



# Sähköisen talotekniikan vaikutus kerrostaloasuntojen muuntojoustavuuteen 1940-luvulta alkaen

Rami Kotilainen

OPINNÄYTETYÖ  
Joulukuu 2021

Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

KOTILAINEN, RAMI

Sähköisen talotekniikan vaikutus kerrostaloasuntojen muuntojoustavuuteen 1940-luvulta alkaen

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Joulukuu 2021

---

Kerrostaloasuntojen muuntojoustavuus on noussut jälleen ajankohtaiseksi asiaksi koronapandemian ja sen myötä lisääntyneen etätyöskentelyn johdosta. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan sähköisten järjestelmien vaikutusta eri ikäkausilla toteutettujen kerrostaloasuntojen sekä uudiskohteiden asuntojen muuntojoustavuuteen. Työn tarve ilmeni Tampereen korkeakouluyhteisön hankkeessa, jossa tarkasteltiin kerrostaloasuntojen muunneltavuutta ja talotekniikan vaikutusta muunneltavuuteen.

Opinnäytetyössä selvitettiin, miten kerrostalorakentaminen on muuttunut 1940-luvulta alkaen ja miten eri aikakausien sähköjärjestelmien toteutus on vaikuttanut tilojen muunneltavuuteen ja miten muunneltavuutta voitaisiin laajempien saneerauksien yhteydessä lisätä. Toisena huomioinnin kohteena oli tarkastella säädösten ja ohjeiden muutosten vaikutusta vanhojen sähköjärjestelmien saneeraukseen ja muunneltavuuden lisäämiseen. Kolmantena tarkasteltavana näkökulmana oli tarkastella, miten muunneltavuutta voitaisiin lisätä uudisrakentamisessa, erityisesti sähköjärjestelmien osalta. Lopuksi pohdittiin vielä, mitä mahdollisuuksia tulevaisuudessa tuotekehityksen kautta voitaisiin saavuttaa muuntojoustavuuden lisäämiseksi sähköjärjestelmien osalta.

Vanhempien kohteiden osalta muuntojoustavuuden haastekohdiksi nousivat erityisesti sähköpisteiden sijoittelu sekä vanhat uppoasennukset. Uppoasennusten osalta sähköjärjestelmien muunneltavuus vaatii usein rakenteiden avaamista. Lisäksi vuosien varrella muuttuneet asennusmateriaalit ja -tarvikkeet sekä asennuksia koskevien määräysten muutokset saattavat vaatia asunnon sähköjärjestelmien laajaakin uusimista muunneltavuuden lisäämiseksi.

Uudiskohteiden suunnittelussa muuntojoustavuuden lisäämiseksi vaaditaan hyvää ja laajaa yhteistyötä eri suunnittelutahojen kesken sekä mahdollisesti hieman suurempia investointeja paremmin muunneltavissa oleviin sähköjärjestelmiin. Nykyinen grynderimenetelmä, jossa toteutus pyritään saamaan mahdollisimman edulliseksi asettaa tälle omia haasteitaan. Jatkotutkimusta voitaisiin tehdä tuotekehityksen osalta kehittämällä jännitekiskoihin kytkettävät ja helposti siirrettävät pistorasiat ja valaisinpisteet. Sähkölaitteiden ohjaamiseen soveltuva langaton tekniikka on jo olemassa. Tutkimuksellisesti olisi tarpeen tutkia linjasaneerausten yhteydessä tehtävien toimenpiteiden kustannusvaikutuksia sekä eri vuosikymmenillä jo tehtyjen sähkösaneerausten vaikutusta.

---

muuntojoustavuus, asunnon sähköjärjestelmät, kerrostaloasunto

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
Electrical Systems

**KOTILAINEN, RAMI:**

Effects of Electrical Building Services on the Adaptability of Apartments in Apartment Buildings from the 1940's Onwards

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 0 pages  
December 2021

---

The purpose was to study the effects of electrical building services on the adaptability of apartments in apartment buildings that were built from the 1940's onwards. This thesis was inspired by the needs arising from collaboration project between the architectural department at Tampere university and the building services department at Tampere university of applied sciences.

The study was mainly carried out as a literature study, reinforced with case studies and one professional interview. Three major elements of adaptability are versatility, convertibility, and expandability.

Concerning electrical systems, most limitations regarding adaptability are due to poor placing of electrical points. Adaptability of the electrical systems can be increased in new production with good co-operation within the design team and by planning enough electrical outlets, distribution boxes and by using wireless switches. In older buildings adaptability can be increased during major renovations. Changes to the electrical systems can be problematic since the legislation and the installation accessories have changed over time.

In conclusion, good design is a key element for good adaptability. Adaptability can be increased during renovations, but it requires a lot of work. In future, adaptability could also be increased with research and development of easily moveable electrical outlets and lighting fixtures.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Tutkimuksen tausta, tavoite ja rajaus .....	6
1.2	Tutkimusmenetelmät.....	7
1.3	Hanke/Tilaaaja .....	7
2	MÄÄRITELMIÄ JA HISTORIAA .....	8
2.1	Muuntojoustavuus .....	8
2.2	Arkkitehtisuunnittelu .....	9
2.3	Talotekniikan vaikutus.....	9
2.3.1	Sähkötekniisten järjestelmien osuus .....	12
2.4	Sähköisen talotekniikan historiaa .....	13
3	MUUNTOJOUSTAVUUDEN HAASTEITA JA RATKAISUJA.....	17
3.1	Uudiskohteet .....	19
3.2	Olemassa olevat kohteet.....	24
4	PÄÄTELMÄT JATKOKEHITYS.....	35
	LÄHTEET .....	37

**LYHENTEET**

DALI-väylä	DALI (Digital Addressable Lighting Interface), on digitaalinen ohjausväylä sähkölaitteille.
IP-luokitus	Luokitus, jossa määritellään sähkölaitteen kosketus- ja kosteussuojaus kahdella numerolla. Ensimmäinen numero määrittelee kosteussuojauksen ja toinen kosketussuojauksen tason.
IP-tiedonsiirto	IP (Internet Protocol), pakettikytkennäisen internetverkon tiedonsiirtoprotokolla.
PEN-johdin	Yhdistetty nollajohdin sekä suojamaadoitusjohdin.
TN-järjestelmä	Sähkön jakelujärjestelmä, jossa kolme vaiheellista johdinta sekä yhteinen nollapiste. Mikäli koko järjestelmässä on erillinen suojamaadoitus, on tunnus TN-S. Mikäli nolla- ja suojamaadoitusjohtimena käytetään samaa johdinta koko järjestelmässä, on tunnus TN-C.
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
STEK ry	Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta, tavoite ja rajaus

Muuntojoustavuus on noussut uudelleen ajankohtaiseksi aiheeksi myös asuin-kiinteistöjen osalta viime aikoina. Muuntojousto on ollut kehittämistarpeena esillä jo 1990-luvulta, mutta se ei ole asettunut osaksi asuinrakennusten suunnittelu- ja toteutusprosessia. Termin epämääräisyys sekä vaihtelevat näkemykset muuntojoustavuuden hyödyistä ovat hidastaneet muuntojoustavuuden toteuttamista uudisrakentamisessa. (Hakaste.) Kuitenkin asuntoja ostavien ihmisten elämäntilanteet ovat muuttuvia ja siten myös tarpeet asuintiloja kohtaan vaihtelevat elämäntilanteiden myötä. Tavallinen toimintatapa on vaihtaa asuntoa tilatarpeiden muuttuessa, mutta tämä ei ole välttämätöntä, mikäli tila kykenee mukautumaan muuttuneisiin tarpeisiin.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kerrostaloasuntojen muunneltavuutta ja sen lisäämistä erityisesti sähköjärjestelmien osalta. Työssä keskitytään vanhempien kohteiden olemassa olevien sähköjärjestelmien vaikutukseen asunnon muunneltavuuden suhteen sekä tutkitaan, miten sähköjärjestelmiä voitaisiin saada helpommin muunneltaviksi uudisrakentamisessa. Vanhempien kiinteistöjen osalta tutkitaan myös, miten laajempien saneerausten yhteydessä sähköjärjestelmien muunneltavuutta voitaisiin lisätä tulevia muuntojoustavuuden tarpeita silmällä pitäen. Lopuksi pohditaan myös lyhyesti, miten tuotekehityksen avulla voitaisiin ratkaista muuntojoustavuuden haastekohtia sähköjärjestelmien osalta.

Ajallisesti työssä keskitytään erityisesti 1940-luvun jälkeiseen kerrostalotuotantoon. Tämä rajaus on looginen, koska asuinrakennusten sähköistäminen oli 1900-luvun alkupuolella vielä varsin harvinaista ja toteutetut sähköistykset olivat rakenteeltaan varsin yksinkertaisia. Lisäksi suuri vanhemmista kohteista on jo varmasti saneerattu ainakin kertaalleen myös sähköasennusten osalta.

## **1.2 Tutkimusmenetelmät**

Työ tehtiin pääasiassa kirjallisuuskatsauksena, jossa tutustuttiin kerrostalorakentamisen ja sähköasennusten muutoksiin eri aikakausilla. Lisäksi työssä tutustuttiin tapaustutkimuksen luonteisesti muutamien eri ikäkausilla rakennettujen kerrostalojen sähkösuunnitelmiin. Kirjallisuuden ja tapaustutkimuksen lisäksi uudisrakentamisen näkökulmaa täydennettiin asiantuntijahaastattelulla.

## **1.3 Hanke/Tilaaaja**

Työ toteutettiin STEK ry:n ja Erkki Paasikiven säätiön rahoittaman tutkimushankkeen ”Talotekniikka kerrostaloasuntojen asukaslähtöisen mukautumisen mahdollistajana” motivoimana ja sen tarjoamista lähtökohdista. Hanke toteutettiin Tampereen ammattikorkeakoulun talotekniikan sekä Tampereen yliopiston arkkitehtuurin alojen tieteidenvälisessä yhteistyössä. Hankkeessa on tutkittu eri ikäkausilta olevien ja erilaisia pohjaratkaisuita omaavien kerrostaloasuntojen mukautumismahdollisuuksia. Näitä tarkasteltiin sekä tilalliselta että talotekniseltä näkökulmalta. Talotekniikan tutkinto-ohjelmasta oli mukana sekä LVI-talotekniikan että sähköisen talotekniikan opiskelija.

