden mukaan (-xx-zz)
- esim. R23/01-S222, Sähköjärjestelmän toimintakuvaus; R23/06-S222-01, Sähkönjakelukaavio YK01.

Liitteessä 2 on esitetty sähkötekniisten järjestelmien S2022-sähkönimikkeistön järjestelmätunnusvastavuudet.



## 2 Sähkölaitteistot

### 2.1 Sähkölaitteistojen periaatteet

#### 2.1.1 Yleisesti

Tunneleiden sähkölaitteistojen avulla välitetään tunnelin järjestelmille ja laitteille niiden tarvitsema sähköenergia. Sähkölaitteisto muodostuu järjestelmien ja laitteiden tarpeiden mukaisesti, ja sähkölaitteiston toiminta vaikuttaa suoraan järjestelmien ja laitteiden turvalliseen toimintaan ja vikasietoisuuteen. Sähkölaitteiston rakenteeseen vaikuttavat mm. tunnelin fyysiset ominaisuudet (mm. pituus ja teknisten tilojen sijainnit), sähköliittymäpisteen sijainti, tunnelin teknisten järjestelmien laajuus ja sähkövarmennuksen laajuus.

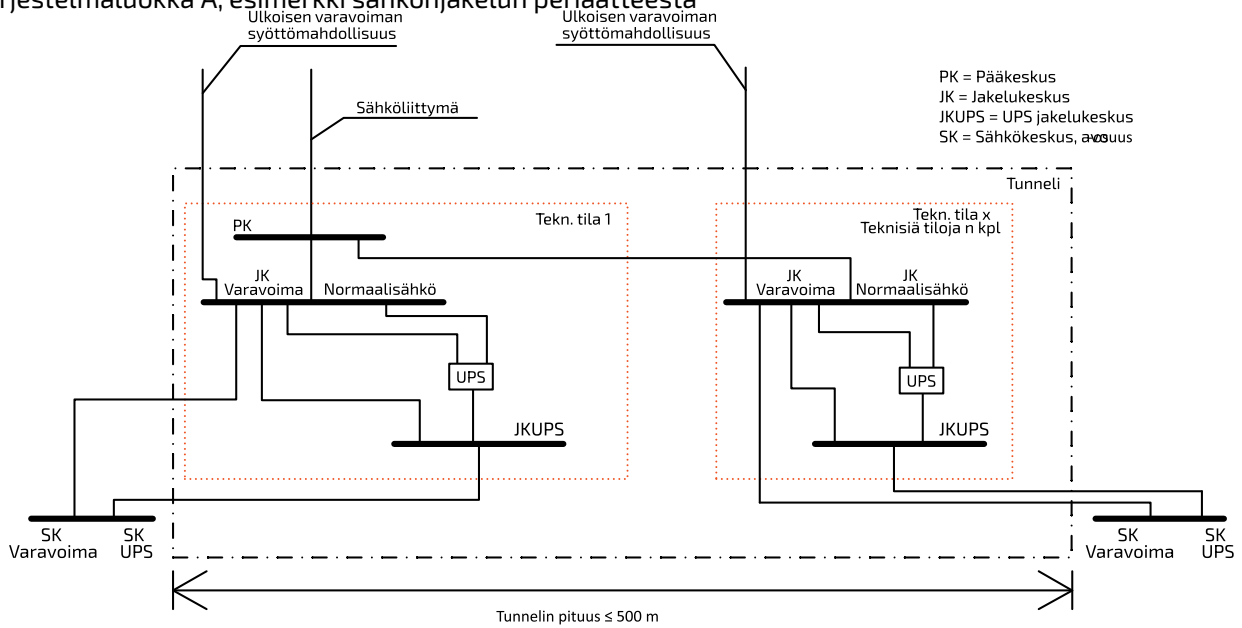
Tunnelin sähkölaitteistot koostuvat pääpiirteittäin sähkökeskuksista, kojeistoista, muuntajista, kaapeleista ja maadoituksista, teknisten tilojen kiinteistö sähköistyksistä, kaapelihyllyistä, kaapeliputkituksista ja kaapelikaivoista, varavoimalähteistä, kuten varavoimakoneista ja UPS-laitteista, sekä akustoista, kompensointilaitteista ja häiriönsuodattimista (mm. aktiivisuodattimet).

Tyypillisesti tunnelin sähkölaitteistolle on toteutettu yksi verkkoyhtiön sähkönjakelun sähköliittymäpiste ja mahdollisesti toinen varaliittymäpiste. Sähköliittymäpisteen kautta sähkö jaetaan tunnelissa laitteille ja järjestelmille. Sähköliittymäpisteen jälkeen kaikki sähkölaitteistot tunnelissa ovat tunnelin omaa laitteistoa. Tunnelin fyysinen sähköjärjestelmä ulottuu yleensä joitakin satoja metrejä tunnelin suuakkojen ulkopuolelle tunnelijaksolle. Tunnelijakso saattaa ulottua useita kilometrejä suuakkojen ulkopuolelle, jolloin sähkönjakelun sähköliittymäpisteitä tarvitaan kauempana enemmän.

Tunnelin pituus vaikuttaa oleellisesti sähköjärjestelmän perusrakenteeseen. Toteutettujen tunneleiden mukaan voidaan jakaa karkeasti tunnelin sähkölaitteistot järjestelmäluokkiin A, B ja C:

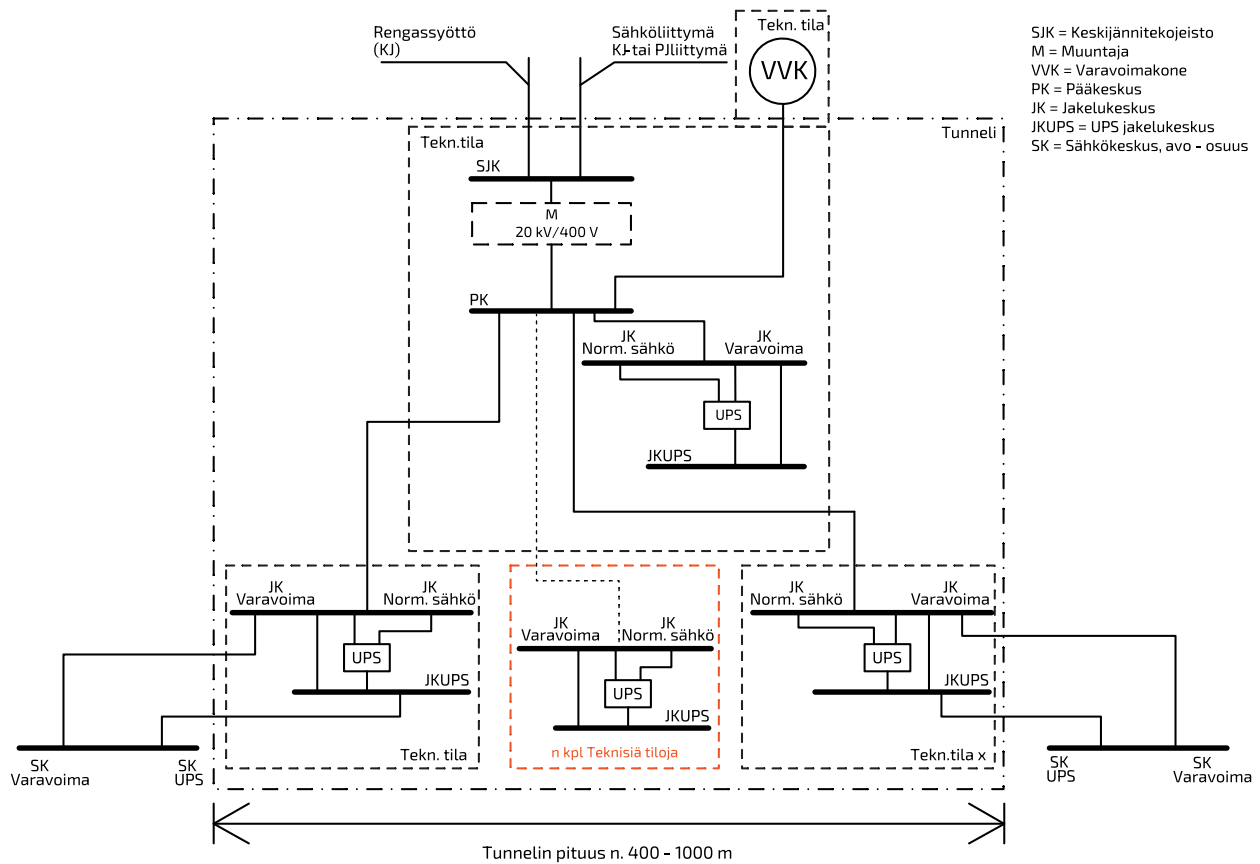
- A. Tunnelin pituus on lyhyt ja tunnelin sähkönjakelu on kokonaan PJ-jakelua. Tunnelin teknisten järjestelmien varustelutaso on karsitumpaa, jolloin tunnelin sähkötehon ja varavoiman tehontarve on pienempi. Varavoimalähteenä on pelkästään UPS- ja akustovarmennus. Tyypillisesti A-järjestelmäluokan sähkölaitteiston tunneli on alle 500 m pitkä eikä tunnelissa ole koneellista ilmanvaihtoa ja savunpoistoa. Sähkömitoitusteholtaan tunneli on suuruusluokaltaan maksimissaan noin 630 kVA.

## Järjestelmäluokka A, esimerkki sähkönjakelun periaatteesta



Kuva 5. Järjestelmäluokka A, esimerkki sähkönjakelun periaatteesta.

- B. Tunneli on lyhyt tai sähkönjakelun sähköliittymäpisteen sijainti on sähköteknisesti hyvä (esim. tunnelin keskellä). Tunnelin sähkönjakelu on pääsääntöisesti PJ-jakelua. Tunnelilla voi olla PJ- tai KJ-liittymä ja yksi muuntamo sähkönjakelun sähköliittymäpisteessä. Varavoimälähteenä on yleensä UPS- ja akustovarmennuksen lisäksi varavoimakoneisto. Tyypillisesti B-järjestelmäluokan sähkölaitteiston tunneli on noin 400 m – 1 000 m pitkä ja tunnelissa on koneellinen ilmanvaihto ja savunpoisto. Sähkömitoitusteholtaan tunneli on suuruusluokaltaan noin 630 kVA–2 MVA.



Kuva 6. Järjestelmäluokka B, esimerkki sähkönjakelun periaatteesta.

- C. Tunneli on pitkä tai sähkönjakelun sähköliittymäpisteen sijainti on sähköteknisesti huono (esim. tunnelin päässä). Tunnelin sähkönjakelu koostuu KJ- ja PJ-verkoista. Tunnelilla on vähintään kaksi erillistä muuntamaa. Varavoimalähteenä on yleensä UPS- ja akustovarmennuksen lisäksi varavoimakoneisto tai toinen sähkönjakelun sähköliittymäpiste (varaliittymäpiste). Varavoimakoneen sähköteho siirretään KJ-verkkoa pitkin tunneliin. Tyypillinen C-järjestelmäluokan sähkölaitteiston tunneli on yli 1 000 m pitkä. C-järjestelmäluokan sähkölaitteisto voi tulla kyseeseen myös alle 1 000 m tunneleissa, mikäli vikasietoisuus (riskienarviointi) tai sähköverkon rakenne niin edellyttää. Sähkömitoitusteholtaan tunneli on suuruusluokaltaan noin yli 2 MVA.



Kahdennettuja laitteita ovat mm. tietoliikenteen runkoverkon laitteet ja ohjausjärjestelmän päälogiikat. Kahdennettujen laitteiden osalta periaate on, että laitteet hajautetaan erillisiin rakennuksiin tai tilaympäristöihin tai vähintään kahteen erilliseen palo-osastoituu tilaan.

Teknisten tilojen toiminnoissa ja tilavarauksissa tulee ottaa huomioon järjestelmän testaukset ja käyttöönotto, kunnossapito ja tulevaisuuden korvausinvestointitarpeet. Tiloihin on jätettävä vapaata tilaa (tilavarausta) mm. kunnossapitoa ja korvausinvestointia varten. Teknisten tilojen tarpeet keskittyvät tyypillisesti tunnelin suuakkojen lähelle ja muualle sähköjärjestelmän vaatimiin paikkoihin (mm. sähköliittymäpiste). Varaosavarasto ja valvomo sijoitetaan pääsääntöisesti tunnelin päälaitetilan yhteyteen, mikä huomioidaan päälaitetilan tilamäärityksessä.

Tunneliympäristössä käytönaikainen kunnossapito ja uudistukset sekä korvausinvestoinnit pyritään tekemään mahdollisemman pienellä liikennehaitalla. Riittävät tilavaraukset mahdollistavat myöhemmät laitteiden uusinnat ja korvausinvestointien toteutukset pienillä haittavaikutuksilla.

PJ- ja KJ-sähkötilat tulee suunnitella erillisiksi tiloiksi. Muuntajatilat suunnitellaan tarvittaessa. Tunnelin varavoimakoneiston tulee olla omassa varavoimatilassaan, jonka osalta on huomioitava mm. ilmanvaihto, polttoainesäiliö ja pakoputkistot sekä äänimelu. UPS-laitteille ja niiden akustoille suunnitellaan erilliset sähkötilat, mikäli teholuokka ylittää 50 kVA tai mikäli akustomäärä on huomattava (esim. erillinen akusto-kaappi). Kohteissa, joissa varavoimalähde koostuu keskitetystä UPS-laitteistosta tai joissa UPS-laitteisto on kriittinen (mm. päälaitetilat), suunnitellaan UPS-laitteille erilliset sähkötilat.

Tietojärjestelmille suunnitellaan erilliset teletilat. Mahdollisille operaattoreiden laitteille suunnitellaan erilliset teletilat päälaitetilaan mm. kulkuyhteyksien vuoksi. Tele- ja sähkötila voidaan yhdistää, mikäli sähköteho on riittävän pieni (alle 1 000 A) ja mikäli tiloihin sijoitettavat UPS-laitteet ovat riittävän pieniä (alle 30 kVA). Muuntamotiloihin suunnitellaan erilliset sähkötilat muuntajille ja PJ-sähkökeskuksille mm. isojen oikosulkutehujen vuoksi.

Tilojen suunnittelussa tulee huomioida taulukon 1 mukaiset tilat ja niiden tilavaraukset.

Taulukko 1. Sähkötöknisten järjestelmien tilat ja niiden tilavaraukset.

Tila	Tilavaraus <sup>1)</sup>	Tarkennus
Sähkötila KJ	+30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>KJ-kojeisto</li> <li>Mahdollisesti muuntaja (esim. YK-tiloissa)</li> </ul>
Muuntajatila	+30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>Päälaitetilan muuntaja</li> <li>Varavoimamuuntaja</li> </ul>
Sähkötila PJ	+30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sähkökeskukset</li> <li>Muut sähkölaitteet (taajuusmuuttajat yms.)</li> </ul>
Sähkötila UPS	+50 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>UPS-laitteistot <math>\geq</math> 50 kVA</li> <li>Huomattava akusto</li> </ul>
Teletila	+50 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tietoliikennelaitteet</li> <li>LIHA-/LVIS-ohjausjärjestelmän laitteet</li> <li>Räkki- ja laitekaapit</li> <li>Muut heikkovirtalaitteet</li> <li>Operaattorilaitteet</li> </ul>
Operaattoritila	+50 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>Päälaitetilassa</li> </ul>
Yhdistetty sähkö- ja teletila	+50 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sähkölaitteistot &lt; 1 000 A</li> <li>UPS-laitteistot &lt; 30 kVA</li> <li>esim. YK-tiloissa tai pienemmissä teknisissä tiloissa</li> </ul>

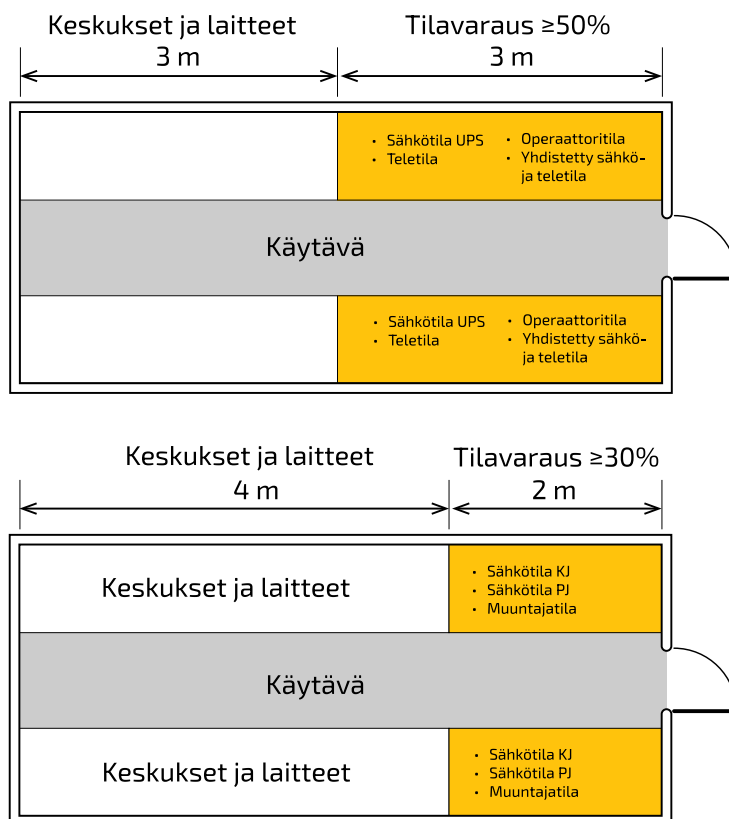
1) Tilaan huomioitava vapaan tilan määrä kokonaistilasta (kts. kuva 8).

Teknisten järjestelmien (mm. sähkö, LVI, turvajärjestelmät, tietojärjestelmät) suunnittelijoiden tulee esittää tilantarvevaatimukset pääsuunnittelijalle, joka koordinoi, koostaa ja suunnittelee riittävät tekniset tilat. Sähkösuunnittelijan tulee antaa olosuhdevaatimukset muille suunnittelijoille. Esimerkiksi LVI-suunnittelijalle tulee antaa lämpökuormat ja käyttölämpötilat ilmanvaihtoa ja jäähdytyksen suunnittelua varten. Arkkitehdille tai rakennesuunnittelijalle tulee antaa mm. haalausreitit, massat, palokuormat ja mahdollinen valokaaripaine tilojen suunnittelua ja rakenneteknistä suunnittelua varten.

Teknisten tilojen suunnittelussa tulee kokonaisuutena huomioida mm. niiden ilmanvaihdot, jäähdytykset, viemäroinnit, palo-osastoinnit, räjähdysvaarallisten tilojen luokitukset (ATEX), kulkuyhteydet, lukitukset ja valvonnat, haalausreitit ja sammutusjärjestelmät. Teknisten tilojen palo-osastointi tehdään tilakoh- taiseksi.

Kojeistojen, muuntajien sekä keskuksien ja laitteistojen tulee olla vaihdettavissa ilman rakenneteknisiä muutoksia.

Suoraan kalliotilaan ei suunnitella teknisiä tiloja, vaan tekninen tila sijoitetaan kalliotilan sisään tehtyyn ns. puhtaampaan tilaan tai huoneeseen. Päälaitetilaan, jossa sijaitsee laitteiden ja järjestelmien toiminnan kannalta keskeisiä tai kriittisiä komponentteja, tulee suunnitella sammutuslaitteistot *Tietunnelin LVI-suunnitteluohjeen* mukaisesti.



Kuva 8. Teknisten tilojen tilavarauksien malliesimerkki.

### 2.1.3 Keskijänniteverkko

Tunnelin sähköjärjestelmän suunnitteluvaiheessa on sähkönjakelun liittymille tehtävä saatavuuskyselyt verkkoyhtiöltä. Keskijänniteverkkoa voi olla B- ja C-järjestelmäluokan tunneleissa.

### 2.1.3.1 Sähköliittymä

B-järjestelmäluokan tunnelissa PJ- tai KJ-sähkönjakelun liittymän tarve tulee arvioida elinkaarinäkökulmasta kustannus- ja ylläpitoperusteisesti noin 30 vuoden ajalta. Mikäli KJ-liittymä valitaan, tulee ottaa huomioon mm. seuraavat asiat:

- Jos kyseessä on tunnelin oma muuntamo, sille toteutetaan tilat tunnelin päälaitetilan yhteyteen. Muuntamo sijoitetaan mahdollisimman keskelle tunnelia.
- Jos kyseessä on verkkoyhtiön muuntamo, on suositeltavaa ensisijaisesti sijoittaa puistomuuntamo päälaitetilan yhteyteen tai suunnitella muuntamolle tilat päälaitetilaan (A- ja B-järjestelmäluokat). Muuntamo sijoitetaan mahdollisimman keskelle tunnelia.
- Keskijänniteliittymäkaapelointi yhteensovitetään verkkoyhtiön kanssa niin, että verkkoyhtiön KJ-rengasverkko ja toimintavarmuus toteutuvat parhaalla mahdollisella tavalla. Keskijänniteliittymä toteutetaan ensisijaisesti rengasverkolla, jonka syötöt tulevat eri sähköasemilta.
- Verkkoyhtiön rengasverkon kaukokäytön sähköliittymäpiste on suositeltavaa sijoittaa tunnelin liittymäkojeistoon, mikäli se on kohteessa teknisesti mahdollista.