## 2 MÄÄRITELMIÄ JA HISTORIAA

### 2.1 Muuntojoustavuus

Nykyään asunnoilta vaaditaan enemmän tilallista mukautuvuutta, eli muuntojoustavuutta, erilaisten perherakenteiden ja muuttuvien elämäntilanteiden ja uudistuvien työskentelytapojen suhteen (Pelsmakers ym. 2020). Tällöin voi olla tarpeen saada asuntoon erotettua lisähuone, siirtää tai laajentaa esimerkiksi keittiötä, tehdä erilliskeittiöstä avokeittiö tai päinvastoin. Nämä muutokset asettavat talotekniikan toiminnan kannalta omia haasteitaan.

Muuntojoustavuudelle on määritetty kolme suunnitteluperiaatetta standardin ISO 20887 mukaan. Nämä ovat monikäyttöisyys, muunneltavuus ja laajennettavuus. (ISO/DIS 20887, 2020, s.3-6.)

Monikäyttöisyys määritellään edellä mainitussa standardissa tilan mukautumiskyvyksi eri tarkoituksiin ja toimintoihin pienillä järjestelmän muutoksilla. Mikäli monikäyttöisyys huomioidaan hyvin suunnittelussa, voidaan pienentää rakennuksen vaatimaa pinta-alaa, selvitä pienemmillä resursseilla ja näin säästää myös kustannuksissa. (ISO/DIS 20887, 2020, s.11-12)

Muunneltavuudella rakennuksessa tarkoitetaan rakennuksen kykyä mukautua käyttäjien tarpeiden muutoksiin tilan muutoksilla. Sekä muunneltavuuden että monikäyttöisyyden yhdistävänä tekijänä on tilan palveleminen useampaa käyttötarkoitusta (ISO/DIS 20887, 2020, s.12). Muunneltavuutta parannetaan standardin mukaan ottamalla suunnittelussa huomioon pitkät jännevälit kantavien rakenteiden välillä ja kantavien rakenteiden sijoittelun, huomioiden laajimman mahdollisen sisäpuolisen tilasuunnittelun sekä rakennuksen rungon ja vaipan suunnittelun niin, että sisäpuolella on mahdollista toteuttaa eri tilaratkaisuita laajalla skaalalla. (ISO/DIS 20887, 2020, s.12) Huoneistojen hyvällä muunneltavuudella säästetään asuinrakennuksissakin useita hyötyjä. Kun tilat sekä järjestelmät ovat hyvin muunneltavissa, paranevat huoneistojen myynti- ja vuokrausarvot, tilojen monikäyttöisyys paranee sekä tilat sopivat useille erilaisille asukkaille. Nämä nostavat asuntojen myyntiarvoa ja helpottavat asuntojen myyntiä. Lisäksi kiinteistön

imago paranee. Muutostilanteissa saavutetaan usein myös kustannussäästöjä sekä saneeraukset ja muut muutokset ovat helpommin toteutettavissa. (ST27.01, s. 2-3)

Laajennettavuudella standardi ISO 20887 tarkoittaa käytettävissä olevan pinta-alan lisäämistä joko vaaka- tai pystysuuntaisesti. Käytännössä tätä voidaan soveltaa olemassa olevien asuinkerrostalojen osalta lähinnä huoneistojen yhdistämisellä. Tällöin myös muunneltavuuden osuudessa mainittu kantavien rakenteiden sijoittelu on merkittävässä osassa. (ISO/DIS 20887, 2020, s.13.)

## **2.2 Arkkitehtisuunnittelu**

Tilojen muuntojoustavuuden lähtökohtana on onnistunut arkkitehtisuunnittelu. Muuntojoustavuus on vakiintunut osaksi hyviä suunnitteluperiaatteita jo arkkitehtikoulutuksessa (Hakaste). Vaikka muuntojoustavuus on toimitilojen suunnittelussa otettu yleisesti hyvin huomioon, on sen huomioiminen asuinrakennusten osalta jäänyt vähäisemmäksi. Asuinrakennusten osalta muuntojoustavuus huomioidaan pääosin vuokratalotuotannossa, eikä niinkään omistusasuntotuotannossa. Muuntojoustavuuden hyöty näkyykään rakennuksen omistajalle elinkaarikustannusten laskuna sekä pidempänä elinkaarena (Hakaste). Mikäli asunosuunnittelussa on muuntojoustavuus huomioitu hyvin, hyötyy asukas sekä asunnon omistaja tästä mm. lyhyempinä remonttien kestoina sekä eri elämäntilanteisiin paremmin mukautuvan asunnon kautta. Tällöin ei välttämättä elämäntilanteen muuttuessa tarvitse vaihtaa asuntoa, vaan nykyinen asunto mukautuu edullisesti uuteen elämäntilanteeseen myös tilojen osalta. Kuitenkaan edellä mainitut tekijät eivät todennäköisesti ole nykyisessäkään asuinrakennusten grynderikentässä kovin tärkeässä roolissa. (Hakaste)

## **2.3 Talotekniikan vaikutus**

Alakattojen osuus kerrostaloasunnoissa on kasvanut 1980-luvun jälkeen selvästi. Tätä aiemmin käytössä on ollut usein painovoimainen ilmanvaihto, jolloin kanavistolle ei ole ollut tilallisia tarpeita ja siten myöskään alaslaskuja ei ole tarvittu. Tuloilma on huoneistoihin tuotu usein ikkunoiden raoista ja poistoilma on hoidettu keittiön ja kylpyhuoneen kautta pystyhormeihin. Tämä ratkaisu on ollut yleinen

myös koneellisen poistoilmanvaihdon kohteissa. Täyskoneellisen ilmanvaihdon yleistymisen myötä on kanavien sekä äänenvaimentimien tilantarpeet asettaneet vaatimuksia alaslaskettujen kattojen pinta-alan kasvamiselle huoneistossa. (Sivén ym. 2016, s. 15.)

Asuntojen huonekorkeus sekä välipohjan rakenne on myös vaihdellut tarkastelu-ajanjaksona. 1970-luvulla käyttöön tulleeseen ontelolaattaan ei kuitenkaan ole voitu integroida täysin talotekniikkaa, jolloin sisäkaton alaslaskulle on ollut paikoin yhä tarve. Myöskään 2010 -luvulla uudelleen käyttöön tulleen massiivilaatan sisään ei voida integroida kaikkea talotekniikkaa. Luoksepäästävyuden ja huollettavuuden takia siis tarvitaan yhä alaslaskuja talotekniikan tarpeisiin. (Sivén ym. 2016, s. 15-19.) Taulukkoon 1 on koottu eri vuosikymmenille tyypillisiä ratkaisuja asuinkerrostalossa.

TAULUKKO 1. Tyypillisiä ratkaisuja asuinkerrostalossa. (Sivén ym. 2016, s. 18)

	1900	1960	1970	1980	1990	2000	2010
<b>Huonekorkeus</b>	yli 3 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,6 m	2,6 m	2,6 m
<b>Välipohjan rakenne</b>	500 mm, palikisto	160 mm massiivilaatta + uiva laatta	200-265 mm, ontelolaatta / 300 mm U-laatta	265 mm ontelolaatta	320 mm ontelolaatta	320-370 mm ontelolaatta, KPH kokolaatta	280 mm massiivilaatta 370 mm ontelolaatta
<b>Alaslasku</b>	Ei	Ei	Ei	Ei	Märkätilat, eteinen	Märkätilat, eteinen, keittiö, porras-huoneet	Märkätilat, eteinen, keittiö, porras-huone, vaakavetoja julkisivulle
<b>Kattopinta</b>	Rapattu ja maalattu tai ponttilaudoitus	Saumaton, tasoitettu ja maalattu /ruiskutasoitettu	Saumallinen, ruiskutasoite	Saumallinen, ruiskutasoite	Saumallinen	Saumallinen	Tasoitettu/saumallinen, huolto-luokkuja
<b>Äänen-eristys</b>	Heikko	Hyvä	Heikko	Heikko	Hyvä	Hyvä	Hyvä
<b>Ilmanvaihto</b>	Painovoimainen, tuloilma ulkokanavat, poisto tulisijasta	Tuloilma ikkunoiden raoista, koneellinen poisto	Tuloilma ikkunoiden raoista, koneellinen poisto	Tuloilma ikkuna- tai seinäventtiileistä, koneellinen poisto	Koneellinen tulo- ja poisto	Keskitetty	Täyskoneellinen, huoneistokohtainen/keskitetty
<b>Lämmitys</b>	Vesikeskuslämmitys	Vesikeskuslämmitys	Vesikeskuslämmitys	Vesikeskuslämmitys	Vesikeskuslämmitys, asuntokohtaiset jakotukit	Vesikeskuslämmitys, patteri- tai lattialämmitys	Vesikeskuslämmitys, patteri- tai lattialämmitys

Taulukosta voidaan huomata, että kattojen alaslaskut ovat yleistyneet ilmanvaihdon muuttuessa koneelliseksi tulo-poistoilmanvaihdoksi. Lisäksi huomioitavaa on 1900-luvun alkupuolen rakennuksissa ollut suuri huonekorkeus. Tosin näistä rakennuksista suuri osa on jo varmasti vähintään kertaalleen laajasti saneerattuja.

### 2.3.1 Sähkötekniisten järjestelmien osuus

Sähköjärjestelmät asettavat omia haasteitaan muuntojoustavuudelle. Sähköpisteiden sijoittelu saattaa rajoittaa tilojen muunneltavuutta. Lisäksi märkätilojen osalta muunneltavuutta saattaa rajoittaa sähköpisteiden suojausluokituksen puutteellisuus. Näitä tarkastellaan tarkemmin kappaleessa 3. 1940-luvulla sähköasennuksia tehtiin vielä pinta-asenteisesti putkilankajohtimilla sinkilöillä kiinnitettynä (Mäkiö ym. Kerrostalot 1940-1960, s. 196). Kuitenkin yleisesti tarkastelussa olleella ajanjaksolla sähköjärjestelmät ovat uppoasenteisia, eli sähköpisteiden siirtäminen vaatii yleensä vähintään betonirakenteiden roiloamista. Tämä ei kuitenkaan ole välttämättä este siirrolle, mutta tarvittava työmäärä kasvaa selvästi. Toinen vaihtoehto on siirtyä sähköasennuksissa pinta-asennukseen ainakin muutettavien sähköpisteiden ja niiden syöttöjen osalta. (Mäkiö ym. Kerrostalot 1940-1960, s. 196-198, Kerrostalot 1960-1975, s. 233-234, Kerrostalot 1975-2000, s. 99.)