C-järjestelmäluokan tunnelissa KJ-verkko on teholtaan ja rakenteeltaan laajempi kokonaisuus. KJ-liittymässä huomioitavia asioita ovat mm.:

- Keskijänniteliittymäkaapelointi yhteensovitetään verkkoyhtiön kanssa niin, että verkkoyhtiön KJ-rengasverkko ja toimintavarmuus toteutuvat parhaalla mahdollisella tavalla. Keskijänniteliittymä toteutetaan ensisijaisesti rengasverkolla, jonka syötöt tulevat eri sähköasemilta.
- KJ-liittymä voidaan toteuttaa liittymärengasverkon sijaan tai lisäksi eri sähköliittymäpisteillä (pää- ja varaliittymä) eri sijainneissa. Pää- ja varaliittymien vaihto on ensisijaisesti mahdollistettava etänä. Erillisillä pää- ja varaliittymillä voidaan mahdollisesti korvata varavoimakone selvityksen perusteella.
- Verkkoyhtiön rengasverkon kaukokäytön ohjauspiste on suositeltavaa sijoittaa tunnelin liittymäkojeistoon, mikäli se on kohteessa teknisesti mahdollista.

### 2.1.3.2 Tunnelin KJ-verkko

Tunneliin toteutettavan KJ-verkon tulee olla rakenteeltaan rengasverkko. Rengasverkon tulee olla toiminnaltaan vikasietoinen. Rengasverkon tulee pystyä erottamaan vikapaikka automaattisesti niin, että mahdollisimman pieni alue jää sähköittä (yksittäinen kojeisto, yksittäinen muuntaja, yksittäisten kojeistojen välinen kaapeliosuus).

Tunnelin KJ-verkon kytkentä-, vika-, hälytys- ja tilatietojen tulee olla näkyvillä myös käyttöpaikalla (päälaitetila, valvomo tms.). Käyttöpaikalta on oltava mahdollista tehdä myös yksinkertaisia käsiohjaustoimenpiteitä (kaukokäyttö). KJ-verkon automaattitoiminnot (mm. vikapaikan erotus) toteutetaan ensisijaisesti pelkästään verkon älykkäillä komponenteilla (suojareleet) tai tunnelin LVIS-ohjausjärjestelmällä. Mikäli erillinen verkostoautomaatiojärjestelmä valitaan (ei suositella), tulee huomioida mm. järjestelmän palvelimien ja tietoliikenteen vikasietoisuus/kahdennukset sekä ylläpito/valvonta.

Rengasverkon KJ-kaapelointi tulee olla palosuojatusti toteutettu, esimerkiksi suojaputkessa maassa (tunnelin pientareella).

Kojeistojen apusähköille tulee suunnitella erillinen akusto- tai UPS-järjestelmä.

### 2.1.4 Tunnelin PJ-verkko

Tunnelin pienjänniteverkko on TN-S-järjestelmä. PPääkeskukselta syötetään tähtimaisesti jakokeskuksia, jotka syöttävät tunnelin laitteita ja järjestelmiä. Verkko tulee jakaa sopiviin osiin, huomioiden kunnossapito- ja korvausinvestointitarpeet. Esimerkiksi jakokeskuksia suunnitellaan tunneliputkikohtaisesti tai niin, että jakokeskukselta voidaan erottaa helposti lähtevät syötöt tunneliputkikohtaisesti (esim. keskusosittain). UPS-sähkönjakelu ja mahdollisuuksien mukaan varavoiman jakelu tulee suunnitella erillisten varmennettujen jakelukeskusten kautta.

Tunnelin suuren pituuden vuoksi kaapelit ovat tyypillisesti pitkiä ja tunneleissa on paljon maakaapelointia. Tunnelin ilmanvaihdon ja savunpoiston taajuusmuuttajakäytöt aiheuttavat suhteellisesti ison taajuusmuuttajakuorman. Sähkön laadun osalta sähköverkon suunnittelussa ja rakenteessa tulee erityisesti huomioida oikosulkuvirrat, jännitealenemat, EMC-häiriöt kuten harmoniset yliaaltojännitteet ja loistehot.



Oikosulkuvirta ja jännitehäviölaskelmat tulee laatia maksimipisteissä. Oikosulkuvirtojen tulee olla SFS6000-standardin mukaiset. Jännitealenemien tulee olla sähköliittymäpisteeltä jakokeskuksille enimmillään 3 % ja laitteille enimmillään 6 %. Avo-osuuksilla voidaan harkita laitteille tapauskohtaisesti enimmillään 8 % jännitealenemaa ja laitteiden oikosulkuvirran poiskytkentäaika voidaan mitoittaa ryhmäjohtojen 5 s mitoitus säännön mukaisesti (kun laitteilla on lisäksi omat suojalaitteet). Harmonisten yliaaltojen laatukriteerien tulee olla standardin SFS-EN 50160 mukaiset. Vaatimusten tulee toteutua myös varavoi-makäytöillä epäedullisimmassa kytkentätilanteessa.

Suunnittelussa tulee huomioida loistehon kompensointitarve (myös kapasitiivinen), ja tarvittaessa käytetään keskitettyjä kompensointilaitteita. Suunnittelussa tulee myös huomioida harmonisten yliaaltohäiriöiden suodatustarve ja käyttää tarvittaessa esimerkiksi mahdollisimman lähelle kuormaan sijoitettuja suodatuslaitteistoja.

Tunneliputkiin ei ole sallittua sijoittaa sähkökeskuksia kuin poikkeustapauksissa.

Nousujohtokaapelointi tulee sijoittaa esimerkiksi suojaputkeen maahan (tunnelin pientareelle) tai erillisiin tekniikka- ja huoltokäytäviin (suojaputkeen maahan tai hyllyille).

## 2.1.5 Maadoitukset

Maadoituskiskoja suunnitellaan tunnelin muuntamoihin, sähkö- ja teletiloihin sekä yhdyskäytävien sähkötiloihin. Maadoituskiskoihin liitetään:

- maadoituselektrodit
- käyttömaadoitukset
- sähkölaitteiden rungot
- johtavat putkistot
- tunnelin kaapelihyllyt (yhdyskäytävien/yhdysovien kohdilla)
- muut tarvittavat/johtavat osat.

Mikäli tunnelin sähköjärjestelmä sisältää muuntamoita, niiden läheisyyteen tulee suunnitella vähintään kaksi runkomaadoitusjohdinta sähkötiloista. Lähtökohtaisesti runkomaadoitusjohtimet tulee suunnitella rengasmaisesti. Johtimien katkeamisvaaran vuoksi niiden tulee kulkea vähintään kahta eri reittiä.

Maadoituskiskot tulee suunnitella siten, että niiden luokse on vaivatonta päästä.

Kaikki ulkoalueiden liikenteenhallintalaitteet ja keskuksat maadoitetaan maahan asennettavalla maadoituselektrodilla. Jos liikenteenhallintalaitteita tai keskuksia on useampia samassa kohdassa, niiden maadoituselektrodit tulee yhdistää maassa. Maadoitusten suunnittelussa tulee huomioida mahdolliset suurjännitelinjat, kaasuputket ja sähköistetyt raitio- ja rautatiet sekä näiden erityisvaatimukset.

### 2.1.5.1 Toiminnalliset maadoitukset

Tunnelin teknisten tilojen teletiloihin suunnitellaan erillisiä toiminnallisia maadoituskiskoja (häiriötön maadoitus). Toiminnallisiin maadoituskiskoihin liitetään:

- ohjausjärjestelmän keskuksat ja laitekaapit
- tietoliikenteen kaapit ja räkkikeskuksat
- muut tarvittavat heikkovirtalaitteistot/-keskuksat/-järjestelmät.

Toiminnalliset maadoitukset tulee huomioida tietoteknisten järjestelmien suunnittelussa. Toiminnallisille maadoituksille suunnitellaan erillinen maadoituskaapelointi rakennus- tai tilakohtaisesti. Pitkiä, toiminnallisten maadoitusten kiskostojen välisiä potentiaalintasausjohtimia tulee harkita tapauskohtaisesti. Ensimmäisessä niitä pyritään välttämään.

## 2.1.6 Pistorasiakeskuksat

Pistorasiakeskuksia ei lähtökohtaisesti toteuteta tunneliputkiin, ellei paikallinen pelastuslaitos perusteluista syistä esitä niitä toteutettavaksi. Jos pistorasiakeskuksat päätetään toteuttaa pelastuslaitoksen esityksestä, ne sijoitetaan ensisijaisesti tunnelin yhdyskäytäviin (ei tunneliputkiin).

Mikäli tunnelissa ei ole yhdyskäytäviä, pistorasiakeskusten tarpeen arvioinnissa tulee ottaa huomioon myös huollon tarpeet.

Mikäli pistorasiakeskuksia toteutetaan, perusratkaisu on seuraavien periaatteiden mukainen:

- Pistorasiakeskus tulee voida tehdä luotettavasti jännitteettömäksi paikallisesti (esim. pääkytkin).
- Pistorasiakeskus sisältää vikavirtasuojalla varustettuja syöttöjä
  - 1 kpl 32 A / 400 V
  - 1 kpl 16 A / 400 V
  - 3 kpl 16 A / 230 V.
- Perustellusta syystä mahdollisessa tunneliputkien sijoituksessa pistorasiakeskusten ohjeellinen välimatka on lähtökohtaisesti sama kuin hätäuloskäynneillä. Pistorasiakeskusten etäisyyksien ja määrien suunnittelussa tulee huomioida yhdyskäytävien sisällä olevat pistorasiat, jotka voivat vähentää pistorasiakeskusten tarvetta.
- Pistorasiakeskuksen ovia ei valvota.
- Sähköverkon mitoituksessa tulee huomioida esimerkiksi seuraavat asiat:
  - Tehon tarve mitoitetaan isoimman sulakekoon (32 A) maksimitehon mukaan.
  - Jos pistorasiakeskuksia on useampia, huomioidaan kokonaistehossa 1 kpl pistorasiakeskuksia (pelastuslaitoksen tarve huomioiden).
  - Varmennettu sähkönsyöttö toteutetaan varavoimalla. Pistorasiakeskuksen teho tulee ottaa huomioon varavoimakoneen määrittelyssä.
  - UPS-tehon määrityksessä pistorasiakeskuksia ei huomioida.

Jos erillisiä pistorasiakeskuksia ei toteuteta, tunnelin yhdyskäytäviin tulee sijoittaa huoltopistorasioita joko keskusten kansiin tai erillisiin pisteisiin.

Korvausinvestointien yhteydessä tulee tarkastella pistorasiakeskusten tarvetta. Tässä yhteydessä pistorasiakeskuksia voidaan karsia tunnelista tai poistaa niiden mahdollinen UPS-varmennus.

## 2.2 Sähkövarmennus

### 2.2.1 Yleistä

Sähkövarmennus on tunnelin turvallisuuden kannalta merkittävä varmistava järjestelmä. Sähkövarmennuksella mahdollistetaan tunnelin laitteiden ja järjestelmien toiminta sähkökatkotilanteessa (verkkoyhtiön sähkönsyötön vika- tai häiriötilanne). Sähkökatkotilanteessa tunnelin toimintaperiaate voi olla tunnelin turvallinen sulkeminen ajoneuvoliikenteeltä tai tunnelin auki pitäminen ajoneuvoliikenteelle. Mikäli tunneli pidetään auki sähkökatkon aikana, tunnelin turvallinen toiminta ja evakuointi mahdollisissa samanaikaisissa poikkeustilanteissa (mm. tulipalo tai onnettomuus tunnelissa) tulee myös huomioida.

Sähkövarmennuksella mahdollistetaan, että tärkeät laitteet ja järjestelmät välittävät tietoa jatkuvasti sähkökatkon aikana (mm. kamerajärjestelmä) ja että osa kriittisimmistä järjestelmistä pidetään toiminnassa, jotta sähkökatkosta palautuminen voi tapahtua turvallisesti ja sujuvasti. Sähkövarmennuksella esitetään myös sähkökatkon vikatilanteen mahdollinen laajentuminen pois (esim. tietoliikenne).

Sähkönsaannin riskien kannalta tunnelin sijainnilla on merkitystä sähkökatkotiheyteen (vrt. kaupunkiympäristö, maaseutu ympäristö). Esimerkiksi sähköliittymän yläpuolen verkon rakenne, syöttöjen pituudet ja ilmajohtoverkko tai maakaapeliverkko vaikuttavat riskitekijöinä sähköhäiriöiden määrään ja pituuksiin. Sähkönjakelu-yhtiöiden historiatiedoista on yleensä saatavilla tietoa esimerkiksi alueen vikatiheydestä ja katkojen pituuksista (keskiarvo, maksimi). Suunniteltujen sähkökatkojen (kunnossapito) maksimipituudet ovat yleensä saatavilla sähkönjakelu-yhtiöiltä. Sähkökatkojen vikatiheyttä ja vian kestoa on hankala varmuudella määrittää. Niihin vaikuttavat esimerkiksi kantaverkon häiriöt. Esimerkiksi laajaa sähkökatkoa, sen vaikutuksia tai pituutta ei voida ennustaa. Laajat sähkökatkot ovat äärimmäisen harvinaisia, mutta mahdollisia.

## 2.2.2 Varavoimalähteet

### 2.2.2.1 Määräytyminen

Sähkövarmennusta koskevia määräyksiä ja ohjeita on esitetty Liikenne- ja viestintäviraston tietunnelimääräyksessä ja muissa Väyläviraston ohjeissa.

Taulukko 2. Väyläviraston muut ohjeistukset sähkövarmennuksista.

Ohjeistus	Keskeinen asia
Tietunnelien hallinnointi ja turvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet	<i>Tunneleissa on oltava varavoimalähde, jolla voidaan varmistaa tunnelin evakuoinnin kannalta välttämättömien turvallisuuslaitteiden toiminta siihen saakka, että tunnelin käyttäjät ovat poistuneet tunnelista.</i>
Tietunnelien turvalliseen poistumiseen ja poikkeustilanteiden viestintään liittyvien järjestelmien suunnitteluohje	<i>Turvalliseen poistumiseen (evakuoitumiseen) ja poikkeustilanteiden viestintään liittyvien välttämättömien järjestelmien toiminta tulee varmistaa verkkosyöttökosten varalle, jotta tunnelia ei jouduttaisi sulkemaan sähkökatkon ajaksi ao. järjestelmien toimimattomuuden takia. Tämä tarkoittaa, että järjestelmiä varten toteutetaan varavoimalähde tai -lähteitä, joilla järjestelmät voivat toimia sähkökatkon aikana mahdollisesti tapahtuvassa vaaratilanteessa (tulipalo tai vakava onnettomuus) niin pitkään kuin tunnelin käyttäjien poistuminen jalan tunnelista edellyttää.</i>
Tietunneleiden LVI-suunnitteluohje	<i>Tietunneli, joka varustetaan koneellisella savunpoistojärjestelmällä, varustetaan myös varavoimalähteellä (varavoimakone tai toinen sähköliittymä eri muuntopiiristä). Riskianalyyssissä selvitetään, onko toinen sähköliittymä eri muuntopiiristä hyväksyttävissä varavoimalähteeksi.</i>

Varavoimalähteen toteutustapaan ja varmennuksen laajuuteen vaikuttavat useat tekijät, jotka ovat yleensä tunnelikohtaisia. Tunnelin toiminnallisuus sähkökatkotilanteessa (sulkemisen ja auki pitämisen edellytykset, kriteerit ja vaihtoehdot) määritetään turvallisuuskonseptissa. Sen perusteella tunnelin tekniikan yleissuunnitteluvaiheessa määritetään varavoimalähteiden toteutustapa ja tekniset periaatteet, kuten varmennustavat ja -laajuus sekä toiminnallisuus.

Tunnelin sähkövarmennuksen vähimmäisvaatimukset täyttävät periaatteet selvitetään sähkövarmennuksen selvityksen avulla. Kohteeseen valittava sähkövarmennuksen ratkaisu voi myös olla selvityksen tuloisia tai suosituksia laajempi. Valitulle sähkövarmennuksen ratkaisulle tulee hakea suunnittelun aikana kokouksissa (riittävä eri osapuolten vuorovaikutus) hyväksyttävyyttä.

Tunnelin sähkövarmennuksen selvitys koostuu seuraavista tehtävistä:

- Kuvataan kohde ja sen ominaisuudet sekä selvityksen tavoitteet.
- Kartoitetaan ja esitetään tarvittavat lähtötiedot, kuten turvallisuusasiakirjassa tai -konseptissa määritetyt asiat ja sähköliittymän tiedot.
- Laaditaan sähköliittymän toimintavarmuuden arviointi ja tarvittaessa varaliittymän toimintavarmuuden arviointi.
- Kartoitetaan sähkövarmennuksen tarpeet (kohdekohtaiset vähimmäistarpeet, kartoitustaulukko).
- Selvitetään mahdolliset sähkövarmennustavat (kokonaisuus huomioiden).
- Vertaillaan mahdolliset sähkövarmennustavat (mikäli vaihtoehtoja), laaditaan vaihtoehtovertailut (toiminnalliset ja tekniset ratkaisut, riskit, elinkaarikustannukset).
- Laaditaan yhteenveto ja valittava/suosittelava sähkövarmennusratkaisun esitys sekä perusteet.

Sähkövarmennuksen selvitystä on kuvattu tarkemmin liitteessä 3 Tunnelin sähkövarmennuksen selvitys – ohjeistus ja mallisisältö ja liitteessä 3.1 Sähkövarmennuksen kartoitustaulukko.

Mahdollisina varavoimalähteinä tunneleissa voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia toteutustapoja:

- useita sähköliittymiä (varaliittymiä)
- varavoimakone
- UPS-varmennus. Kohdassa 2.2.3 Sähkövarmennuksen vaatimukset ja toiminnallisuus on esitetty välttämättömät UPS-varmennettavat laitteet.
- järjestelmäkohtaiset varvoimajärjestelmät (kuten turvajärjestelmien akustot)
- Varavoimalähteitä voi olla tunnelissa yksi tai useampia.

Taulukko 3. Tehonlähteet ja niiden kuvaukset sekä sähkövarmennuksen selvityksessä huomioitavia asioita.

Tehonlähteet	Tehonlähteen kuvaus	Selvityksessä huomioitavia asioita
<b>Liittymä (rengasverkko tai ilman rengasverkkoa)</b>	<p>Sähköverkon KJ-liittymä tai PJ-liittymä.</p> <p>Sähköverkon KJ-liittymä on yleensä rengasverkko, ja syöttö tulee kahden eri sähköaseman kautta.</p> <p>Liittymän KJ-rengasverkon syötönvaihto toteutuu manuaalisesti kaukokäytöllä tai paikan päällä.</p> <p>PJ-liittymissä PJ-kaapeloinnin osuus ei ole rengasverkkoa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KJ-rengasverkon syötönvaihtoon kuuluva keskimääräinen aika ja maksimiaika</li> <li>• sähkökatkojen vikatiheys, keskimääräinen aika ja maksimiaika</li> <li>• suunniteltujen sähkökatkojen (kunnossapito) maksimiaika.</li> <li>• liittymän yläpuolen verkon rakenteen (maakaapelointi, ilmajohtokaapelointi) vaikutukset toimintavarmuuteen</li> </ul>
<b>Varaliittymä</b>	<p>Sähköverkon liittymä on kahdennettu varaliittymällä.</p> <p>Varaliittymä sijaitsee ensisijaisesti eri sijainnissa, ja liittymä on eri kojeiston/keskuksen kautta.</p> <p>Varaliittymän koko voi olla täysiteho tai osateho.</p> <p>PJ-liittymissä varaliittymän syöttö tulee eri muuntajien/muuntopiirin kautta kuin pääliittymän syöttö.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• varaliittymän toimintavarmuus arvioitava, esim. onko samasta verkon osasta kuin pääliittymä vai eri sähköaseman lähdöstä, onko maakaapelointia vai ilmajohtokaapelointia</li> <li>• syötönvaihtoon kuuluva keskimääräinen aika ja maksimiaika</li> <li>• sähkökatkojen vikatiheys, keskimääräinen aika ja maksimiaika</li> <li>• suunniteltujen sähkökatkojen maksimiaika</li> </ul>
<b>Varavoimakone</b>	<p>Automaattisesti sähkökatkosta käynnistyvä ja sähköä tunneliin syöttävä varvoimageneraattori.</p>	<p>Varavoimakoneen toimintavarmuus on hyvä (yli 0,97).</p>

Tehonlähteet	Tehonlähteen kuvaus	Selvityksessä huomioitavia asioita
	<p>Varavoimakoneen käyntiaika on tyypillisesti noin 10 tuntia.</p> <p>Varavoimakoneen koko voi olla täysiteho tai osateho.</p>	<p>Varavoiman käynnistykseen ja kuorman syöttöön kuluva aika on alle 30 s.</p> <p>Isoissa varavoimatehoissa käynnistykseen ja porrastettujen kuorman syöttöön kuluva aika on kokonaisuudessaan alle 60 s.</p>
<b>UPS-varmennus</b>	<p>Jatkuvasti katkotonta sähköä kuormaan tuottava laitteisto, jonka energianlähteenä ovat akustot.</p> <p>UPS-varmennus voi keskitetty tai hajautettu lähemmäksi kuormia useampaan eri laitteistoon.</p> <p>UPS-laitteiston varakäyntiaika on tyypillisesti noin 0,5–3 h.</p> <p>UPS-laitteistolla varmenneetaan yleensä pienempitehoisia kuormia kuin varavoimakoneella.</p>	<p>UPS-laitteen toimintavarmuus on todella hyvä (yli 0,997).</p> <p>UPS-laite on käynnissä koko ajan (katkoton toiminta).</p> <p>UPS-laite suojaa herkkiä kuormia myös sähköverkon häiriöiltä (mm. harmoniset jännitehäiriöt, yli- ja alijännitteet).</p>
<b>Järjestelmäkohtaiset varavoimalähteet</b>	<p>Varavoimalähteet täyttävät kyseisen järjestelmän erikoisvaatimukset (mm. paloilmoin ja turvavalaistussovellukset).</p> <p>Tyypillisesti energianlähteenä ovat akustot.</p> <p>Järjestelmäkohtaisilla varavoimalähteillä varmenneetaan yleensä pienitehoisia kuormia.</p>	<p>Toimintavarmuus on erittäin hyvä (yli 0,999).</p> <p>Järjestelmäkohtaisia varavoimalähteitä käytetään mm. kuulutus-, paloilmoin-, rikosilmoin- ja turvavalaistussovelluksissa.</p>

Mikäli varavoimalähteiden toteutustavassa on eri vaihtoehtoja (esim. varavoimakone vai laajennettu UPS-järjestelmä), valinta niiden välillä tehdään vertailemalla. Vertailussa tulee huomioida yhtenä tekijänä elinkaarikustannuslaskelmat. Elinkaarikustannuslaskelma tehdään nykyarvomenetelmällä, ja kustannuksissa huomioidaan investointi- ja kunnossapitokustannukset. Elinkaarikustannuslaskelman tehdään seuraavien periaatteiden mukaan:

- Tarkastelujaksoksi otetaan 30 vuotta.
- Laskentakorkona ja kunnossapitokustannusten vuotuisena kasvukorkona käytetään Väyläviraston *Tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvot* -ohjeessa esitettyä arvoa.

- Jäännösarvoksi määritetään 0 %–10 % (investointikustannuksista).

### 2.2.2.2 Varavoimakone

Varavoimakonetta käytetään ensisijaisesti varasähköenergian lähteenä sähkökatkoissa tai sähköverkon muissa vikatilanteissa. Varavoimakoneen mitoituksessa on huomioitava, että koneen kokoluokka on riittävä. Varavoimakoneella tulee pystyä syöttämään sähköä määritellyissä käyttö- ja poikkeustilanteissa niin, että toiminta on luotettavaa eikä kuormitus missään tilanteessa vaaranna koneen toimintaa.

Sähkösuunnittelijan tulee laskea, mitoittaa ja dokumentoida varavoimakuorman kokonaisteho. Mitoituksessa on huomioitava, että kaikkia sähkökuormia ei ole tarkoituksenmukaista varmentaa, vaan kuormia voidaan jakaa varavoimavarmennettuihin ja -varmentamattomiin. Laskennoissa on huomioitava erityisesti laitteiden hyötysuhteet, taajuusmuuttajakäytöt ja osatehot (mm. IV-tehot, kts. tehonsäätö). Varavoimakuorman laskenta tehdään huippukuormalle, ja tasoituskerrointa käytetään harkiten (esim. osatehot huomioidaan). Varavoimakone mitoitetään PRP-tehomitoituksella, ja mitoituksessa käytetään näennäistehoa (VA). Taajuusmuuttaja- ja UPS-kuormissa käytetään vähintään kerrointa 1,5 laskennalliseen tehontarpeeseen nähden. Tehomitoituksessa on huomioitava tarvittaessa myös varateho (tehoreservi).

Sähkösuunnittelijan tulee huomioida sähköverkon suunnittelussa ja varavoimakoneen tehon mitoituksessa kokonaisuutena mm. varavoimakoneen alempi oikosulkuvirta, suojausten selektiivisyys, kuormanottokyky, sähköverkon laatu (mm. jännitteenalenemat ja harmoniset jännitehäiriöt voimistuvat varavoimakäytöllä). Sähköverkon suojausten on toimittava selektiivisesti myös varavoimakäytöllä. Sähköverkon mitoitukset on tehtävä ja dokumentoitava myös varavoimakäytöllä. Varavoimakoneen rajoitetumman oikosulkutehon syötön vuoksi se voi muodostua pienemmissä laitteistoissa kokoluokan määrääväksi tekijäksi.

Varavoimakoneen polttoainetankki mitoitetaan niin, että varavoimakoneen nimelliskuormituksella saavutetaan vaadittu aika. Mitoituksissa, varsinkin suuritehoisissa järjestelmissä, tulee ottaa huomioon ja dokumentoida varavoiman ja sähköliittymän rinnankäytön maksimioikosulkutehot.

Varavoimakoneen tulee olla sähkökatkossa automaattisesti käynnistyvä ja varavoimakoneessa tulee olla automaattinen syötönvaihto. Käynnistykseen ja syötönvaihtoon tulee olla koneen itsenäisiä toimintoja, ja kone tulee rakentaa mahdollisimman riippumattomaksi muista järjestelmistä. Varavoiman tulee käynnistyä ja syöttää sähköä verkkoon viimeistään 30 sekunnin kuluessa verkkosyötön katkeamisesta. Mikäli kuormia on porrastettava, kaikkien portaiden tulee olla päällä 60 sekunnin sisällä.

Varavoimakone tulee sijoittaa ulos tekniseen tilaan tai erilliseen konttiin, mutta ei maan alle. Mikäli varavoimakone sijoitetaan tekniseen tilaan, varavoimakoneella tulee olla oma tila (varavoimahuone) ja isommissa järjestelmissä myös erillinen polttoainesäiliötila. Mikäli jännitteen nostossa käytetään muuntajaa, muuntaja tulee sijoittaa omaan tilaansa.

Varavoimakoneen toimintavarmuustavoite asetetaan ST-käsikirjan 31 *Varavoimakoneet ja -laitokset* mukaisesti (0,995).

### 2.2.2.3 UPS-laitteet ja akustot

UPS-järjestelmää käytetään katkottomaan sähkön tuottamiseen sähkökatkotilanteessa. UPS-järjestelmällä turvataan tunnelin evakuoinnin kannalta välttämättömät turvallisuustoiminnot ja mahdollistetaan tunnelin turvallinen sulkeminen. UPS-järjestelmää käytetään, vaikka muitakin varavoimalähteitä tulisi käyttöön. UPS-järjestelmän tulee aina olla myös varmennuksen piirissä kokonaisuudessaan, mikäli tunneliin tulee myös muu sähkövarmennus (esim. varavoimakone).

Tiedonsiirto- ja ohjausjärjestelmälaitteita sekä kameroiden sähkösyöttöjä varmennetaan laajemmin siten, että niitä voidaan pitää käynnissä pidemmän aikaa. Tarkoituksena on välittää liikennekeskukseen mahdollisimman pitkään tilannetietoa ja nopeuttaa järjestelmien palautumista sähkökatkotilanteesta. Tiettyjä turvajärjestelmiä varmennetaan muiden julkaistujen määräysten ja ohjeiden mukaisesti.

Pienitehoisia ja herkkiä antureita sekä mittalaitteita syötetään UPS-järjestelmästä häiriöttömän sähkönlaadun vuoksi. Näiden laitteiden tehot ovat merkityksettömän pienet, eivätkä ne vaikuta UPS-laitteen mitoituksiin, mutta UPS-varmennuksella voidaan saavuttaa kunnossapidon kustannussäästöjä.

Sähkösuunnittelijan tulee laskea ja mitoittaa sekä dokumentoida UPS-kuorman kokonaisteho. Laskennoissa on huomioitava laitteiden maksimitehot (koon mitoitus) ja tasoitettut kuormatehot. Mitoituksessa käytetään näennäistehoa (VA). UPS-kuormissa käytetään vähintään kerronta 1,5 laskennalliseen tehontarpeeseen nähden. Tehomitoituksessa on huomioitava tarvittaessa myös varateho (tehoreservi). Akuston mitoitus tulee tehdä arvioidun kuormituksen mukaisilla tehoilla ja dokumentoida.

Sähkösuunnittelijan tulee sähköverkon suunnittelussa ja UPS-järjestelmän tehon mitoituksessa huomioida kokonaisuutena mm. alempi oikosulkuvirta akkukäytöllä, sähköverkon suojausten toiminta ja selektiivisyys. Sähköverkon suojausten on toimittava selektiivisesti myös akkukäytöllä. Sähköverkon mitoitukset on tehtävä ja dokumentoitava myös akkukäytöllä. UPS-laitteiden akkukäytön pienempi oikosulkuteho yleensä vaikuttaa UPS-laitteiden tehonmitoitukseen määräävästi.

UPS-laitteita sijoitetaan teknisiin tiloihin lyhyissä tunneleissa keskitetympin ja pidemmissä tunnelissa hajautetummin. Laitteiden ja akustojen haalausreitit tulee suunnitella siten, että laitteita ja akustoja voidaan vaihtaa ilman rakenteellisia muutostöitä (esim. ovien irrotus). UPS-laitteet ja akustot tulee sijoittaa siten, että niiden luokse pääsee helposti. Teknisiin tiloihin on tehtävä riittävät tilavaraukset, joissa on huomioitu laitteiden painot, huoltotoimenpiteet, ilmanvaihto- ja jäähdytystarpeet. Myös akustojen sijoituksessa tulee huomioida ilmanvaihdon tarpeet.

UPS-järjestelmän ratkaisu suunnitellaan sellaiseksi, että sen toimintavarmuustavoite on vähintään luokkaa erittäin hyvä (0,999).

### 2.2.3 Sähkövarmennuksen vaatimukset ja toiminnallisuus

UPS-sähkövarmennus toteutetaan seuraaville tunnelin välttämättömille laitteille ja järjestelmille:

- turvavalaistus ja tunnelivalaistus
  - luminanssimittaukset
  - varavalaistus
  - evakuointivalaistus (lisäksi oma standardin mukainen varavoimalähde)
    - poistumisopasteet ja evakuointivalaisin
    - lippuopasteet
  - poistumisovien valaiseminen ja merkitseminen
    - oven valaistus
    - vilkkuvalot
  - yhdyskäytävän valaistus
  - huolto- ja tekniikkakäytävien valaistus
  - maanalaisten sähkö- ja teletilojen valaistus
  - muu maanalaisten tilojen yleisvalaistus, mikäli turvavalaistusta ei ole
- turvajärjestelmät
  - Virve
  - ULA-verkko
  - kuulutusjärjestelmä
  - rikosilmoitin (lisäksi oma standardin mukainen varavoimalähde)
  - paloilmoin (lisäksi oma standardin mukainen varavoimalähde)
  - KJ-kojeiston apusähköistys (lisäksi oma standardin mukainen varavoimalähde)
  - ovivalvonta
  - hätäpuhelin
  - hätäasemien sisävalaistus
- LVI
  - poistumiskäytävän ylipaineistus
  - tunnelin virtaus- ja pitoisuusmittaukset
  - polttoöljyn mittaukset, altaiden mittaukset
  - palopellit
  - muut mittaukset ja anturoinnit (pienitehoiset ja herkät laitteet)
- liikenteen hallinta
  - liikennekamerat (LKA) tunnelissa ja tunnelin pysäytyskohdalla
  - tunnelin pysäytyskohtien liikennevalo-opasteet (LVA) ja liikenteen pysäytyspuomit (LPU)
  - HHJ-järjestelmän laitteet



- ohjausjärjestelmä ja tietoliikenne
  - tietoliikennelaitteet laiteiloissa, tunnelin sähkö- ja teletiloissa ja tunnelin suuaukon keskuksissa (L3-runkokytkimet ja työryhmäkytkimet, Opnet-tiedonsiirtolaitteet)
  - päälogiikkalaitteet, alalogiikkalaitteet, SPOK-keskukset, I/O-hajautukset sähkö- ja teletiloissa ja tunnelin suuaukkojen keskuksissa
  - teknisten tilojen UPS-varmennetut pistorasiat (mm. PC:t ja näytöt).

UPS-sähkövarmennusten varakäyntiaika määritellään järjestelmäkohtaisesti niitä koskevien ohjeiden sekä ao. tunnelin riskianalyysin ja turvallisuuskonseptin perusteella. Varakäyntiajat tulee yhtenäistää niin, että useita kuormanpudotustasoja ei tarvitse toteuttaa. UPS-sähkönjakeluun toteutetaan maksimissaan yksi kuormanpudotus. Kuormanpudotuksista huolehtii LVIS-ohjausjärjestelmä. Minimivarmennusaikoja ei saa alittaa. Ohjeellinen ja suositeltava UPS-varmennusaika määräytyy seuraavasti:

- Kun UPS on toinen peräkkäinen varavoimalähde, UPS-varmennusaika on
  - turva- ja muille järjestelmille 60 min
  - ohjausjärjestelmälle sekä tietoliikenteelle 180 min.
- Kun UPS on ainut varavoimalähde, UPS-varmennusaika on
  - turva- ja muille järjestelmille 120 min–180 min
  - ohjausjärjestelmälle sekä tietoliikenteelle 180 min.

Kriittisille osille, kuten päälogiikoille ja runkokytkimille, joiden toiminta vaikuttaa useaan muun järjestelmän toimintaan, UPS-varmennus tulee tehdä modulaarisesti tai kahdennettuna niin, että yhden UPS-laitteen vikaantumisen ei vaikuta tunnelin toimintaan tai käytettävyyteen. Varavoimakoneella pyritään varmentamaan ensisijaisesti koko tunnelin sähkö. Osa laitteista voidaan varmentaa osateholla, jolloin varavoimakäytön ja normaalikäytön osatehon säädöstä ja rajoituksesta huolehtii LVIS-ohjausjärjestelmä. Vaihtoehtoisesti voidaan toteuttaa kuormanpudotuksia (ei suositeltava tapa), joista huolehtii LVIS-ohjausjärjestelmä. Kuormanpudotus voidaan toteuttaa esimerkiksi tunnelin valaistukselle.

Varavoimakoneen automatiikkaan toteutetaan kolme käyttötilaa: automaattikäyttö, koekäyttö ja käsi-käyttö. Varavoimakoneen riittävä koekäyttötapa tulee määrittää. Mikäli varavoimakoneen koekäyttö suunnitellaan tehtäväksi verkon suuntaan (syötetään sähkönjakelu-yhtiön verkkoon), tulee tähän selvittää verkkoyhtiöltä lupa ja toimintamalli.

Varavoimakoneen varakäyntiaika määritellään tunnelikohtaisesti ohjeiden ja riskianalyysin perusteella. Ohjeellinen ja suositeltava varmennusaika on esimerkiksi 10 h.

#### 2.2.4 Tehonsäätö

Tehonsäätö tai tehonrajoitus on tarpeellista toteuttaa sähköverkon toiminnan varmistamiseksi ja takaimiseksi ainakin seuraavissa tapauksissa:

- Sähköliittymän mitoituksessa järjestelmien ja laitteiden sähkötehoissa huomioidaan osateho (mm. ilmanvaihto ja savunpoisto) ja järjestelmän verkosta ottamaa sähkötehoa ei ole muuten rajoitettu.
- Varavoimalähteen mitoituksessa järjestelmien ja laitteiden sähkötehoissa huomioidaan osateho (mm. ilmanvaihto ja savunpoisto) ja järjestelmän varavoimalähteestä ottamaa sähkötehoa ei ole muuten rajoitettu.

Edellä mainittuja tapoja käytetään kustannustehokkaamman tunnelin sähköjärjestelmän ja varavoimalähteen mitoituksissa. Tehonsäädöllä voidaan optimaalisesti hyödyntää koko mitoitettu sähköteho täysimääräisesti. Esimerkiksi varavoimalla voidaan lähtökohtaisesti varmentaa järjestelmiä enemmän ja rajoittaa sähkötehoa vasta sitten, kun todellinen tehonsäätötarve on olemassa. Tehonsäädöllä ei rajoiteta suunniteltuja ja määritettyjä toiminnallisuuksia.

LVIS-ohjausjärjestelmään toteutettavalla tehonsäädöllä varmistetaan, että tunnelin sähköverkolle ei aiheudu missään tilanteessa kuormituksen ylityksistä johtuvia häiriö- tai sähkökatkotilanteita ja että tunnelin turvallisuusjärjestelmät ovat jatkuvasti käytettävissä.

Tehonsäädön yleisenä toimintaperiaatteena on, että LVIS-ohjausjärjestelmä mittaa sähkötehoa automaattisesti esim. jakelukeskustarkkuudella ja valvoo sekä tarvittaessa rajoittaa sähkötehoa, mikäli tilanne

niin edellyttää. Sähkötehoa voidaan rajoitustilanteessa priorisoida ja varata sinne, mihin sitä kulloinkin tarvitaan enemmän.

Tehonsäädön toiminta tulee huomioida tekniikan yleissuunnitteluvaiheessa. Rakentamissuunnitteluvaiheessa toiminnallisuus tulee suunnitella. Tehonsäädön toimintaesimerkki on esitetty liitteessä 4 Tehonsäädön toiminnallisuus, Liipolan tunneli.

Vastaavasti kuin tehonsäätö, myös kuormanpudotusten toiminta tulee huomioida tekniikan yleissuunnitteluvaiheessa. Toiminnallisuus tulee suunnitella rakentamissuunnitteluvaiheessa.

Tehonsäädön ja kuormanpudotusten parametrit tulee määrittää rakentamissuunnitteluvaiheessa (toimintakuvaus) ja tarkastaa testausvaiheessa.

## 2.3 Sähköjärjestelmien tarkastusvaatimukset

Tunnelin sähköjärjestelmien hyväksynnät, testaukset ja tarkastukset suoritetaan liikenteenohjauspalveluntarjoajan toiminnanvarmistusprosessin mukaisesti (kts. kohta 1.4.3 Tarkastus- ja hyväksyntämenettelyt). Tunnelin sähköjärjestelmälle tehdään rakentamis- ja käyttöönottovaiheessa seuraavia tarkastuksia ja testauksia:

- laitehyväksynnät
- tehdastarkastukset ja -testaukset (mm. keskuskeskukset, varavoimakone)
- sähkötekniset käyttöönottotarkastukset ja varmennustarkastukset
- urakoitsijan itselleluovutukset
- asennustarkastukset ja -hyväksynnät (maastotarkastukset)
- laitteistotestaukset (maastotestaukset)  
Laitteistotestaukset tulee tehdä sähkölaitteille, ml. KJ-laitteisto, sähkökeskukset, varavoimakoneisto, UPS-laitteisto, suodatinlaitteistot, sähkösaatot jne. Laitteistotestauksilla tulee varmistaa laitteiden laatuvaatimusten täyttyminen ja laitteen oikea toiminta ohjausjärjestelmän kanssa.
- sähköjärjestelmän toiminnalliset testaukset  
Toiminnallisissa testauksissa varmistetaan sähköjärjestelmän kokonaisuuden toiminta eri tilanteissa. Testausten tulee sisältää mm. automaattisten ja itsenäisten toimintojen toimintatarkastukset, suorituskyky- ja sähkölaatu- ja ääritilanteissa, tehonsäädön ja rajoitusten toimintatarkastukset sekä sähköverkon laatumittaukset.
- yhteiskoekäyttöttestit (osana muiden teknisten järjestelmien testauksia)
- säätö- ja seurantajakson seuranta.

Tarkastukset ja testaukset tulee suorittaa myös tunnelin käytön aikaisissa ylläpitosaneerauksissa sekä korvausinvestoinnin yhteydessä. Sähköjärjestelmän muutostilanteissa sähköosalle, johon muutokset kohdistuvat, tulee tehdä kattavasti kaikki laitehyväksynnät, tehdastarkastukset ja hyväksynnät, sähkötekniset käyttöönottotarkastukset, varmennustarkastukset, itselleluovutukset sekä asennustarkastukset ja laitteistotestaukset.

Sähköjärjestelmän toiminnalliset testaukset tulee tehdä, mikäli sähköverkon rakenteeseen, toimintaan tai sähkötehoihin tulee merkittäviä muutoksia. Merkittävällä muutoksella tarkoitetaan esimerkiksi toiminnallista muutosta tai isompaa tehon lisäystä tai vähennystä.

Sähköjärjestelmän määräaikaistestauksia toteutetaan vuositarkastuksissa osana tunnelin kunnossapitoa. Sähköjärjestelmän määräaikaistarkastuksia toteutetaan tunnelin käyttöönoton jälkeen vähintään kuuden vuoden välein teknisille järjestelmille ja rakenteelle sekä tunnelin hoidolle ja operoinnille. Määräaikaistarkastuksissa tarkastetaan sähköjärjestelmän toiminnallisuus ja testataan mm. varavoimavarmennuksen toiminta. Lisäksi tunnelin sähköjärjestelmälle toteutetaan lakisääteiset sähkölaitteiston määräaikaistarkastukset.