Uppoasennuksien osalta haasteena on myös olemassa olevien asennusten dokumentointi. Vanhemmista kohteista ei välttämättä ole saatavilla kunnollista dokumentointia sähköjen syöttöreiteistä ja kaapeloinneista. Vanhempien asennusten laajentaminen saattaa olla hankalaa aiemmin käytettyjen materiaalien sekä putkitusten ja kaapelointien osalta. Vanhempien putkitusjärjestelmien jatkaminen nykyaikaisilla voi olla haastavaa eri halkaisijoista johtuen. Asennusputkien ulkohalkaisijat vakiintuivat vuonna 1985 asennusputkistandardiin siirtymisen myötä. (Mäkiö ym. Kerrostalot 1975-2000, s. 99) Myöskään vanhempiin putkijärjestelmiin voi olla hankalaa saada vedettyä nykyaikaista johdotusta. Näistä syistä sähköasennusten muutokset ja laajennukset tuleekin usein tarkastella tapauskohtaisesti.

ST 27.01 määrittelee sähköasennusten muunneltavuudesta seuraavaa:

Sähkö- ja tietotekniisten järjestelmien muunneltavuus tarkoittaa, että järjestelmät ja niiden ominaisuudet ovat rakennuksen käyttötarpeiden muuttuessa muunneltavissa (ST27.01, s. 2). Lisäksi sama kortti kertoo, että rakennuksen elinkaaren aikana saatetaan tyypillisesti tehdä muutoksia lähes kaikkiin tiloihin ja että tilojen muutoksissa tyypillisiä ovat mm. väliseinien poistaminen ja lisääminen, tilojen koon ja muodon muutokset, muutetaan tilojen käyttötarkoitusta. (ST27.01 s. 2)

Muunneltavuuden helppoutta ST27.01 arvioi kahdella kolmiportaisella asteikolla. Sähkö- ja tietotekniset järjestelmät, jotka vaativat muutostilanteessa laajempia rakennus ja/tai asennustoimenpiteitä, saavat kortin mukaan määritelmäkseen ei muunneltavissa. Rajoitetusti muunneltavissa oleviksi määritellään ne järjestelmät ja laiteyksiköt, joita voidaan pääosin muunnella ilman laajoja rakennus- ja/tai asennustoimenpiteitä sekä järjestelmät, joiden muunneltavuutta voidaan hyödyntää vain tietyissä rajoissa. Täysin muunneltaviksi kortissa määritellään sellaiset, jotka eivät muutostilanteessa tarvitse minkäänlaisia rakennus- tai asennustoimenpiteitä. Tällaisista hyvänä esimerkkinä toimivat erilaiset langattomat laitteet sekä tietoliikenneväyliin perustuvat IP-pohjaiset tiedonsiirtotavat. (ST27.01 s. 3)

Toinen käytetty asteikko liittyy sähköturvallisuuteen. Järjestelmät, asennukset tai niiden osat voivat olla vain sähköalan ammattilaisen suorittamana muunneltavia, toimenpiteisiin perehdytetyn huolto- ja/tai muiden henkilöiden suoritettavissa olevia muutoksia tai kenen tahansa suoritettavissa olevia muutoksia. Yleisesti kiinteisiin asennuksiin tarvitaan sähköalan ammattihenkilöä. Langattomien järjestelmien muutokset ovat usein kenen tahansa suoritettavissa, vaikkakin joissain tapauksissa saatetaan tarvita erityislaitteistoa tai -ohjelmistoja järjestelmien toimintaan saattamiseksi. Näistä esimerkkinä vaikkapa DALI -väylään liitettävät langattomat kytkimet. (ST27.01 s. 3.)

## **2.4 Sähköisen talotekniikan historiaa**

Tarkasteluajanjaksona kerrostalojen sähköasennuksissa on tapahtunut muutamia merkittäviä muutoksia. Sota-ajan tarvikepula vaikeutti merkittävästi sähköistämistyötä sodan jälkeen. Lisäksi sodan jälkeinen materiaalipula johti erilaisten korvikemateriaalien käyttöön. Sodan jälkeen valmistettiin paljon heikkolaatuisia kaapeleita; paperieristeisiä sekä keinokumieristeisiä. Keinokumieriste oli erittäin hygroskooppinen, ja näitä johdotuksia uusittiinkin yleensä heti, kun parempaa materiaalia oli saatavilla. 1940-luvulla Sähkötarkastuslaitos antoi useita poikkeusmääräyksiä sisältäneitä tiedonantoja. Näistä asennusmateriaaleja koskevat lievennykset olivat voimassa vuoden 1949 loppuun asti. Silloin poikkeusmääräykset voitiin kumota parantuneen raaka-aine ja tarvikekilanteen ansiosta. Tiiliseinissä asennukset tehtiin yleensä hakattuihin roiloihin. Kantavilla ulkoseinillä tehtiin ikkunoiden yläpuolelle vaakasuuntainen putkitus, josta pistorasiat haaroitettiin

ja jakorasioiden yleinen sijaintipaikka oli seinillä. 1940-luvun lopulla tulleet teräs-betonipilarit olivat sähköasennusten kannalta ongelmallisia, koska kantavan keskirungon alueella ei saanut tehdä sähköasennuksia uppoasennuksena roiloamalla. (Mäkiö ym. Kerrostalot 1940-1960, s. 191)

1950-luvulla paikallavalun yleistyessä siirryttiin sähköasennuksissa käyttämään valumuotteihin tehtyä putkitusta tai varauksia. Putkitukset pyrittiin keskittämään massiivilaattaiseen välipohjaan, alaraudoituksen yläpuolelle. Vain rasiat sai tuoda lähemmäksi pintaa. Valaisinpisteitä käytettiin usein myös jakorasioina. Asennuksissa käytettiin yleensä pistoputkia. Vuonna 1954 muovi hyväksyttiin johtimien eristysmateriaaliksi ja muovivaippajohto (MMJ) tuli markkinoille vuonna 1956. Muovivaippajohtoa asennettiin alkuun myös ilman putkitusta suoraan betonivaluun. Vuonna 1959 Sähkötarkastuslaitos hyväksyi myös muoviputkilangan (MPL) ja muovisen asennusputken käytön.

50-luvun lopulla tuli useiden sähkölaitosten alueella määräys yhteismittarointikomeroiden käytöstä. Tätä ennen mittarit olivat yleensä asuntojen eteistilassa. (Mäkiö ym. Kerrostalot 1940-1960, s. 193-198.)

1960-luvulla yleistyi betonielementtien käyttö kerrostalorakentamisessa. Tämän myötä myös osa sähköistyksen töistä siirtyi elementtitehtaalle. Työmaalla tehtiin liitoksilla elementeistä järjestelmäkokonaisuuksia. Vuonna 1962 Sähkötarkastuslaitos julkaisi Sisäjohtot -nimisen julkaisun, joka noudatti vuodesta 1959-1975 voimassa olleita varmuusmääräyksiä ohjeellisesti. Tämä oli ensimmäinen kattava ohjeistus sisäjohtojen asennuksesta. Asennustarvikkeiden osalta muovin käyttö yleistyi 1960-luvulla merkittävästi edullisemmän hinnan ja parempien ominaisuuksien takia. 1960- ja 70-luvuilla tehtyjen asennusten muutos- ja korjaustyöt edellyttivät kunnollisia ryhmityspiirustuksia, koska johdotukset voivat olla monimutkaisia ja varsin arvaamattomia. (Mäkiö ym. Kerrostalot 1960-1975, s. 232-238.)

1970-luvun alussa elementtien saumoihin sijoitetulle sähköputkitukselle tuli rajoituksia. Nousujohtotukset tehtiin 1960-1970-lukujen taitteessa yleensä kylpyhuone-elementtien hormivarauksissa, joissa oli myös valmiina liitántätilat. 70-luvulla betonielementtistandardin (BES) myötä kylpyhuone-elementtien merkitys

sähköasennuksissa korostui. Tällöin elementeissä oli yleensä mukana tehdasasenteiset ryhmätaulut, nousujohdot, pesukonerasia ja valaisin. Mikäli keittiön ja kylpyhuoneen keskinäinen sijainti oli sopiva, asennettiin myös keittiön puolelle liesirasia, astianpesukonerasia, keittiön työpistorasia sekä valaisin valmiiksi elementtiin. Asennusreittinä alettiin 70-luvulla hyödyntämään myös pitkälaattojen onteloita. Koska elementtisaumojen putkituksia oli rajoitettu, yleistyi myös sähkölistajärjestelmän käyttö 70-luvulla. Dokumentoinnin osalta 70-luvulla otettiin käyttöön käyräviivainen esitystapa sekä sähköpiirustusten standardit SFS2363 ja SFS2364. Sähköturvallisuuden kannalta merkittävintä oli uusien sähköturvallisuusmääräysten voimaantulo vuonna 1974, joiden rinnalla sai soveltaa vielä vuoden 1957 varmuusmääräyksiä vuoteen 1975 saakka. Vuonna 1974 yhtenäistyi myös kaapelien värijärjestelmä. Vuonna 1979 saatiin uusi sähkölaki (319/79) sekä sähköturvallisuusasetus (926/79) jotka vastasivat paremmin ajan tarpeita. Tätä ennen pohjalla oli vuoden 1928 laki sähkölaitoksista täydennyksineen. (Mäkiö ym. Kerrostalot 1960-1975, s. 235-238, Kerrostalot 1975-2000, s. 89-90, 101-103.)