## 2.4 Dokumentointi

Dokumenttien ja niiden sisällön tulee noudattaa Väyläviraston voimassa olevia yleis-, tie-, ja rakentamissuunnitelmia koskevia ohjeita.

Lisäksi sähköteknisistä järjestelmistä luodaan tekniikan yleissuunnittelun aikana seuraavia dokumentteja:

- varavoimatehojen ja koko tunnelin (maksimitehot ja tasoitettut kuormitustehot) alustavat laskentadokumentit
- sähköverkon nousujohtotason alustavat mitoitus- ja laskentadokumentit (maksimispisteet: normaali- käyttö, varavoimakäyttö ja UPS-käyttö)
- sähköjärjestelmän periaatekaaviot (kts. liite 5 Tunnelin sähkönjakelun periaatekaavio, Liipolan tunneli)
- sähkötekniisten järjestelmien toiminnalliset kuvaukset, joissa on esitetty mm. laitteiden itsenäiset toimintaperiaatteet, järjestelmien väliset yhteys- ja tiedonsiirtotarpeet ja tehonrajoitusperiaatteet.

Viimeistään rakentamissuunnitteluvaiheessa kohteista tulee laatia seuraavat dokumentit:

- sähkövarmennuksen varmennuskartat  
Varmennuskartoissa kuvataan sähkövarmennuksen taso ja laajuus tunnelissa ja tunnelin ulkopuolella avo-osuudella (kts. liite 7 Sähkövarmennuksen varmennuskartta, Liipolan tunneli).
- sähkötehojen ja sähköjärjestelmän toteutusvaiheen mitoitus- ja laskentadokumentit
- UPS-akustojen mitoitusdokumentit
- sähköjärjestelmän sähkönjakelukaaviot ja maadoituskaaviot (kts. liite 6 Tunnelin maadoituskaavio, Liipolan tunneli).

### 2.4.1 Tietomalli

Tietomallin osalta noudatetaan ensisijaisesti *Väyläviraston inframallivaatimuksia* ja Yleisiä inframallivaatimuksia (YIV-ohjeet) sekä näiden ohjeiden liitteitä.

Mallinnettavien järjestelmien ja järjestelmän osien osalta kussakin suunnitteluvaiheessa (yleis-, tie-, ja rakentamissuunnittelu) noudatetaan YIV-ohjeen liitettä 3.1, mikäli hankekohtaisesti ei ole päätetty muuta toimintamallia.

Sähkötekniisten järjestelmien osalta tietomallinnettava osuus ja sen tarkkuus tulee määrittää hankekohtaisesti. Tekniikan yleissuunnitteluvaiheessa on tärkeää muodostaa riittävät tilavaraukset. Tietomallinnus voidaan tehdä esimerkiksi pääkomponenteille (keskukset, kojeistot, muuntajat) sekä pääjohtoreiteille (hyllly, suojaputket ja kaivot).

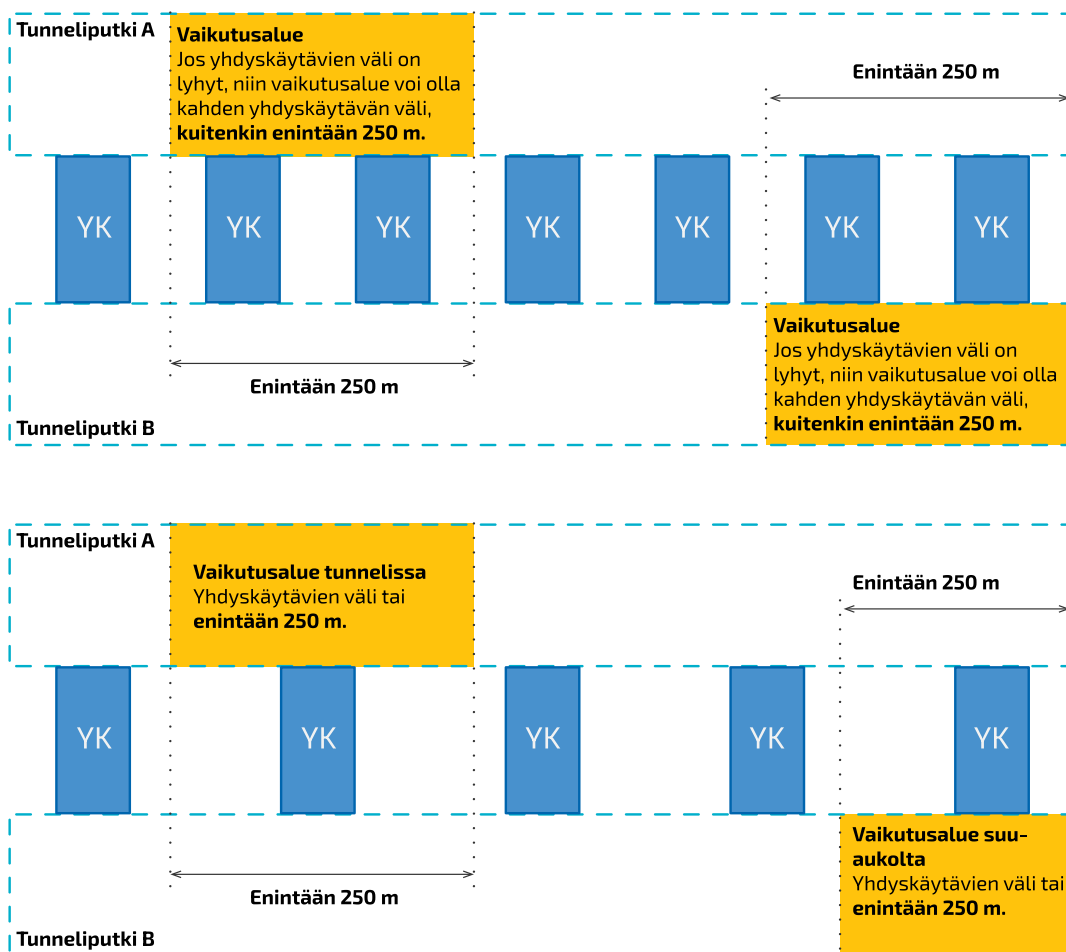
## 3 Kaapelointi- ja johtojärjestelmät

### 3.1 Yleisperiaate

Tietunneleiden johtojärjestelmät koostuvat pääosin kaapeleista, kiskoista sekä kaapeleiden suojaputkista, kaapelikaivoista ja kaapelihyllyistä. Tunnelit voivat olla rakenteeltaan erilaisia, mikä vaikuttaa myös johtojärjestelmien periaatteisiin. Johtojärjestelmien periaatteisiin vaikuttavat esimerkiksi teknisten tilojen sijoitukset tunnelissa ja tunnelin ulkopuolella, tunnelin rakenne (esim. kallio vai betonitunneli) ja tekniikka- ja huoltokäytävät. Jokaisen tunnelin johtojärjestelmät on suunniteltava kohdekohtaisesti kyseisen tietunnelin omat erikoistarpeet huomioiden.

Kaapelointi- ja johtojärjestelmät tunneliputkissa on suunniteltava niin, että toisen tunneliputken palotilanne ei saa vaikuttaa toisen tunneliputken laitteiden ja järjestelmien toimintaan. Samassa tunneliputkessa palotilanteen vaikutus saa olla lähtökohtaisesti ns. vaikutusalueen verran. Vaikutusalueen mitoituksen määrittää keskimääräinen yhdyskäytävä- ja poistumisovivälimatka.

Esimerkiksi yhdyskäytävien toimiessa poistumisreitinä vaikutusalue on yhdyskäytäväväli. Mikäli yhdyskäytäväväli on lyhyt, vaikutusalue voi olla kahden yhdyskäytävävälin verran, kuitenkin enintään 250 metriä.



Kuva 9. Vaikutusalueen määrytyminen.

Vaikutusalue pyritään huomioimaan ensisijaisesti suunnittelemalla kaapeloinnit tunneliputkessa vaikutusalueen sisällä. Mikäli se ei ole mahdollista, niin kaapelointi voidaan suunnitella johtojärjestelmien palonkestoisuusvaatimusten (kohta 3.3.2) mukaisesti (palosuojattu, kahdennettu tai palonkestävä ratkaisu). Mikäli suunnitellaan palonkestävästi, niin kaapeleiden palonkestoisuusvaatimus on taulukon 6 mukainen tai muilla laitteilla palonkestoisuusvaatimus on toiminta-ajan EI 30 mukainen.

Kaapelointi- ja johtojärjestelmät teknisissä tiloissa on suunniteltava niin, että teknisen tilan palotilanne vaikuttaa mahdollisimman vähän toisen erillisen teknisen tilan laitteiden toimintaan. Ohjausjärjestelmän ja tietoliikenteen osalta teknisen tilan palotilanne ei saa vaikuttaa toisen erillisen teknisen tilan laitteiden toimintaan, pois lukien päälaitetilassa, jossa vaikutus voi olla suurempi. Päälaitetilassa palotilanteen vaikutus järjestelmien ja laitteiden toimintaan tulee minimoida myös kaapelointi- ja johtojärjestelmien sijoituksilla ja niiden palo-osastoinnilla.

Johtoreittien suunnittelussa on huomioitava eri jännitetasot, vahvasähkökaapelit, tietotekniikka-kaapelit, heikkovirtakaapelit ja turvajärjestelmien palossa kestäväksi tarkoitetut kaapelit. Keski-jännitekaapelit sijoitetaan erillisinä omiin johtoteihin riittävin välimatkoin muista kaapeleista. PJ-nousujohtokaapeloinnin tulee olla omissa suojaputkissaan tai kaapelihyllyissä. Vahvavirta-, heikkovirta- ja turvajärjestelmien kaapelit sijoitetaan maassa toisistaan erillisiin suojaputkiin, ja vahvavirta-, heikkovirta- sekä palonkestäville kaapeleille suunnitellaan ensisijaisesti erilliset kaapelihyllyt. Vahva- ja heikkovirtakaapelit voidaan sijoittaa samalle kaapelihyllylle, kun kaapelit sijoitetaan sen eri osiin kaapelihyllyä niin, että niiden kaapeleiden välissä on vähintään 100 mm

### 3.1.1 Johtojärjestelmien tilanvaraukset

Pääjohtoreitit suunnitellaan tunnelin pituussuuntaisesti palosuojatusti, joko maassa tunneliputkiin (tierakenteessa pientareen puolella) tai erillisiin palo-osastoituihin tiloihin, kuten tekniikka- ja huoltokäytäviin. Tierakenteessa kaapelit sijoitetaan suojaputkiin, ja reitille tulee suunnitella riittävästi kaapelikaivoja niin, että kaapeleita voidaan asentaa lisää myöhemmin (esimerkiksi vähintään 250 m välein). Pääjohtoreiteille tulee varata n. 50 % tyhjää tilaa tulevaisuuden tarpeita varten, esimerkiksi tyhjiä suojaputkia tai vapaata hyllytilaa. Osalle pääjohtoreiteistä (esim. tietoliikenne, keski-jänniterengasverkko) tulee varata kahden- tai kolmen erillistä reittiä, esimerkiksi maassa molempiin tunneliputkiin tai tekniikka- ja huoltokäytävään ja toiseen tunneliputkeen.

Mikäli tunnelissa tai maan päällä sijaitsee teknisiä tiloja, niistä tulee varata riittävät reitit pituussuuntaisiin pääjohtoreitteihin ja molempiin tunneliputkiin sekä muihin tarvittaviin tiloihin. Tulevaisuuden tarpeita varten tulee jättää tyhjiä suojaputkia tai hyllytilaa noin 50 %.

Muut kuin pääjohtoreitit voidaan tunnelissa sijoittaa esimerkiksi holvikaareen, kattoon tai seinään (esim. kaapelihyllyt), joihin sijoitetaan mm. tunnelivalaisimet ja muita laitteita sekä laitteiden kaapeleita.

Teknisissä tiloissa johtoreitit toteutetaan kattoon tai seinään kaapelihyllyille sekä tarvittavilta osin lattian alle joko välitilaan tai kanaviin. Korotetun lattian alla tai kanavassa toteutetaan kaapeleille tarvittaessa hyllyreitit.

Muille kuin pääjohtoreiteille tulee jättää tyhjiä suojaputkia tai vapaata hyllytilaa noin 30 %. Yksittäisille laitteille meneviin johtoreitteihin jätetään mahdollista tilavarausta tapauskohtaisesti.

Taulukko 4. Johtoreittien tilavaraukset.

Johtoreitti	Tilanva- raus	Huom.
<b>Pääjohtoreitti</b> tunnelissa (kaapeliputket)  tekniikkakäytävissä (kaapelihyllyt, suoja-putket)	+ 50 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reiteille tulee suunnitella riittävästi kaapelikaivoja (enintään 250 m välein).</li> <li>Tietoliikenne- ja keskijänniterengasverkon johtoreiteille tulee varata kahdennuksia varten kaksi eri reittiä.</li> </ul>
Johtoreitti teknisestä tilasta (tunnelissa tai maan päällä)	+ 50 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tietoliikenne- ja keskijänniterengasverkon johtoreiteille tulee varata kahdennuksia varten kaksi eri reittiä.</li> </ul>
Muut kuin pääjohtoreitit	+ 30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>hyllyt, suoja-putket</li> <li>korotetun lattian alle tarvittaessa hyllyreitit</li> </ul>

## 3.2 CPR-luokitus

### 3.2.1 Yleistä

CPR-luokitus (rakennustuoteasetus) määrittelee mm. paloteknistä käyttäytymistä koskevat suoritustaso-vaatimukset ja soveltamisalaan kuuluvat, myös sähkönsyöttöön ja tiedonsiirtoon tarkoitetut kaapelit. Luokitus ei koske laitteiden ja järjestelmien kaapeleita, joiden on tarkoitus toimia palossa. Palossa kestäväksi tarkoitettuja kaapeleita ei ole toistaiseksi luokiteltu CPR-luokituksen mukaisesti.

Rakennustuotteet luokitellaan luokkiin **A–F**, esim. Aca, Bca, jne (ca viittaa kaapeliin). **A**-luokan kaapelit eivät osallistu paloon, **F**-luokan kaapeleille ei ole palokäyttötymisvaatimuksia ja **B–E**-luokan kaapelien palo-ominaisuuksia tarkennetaan lisäluokilla **s1–s3** (savunmuodostus), **d0–d2** (palavat pisarat) ja **a1–a3** (halogeenittomuus / myrkyllisten savukaasujen muodostus). Mitä pienempi kirjain-numeroyhdistelmä on, sitä vähemmän kaapeli osallistuu tulipaloon.

### 3.2.2 Tunnelissa käytettävät kaapeloinnin CPR-luokat

Maanalaisissa tiloissa (tunneliputket, tekniset tilat, yhdyskäytävät, poistumiskäytävät, muut tilat) käytetään CPR-luokitukseltaan vähintään Cca-s1, d1, a2 mukaisia kaapeleita.

Tunnelin ulkopuolella sijaitsevilla laitetoissa ja teknisissä rakennuksissa käytetään CPR-luokitukseltaan vähintään Eca mukaisia kaapeleita. Mikäli tunnelin ulkopuolella on uloskäytäväksi määritettyjä rakennuksia tai rakenteita, niissä tulee käyttää vähintään Cca-s1, d1, a2 mukaisia kaapeleita.

Tunneliin liittyvillä avo-osuuksilla ei ole vaatimuksia (Fca).

## 3.3 Palonkestoisuus

### 3.3.1 Lähtökohdat

Sähkötekniisiä järjestelmiä koskevissa Väyläviraston muissa ohjeissa on esitetty toiminta-aikavaatimuksia tunnelin palotilanteen turvallisuuden kannalta kriittisten järjestelmien palonkestolle.

Taulukko 5. Väyläviraston muut ohjeistukset palossa kestävästä järjestelmästä, laitteista tai kaapeloinneista.

Ohjeistus	Laite/järjestelmä
Tietunnelien turvalliseen poistumiseen ja poikkeustilanteiden viestintään liittyvien järjestelmien suunnitteluohje	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ evakuointivalaistus</li> <li>▪ paloilmoinjärjestelmän paikallishälytys ja hätäkeskusyhteys</li> <li>▪ kuulutusjärjestelmä</li> <li>▪ hätäpuhelinjärjestelmä</li> <li>▪ lippuopasteet</li> <li>▪ hätäasemien sisävalaistus</li> <li>▪ Virve-verkon virransyöttö</li> </ul>
Tietunneleiden LVI-suunnitteluohje	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ylipaineistuksen palopellit</li> <li>▪ savunpoistopuhaltimet</li> </ul>
Tietunnelin rakennetekniset ohjeet	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ raskaiden varusteiden tai palotilanteen hallintaan tarvittavien järjestelmien kiinnitykset (esimerkiksi ilmanvaihto- ja savunpoistopuhaltimet, sammutus- ja savunpoistojärjestelmät, portaalit)</li> </ul>

Palotilanteen turvallisuuden kannalta kriittiset järjestelmät suojaavat tai varoittavat henkilöitä vaaratilanteessa tai ovat välttämättömiä tilan evakuoimiseksi, jotka on tarkoitettu suojaamaan tai varoittamaan henkilöitä vaaratilanteessa, tai on välttämätön tilasta evakuoinnin takia. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi:

- paloa tai vaaraa alkuvaiheessa ilmaisevat laitteet
- laitteet, jotka rajoittavat palon leviämistä ja sammuttavat paloa ja hallitsevat savua
- laitteet, jotka mahdollistavat turvallisen ja tehokkaan evakuoinnin.

Toiminta-aikavaatimukset koskevat myös turvajärjestelmien ohjaus- ja väyläjärjestelmiä, eivät kuitenkaan laitteita, joiden toimimattomuus ei vaikuta haitallisesti turvajärjestelmien toimilaitteiden toimintaan.

Pääosa turvajärjestelmien laitteista ei itsessään kestä tulipaloa. Muualla kuin palopaikalla tai kyseisessä palo-osastossa sijaitsevien turvajärjestelmien toiminta on tärkeää varmistaa palotilanteessa. Laitteiden kaapeloinneilla, eri ryhmäjohtoilla, koteloinnilla tai palon aikana toimivaksi tarkoitettulla kaapeleilla ja johtojärjestelmillä saadaan paloalueen vaikutus rajattua mahdollisimman pieneksi.

Pienjännitesähköasennusten standardisarjassa SFS6000 on esitetty vaatimuksia tulipalon aikana toimivien turvajärjestelmien johtojärjestelmästä. Vaatimukset koskevat myös turvajärjestelmien ohjaus- ja väyläjärjestelmiä.

### 3.3.2 Johtojärjestelmien palonkestoisuusvaatimukset

Palotilanteiden turvallisuuden kannalta kriittisten tunnelin järjestelmien, riittävän pitkäaikainen palonkestävyys on varmistettava laiterakenteen tai asennuksen avulla. Palonkestävyys voidaan varmistaa esimerkiksi jollain seuraavalla tavalla:

- Toteutetaan laitteiden kaapelointi palosuojatusti, esimerkiksi maassa suojaputkessa.
- Toteutetaan järjestelmä kahdennettuna niin, että järjestelmän toiminta muualla kuin palopaikan kohdalla ei esty tulipalossa.
- Toteutetaan kaapelointi palonkestävillä kaapeleilla ja johtojärjestelmillä.

Seuraavassa taulukossa on esitetty tunnelin turvajärjestelmien johtojärjestelmien palonkestoisuuden vaatimukset:



Taulukko 6. Tunnelin johtojärjestelmien palonkestoisuuden vaatimukset.

Järjestelmä/laitte	Palonkestävyysaika/toiminta-aika palossa	Huomio/tarkennus
<b>Paloilmoitinjärjestelmän paikallishälytys ja hätäkeskusyhteys</b>	30 min	1) 2) 3) palokellot (mm. ilmaisimille ja painikkeille ei vaatimusta)
<b>Kuulutusjärjestelmä/evakuointikuulutus</b>	30 min	1) 2) 3)
<b>Vesisammutusjärjestelmät</b>	60–90 min	1) 2) 3) SFS EN 12845+A2 mukainen toiminta-aika
<b>Palovesijärjestelmä</b>	90 min	1) 2) 3) kaapeloinnit tunneliputkissa
<b>Koneellinen savunpoisto</b>	90 min	1) 2) 3) puhaltimet ja savunpoiston ohjauksen mittalaitteet (toiminnan kannalta oleelliset laitteet)
<b>Ylipaineistus, palopellit</b>	60 min	1) 2) 3)
<b>Palo-ovien, palo- ja savunhallintapeltien ja muiden osastoivien laitteiden ohjaus</b>	30 min	1) 2) 3)
<b>Poistumisopasteet ja evakuointivalaistus</b>	60 min	1) 2) 3)
<b>Turvavalaistus (poistumiskäytävät ja tekniset tilat)</b>	60 min	1) 2) 3)
<b>Pelastuskäyttöön tarkoitettut hissit</b>	60 min	1) 2) 3)
<b>Hätäpuhelimien kaapelit</b>	30 min	1) 2) 3)
<b>Palokunnan kenttäpuhelinverkko</b>	60 min	1) 2) 3)
<b>Virve-verkko</b>	90 min	1) 2) 3) vIRRANSYÖTTÖ
<b>1) Alle 20 mm kaapelit EN 50200 ja EN 60331-2, yli 20 mm kaapelit EN 60331-1 Tai mineraalieristeisiä IEC 60702-1 ja IEC 60702-2 mukaisia kaapeleita</b>		
<b>2) Johtotiet DIN 4102-12 (luokka E)</b>		
<b>3) Kotelointivaihtoehto EI-luokka EN 13 501</b>		

Virve-verkon osalta järjestelmän palonkestoisuus voidaan huomioida vuotavassa kaapelissa esimerkiksi varmistamalla signaali useammasta eri suunnasta, jolloin kaapeliantenni on kahdennettu.

Palonkestoisuus tulee huomioida soveltuvin osin myös tulipalon aikana toimivissa tietojärjestelmissä (ohjausjärjestelmä ja tietoliikenne). Tietoliikenteen ja kaapeloinnin osalta palonkestoisuus voidaan huomioida esimerkiksi kahdentamalla yhteydet niin fyysisen kaapeloinnin kuin aktiivilaitteiden (runkokytkin, työryhmäkytkin) osalta sekä suunnitella sähkösyöttö riippumattomasti kahdesta eri paikasta. Ohjausjärjestelmän osalta palonkestoisuus voidaan huomioida esimerkiksi päälogiikkajärjestelmän kahdennuksella (eri

sijainnit) sekä suunnitella kahdennusten sähkösyöttö riippumattomasti kahdesta eri paikasta. Päälaitetila-  
lassa palonkestoisuudelle lisävarmuutta tuo myös automaattinen sammuusjärjestelmä (kts. tarkemmin  
kohta 4 Tietojärjestelmät).

Liikennevalo-opastimien kaapelointi tulee toteuttaa toisista opasteista riippumattomasti. Yksittäinen vi-  
kaantunut opastin ei saa vaikuttaa liikennevalojen toimintaan vikapaikan ulkopuolella. Kaapelointi toteu-  
tetaan liikennevalo-opastinkohtaisesti tähtimäisesti ohjauskeskukselta.

Kameroiden kaapelointiratkaisujen tunnelissa tulee olla sellaisia, että palo ei vaikuta muihin kuin saman  
vaikutusalueen (kts. kohta 3.1) kameroiden toimintaan. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi kaapeloimalla  
kamerat hajautetusti eri reittejä pitkin.

Mikäli palonkestävinä johtoteinä käytetään kaapelihyllyjä, ne tulee toteuttaa erillisinä hyllyinä.

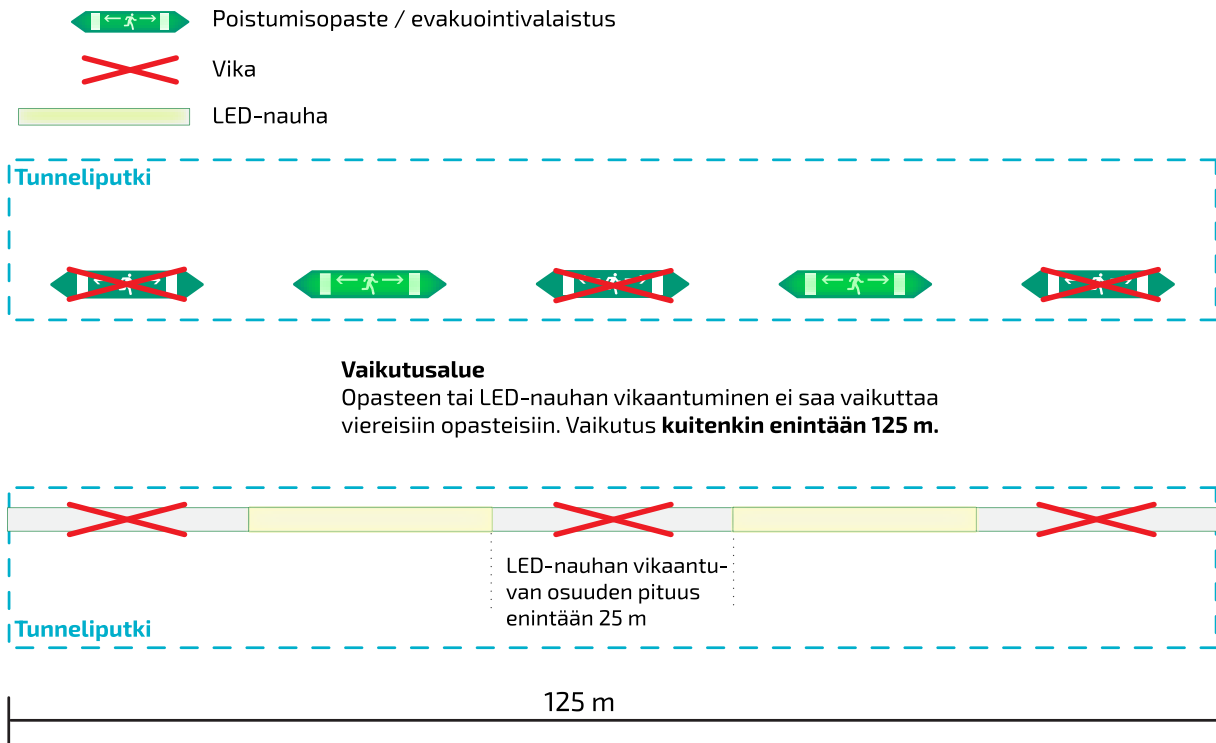
### 3.4 Evakuointivalaistus

Evakuointivalaistusta tarvitaan hätätilanteessa auttamaan ajoneuvonsa jättävät ihmiset poistumaan jal-  
kaisin hätäuloskäynneille ja turvaan ulkotiloihin, kun näkyvyys tunnelissa on huono (esim. tulipalon sattui-  
essa).

Poistumisreittien evakuointivalaistus koostuu seuraavista:

- poistumisopasteet
- poistumisopasteissa olevat lisävalaisimet tai vaihtoehtoisesti jatkuva ledinauha
- poistumisovien pistemäiset valaisimet tai vaihtoehtoisesti jatkuva ledinauha
- yhdyskäytävän tai pelastustunnelin valaisimet.

Evakuointivalaistuksen opasteen tai valaisimen rikkoutuminen ei saa vaikuttaa kahden peräkkäisen opas-  
teen toimintaan. Opasteen rikkoutuminen saa vaikuttaa muihin evakuointivalaistuksen opasteisiin ja va-  
laisimiin enintään 125 metrin matkalla. Ledinauhalla toteutettua evakuointivalaistusta koskevat samat  
vaatimukset. Yksi opaste tarkoittaa maksimissaan 25 metrin osuutta ledinauhasta.



Kuva 10. Evakuointivalaistuksen vaikutusalueen määräytyminen.

Evakuointivalaistuksen kaapelointi tulee suunnitella palonkestävällä kaapeloinnilla.

Evakuointivalaistuksen kaapelointi tulee toteuttaa esimerkiksi vuorotteluperiaatetta käyttäen, ts. vierekkäisiä evakuointivalaisimia ja poistumisopasteita syötetään eri ryhmistä tai keskuksista riittävin lyhyin ketjutuksin.

Teknisissä tiloissa ja poistumiskäytävissä turva- ja poistumisvalaistus ja niiden kaapelointi tulee suunnitella voimassa olevien standardien ja ohjeiden (esim. *ST-käsikirja 36 Poistumisvalaistus*, *ST 59.10 Turvalaistus ja poistumisopasteet. Suunnittelu*, *ST-ohjeisto 08 Poistumisvalaistus ja poistumisreitivalaistus*) mukaisesti. Turva- ja poistumisvalaistuksen tarve ja laajuus tulee arvioida tapauskohtaisesti aputiloihin, kuten huolto- ja tekniikkakäytäviin ja vastaaviin tiloihin. Lähtökohtaisesti tarvitaan ainakin tilojen poistumisoven opasteet. Mikäli näihin tiloihin ei toteuteta laajemmin turva- ja poistumisvalaistusta, normaali-valaistus tulee UPS-varmentaa.

### 3.5 Dokumentointi

Dokumenttien ja niiden sisällön tulee noudattaa Väyläviraston voimassa olevia yleis-, tie-, ja rakentamissuunnitelmia koskevia ohjeita.

Lisäksi sähköteknisistä järjestelmistä luodaan tekniikan yleissuunnittelun aikana seuraavia dokumentteja:

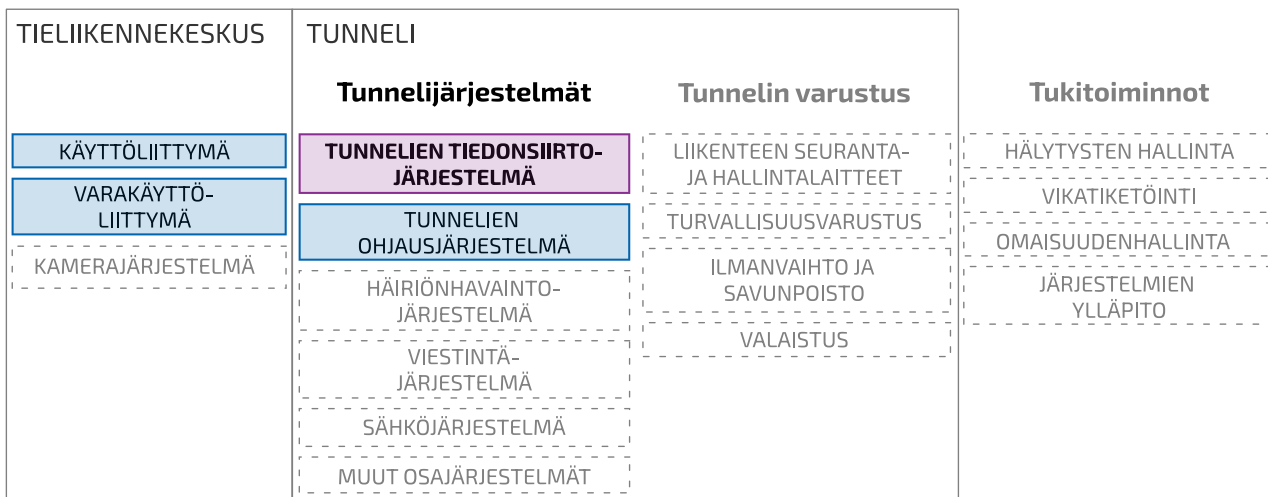
- Pääjohtoreiteistä tulee laatia yleissuunnitteluvaiheessa periaatesuunnitelmat (peruspoikkileikkaukset, pääjohtoreittikartat). Pääjohtoreittien tilavaraukset pitää yhteensovittaa ja esittää yhteensovitus-suunnitelmissa. Periaatesuunnitelmissa tulee määrittää mahdolliset palonkestävät pääjohtoreitit tai rakenteelliset palonkestävät koteloinnit.
- Tietomallissa esitetään pääjohtoreitit.

## 4 Tietojärjestelmät

### 4.1 Yleiskuvaus

Tunnelin turvallisuusvarustus, tekniset järjestelmät, valaistus sekä liikenteen seuranta- ja hallintalaitteet muodostavat laitekokonaisuuden, jonka toimintaa seurataan, ohjataan ja valvotaan tunnelin tietojärjestelmien avulla. Tietojärjestelmien laajuus ja ominaisuudet muodostuvat teknisten järjestelmien, tunnelin fyysisten ominaisuuksien sekä tunnelikohtaisten turvallisuusvaatimusten mukaisesti.

Tietojärjestelmät muodostuvat pääpiirteissään tunnelin tiedonsiirtojärjestelmästä, tunnelin liikenteenhallinnan ja LVIS-tekniikan ohjausjärjestelmästä sekä ohjausjärjestelmän käyttöliittymästä ja varakäyttöliittymästä tunnelin valvontakeskuksesta tapahtuvaa järjestelmän operointia varten. Tunnelikohtaisten järjestelmien lisäksi tietojärjestelmiin kuuluu muun muassa omaisuudenhallintaan, hälytysten hallintaan sekä vikojen tiketöintiin liittyviä tukitoimintoja.



Kuva 11. Tunnelin tietojärjestelmät.

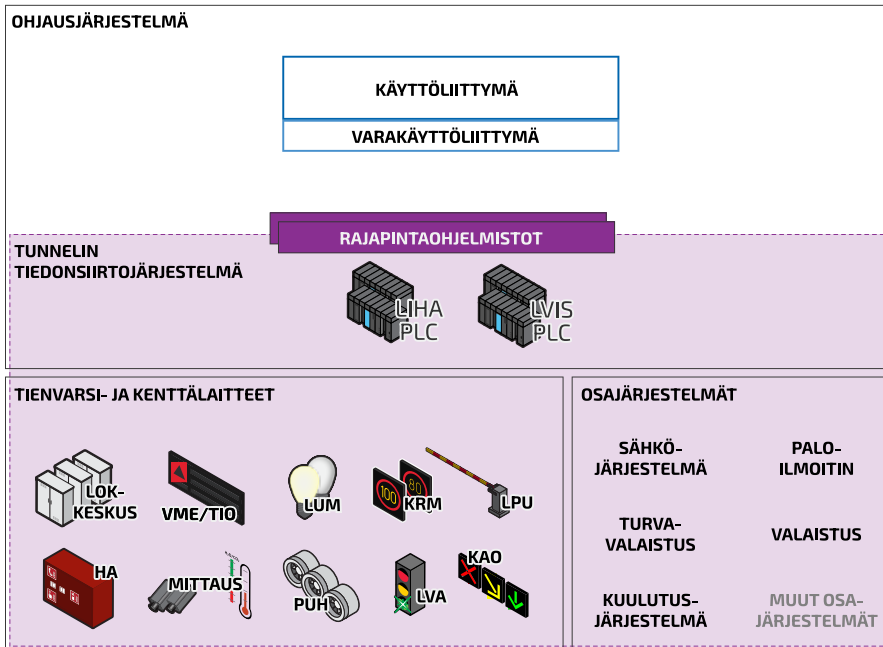
Kokonaisuutena tietojärjestelmät ovat oleellinen osa tunnelin teknisen toimivuuden, liikenteen sujuvuuden ja häiriöiden seuranta- ja operatiivisten toimintojen suorittamista. Tämä asettaa toiminnallisia vaatimuksia niiden käytettävyykselle ja vikasietoisuudelle.

Ennen rakennettavan tai tekniikaltaan uusittavan tunnelin käyttöönottoa ohjausjärjestelmän toiminta testataan ja testaukset dokumentoidaan kattavasti. Testauksilla osoitetaan, että rakennettu järjestelmä täyttää sille asetetut toiminnalliset vaatimukset sekä vikasietoisuuden ja toimintavarmuuden vaatimukset.

### 4.2 Ohjausjärjestelmä

Tunnelin ohjausjärjestelmä koostaa tekniset osajärjestelmät ja laitteet käyttöliittymästä operoitavaksi kokonaisuudeksi. Ohjausjärjestelmän avulla ohjataan tunnelin liikenteenhallinnan laitekokonaisuutta (esimerkiksi suljetaan tunneli liikenteeltä). Tämän lisäksi ohjausjärjestelmä huolehtii LVIS- ja turvatekniikan ohjauksista käyttötilanteen vaatimalla tavalla (esimerkiksi tunnelin valaistuksen säätö sekä ilmanvaihto ja savunpoisto). Ohjausjärjestelmä toimii pääosin automaattisesti ja tekee tarvittaessa operaattorille ohjausehdotuksia. Operaattori voi tehdä käyttöliittymän avulla myös käsiohjauksia laitteille. Lisäksi ohjausjärjestelmä valvoo laitteiden toimintakuntoa.

Ohjausjärjestelmän keskeisimmät osat ovat tilatiedot ja ohjaukset koostava liikenteenhallinnan, LVIS- ja turvatekniikan ohjelmoitava logiikka (PLC, päälogiikka) sekä ohjausjärjestelmän käyttöliittymä. Tunnelialueen laitteiden ensisijainen ohjausautomaatiikka toteutetaan päälogiikoihin, joiden tulee pystyä suorittamaan autonomisia toimintoja ja ohjauksia myös tunnelin ulkoisen tietoliikenneverkon yhteyskatkotilanteissa.



Kuva 12. Ohjausjärjestelmä.

Päälogiikan keskeisiä toimintoja ovat:

- tunnelin liikenteenhallinnan tilannekuvan koostaminen
- häiriöiden havainnointi, ohjausehdotusten ja herätteiden muodostaminen
- tunnelin liikenteenohjaus ennalta määritettyjen sekvenssien tai operaattorin suorittamien käsiohjausten avulla
- palotilanteen hallintaan ja ilmanvaihtoon liittyvät toiminnallisuudet
- tunneli- ja turvalaistuksen ohjaus.

Päälogiikka toteutetaan korkean luotettavuus- ja saatavuusasteen laitteistolla. Yksittäisen ohjausjärjestelmän komponentin vikaantuminen, yhteysvika tai sähkökatko ei saa estää koko järjestelmän toimintaa, ja ohjausjärjestelmän tulee toipua viasta automaattisesti. Ohjausjärjestelmän tulee havaita komponentin vikaantuminen.

Päälogiikkoina käytetään tunnelin päälaitetiloihin asennettuja, kahdennettuja teollisuustason ohjelmoitavia ohjauslogiikoita. Savunpoistolla varustetuissa tunneleissa tulee lisäksi toteuttaa LVIS- ja turvajärjestelmien kahdennettu ohjauslogiikka erilleen liikenteenhallinnan kahdennetusta ohjauslogiikasta. Ohjaavan päälogiikan vaihto tapahtuu vikatilanteissa automaattisesti ilman käytönkeskeytyksiä tai hallitusti järjestelmän käyttäjän ohjaamana.

Muut ohjausjärjestelmän komponentit määrittyvät tunnelin teknisten järjestelmien laajuuden ja toteutustavan mukaan. Näitä voivat olla esimerkiksi alalogiikat, IO-liityntäpisteet tai kommunikointiajuri / muu rajapintaohjelmisto ohjauslogiikan ja käyttöliittymän tai osajärjestelmän välillä.

Mikäli päälogiikoiden ja käyttöliittymän välissä on täyden toiminnan kannalta kriittisiä komponentteja, niitäkin koskevat käyttöliittymälle asetetut toimintavarmuusvaatimukset.

Ohjausjärjestelmän laitteille toteutetaan UPS-sähkövarmennus (ks. luku 2.2.3 Sähkövarmennuksen vaatimukset ja toiminnallisuus).

Kahdennetut laiteparit tulee pyrkiä sijoittamaan fyysisesti eri palo-osastoiuihin tiloihin (ks. luku 2.1.2 Tekniset tilat), ja niiden sähkönsyötöt tulee pyrkiä suunnittelemaan toisistaan riippumattomiksi.

### 4.3 Käyttöliittymä

Maantietunneleiden toimintaa seurataan ja operoidaan tunnelin valvontakeskuksista. Käyttöliittymä on valvontakeskuksen operaattorin ensisijainen työväline tunnelin sujuvan ja turvallisen liikennöinnin varmistamiseksi.

Tunnelin käyttöliittymäkokonaisuus muodostuu pääkäyttöliittymästä ja varakäyttöliittymästä. Varakäyttöliittymän tarkoitus on varmistaa valvontakeskuksen operaattorin kyvykkyys tärkeimpiin ohjaustoimenpiteisiin tilanteissa, joissa pääkäyttöliittymä ei ole tilapäisesti käytettävissä.

Ohjausjärjestelmään ei saa toteuttaa liikenteenohjaukseen tai palotilanteiden hallintaan liittyviä automaattiohjaustoimintoja, joiden suoriutuminen loppuun asti on riippuvaista käyttöliittymän ja päälogiikoiden välisestä yhteydestä. Käyttöliittymästä käynnistettyjen ohjausten (esimerkiksi tunnelin sulkusekvenssin) tulee suoriutua itsenäisesti loppuun ohjausjärjestelmän ohjaamana, vaikka käyttöliittymän ja päälogiikoiden välinen yhteys katkeaisikin kesken käynnissä olevan ohjaustoiminnon.

Käyttöliittymien vaatimat laitteet sijoitetaan päälaitetiloihin, ja niiden sähkönsyöttö UPS-varmennetaan. Kahdennetut laiteparit tulee pyrkiä sijoittamaan fyysisesti eri palo-osastoiuihin tiloihin.