1980-luvulla asennuksissa tapahtui merkittävä muutos 1.7.1985, kun putkien nimelliskoot muuttuivat. Vanhojen ja uusien putkien yhdistämiseen tarkoitetut adapteritkin ovat jo poistuneet markkinoilta. Tämän takia kaikkien tätä vanhempien asennusten täydentäminen on varmasti vaikeaa. Lisäksi ennen vuotta 1989 nollajohtimia on käytetty PEN-johtimen tavoin yhdistettynä nolla- ja suojamaajohtimena. Suojajohdin tuli tällöin mukaan asennuksiin TN-järjestelmään siirtymisen myötä. Kansainvälinen IP-luokitus otettiin mukaan sähkölaitteiden merkintöihin 80-luvulla ja se korvasi 60-luvulta peräisin olevat käyttöolosuhdeluokat. (Mäkiö ym. Kerrostalot 1975-2000, s. 92-95.)

1990-luvulla kylpyhuone-elementtien suosio hiipui ja nousujohdotus siirtyi usein nousuputkielementteihin. Tyypillisessä 90-luvun asennuksessa huoneiston ryhmäkeskus sijaitsee eteisen seinässä uppoasenteisena ja huoneiston johdotukset ovat toteutettu putkitettuna uppoasennuksena. 90-luvulla merkittävimmät tapahtumat säädösten osalta ovat uusi sähköturvallisuuslaki (410/96) sekä sähköturvallisuusasetus (498/96), joiden myötä ajattelutapa muuttui. Enää ei ollut ainoita oikeita tapoja tehdä, vaan kaikki ratkaisut olivat sallittuja, mikäli määräykset täyt-

tyvät. 90-luvulla sähköturvallisuusmääräysten tilalle tulivat kansainväliset standardit ja niihin pohjautuvat Sähköasennuksia koskeva käsikirja (A1-94) sekä Käsikirja rakennusten sähköasennuksista (D1-95), jotka sisälsivät yksityiskohtaisempia sovellusohjeita. Vuoden 1994 määräysten myötä tulivat vikavirtasuojat, johdonsuoja-automaatit sekä turvapistorasiat käyttöön. Ilman suojakoskettimia olevien pistorasioiden asennus kiellettiin asuntoihin vuonna 1997. Vuoden 1994 asennusvaatimuksissa esitettiin johtojen merkinnät sekä järjestys standardin IEC60446 mukaisesti. 2000-luvun alussa siirryttiin suunnittelussa ja asennuksissa noudattamaan SFS 6000 -standardisarjaa, jota noudatetaan yhä. Standardisarjaa on uudistettu ja päivitetty muutamia kertoja, joista viimeisin on vuodelta 2017. (Mäkiö ym. Kerrostalot 1975-2000, s. 95-103, SFS6000-8-802, s.13-14.)

Johdinvärit ovat sähköasennusten historiassa muuttuneet useaan otteeseen. Lisäksi johtimien väritys on aiemmin ollut riippuvainen kaapelityypistä. Johdinvärien muutokset sekä niiden liittäminen nykyiseen järjestelmään on kuvattu ST-kortissa 51.04. Tämä kortti on tarpeellinen vanhoja sähköasennuksia saneerattaessa tai laajennettaessa.

### 3 MUUNTOJOUSTAVUUDEN HAASTEITA JA RATKAISUJA

Muuntojoustavuuden parantaminen asunnossa alkaa ensisijaisesti hyvällä suunnitteluhyhteistyöllä arkkitehdin sekä taloteknisten suunnittelijoiden kesken. Tätä asiaa korostetaan myös useissa julkaisuissa, kuten esimerkiksi ST27.01 -kortissa. Helposti muuntuvan sähköjärjestelmän suunnittelussa tärkeimpänä on tieto siitä, minkälaisia muutoksia huoneistossa voidaan toteuttaa. Tällöin voidaan sähköpisteiden sijoittelussa ottaa tulevat muutokset helposti huomioon. Mikäli suunnittelun perusteena käytetään vain yhdellä tavalla kalustettua asuntoa, jää muuntojoustavuuden suunnittelu helposti vaillinaiseksi. Erityisen tärkeää olisi tieto mahdollisista tulevista väliseinämuutoksista, jolloin mahdollisesti poistuviin väliseiniin ei sijoitettaisi sähköpisteitä tai ne voitaisiin suunnitella helposti purettaviksi. Vastaavasti myös lisättävien väliseinien kohdalle voidaan tällöin välttyä sijoittamasta sähköpisteitä ja uusiin väliseiniin olisi helpompi suunnitella syöttöreitille vähintään varaukset.

Mikäli huoneistoihin suunnitellaan laaja alaslaskettu katto, on sähköasennusten muunneltavuus helposti toteutettavissa alaslaskun tarjoamassa tilassa. Tällöin haasteeksi muodostuu lähinnä seinille sijoitettujen sähköpisteiden johtoreitit. Tarvittaessa uusia johtoreittejä voidaan seiniin tehdä pienellä työllä roiloamalla, kun johtoreitti pisteen yläpuolelle on vapaa alaslaskun tilassa. Alaslaskujen kohdalla myös valaisinpisteiden siirto ja/tai lisääminen on myös helpompaa. Eräs toteutus esimerkki sähköasennusten muunneltavuutta lisäävästä pienestä alaslaskusta saneerauskohteessa on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Pienellä koolauksella toteutettava alaslasku

Kuten kuvasta 1 voidaan huomata, on sähköpisteiden sekä kaapelointien muuttaminen helposti toteutettavissa alaslaskun tilassa. Tällöin vältetään rakenteiden roiloamiselta. Ainoa mahdollisesti uusittava osa on alaslaskun sisäpinta.

### 3.1 Uudiskohteet

Sähköisen talotekniikan osalta muuntojoustavuutta voidaan parantaa jo nyky menetelmin muutamilla eri ratkaisuilla. Tärkeimpänä varmasti on suunnittelun yhteistyö arkkitehti- ja LVI-suunnittelun kanssa. Tällöin sähköpisteiden sijoittelussa osataan varautua paremmin tuleviin tilamuutosten ja mahdollisten järjestelmän laajennuksien suhteen. Arkkitehtisuunnittelussa voitaisiin jo valmiiksi pohtia muutamia erilaisia kalustus- ja huonejakovaihtoehtoja asuntoa koskien, jolloin taloteknisessä suunnittelussa voitaisiin samalla varautua näiden muutosten toteuttamiseen. Sähkösuunnittelun osalta tämä olisi helppo tapa välttää sähköpisteiden sijoittelua niin, että ne estäisivät tai hankaloittaisivat tarpeettomasti muutosten tekemistä.

ST27.01 mukaisessa suunnittelussa muunneltavien järjestelmien lähtökohtana on asuinrakennuksissa kaksi tarkasteltavaa osaa. Ensimmäisenä tarkastelu tulee tehdä asuntojen syöttökaapeleiden reitteihin jako-/mittauskeskusten ja huoneistojen jakokeskusten välillä. Tässä reitityksessä muunneltavuuden kannalta olisi tärkeää, että reitti on koko matkaltaan avattavissa ja käsiteltävissä. Lisäksi reitti tulisi olla suunniteltu yleisten tilojen puolelle, jolloin saneerauksien yhteydessä välttyään muihin asuntoihin kohdistuvilta häiriöiltä. Reitin tulisi olla myös sellainen, että sinne voidaan tehdä täydentäviä asennuksia myös myöhemmin. Tärkeää olisi siis välttää kaapeloinnin integrointia rakenteisiin. (ST27.01.)

Toisena tarkasteltavana asiana on asuntojen sisäiset sähköistykset. Näissä myös kaapelien asennusreitit ja -tilat ovat keskiössä. Asuntojen sisäisessä sähköistyksessä ST27.01 suosittelee luonnollisia rakentamisessa syntyviä sijoituspaikkoja, kuten esimerkiksi kalusteiden ylä- ja alasokkelit, ontelot, alakatot sekä muut vastaavat ratkaisut. Näitä hyödyntämällä mahdollistetaan asuntoihin jälkikäteen tehtäviä muutos- ja asennustöitä. Asuntojen sisäisiin johtoreitteihin kortti esittelee myös jo aiemmin käytössä olleen sähkölistaratkaisun, jolloin jalkalistoina käytetään onttoja jalkalistoja. Näin voidaan helposti muodostaa johtoreittejä myös lattiatasoon. (ST27.01.) Näiden haasteena kuitenkin on, ettei tällöin voida helposti käyttää tavallisia uppoasenteisia pistorasioita. Pistorasioista tarvitsisi tuoda vähintään putkitus valmiiksi lattiarajan johtokanavaan ja tällöinkin helposti kaapeloinnin taivutussäde saattaa jäädä liian tiukaksi.

Onttojen jalkalistojen ohessa ST27.01 kertoo lattiatason johtoreitiksi soveltuvan hyvin myös kalusteiden alasokkelit (ST27.01). Näiden kohdalla haasteeksi ei muodostu yleensä kaapelointien taivutussäteet, mutta mikäli alasokkeleita hyödynnetään laajasti asennusreitteinä, sitoudutaan tilan kalustuksessa jatkossakin sokkelillisiin kalusteisiin ja kalustuksen muunneltavuus kärsii.

Arkkitehtisuunnittelun kannalta alaslasketut katot eivät yleensä ole toivottavia, koska käytettävissä oleva huonekorkeus kärsii tai ei edes sovellu täysin alaslaskettuja kattoja varten. Alaslasketut katot tarjoavat kuitenkin hyvän ja helposti muunneltavan johtoreitityksen. Yleisesti alaslasketut katot toteutetaan ilmanvaihtokanaviston tarpeiden perusteella. Kuitenkin yhtenä mahdollisuutena olisi toteuttaa kerrostaloasunnoissa sähköjärjestelmien kannalta riittävä, huomattavasti ilmanvaihtojärjestelmien vaatimuksia pienempi alaslasku. Johtoreittien putkittamiseen kerrostaloasunnoissa riittäisi pääosin ulkohalkaisijaltaan 25 mm asennusputki.

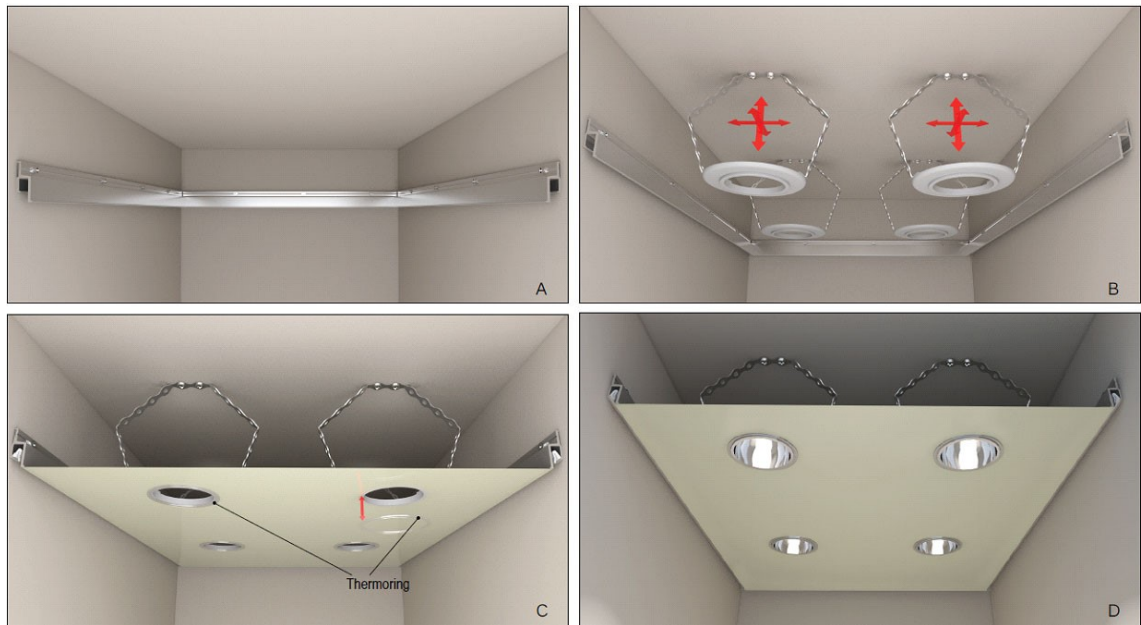
Alaslasku voitaisiin toteuttaa esimerkiksi 25 mm+22 mm ristikoolauksella, jolloin alempi koolauskerros toimisi putkituksen tukena. Ristikoolaus voitaisiin tämän jälkeen peittää esimerkiksi kipsilevyllä. Tällöin rakenteen kokonaiskorkeudeksi muodostuu noin 60 mm, joka soveltuu hyvin myös jakorasioiden korkeuteen. Lisäksi johtoreittiin olisi kipsilevyn vaihdon avulla helppo ja nopea pääsy. Mikäli tämän ratkaisun yhteydessä vielä hieman tarkastellaan jakorasioiden sijoittelua huolellisemmin, voidaan pistorasioiden syöttö toteuttaa yläpuolelta. Tällöin uuden lisättävän tai siirrettävän pistorasian kohdalla jouduttaisiin ainoastaan tekemään rasialle upotus seinäelementtiin sekä roilo seinään putkitusta varten. Esimerkki roilotusta uudesta pistorasiasijoituksesta esitetään kuvassa 2.



KUVA 2. Uuden pistorasiasijoituksen roilo

Pirkanmaalla toimivan rakennuttajaliikkeen T2H Pirkanmaa Oy:n asiantuntijoiden mukaan kuvattu alaslasku olisi kustannuksiltaan noin 3-kertainen verrattuna roiskepinnoitteeseen. Lisäksi ratkaisu asettaisi suuria haasteita alaslaskun materiaalien haalaukseen kerroksia rakennettaessa, koska työmaalla kerroksissa materiaalien varastointia varten käytettävissä on tilaa hyvin rajoitetusti, johtuen seinäelementtien tuennoista ja lisäksi massiiviväli pohjia käytettäessä valutuet vievät

merkittävästi tilaa. Lisäksi väliseinät, ovet sekä ikkunat vievät myös paljon tilaa kerroksista rakennusvaiheessa, jolloin tilaa ei enää välttämättä riitä alaslasketun katon tarpeisiin. Kuitenkin he näkivät, että ratkaisu voisi olla mahdollinen muunneltavuuden noustessa vaatimukseksi asuntorakentamisessa. Vaihtoehtona kyseiselle ratkaisulle he nostivat esiin uudehkon tuoteratkaisun, Stretch-katon. (Rönkä, 2021) Esimerkki tästä sisäkattorakenteesta on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Stretch-katto (Vecta Finland)

Stretch-katto toteutetaan asentamalla huoneen katon reunoille alumiinikiskot, joiden väliin pingotetaan vinyylinen pintamateriaali. Vinyyli on lähtötilanteessa 6-8% pienempi kuin katon pinta-ala. Vinyyli lämmitetään ennen asennusta noin 50 asteen lämpötilaan, jolloin se venyy riittävästi asennusta varten. Jäähtyessään vinyyli kutistuu ja pingottuu ja näin saadaan aikaan kevyt ja siisti pintaratkaisu. Lisäksi vinyylin värityksen sekä kiiltävyyden suhteen eri vaihtoehtoja on runsaasti ja halutessaan materiaalille voidaan tulostaa vaikkapa asiakkaan haluama kuva. (Vecta Finland.) Vinyyli ei myöskään halkeile rakennuksen alkuvaiheessa tapahtuvan painumisen takia. Toki materiaali ei ole yhtä kulutuskestävä verrattuna levytykseen tai roiskepinnoitettuun laattaan.

(Rönkä, 2021)

Valaisinpisteiden suunnittelussa voidaan muuntojoustavuutta lisätä helposti ja pienillä kustannuksilla, mikäli valaisinpisteitä suunnitellaan riittävästi erilaisia

mahdollisia tuleviakin huonejakoja huomioiden. Valaisinpistorasioille kannattaa kuitenkin suunnitella vähintään jatkuvan vaiheen varaus tai jatkuvan vaiheen helppo johdotus, jolloin myöhemmin voidaan tarvittaessa lisätä langatonta ohjausta varten tarvittavat laitteet mukaan jakorasioihin.

Kerrostaloasuntojen muuntojoustavuuden lisäämiseksi haastavimmaksi kohteeksi voidaankin todeta pistorasioiden sekä kiinteiden sähköasennusten sijoittelu. Keittiöiden osalta lieden kytkentäpiste, työtasojen valaisimet sekä jääkaapin ja astianpesukoneen pistorasioiden sijoittelussa on hankalaa varautua useisiin erilaisiin tilajärjestelyihin. Vastaavasti kylpytiloissa ei useinkaan ole kovin montaa vaihtoehtoa pesukoneen pistorasian sekä kylpyhuonevalaisimen sijoittelulle. Nämä tilat ovatkin muuntojoustavuuden kannalta haastavimpia.

Muissa tiloissa pistorasioiden sekä muiden kiinteiden sähköpisteiden sijoittelu on kriittisimmässä osassa. Sijoittelussa tulisikin huomioida, että pistorasioita sekä antenni- ja tietoliikennepisteitä on riittävästi ympäri huoneistoa. Lisäksi näiden yhteydessä tulee huomioida käytettävyys. Mikäli pistorasiat sijoitetaan nykyisen yleisen mallin mukaisesti 200 mm korkeudelle, ovat ne erittäin haastavia käyttää, mikäli asunnosta halutaan myöhemmin esteetön.

Esteettömyyden huomioiminen vaatii, että pistorasioita sijoituskorkeus nostetaan vähintään 400 mm korkeuteen lattian rajasta sekä sen, ettei niitä sijoiteta liian lähelle huoneen nurkkia, vaan ne sijoitetaan vähintään 400 mm etäisyydelle sisänurkasta. Tällöin mahdollistaan niiden käyttö myös pyörätuolista käsin. Esteettömyyden huomioiminen uuden kohteen sähkösuunnittelussa kannattaa aloittaa sijoittamalla usein käytetyt pistorasiat tavanomaista korkeammalle ja jättäen harvoin käytetyt alemmas. Näin voidaan huomioida ainakin jossain määrin tilojen soveltuvuus myös pyörätuolista käytettäväksi. (ST21.31, s.2, 4) ST21.31 -kortista löytyy tarvittaessa kattavasti lisätietoa erilaisten esteettömyystarpeiden vaikutuksesta sähkösuunnitteluun ja -asennuksiin.

Pistorasioiden sijoittelussa tulisi huomioida myös mahdolliset väliseinien lisäykset ja poistot. Väliseinien mahdollinen poisto on näistä helpommin toteutettavissa, mikäli pistorasioiden syöttö toteutetaan jakorasioden kautta, eikä suoraan

ryhmäkeskukselta. Tällöin poistettavan väliseinän johdotus on helpommin purettavissa ja putkitus voidaan katkaista ja peittää. Mikäli väliseiniä lisätään, olisi etuna, jos tulevan väliseinän lähistöllä olisi tarvittavien johdotusten jakorasiat. Tällöin väliseinän lisäyksen yhteydessä voidaan jakorasioilta toteuttaa putkitus uuteen väliseinään pienemmällä työllä.