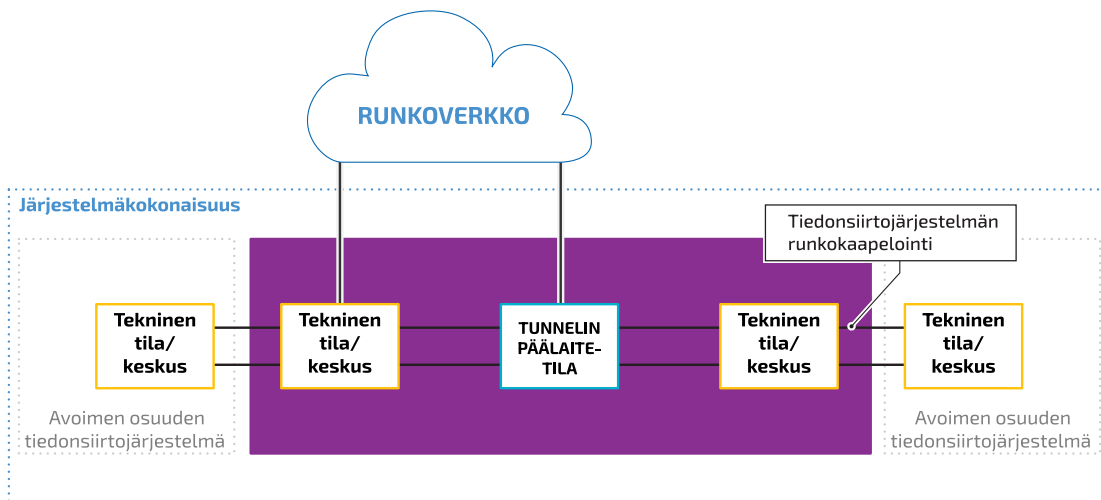
### 4.4 Tiedonsiirtojärjestelmä

Tunnelin tiedonsiirtojärjestelmä mahdollistaa tietoturvallisen ja varmennetun tiedonsiirron tunnelijärjestelmien tarpeisiin. Tunnelikohtaiset tiedonsiirtojärjestelmät liittyvät edelleen muun muassa palvelinsaleihin, hätäkeskuksiin sekä valvontakeskuksiin.

Tiedonsiirtojärjestelmän toiminnalla on merkittävä vaikutus järjestelmien turvalliseen toimintaan ja opeointiin. Kaikkien tunnelin ohjausjärjestelmän ohjaustoimintojen toteutuminen edellyttää ainakin osittaista tiedonsiirtojärjestelmän toimintaa. Ohjausjärjestelmäkokonaisuuden lisäksi tunnelin tiedonsiirtojärjestelmästä ovat riippuvaisia muun muassa liikenteenseurantakamerat.

Tiedonsiirtojärjestelmän kaapelointi suunnitellaan mahdollistamaan rengastopologiat. Lisäksi vähintään järjestelmän runkokaapelointi kahdennetaan kahta erillistä kaapelireittiä pitkin. Runkokaapelointi tulee suunnitella niin, että vapaita kuitupareja jää riittävästi muun muassa korvausinvestoinnin tarpeisiin. Runkoverkon suuntaan kahdennettavat yhteydet tulisi mahdollisuuksien puitteissa sijoittaa fyysisesti eri pis-teisiin.

Tunnelin tiedonsiirtojärjestelmän tulee olla riippumaton tunnelialueeseen kuulumattomien avoimien osuukien tietoliikennejärjestelmästä, vaikka nämä olisivat toiminnallisesti osa samaa tiedonsiirtojärjestelmää. Tunneli- ja avo-osuuden muodostaman järjestelmäkokonaisuuden rengasverkon liitospisteet runkoverkkoon pyritään sijoittamaan maantieteellisesti ja loogisesti lähelle tunnelia.



Kuva 13. Tunnelin ja avoimen osuuden tietoliikennejärjestelmän periaatekuva.

Tiedonsiirtojärjestelmän runkokytkimet tulee kahdentaa. Kahdennetut laiteparit tulee pyrkiä sijoittamaan fyysisesti eri palo-osastoituihin tiloihin. Tietoliikennelaitteiden tulee olla haastaviin toimintaympäristöihin soveltuvia kovennettuja laitteita.

Tiedonsiirtojärjestelmän laitteille suunnitellaan laitetiloihin omat laitekaapit (lähtökohtaisesti 19" 42U) erilleen ohjausjärjestelmän laitekaapeista. Erityistä huomiota tulee kiinnittää laitteiden tuottamaan suureen lämpökuormaan.

Kaikkien tunnelin aukipitämisessä välttämättömien tiedonsiirtolaitteiden sähkönsyöttö toteutetaan UPS-varmennettuna. Runkokytkimien sähkönsyöttö tulee varmentaa UPS-varmennuksen lisäksi esimerkiksi kahdennetuilla virtalähteillä.

## 4.5 Dokumentointi

Dokumenttien ja niiden sisällön tulee noudattaa Väyläviraston voimassa olevia yleis-, tie-, ja rakentamissuunnitelmia koskevia ohjeita.

Lisäksi sähköteknisistä järjestelmistä luodaan tekniikan yleissuunnittelun aikana seuraavia dokumentteja:

- Ohjausjärjestelmän periaatekaavio
- Tietoliikenneverkon periaatekaavio

## Lähdeluettelo

- Tietunnelidirektiivi (2004/54/EY)
- Tietunnelien hallinnointi ja turvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet LO 33/2016
- Tietunnelien turvalliseen poistumiseen ja poikkeustilanteiden viestinnän järjestelmien suunnitteluohje VO 89/2023
- Tietunneleiden LVI-suunnitteluohje VO 5/2019
- Tietunnelien turvallisuusasiakirjojen laadinta LO 9/2018
- Tiesuunnitelma – Toimintaohjeet VO 7/2022
- Tiesuunnitelmavaiheen asiakirjat – Sisältö ja esitystapa VO 6/2022
- Tien rakentamissuunnitelma – Toimintaohjeet VO 12/2022
- Tien rakentamissuunnitelma – Sisältö ja esitystapa VO 38/2022
- Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu VO 33/2023
- Tietunnelien liikenteen hallinnan toimintaperiaatteen laadinta VO 87/2023



# Liite 1: Sähkötekniisten järjestelmien S2022-sähkönimikkeistön järjestelmätunnusvastaavuudet

Taulukossa 1 on esitetty sähkötekniisten järjestelmien S2022-sähkönimikkeistön järjestelmätunnusvastaavuudet (tarkemmin kts. ST 70.12 S2022-sähkönimikkeistö. Sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmät, tietotekniset järjestelmät).

Taulukko 1. Sähkötekniisten järjestelmien S2022-sähkönimikkeistön järjestelmätunnusvastaavuudet.

Järjestelmän nimi	S2022-sähkönimikkeistön vastaavuustunnus
Kaapelihyllyt	S110
Kaapeliputkitukset ja kaapelikaivot	S160
Sähkönjakelu (yhteinen)	S220
Sähkönjakelujärjestelmä (KJ)	S221
Sähkönjakelujärjestelmä (PJ)	S222
Laitteistojen ja laitteiden sähköistys (yhteinen)	S230
Kiinteistösähköistys	S231
LVI-laitteiden sähköistys ja kaapelointi	S232
Liikenteenhallintalaitteiden sähköistys ja kaapelointi	S233
Tunnelivalaistuksen sähköistys ja kaapelointi	S257
Varavoimajärjestelmä	S422
UPS-järjestelmä	S522
Turva- ja evakuointivalaistusjärjestelmä	S610
Virve-verkko	T111
FM-verkko	T112
Tietoliikenneverkko	T130
Hätäpuhelinjärjestelmä	T141
Pelastuslaitoksen kenttäpuhelinverkko	T142
Matkapuhelinverkko	T170
Ovivalvontaverkko	T521
Rikosilmoitinjärjestelmä	T530
Kameravalvonta (laitetilat)	T550

Järjestelmän nimi	S2022-sähkönimikkeistön vastaavuustunnus
Paloilmoitinjärjestelmä	T610
Kuulutusjärjestelmä	T670
Ohjausjärjestelmä (yhteinen)	T860
Ohjausjärjestelmä, liikenteenhallinta (LIHA)	T861
Ohjausjärjestelmä, LVIS	T862
Ohjausjärjestelmä, tunnelivalaistus	T863

## Liite 2: Sähkötekniisten järjestelmien tunnusesimerkit

Taulukossa 1 on esitetty järjestelmien pääkomponenttien laite-/tyyppitunnuksen kirjainosan lyhenteet ja niiden tunnuksien malliesimerkit.

Taulukko 1. Sähkötekniisten järjestelmien tunnukset.

Laiteryhmä/Laite	Tyyppitunnus	Tunnuksen malliesimerkki
<b>Snake</b>		
Keskijännitekojeisto	SJK	YK01_SJK01
Muuntaja	M	YK01_M01
Maadoituskisko	MET, ET ( <i>päämaadoituskisko, maadoituskisko</i> ) MFET, FET ( <i>toiminnallinen päämaadoituskisko, toiminnallinen maadoituskisko</i> )	YK01_MET01
Pääkeskus	PK PKVV ( <i>varavoimavarmennettu</i> )	LT01_PK01 LT01_PKVV01
Jakokeskus/Ryhmäkeskus	JK JKUPS ( <i>UPS-varmennettu</i> ) JKVV ( <i>varavoimavarmennettu</i> )	YK01_JK01 YK01_JKUPS01 YK01_JKVV01
Varavoimakone	VVK	LT01_VVK01
UPS-laite	UPS	YK01_UPS01
Aktiivisuodatin/Kompensointi	AS	YK01_AS01
Liikenteenhallinnan sähkökeskus (avo-osuudella)	SK	SK01001
<b>Ohjausjärjestelmä</b>		
Päälogiikka	LIHAPLC ( <i>liikenteenhallinta</i> ) LVISPLC ( <i>LVIS</i> )	LT01_LIHAPLC01 LT01_LVISPLC01
Logiikkalaite	PLC	YK01_PLC01
Ohjauskeskus	LOK	YK01_LOK01 LOK01001 ( <i>tunnelijakso, avo-osuus</i> )
Riviliitinkotelo/kytkentäkotelo/laitekaappi/laitekeskus	KK	YK01_KK01 LKA011001_KK ( <i>laitekaappi</i> ) LPU011571_KK ( <i>laitekeskus</i> )
<b>Tietoliikenne</b>		
Kytkin	DSW ASW	LT01_DSW001 YK01_ASW001 LKA011001_ASW001
Mediamuunnin	MM	LKA011001_MM001
19' laitekaappi, rakkikaappi, kuitujakamo tms.	IT	LT01_IT01
Päätepaneelit	KPP ( <i>kuitu</i> ) RJ ( <i>kupari</i> )	LT01_KPP01 LT01_RJ01 LOK01001_KPP01 ( <i>tunnelijakso, avo-osuus</i> )
Haaroitus-/jatkos	KJK	LT01_KJK01

Laiteryhmä/Laite	Tyypitunnus	Tunnuksen malliesimerkki
		TK001_KJK01 ( <i>tunneli, tunneli-jakso, avo-osuus kaivossa tai kaivon lähellä</i> )
<b>Turvatekniset järjestelmät</b>		
Paloilmoitinjärjestelmä	Paloilmoitinkeskus: PIK Palokunnan käyttölaite/-paneeli: PKP Lämpökuituilmaisinyksikkö: LLI Palopainike: PP Palokello: KEL Paloilmaisain: PI	YK01_PIK01 YK01_PKP01 YK01_LLI01 A_KEL01 YK01_PIO01 A_HA01_PP01 ( <i>häätäasemassa, häätäseman tunnuksen mukaan</i> ) LT01_PP01 ( <i>laitetilassa</i> ) YK01_PP01 ( <i>yhdyskäytävässä, jos häätäasemassa häätäseman tunnuksen mukaan</i> )
Turvavalaistusjärjestelmä	Turvavalaistuskeskus: TVK Valaisin: TV	YK01_TVK01 A_TV001
Kuulutusjärjestelmä	Kuulutusjärjestelmän keskus: KVK Kaiutin: KAI	YK01_KVK01 A_KAI01
Hätäpuhelinjärjestelmä	Hätäpuhelinjärjestelmän keskus: HPK Hätäpuhelin: HP	LT01_HPK01 A_HA01_HP01 ( <i>häätäasemassa, häätäseman tunnuksen mukaan</i> ) YK01_HP01 ( <i>yhdyskäytävässä, jos häätäasemassa häätäseman tunnuksen mukaan</i> )
FM-verkko	Järjestelmän keskuskeskukset: FMK	LT01_FMK01
VIRVE-verkko	Järjestelmän keskuskeskukset: VEK	LT01_VEK01
Matkapuhelinverkot	Järjestelmän keskuskeskukset: MPK	LT01_MPK01
Pelastuslaitoksen kenttäpuhelin	Järjestelmän keskuskeskukset/kotelot: KPK Pistokkeet: KP	YK01_KPK01 A_KP01
Ovivalvonta	Järjestelmän keskuskeskukset/kotelot: OVK Raja-anturit: OR	YK01_OVK01 LT01_OR01 YK01_OR01 A_HA01_OR01 ( <i>häätäasemassa, häätäseman tunnuksen mukaan</i> )
Rikosilmoitinjärjestelmä	Järjestelmän keskuskeskukset/kotelot: RIK Raja-anturit: GS Tunnistimet: LI Käyttölaitteet: KL	LT01_RIK01 LT01_GS01 LT01_LI01 LT01_KL01
Kameravalvonta (laitetilat)	Kamera: VKA	LT01_VKA01

Taulukkoon 2 on esitetty hyllyjen, suoja-putkien ja kaivojen tunnusten muodostamista ja esitetty niiden tunnuksista malliesimerkit.

Taulukko 2. Hyllyjen, suoja-putkien ja kaivojen tunnukset.

Laiteryhmä/Laite	Tyyppitunnus ja muodostaminen	Tunnuksen malliesimerkki
Kaapelikaivo	K ja järjestysnumero  tai tunnus tilatunnus-K ja järjestysnumero  tai tunnus S2022-sähkönimikkeistön mukaan ja -K sekä järjestysnumerointi	K001  A_K001  S160-K001
Kaapelisuoja-putki	Tunnus muotoa mistä-mihin-P ja järjestysnumero, tarvittaessa putki erotetaan nipusta pisteellä ja järjestysnumerolla  tai tunnus P ja järjestysnumero, tarvittaessa putki erotetaan nipusta pisteellä ja järjestysnumerolla  tai tunnus S2022-sähkönimikkeistön vastaavuuden mukaan ja -P sekä järjestysnumerointi, tarvittaessa putki erotetaan nipusta pisteellä ja järjestysnumerolla	K001-K002-P01.01  P001.01  S160-P001.01
Mikrokanava	Tunnus muotoa mistä-mihin-M ja järjestysnumero, tarvittaessa mikrokanava erotetaan nipusta pisteellä ja järjestysnumerolla  tai tunnus M ja järjestysnumerointi, tarvittaessa mikrokanava erotetaan nipusta pisteellä ja järjestysnumerolla  tai tunnus S2022-sähkönimikkeistön vastaavuuden mukaan ja -M sekä järjestysnumerointi, tarvittaessa mikrokanava erotetaan nipusta pisteellä ja järjestysnumerolla  Mikäli mikrokanava asennetaan kaapelisuoja-putken sisään, käytetään yhdistelmätunnusta: suoja-putken tunnus ja -M sekä järjestysnumerointi,	K001-K002-M01.01  M001.01  S160-M001.01

Laiteryhmä/Laite	Tyyppitunnus ja muodostaminen	Tunnuksen malliesimerkki
	tarvittaessa mikrokanava erotetaan nipusta pisteellä ja järjestysnumerolla	K001-K002-P01.01-M01.01 P001.01-M01.01 S160-P001.01-M01.01
Kaapelihylly	Tunnus muotoa H ja järjestysnumero, tarvittaessa yksittäinen hylly erotetaan pisteellä ja järjestysnumerolla  tai tunnus tilatunnus-H ja järjestysnumerointi, tarvittaessa yksittäinen hylly erotetaan pisteellä ja järjestysnumerolla  tai tunnus S2022-sähkönimikkeistön vastaavuuden mukaan ja -H sekä järjestysnumero, tarvittaessa yksittäinen hyllyt erotetaan pisteellä ja järjestysnumerolla	H001.01  A-H001.01  S110-H001.01

## Liite 3: Tunnelin sähkövarmennuksen selvitys – ohjeistus ja mallisisältö

### Johdanto

Kuvataan kohde ja sen ominaisuudet (sijainti, pituus, jne.) lyhyesti. Kuvataan selvityksen tavoitteet, esimerkiksi:

- Kartoitetaan sähkövarmennuksen vähimmäistarpeet.
- Selvitetään varavoimalähteiden toteutustapa ja tekniset sekä toiminalliset periaatteet kuten (varmennustavat ja varmennuksen laajuus, vähimmäisvaatimukset).
- Mikäli varavoimalähteiden toteutustavassa on eri vaihtoehtoja (esim. varavoimakone vai laajennettu UPS-järjestelmä), tehdään vertailut eri toteutusvaihtojen välillä.
- Mahdollisesti selvitetään (viimeistään rakentamissuunnitelmavaiheessa) varavoimalähteiden toimintaajat (varakäynti-/toiminta-aika).

### Lähtötiedot

- Tunnelin toiminnallisuus sähkökatkotilanteessa (sulkemisen ja auki pitämisen edellytykset/kriteerit/vaihtoehdot)
  - Tiedot: Turvallisuuskonsepti tai turvallisuusasiakirja
  - Korvausinvestointi: Lisäksi nykytilanteen kuvaus (periaatteet ja huomiot)
- Tunnelin varustelutaso (kts. Liite 3.1 Sähkövarmennuksen kartoitustaulukko)
- Liittymätietojen selvitys (kts. Tietunnelien sähkötekniisten järjestelmien suunnitteluohje taulukko 3. Tehonlähteet ja niiden kuvaukset sekä sähkövarmennuksen selvityksessä huomioitavia asioita.)

### Sähköliittymän arviointi

- Liittymän toimintavarmuuden arviointi

### Varaliittymän arviointi (tarvittaessa)

- Mahdollisen varaliittymän soveltuvuuden arviointi varavoimalähteeksi

### Sähkövarmennustarpeen kartoitus

- Laaditaan sähkövarmennuksen kartoitustaulukko, kohdekohtaiset vähimmäistarpeet (kts. Liite 3.1 Sähkövarmennuksen kartoitustaulukko).

### Tulokset

- Tunnistetaan ja kuvataan mahdolliset eri sähkövarmennustavat (kartoitustaulukon perusteella).

### Vertailu

- Mikäli mahdollisia sähkövarmennustapoja on useita tapoja, niiden vertailut.
- Laaditaan vaihtoehtovertilu, esitetään eri vaihtoehtojen
  - toiminnalliset ratkaisut
  - tekniset ratkaisut
  - riskit
  - laaditaan elinkaarilaskelma (kts. Tietunnelien sähkötekniisten järjestelmien suunnitteluohje, kohta 2.2.2.1 Määräytyminen)
  - yhteenveto (oleelliset asiat).

### Yhteenveto

- Selvityksen perusteella yhteenveto ja suositeltava sähkövarmennus:
  - toteutustapa
  - toiminnalliset periaatteet

- tekniset periaatteet
- mahdollisesti varakäynti-/toiminta-ajat
- perustelut suositeltavaksi sähkövarmennukseksi

#### **Lähteet**

- Selvityksessä käytetyt lähteet ja ohjeet



# TEHONSÄÄDÖN TOIMINNALLISUUS

## PERIAATE

Sähköverkko ja varavoimageneraattori mitoitetaan ja toteutetaan toimimaan vähintään dokumentissa R22/L0-0008 (Käyttötilanteiden sähkötiedot) esitettyjen käyttötilanteiden tehojen mukaisesti. Käyttötilanteiden sähkötiedot -dokumentin sähkötehot on ilmoitettu siten että niiden mukaan pystytään hoitamaan savunpoiston mitoitustilanne normaalikäytössä ja varavoimakäytössä. Varavoimakäytöllä on käytössä pienemmät tehot, koska silloin pitää saavuttaa pienemmät ilmanvirran nopeudet kuin normaalitilanteessa.

Tehonsäätö on tarpeellinen sähköverkon toiminnan varmistamiseksi ja takaamiseksi, koska dokumentin R22/L0-0008 mukaan on yhteenlasketut puhallintehot eri käyttötilanteissa pienemmät (sähköverkko 70 %, varavoima 45 %) kuin yhteenlasketut nimellistehot. LVIS-ohjausjärjestelmään toteutettavalla puhaltimien tehonsäädöllä varmistetaan, että tunnelin sähköverkolle ei aiheudu missään tilanteessa puhallinhosta johtuvia häiriö- ja sähkökatkotilanteita ja puhaltimet ovat jatkuvasti käytettävissä.

Puhaltimilla saavutetaan palotilanteessa suunnitellut ilmanvirran nopeudet tehonsäädöstä huolimatta.

## TOIMINTA

Tehonsäätötilanteita on kaksi, sähköverkkotilanne (normaalitilanne) ja sähkökatkotilanne (varavoimatilanne). Sähkökatkotilanteessa tehonsäätö rajoittaa enemmän puhallintehoa. Varavoiman koekäyttö vastaa sähkökatkotilannetta.

Puhaltimien tehonsäätö tehdään tehonmittausten perusteella YK-ryhmittäin (ryhmiä 5 kpl, 4 tai 8 kpl puhallinta / ryhmä). YK-ryhmissä varmistetaan, ettei ryhmän teho nouse yli ryhmän maksimitehon rajoittamalla puhaltimien tehoa. Puhallintehoa rajoitetaan vain tarvittaessa, mikäli ryhmän mitattu teho ylittää maksimitehon. Tilanteesta riippuen puhaltimien teho tarvittaessa jaetaan tai priorisoidaan toiseen tunneliputkeen. Lisäksi puhaltimille annetaan hidastus- ja kiihdytysnopeudet.