### **3.2 Olemassa olevat kohteet**

Jo olemassa olevien kohteiden sähköasennusten muuntojoustavuuden lisääminen on taloudellisesti kannattavinta muiden suurempien saneerauksien yhteydessä, esimerkiksi linjasaneerauksen yhteydessä. Olemassa olevien kohteiden sähköasennuksia koskevat työt voidaan jakaa pääpiirteissään kahteen eri tyyppiin, olemassa olevien asennusten muutostöihin sekä sähköasennusten laajennuksiin. Standardi SFS6000-8-802 määrittelee sähköasennuksen muutos- ja laajennustyön seuraavasti: ”Toimenpide, jossa asennusta muutetaan tai laajennetaan siten, että asennuksen laajuus, käyttötarkoitus, olosuhteet tai suojausmenetelmät muuttuvat. Muutettuun tai laajennettuun asennukseen kuuluu sekä uusia että aikaisemmin käytössä olleita osia. Muutos- ja laajennustöitä koskevia sääntöjä noudatetaan myös silloin kun käyttöolosuhteet muuttuvat ja asennukset muutetaan vastaamaan muuttuneita käyttöolosuhteita. Tällaisia tilanteita voivat aiheuttaa esim. rakennustekniset muutostyöt, kuten peseytymistilan kylpyammeen tai suihkun paikan siirtäminen. Jos muutostyössä vain siirretään yksittäisen sähkölaitteen sijoituspaikkaa ilman, että käyttötarkoitus tai olosuhteet muuttuvat, muutostyö rinnastetaan korjaustyöhön.” (SFS6000-8-802, s.6.) Muutetuille tai laajennetuille sähköjärjestelmille tulee aina tehdä käyttöönottotarkastus ja tarkastuksesta laadittava pöytäkirja. Korjaustyönä tehtävät rikkoontuneiden laitteiden vaihdot eivät suoranaisesti vaikuta sähköasennusten muuntojoustavuuteen, joten niitä toimenpiteitä ei tarkastella tässä yhteydessä.

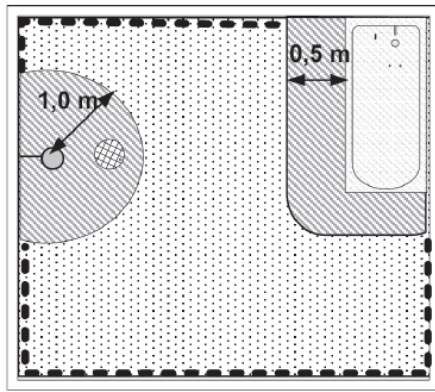
Tärkeää nykyisten määräysten osalta on huomioida, ettei standardien vaatimukset ole taannehtivia. Mikäli vanhat sähköasennukset vastaavat rakennusajankohdan vaatimuksia, saa niitä edelleen käyttää, mikäli niistä ei aiheudu vaaraa. (SFS6000-8-802, s.6) Kuitenkin tilojen muuntelun yhteydessä tulee tarkastella

sähköasennusten säilyminen vaatimusten mukaisina, koska sähköturvallisuuslaki 1135/2016 vaatii, että käyttäjän on huolehdittava sähköasennusten turvallisuudesta myös muuttuneissa olosuhteissa (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016).

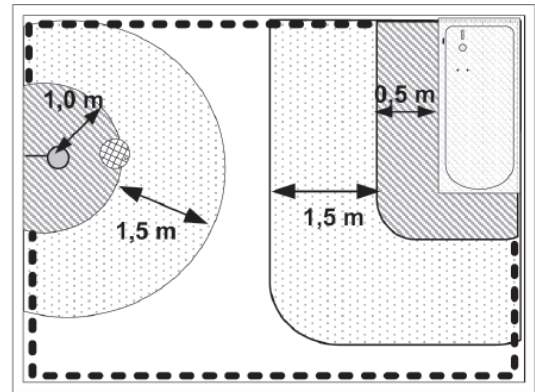
Pelkän lattiamateriaalin vaihto voi joissain tapauksissa tehdä vanhoista sähköasennuksista vaarallisia, kun vaikkapa muovimatto on vaihdettu laattapinnaksi. Tällöin johtamaton materiaali on vaihdettu johtavaan, jolloin ennen vuotta 1994 käytössä ollut käyttöolosuhdeluokka muuttuu. (ST51.40, s.3.)

Huonetilojen yhdistämisellä, esimerkiksi vanhan erilliskeittiön avaaminen avokeittiöksi, voi johtaa tilanteeseen, jossa eri luokituksilla olevien sähköpisteiden keskinäinen etäisyys jää liian lyhyeksi. Tällöin voidaan joutua vaihtamaan keittiöön yhdistyvän huonetilan sähköpisteet suojamaadoitetuiksi, jolloin saatetaan joutua uusimaan näiden johdotuskin kokonaisuudessaan. (ST51.40, s.3-4.)

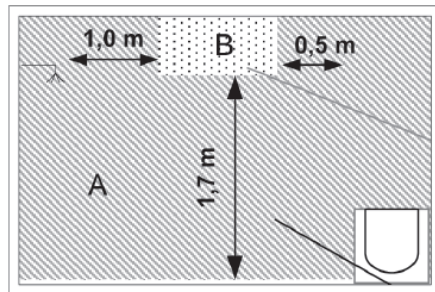
Kylpyhuoneissa tai keittiössä tehdessä vesipisteiden sijaintiin muutoksia, tulee sähköasennusten osalta tarkastella vesipisteiden ja sähköpisteiden välisiä minimietäisyyksiä. Mikäli sähköasennuksia ei uusita, tulee tarkastaa rakennusajankohdan vaatimuksia minimietäisyyksille. Mikäli sähköasennuksia uusitaan tai muutetaan, tulee seurata SFS 6000 -standardisarjan asettamia minimietäisyyksiä. A1-93 mukaisia määrittelyjä sekä nykyisiä määrittelyjä voidaan vertailla kuvien 4 ja 5 avulla.



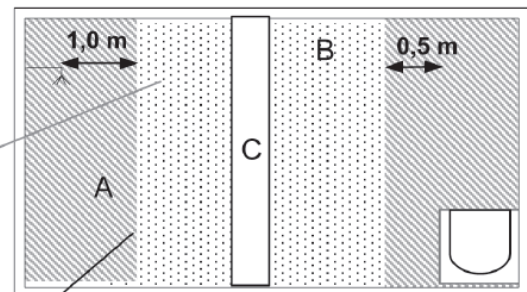
Pistorasian asennusalue h vähintään 1,7 m (h vähintään 0,8 m, turvapistorasia)  
0,5 m ammeen reunasta  
1,0 m suihkun suuttimesta



Pistorasian asennusalue h vähintään 1,7 m (h vähintään 0,8 m, turvapistorasia)  
Sallittu vain B- ja C-alueilla:  
0,5 m ammeen reunasta  
1,0 m suihkun suuttimesta

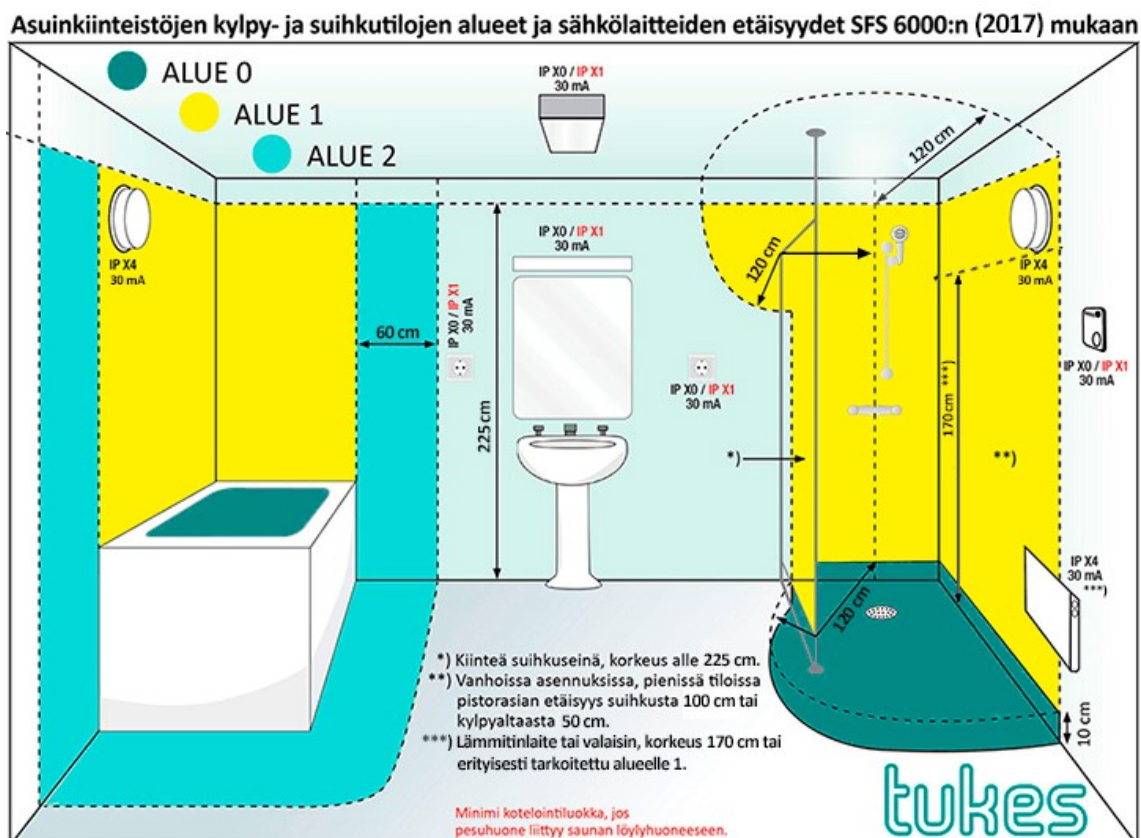


IP21



IPX4

KUVA 4. Peseytymistilojen aluemäärittely A1-93 mukaan (ST51.40, s. 5)



KUVA 5 Nykyiset kylpyhuoneen etäisyysvaatimukset SFS6000-7-701 mukaan (TUKES)

Huoneistojen yhdistämisessä täytyy myös tarkastella erikseen huoneistojen sähkönsyöttöjä. Mikäli molemmissa huoneistoissa säilytetään omat ryhmäkeskukset, yksi vaihtoehto on yhdistää syötöt jako-/tai mittarikeskuksessa yhden sähkömittarin taakse. Tällöin voi kuitenkin tulla tilanne, jolloin kaikkia uuden huoneistokonaisuuden sähköjä ei saada katkaistua yhdestä keskuksesta, jolloin kahdesta syötöstä on lisättävä erillinen varoituskylltti. Edellä mainitussa tilanteessa voisikin olla järkevämpää yhdistää keskuksset huoneistojen välillä ja käyttää vain toisen keskuksen syöttöä. Tämäkin vaatii kuitenkin erillisen ammattilaisen tarkastelun kohdekohtaisesti, koska syöttökaapelin mitoitus ei välttämättä ole enää riittävä. Toinen vaihtoehto on pitää keskusten syötöt entisellään ja pitää käyttöpaikat erillisinä.