LVIS-ohjausjärjestelmä antaa puhaltimien taajuusmuuttajille puhallinkohtaisen maksimitehoarvon (kW) ja hidastus- ja kiihdytysnopeudet (taajuusohjeen nousu/laskunopeus). Taajuusmuuttaja huolehtii puhaltimen hidastus- ja kiihdytysnopeudesta sekä maksimitehosta.

### Sähköverkkotilanne (normaalitilanne)

Normaalilanteessa tehonsäätö on aina aktiivinen. YK-ryhmien tehonsäätöparametrit:

Maksimitehot ryhmittäin (kW/YK)

- YK1 – 430 kW
- YK2 – 210 kW
- YK3 – 210 kW
- YK4 – 210 kW
- YK5 – 430 kW

Puhaltimien hidastus- ja kiihdytysnopeudet

- 1,6 Hz/s (eli 30 s ramppi)

Tehonsäädön parametrit esitetään SCADA-käyttöliittymässä, jossa parametrit ovat näkyvissä ja muutettavissa vain ohjelmoija -käyttäjällä.

### Sähkökatkotilanne (varavoimakäyttö)

Tehonsäätö aktivoituu sähkökatkossa automaattisesti. Tehonsäätöparametrit ovat sähkökatkossa (varavoimakäytöllä) normaalikäyttöä rajoitetummat. YK-ryhmien tehonsäätöparametrit sähkökatkossa (varavoimakäytöllä):

Maksimitehot ryhmittäin (kW/YK)

- YK1 – 260 kW
- YK2 – 150 kW
- YK3 – 150 kW
- YK4 – 150 kW
- YK5 – 260 kW

Puhaltimien hidastus- ja kiihdytysnopeudet

- 0,8 Hz/s (eli 60 s ramppi)

Tehonsäädön parametrit esitetään SCADA-käyttöliittymässä, jossa parametrit ovat näkyvissä ja muutettavissa vain ohjelmoija -käyttäjällä.

### Varavoiman koekäyttötilanne (myös varamuuntajakäyttö)

Varavoiman koekäytössä aktivoidaan sähkökatkon (varavoimakäyttö) tehonsäätö päälle. Varavoiman koekäyttö aloitetaan generaattorilta ja käyttölupa annetaan käyttöliittymästä. Tehonsäätöparametrit ovat normaalikäyttöä rajoitetummat. YK-ryhmien tehonsäätöparametreina käytetään sähkökatkon parametreja.

Varavoiman koekäytön käyttölupapainike esitetään T-LOIK ja SCADA käyttöliittymissä. Varavoimakone pyytää koekäytön aloitusluvan. Kun koekäyttölupa on annettu käyttöliittymästä, LVIS-ohjausjärjestelmä antaa varavoimakoneelle koekäyttöluvan, generaattori käynnistyy ja sähkökatkon tehonsäätö aktivoituu.

Varamuuntajakäytössä voidaan aktivoida sähkökatkon tehonsäätö päälle SCADA käyttöliittymästä, varamuuntajan pienemmän tehon vuoksi.

### Ilmanvaihto

Ryhmän puhaltimien tehoa rajoitetaan tasaisesti, mikäli maksimitehoraja ylitetään. Puhallintehoa ei priorisoida, mutta tehoa jaetaan siten että jos toisen putken puhaltimien tehontarve on pienempi, rajoitetaan vain korkeamman tehon putken puhaltimia.

### Savunpoisto

Puhallinteho priorisoidaan savunpoistossa olevaan putkeen. Ryhmän puhtaan putken puhaltimien tehoa rajoitetaan tasaisesti, mikäli maksimitehoraja ylitetään. Jos sekään ei riitä, niin rajoitetaan varavoimatilanteessa lisäksi priorisoitavan putken puhaltimia.

### Pölynpoisto ja -tuuletus

Puhallinteho priorisoidaan ilmanvaihtotilanteessa olevaan putkeen. Ryhmän pölynpoisto ja -tuuletus putken puhaltimien tehoa rajoitetaan tasaisesti, mikäli maksimitehoraja ylitetään.

### Vikatilanteet

Tehonmittauksen mahdollisessa vikatilanteessa siirrytään käyttämään kiinteitä tehoarvoja. Tehonjako/-priorisointi toteutetaan tehonmittauksen vikatilanteessa vastaavalla periaatteella kuin normaalisti. YK-ryhmien maksimitehorajat tehonmittauksen vikatilanteessa (suluissa varavoimatilanteen tehoraja):

- YK1 – 320 kW (200 kW)
- YK2 – 160 kW (100 kW)
- YK3 – 160 kW (100 kW)
- YK4 – 160 kW (100 kW)
- YK5 – 320 kW (200 kW)

LVIS-päälogiikan mahdollisessa vikatilanteessa (kommunikaatiokatkos tai SPOK-ohjaus käytössä), tehonsäätö toteutetaan päälogiikan sijaan alalogiikassa (YK-ryhmässä). Alalogiikka hakee tarvittavat tiedot suoraan muilta alalogiikoilta. Tässä vikatilanteessa ei toteuteta priorisointia, vaan teho tasataan kuten ilmanvaihtotilanteessa.

### Sähkökatkon toiminnallisuuden päättely:


Sähkökatko päätellään jos jokin ehto seuraavista on päällä:

- PK-LTL1-UA01 = Alijännitehälytys
- PK-LTL1-UA02 = Alijännitehälytys
- PK-LTL1-Q1 = Katkaisija lauennut
- PK-LTL1-Q1 = Katkaisija auki

Käyttöliittymässä (SCADA) esitetään banneri ”SÄHKÖKATKO, VARAVOIMA EI KÄY” tai ”SÄHKÖKATKO, VARAVOIMA KÄY” riippuen siitä onko varavoimakone päällä sähkökatkotilanteessa.

Sähköjen palatessa pääkatkaisija on auki 10 - 15 min, jonka jälkeen se ohjautuu kiinni ja käyttöliittymän bannerit häviävät.

LOPPUPIIRUSTUS 15.4.2021

Merkki	Muutos	Pvm	Suunn.	Tark.	Koordinaattijärjestelmä	Valtatie 12 Lahden eteläinen kehätie			
					Korkeusjärjestelmä	Periaatekaavio			
Pvm.	M.Pakarinen	Pvm.			Tierekisteritunnus		Lehti 3/3	Mittakaava	Piirustusnumero
30.11.2018									<b>R23/02-20</b>

## TIETUNNELIEN SÄHKÖTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUOHJE

Liite 4 Tehonsäädön toiminnallisuus, Liipolan tunneli

YK1  
 - UPS teho: 15 kW  
 - varavoimateho: 260 kW  
 - kokonaisteho: 430 kW

YK2  
 - UPS teho: 9 kW  
 - varavoimateho: 150 kW  
 - kokonaisteho: 210 kW

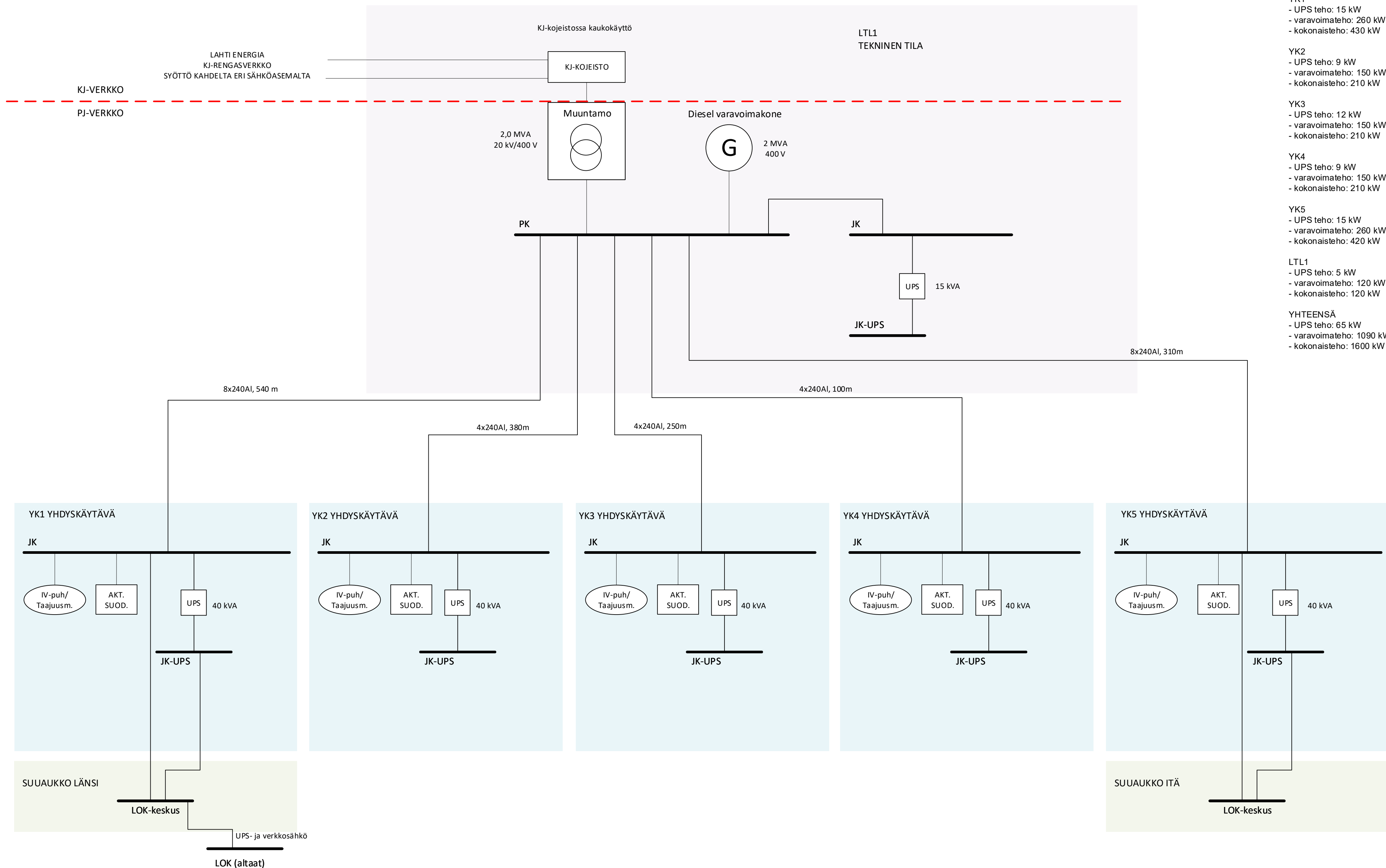
YK3  
 - UPS teho: 12 kW  
 - varavoimateho: 150 kW  
 - kokonaisteho: 210 kW

YK4  
 - UPS teho: 9 kW  
 - varavoimateho: 150 kW  
 - kokonaisteho: 210 kW


YK5  
 - UPS teho: 15 kW  
 - varavoimateho: 260 kW  
 - kokonaisteho: 420 kW

LTL1  
 - UPS teho: 5 kW  
 - varavoimateho: 120 kW  
 - kokonaisteho: 120 kW

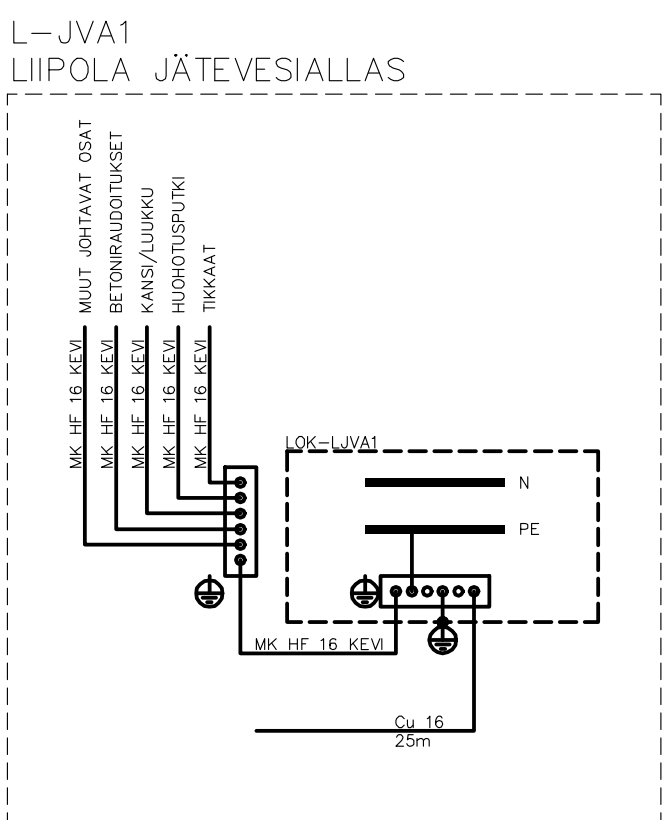
YHTEENSÄ  
 - UPS teho: 65 kW  
 - varavoimateho: 1090 kW  
 - kokonaisteho: 1600 kW



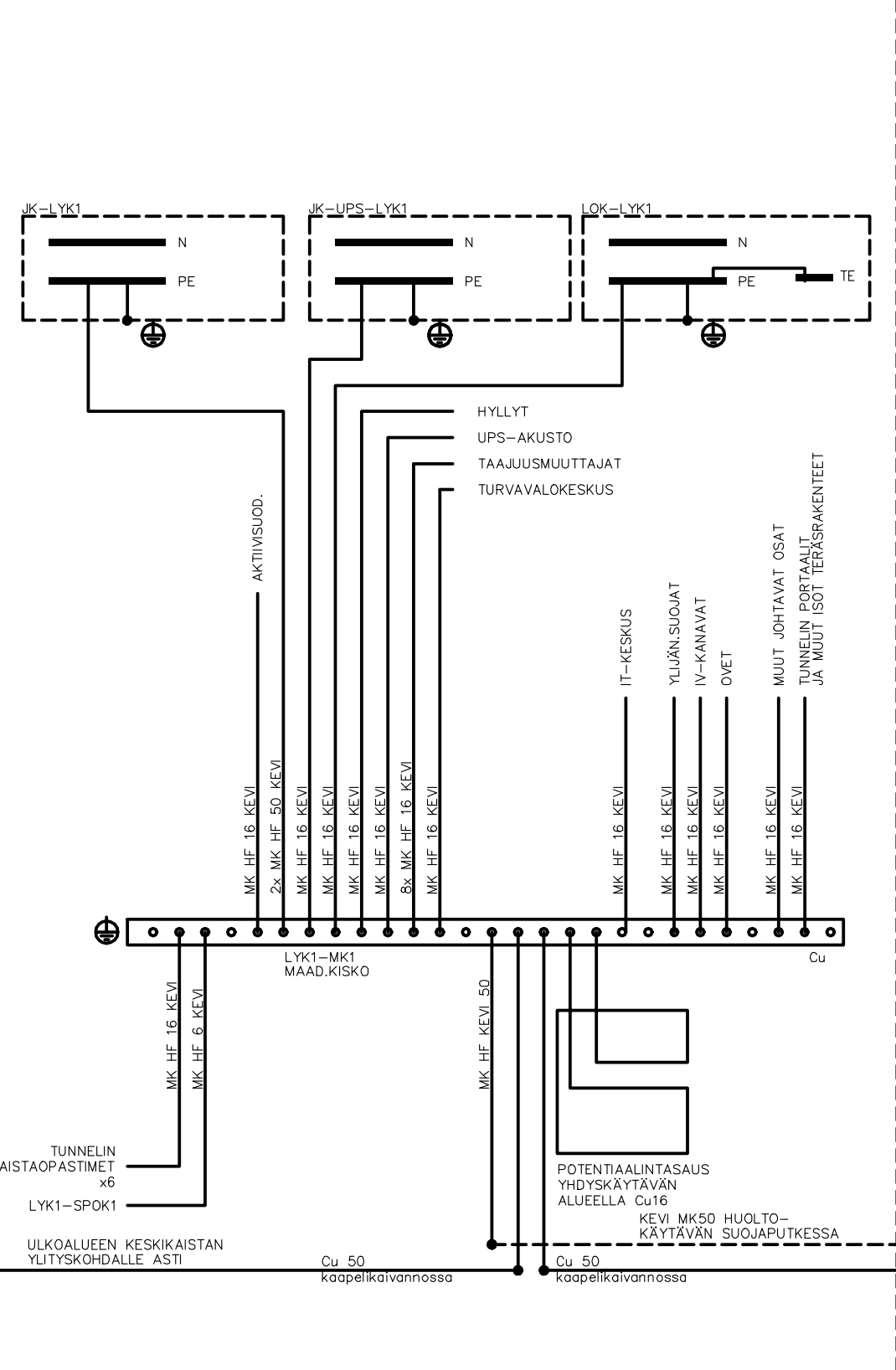
LOPPUPIIRUSTUS 15.4.2021

Merkki	Muutos	Pvm	Suunn.	Tark.	Koordinaattijärjestelmä	Valtatie 12 Lahden eteläinen kehätie		
					Korkeusjärjestelmä	Periaatekaavio		
					Tierekisteritunnus	Sähköjärjestelmä, Liipolan tunneli		
Pvm.	M.Pakarinen	Pvm.			Lehti 1/3	Mittakaava	Piirustusnumero	
30.11.2018							R23/02-20	

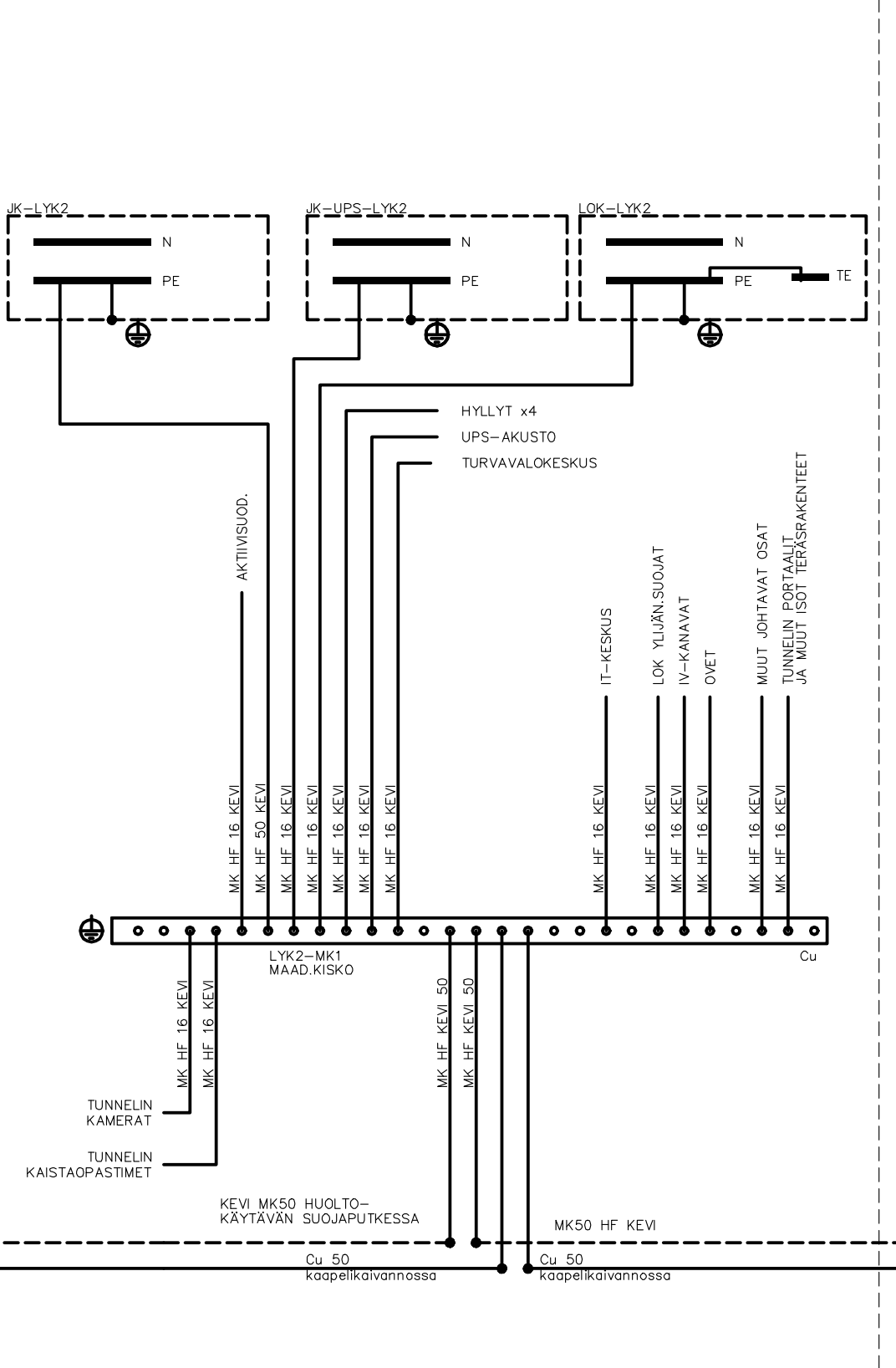
**TIETUNNELIEN SÄHKÖTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUOHJE**  
 Liite 5 Tunnelin sähköjakelun periaatekaavio, Liipolan tunneli