Erilaisia tilallisia muutoksia ja niistä mahdollisesti aiheutuvia seurauksia on koottu taulukkoon 2.

TAULUKKO 2. Erilaisia saneerauksia, joissa muuntojoustavuudesta olisi hyötyä ja niiden mahdollisia seurauksia sähköasennusten kannalta.

<b>Tilallinen muutos</b>	<b>Mahdollinen seuraus</b>
<b>Väliseinän lisäys</b>	Valaisinpisteiden riittämättömyys tai epäsuotuisa sijainti, ohjauskytkimien epäsuotuisa sijainti, pistorasioiden ja muiden sähköpisteiden soveltuvuus uuteen tilaan ja/tai epäsuotuisa sijainti, uuteen väliseinään saatavilla olevat sähkösyötöt haastavia.
<b>Väliseinän poisto</b>	Väliseinässä sijainneiden sähköpisteiden purku ja käytössä olevien ohjauskytkimien siirto tai vaihto langattomiin, eri käyttöluokissa olevien sähköpisteiden välinen etäisyys riittämätön, 0-luokan sähköpisteiden turvaetäisyys riittämätön.
<b>Väliseinän siirto</b>	Väliseinässä sijainneiden sähköpisteiden käytöstä poisto/siirto, eri käyttöluokissa olevien sähköpisteiden välinen etäisyys riittämätön, 0-luokan sähköpisteiden turvaetäisyys riittämätön.
<b>Vesipisteiden siirrot</b>	Sähköpisteiden ja vesipisteiden välinen etäisyys riittämätön, sähköpisteiden suojausluokka riittämätön.
<b>Kalustusjärjestyksen muutokset kuivissa tiloissa</b>	Sähköpisteiden epäkäytännöllinen sijainti.
<b>Esteettömyysmuutokset</b>	Sähköpisteiden sijainti hankaloittaa tai estää käytön tai vaarantaa turvallisuuden
<b>Erilliskeittiön avaus avokeittiöksi</b>	Eri käyttöluokissa olevien sähköpisteiden välinen etäisyys riittämätön, 0-luokan sähköpisteiden turvaetäisyys riittämätön.
<b>Avokeittiön sulkeminen erilliskeittiöksi</b>	Ohjauskytkimien ja valaisinpisteiden sijainti epäkäytännöllinen, uuteen väliseinään tulevien sähköpisteiden syötön toteuttaminen.
<b>Kahden huoneiston yhdistäminen</b>	Huoneistojen ryhmäkeskusten erillisten syöttöjen yhdistäminen tai käyttöpaikkojen pitäminen erillään, erillissyöttöjen vaikutus sähköturvallisuuteen, ryhmäkeskusten ketjutuksen yhteydessä jako-/mittauskeskukselta tulevan syöttöjohdon kapasiteetin riittävyys.

Taulukkoon on koottu esimerkkejä yleisistä tilallisista muutoksista, joissa huonosti muuntojoustavista asennuksista voi olla epätoivottuja seurauksia. Yleispätevästi ei voida todeta mitä seurauksia varmuudella mistäkin saneerauksesta tulee sekä vanhemmassa rakennuskannassa on voitu jo muiden saneerausten yhteydessä tehdä saneerauksia myös sähköasennuksiin. Tästä syystä sähköasennusten osalta kannattaakin saneerauksissa ottaa myös sähköalan ammattilainen mukaan jo hankesuunnittelun aikana. Tällöin voidaan tapauskohtaisesti tarkastella mitä vaikutuksia muuntojoustavuuden saneerauksilla on sähköasennuksiin ja sähköturvallisuuteen sekä arvioida tarvittavien sähkösaneerausten aiheuttamia vaikutuksia kustannuksiin, toiminnallisuuteen sekä esteettisyyteen.

Muutos- ja laajennustöissä tulee noudattaa standardisarjan SFS6000 vaatimuksia. Tarkastelun ajanjaksona on voimassa ollut useita eri pienjännitesähköasennuksia koskevia määräyksiä ja standardeja. Näistä julkaisuista on ollut käytössä pienempiä muutoksia sisältäviä versioita sekä erilaisia lisämääräyksiä, ohjeita tiedonantoja sekä kiertokirjeitä. (SFS6000-8-802, s.13.) Säädosmuutosten pääkohdat on koottu taulukkoon 3.

TAULUKKO 3. Laki- ja säädosmuutosten pääkohdat (Koostettu ST51.05, TUKES, sähköturvallisuuden historiaa ja taannehtivien määräysten selvitys, SFS 6000-8-802 pohjalta)

Vuosi	Laki/Säädos/Ohjeistus	Tärkeimpiä muutoksia
1902	Laki sähkölaitoksista valon synnyttämistä tahi voimansiirtoa varten	Ensimmäinen sähköturvallisuussäädos, sähkölaitokset rakennettava siten, ettei synny vaaraa hengelle tai omaisuudelle. Myös säännöksiä maan luovutuksesta yleisemmän merkityksen sähköjohtoja varten.
1911	Määräyksiä vahvavirtasähkölaitoksia varten ja sääntöjä niiden rakentamiseen	Suomen Sähköteknillisen yhdistyksen julkaisu. Suomennos Saksan sähköteknillisen yhdistyksen julkaisusta. Teollisuushallitus kehotti maaherroja noudattamaan tämän määräyksiä sähkölaitoslupien myöntämisen yhteydessä.
1928	Laki sähkölaitoksista	Luonteeltaan ennen kaikkea sähköturvallisuuslaki.

<b>1930</b>	Sähkötarkastuslaitoksen käsikirja 1 "Varmuusmääräykset"	Pohja sähkölaitosten, asennusliikkeiden ja sähköteollisuuden toiminnalle sekä Sähkötarkastuslaitoksen valvonnalle ja tarkastuksille.
<b>1957</b>	A 1-57 "Sähkölaki ja varmuusmääräykset"	Kauppa- ja teollisuusministeriö vahvisti Sähkötarkastuslaitokselle valtuudet antaa sitovia sovellusohjeita.
<b>1974</b>	A 1-74 "Sähköturvallisuusmääräykset"	Urakointijärjestelmän valvonta siirtyi Sähkötarkastuslaitokselle, sisälsi myös määräyksiä sähkölaitteiden ennakkotarkastuksesta. Maadoituselektrodin asennus tuli vaatimukseksi.
<b>1979</b>	Sähkölaki	Tätä edeltänyt laki vuodelta 1928. Valtiovallalle suuremmat mahdollisuudet valvoa ja ohjata sähköhuoltoa kokonaisuutena. Lain säännöstyössä erotettiin selvästi sähköturvallisuutta koskevat säännökset ja sähköhuollon organisaatiota ohjaava säännöstä. Sähkölaitteiden suunnittelu, rakentaminen ja huolto tulivat luvanvaraisiksi. FI-hyväksymismerkki tuli lakisääteiseksi.
<b>1981</b>	A 1-80 "Sähköturvallisuusmääräykset"	Edellä mainitun sähkölain perusteella laadittu.
<b>1991</b>	A 1-89 "Sähköturvallisuusmääräykset"	Kelta-vihreä PEN-johdin käyttöön. Nollajohtoa ei saanut enää käyttää PEN-johtona.
<b>1994</b>	A 2-94 "Rakennusten sähköasennukset"	Siirsi Suomen asennusmääräykset EU-aikaan. Tuli voimaan suunnittelun osalta 1.1.1996 alkaen ja asennusten osalta 1.7.1997.
<b>1999</b>	SFS 6000 -standardisarja	Käyttöön 2.1.2000. Uusittu vuosina 2002, 2004, 2005, 2007, 2012 ja 2017.

Taulukkoon koottujen lakimuutosten ja säädösmuutosten sekä ohjeistuksien muutosten lisäksi on julkaistu useita erillisiä tiedonantoja. Näitä ei kaikkia ole taulukkoon koottuna. Lisäksi joissakin muutoksissa on ollut mukana taannehtivia määräyksiä ja velvoitteita, jolloin vanhoja asennuksia on saatettu joutua uusiin korjaus- ja muutostöiden yhteydessä. Näistä taannehtivista määräyksistä Turvatekniikan keskus (TUKES) on tehnyt kattavan selvityksen vuonna 1998. Tätä selvitystä on myös käytetty lähteenä taulukon koonnissa.

Vuotta 1974 edeltäneissä sähköasennuksissa ei ole vaadittu asennettavaksi sähköliittymään maadoituselektrodia eikä muita johtavia osia ole tarvinnut maadoittaa. Tämä tulee huomioida, mikäli vanhemmissa asuinrakennuksissa tehdään

sähköjärjestelmän muutos- tai laajennustöitä. Vuonna 1974 tapahtui myös suurimmat muutokset johdinväreissä. (SFS6000-8-802, s. 13.) Johdinvärien muutokset tarkasteluaikana on esitetty ST 51.04 -kortissa. Lisäksi samassa kortissa esitellään myös tavat, miten vanhoihin johtimiin on liitytty eri aikakausilla sekä miten liitokset tulee tehdä nykyisin. Tähän korttiin tutustuminen on tärkeää vanhoja sähköasennuksia korjattaessa tai muutettaessa.