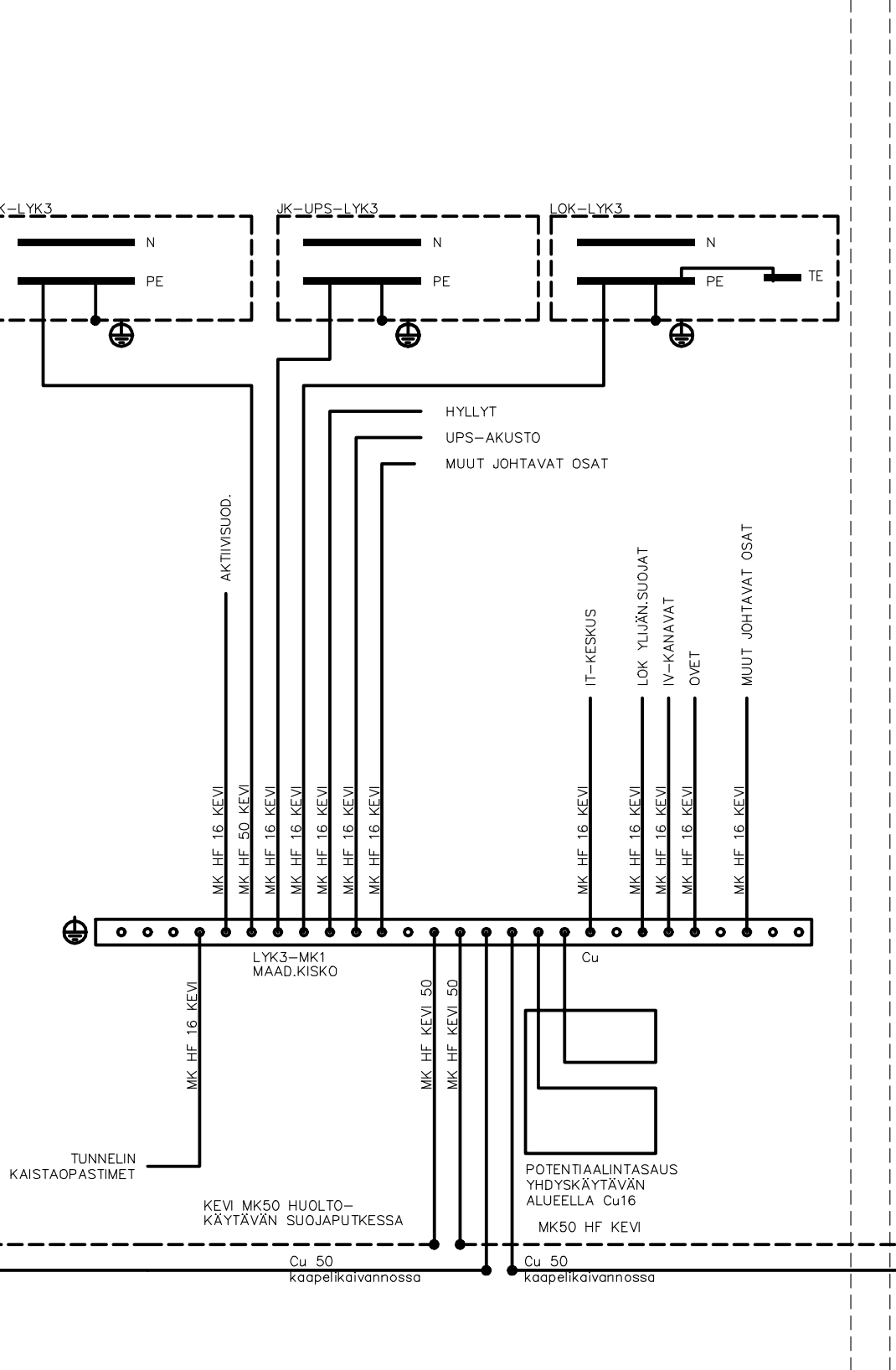
YHDYSKÄYTÄVÄ LYK1  
SÄHKÖTILA



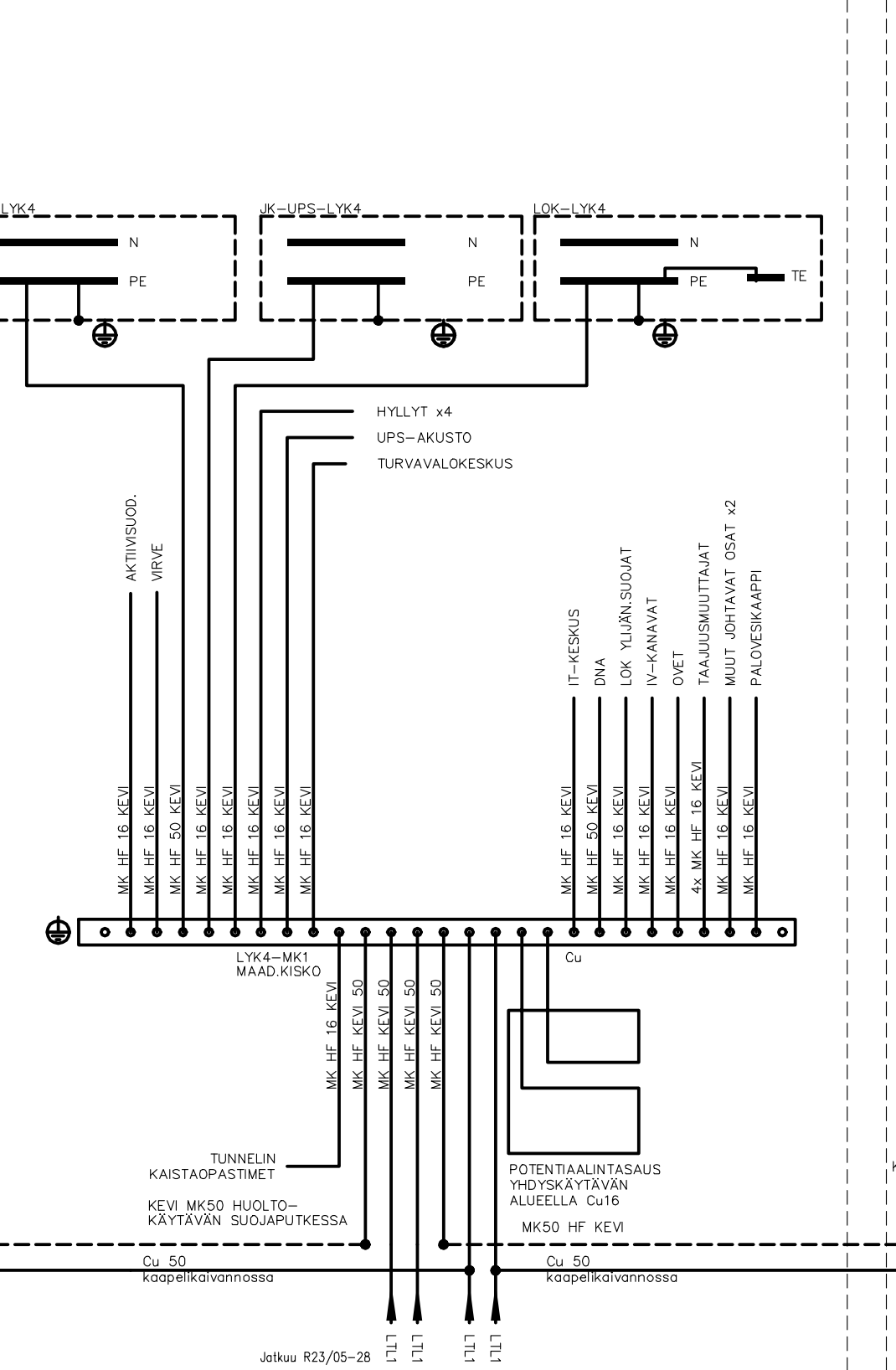
YHDYSKÄYTÄVÄ LYK2  
SÄHKÖTILA



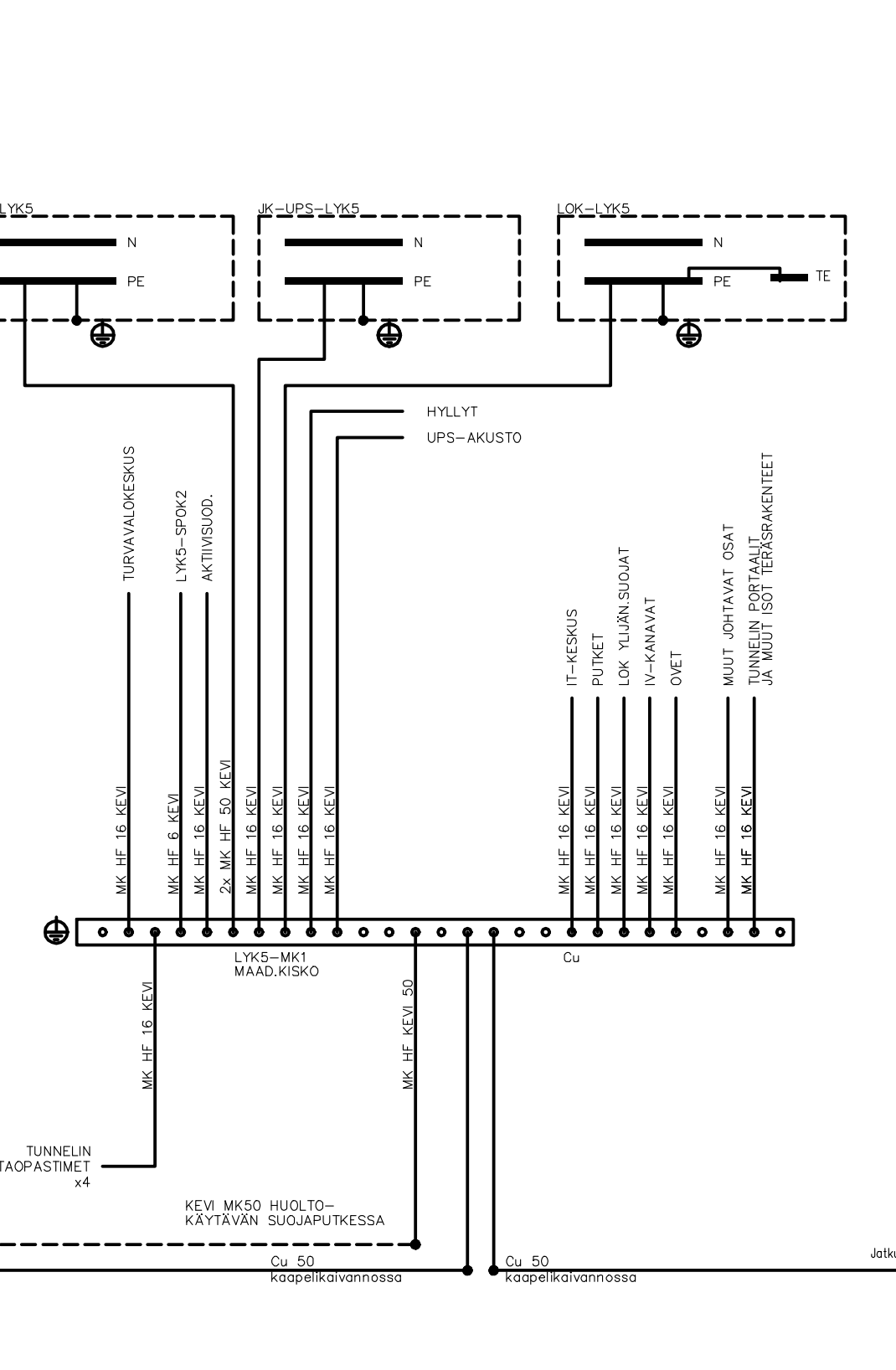
YHDYSKÄYTÄVÄ LYK3  
SÄHKÖTILA



YHDYSKÄYTÄVÄ LYK4  
SÄHKÖTILA



YHDYSKÄYTÄVÄ LYK5  
SÄHKÖTILA



TIETUNNELIEN SÄHKÖTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUOHJE  
Liite 6 Tunnelin maadoituskaavio, Liipolan tunneli

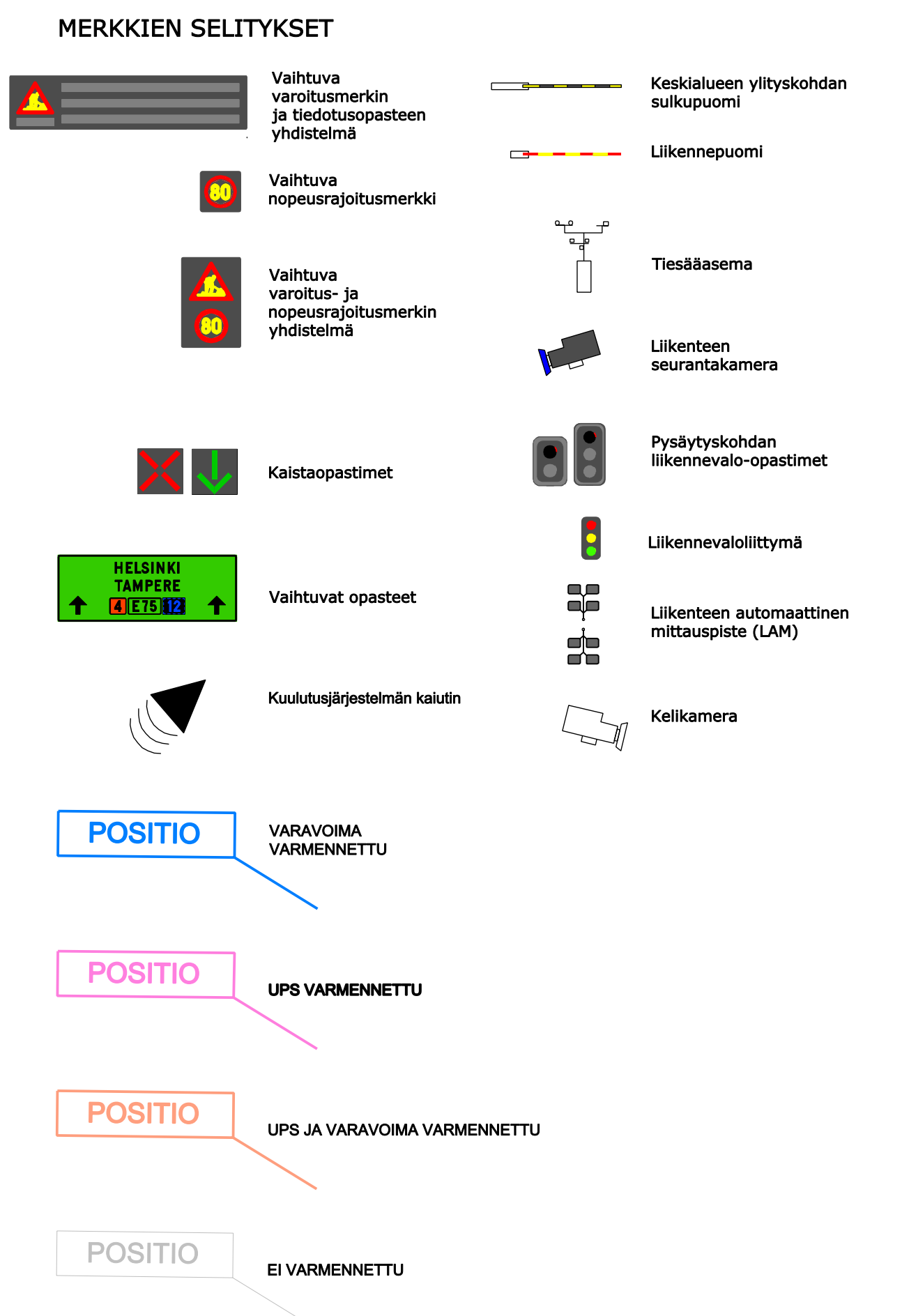
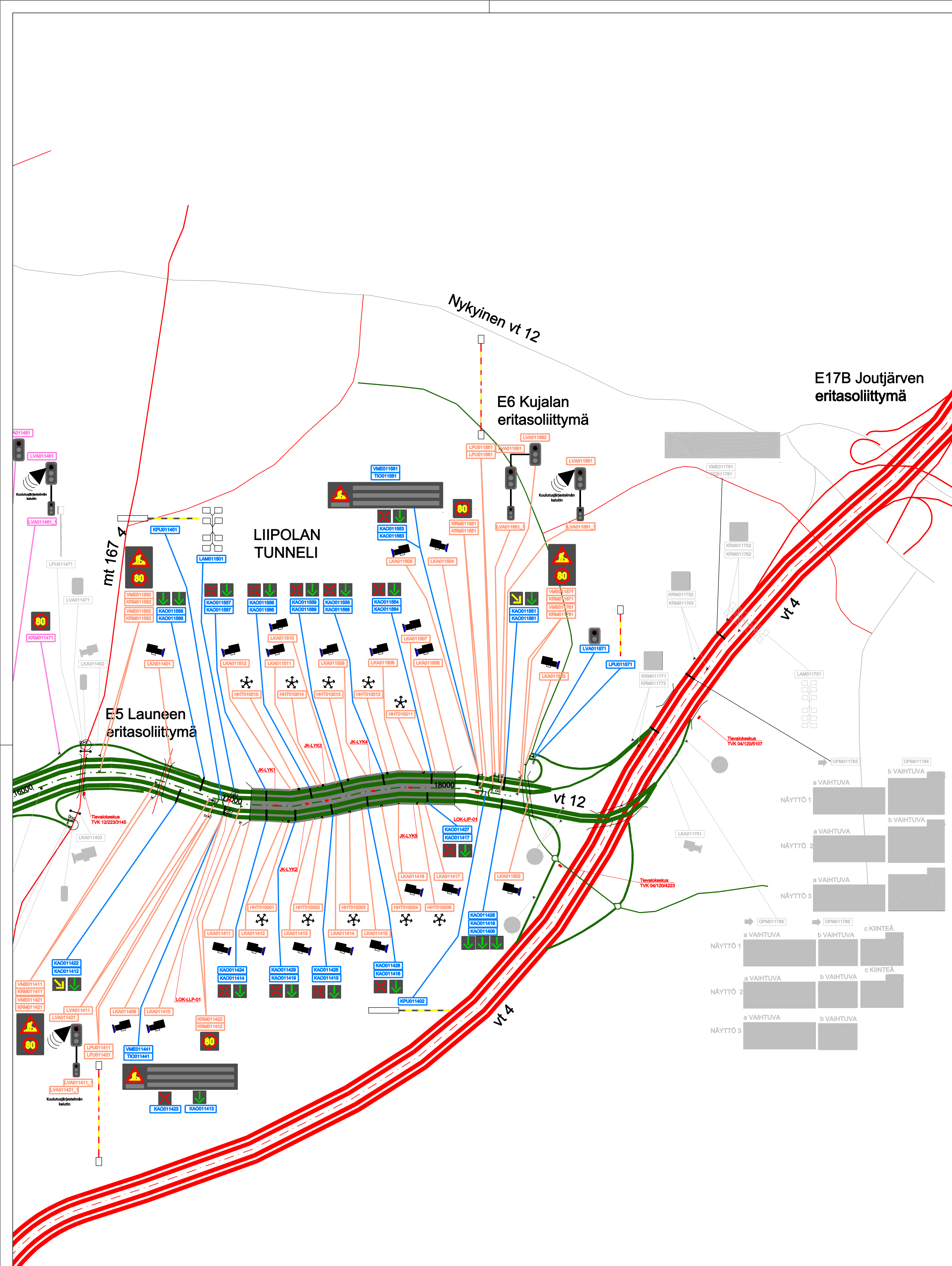
Loppupöytäkirja 15.4.2021

Merkki / Pvm	Muutos	Suunn.	Tark.
Hankkeen nimi <b>Vt12 LETKE, hankeosa 1B, VALTARI Rakennussuunnitelma</b>			
Pirustuksen sisältö <b>Maadoituskaavio Liipolan tunneli</b>			
Pvm 30.11.2018	M.Pakarinen J.Saari	Pvm	
Koordinaattijärjestelmä Korkeusjärjestelmä	Mittakaava	Piir.nro R23/05-27	

Jalkuu R23/05-29

Jalkuu R23/05-28





### TIETUNNELIEN SÄHKÖTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUOHJE

Liite 7 Sähkönvarmuuden varmennuskartta, Liipolan tunneli

Hankkeen nimi		Vt12 LETKE, hankeosa 1B, VALTARI Rakennussuunnitelma	
Piirustuksen sisältö		Varavoimalla ja UPS-laitteistolla varmennettavat liikenteenhallintalaitteet Liipola	
Pvm	N. Nurminen / Nodeon	Pvm	
15.5.2020	M. Pakarinen / Nodeon		
Koordinaattijärjestelmä	ETRS-GK27	Mittakaava	Piir.nro
Korkeusjärjestelmä	N2000	-	5.1 H

komäen  
ymä



Väylävirasto  
Trafikledsverket