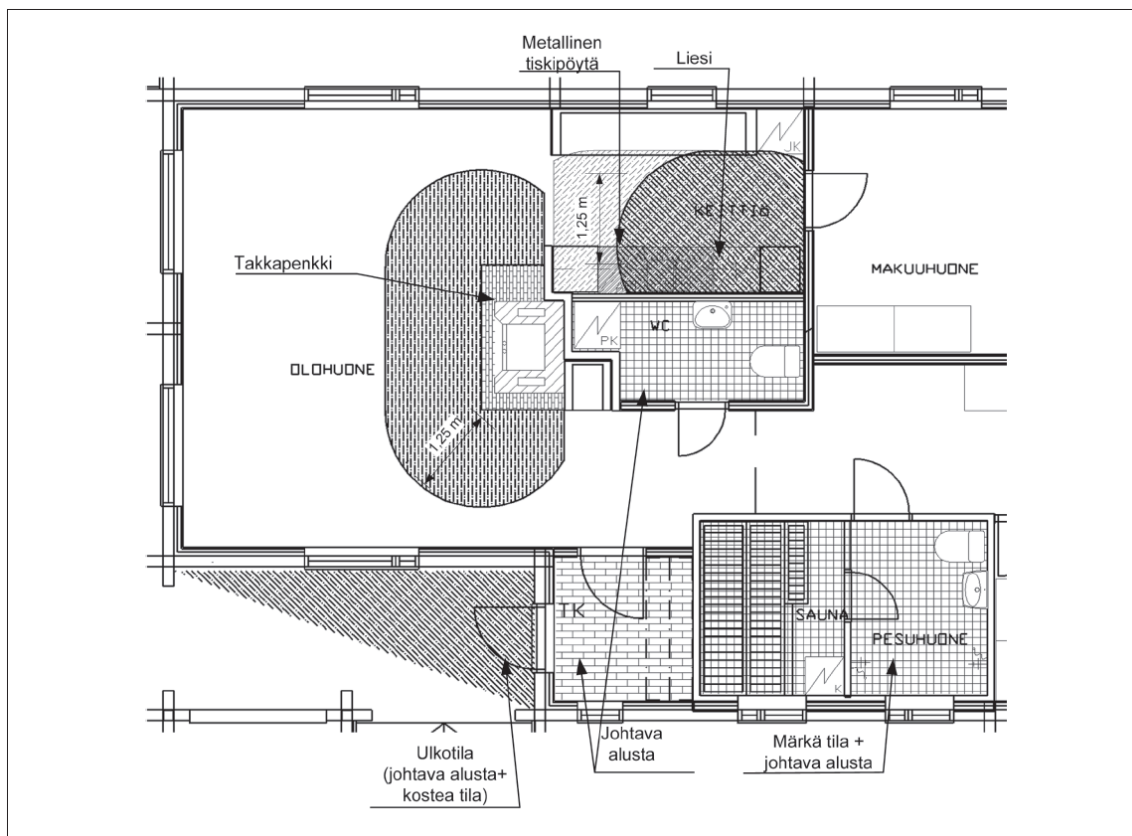
Ennen vuotta 1989 nollajohtimia on käytetty kahdella tavalla. Osa nollajohtimista on toiminut tavanomaisena nollajohtona, eli on kytketty nollapisteeseen mutta sillä ei ole suojajohdintoimintoja. Näin on toimittu suojausluokan II laitteiden sekä vaarattomissa olosuhteissa olevien suojamaadoittamattomien laitteiden kytkenöissä. Toisessa tavassa nollajohdinta on käytetty PEN-johtimen tavoin yhdistettynä nolla- ja suojamaadoitusjohtimena, eli on tehty nollauksia. Nämä on kytketty keskuksissa nollaliittimeen tai -kiskoon. Lisäksi näiden johdinpoikkipinta-ala ei aina täytä PEN-johtimen poikkipinta-alalle asetettuja vaatimuksia. Poiskytkentäajat olivat ennen vuotta 1989 määritetty kertoimilla ja vuodesta 1989 vuoteen 1994 oli poiskytkentäaika 5 s. Vuonna 1989 otettiin käyttöön kelta-vihreä PEN-johdin. Tätä ennen PEN-johtimen väritys vastasi puhtaan nollajohtimen väritystä, eli vaaleansininen tai harmaa. (SFS6000-8-802, s. 13)

Pistorasioiden suojaus on muuttunut vuonna 1994. Tätä ennen pistorasioilta ei ole yleensä vaadittu 30 mA vikavirtasuojasta. Vuodesta 1994 vuoteen 2007 on suojattu yleensä vain enintään 20 A ulkona olevat pistorasiat sekä pesutilojen ja muiden erikoistilojen pistorasiat. (SFS6000-8-802, s.13.) Lisäksi ennen vuotta 1994 sähköasennukset jaettiin sijoituspaikkojen mukaan erittäin vaarallisiin, vaarallisiin ja vaarattomiin käyttöolosuhteisiin. Näistä vaarattomissa käyttöolosuhteissa on voitu käyttää luokan 0 sähkölaitteita, ilman suojakosketinta olevia pistorasioita sekä luokan 1 sähkölaitteita ei ole tarvinnut suojamaadoittaa. (SFS6000-8-802, s.13.) Eri käyttöolosuhdeluokat on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Ennen vuotta 1994 käytössä olleet käyttöolosuhdeluokat (ST51.40)

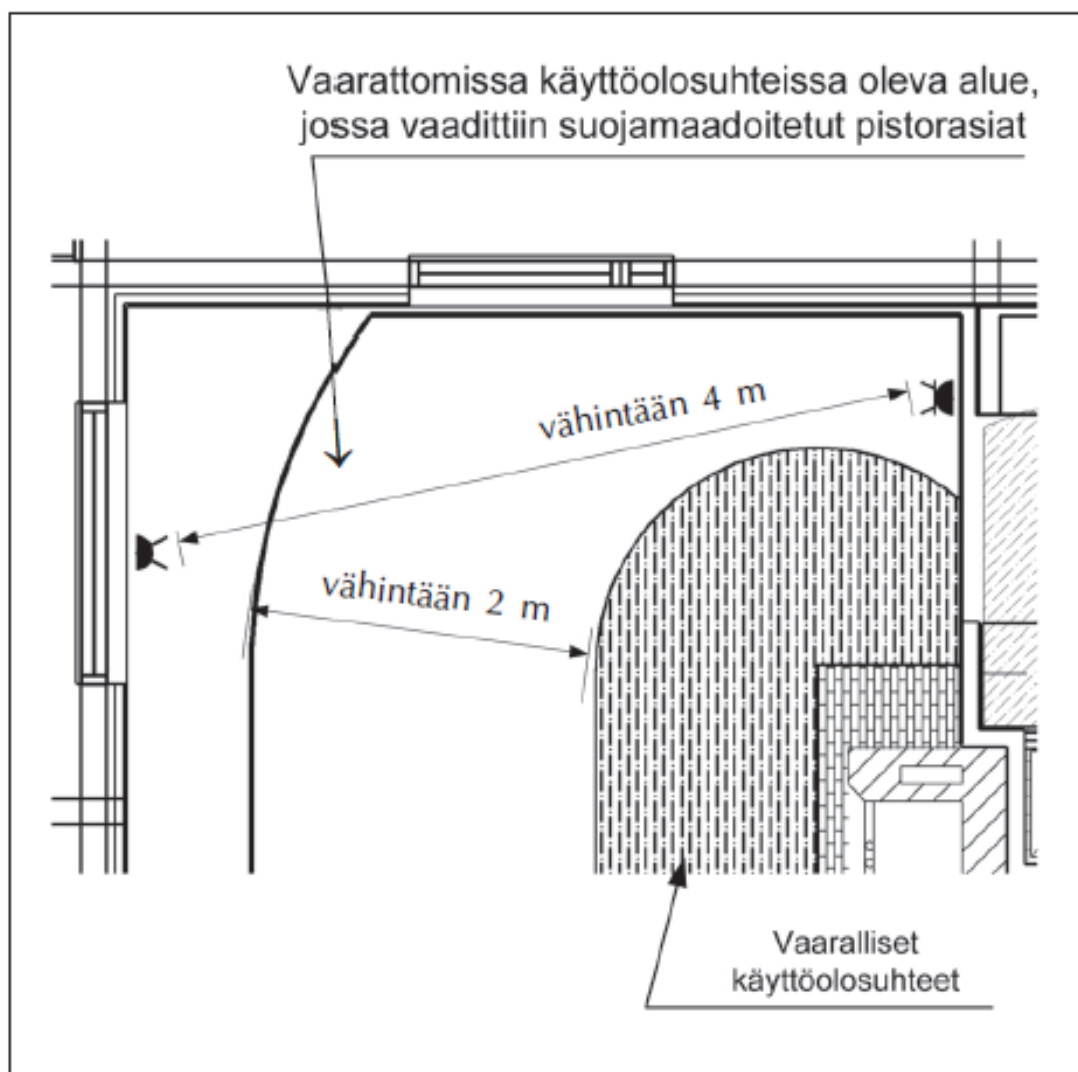
Käyttöolosuhde	Tilamäärittely	Kosketusjännitesuojaus (vikasuojaus)
<b>Erittäin vaaralliset käyttöolosuhteet</b>	Tilat, joissa johtavalla alustalla tai ahtaassa johtavaseinäisessä tilassa joudutaan pitelemaan käsin sähkölaitteita (Sähkötoimiset) leikkikalut ja kehonhoitolaitteet	Suojaerotus Suojaeristys Suojamaadoitus (+ vikavirtasuojakytkin siirrettävälle, ei eristysaineiselle sähkölaitteelle)
<b>Vaaralliset käyttöolosuhteet</b>	Johtava tai osittain johtava alusta Kosteaa, märkä tai syövyttäviä aineita sisältävä tila Sähkölaitetta ja maahan johtavassa yhteydessä olevaa metalliosaa joudutaan koskettamaan käyttötoimenpiteenä	Suojaerotus Suojaeristys Suojamaadoitus Suojajännite
<b>Vaarattomat käyttöolosuhteet</b>	Muut tilat	Ei kosketusjännitesuojausvaatimuksia (käyttöpaikka eristetty)

Aluemääritysten mukaan samassa tilassa saattoi olla useita erilaisia käyttöolosuhdeluokkia. Näiden kannalta merkittävää oli, että suojausetaisyysdelle asetetut vaatimukset täytyivät. Erilaisia käyttöalueita samassa asunnossa on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6 Aluemäärittelyesimerkki (ST51.40, s. 4)

Suojausluokan 0 pistorasiasta tuli olla vähintään 2 metrin etäisyys vaaralliseen käyttöolosuhdealueeseen. Lisäksi suojausluokkien 0 ja 1 pistorasioiden keskinäinen etäisyys tuli olla vähintään 4 metriä ja suojausluokan 0 etäisyys suojamaadoitettuun pistorasiaan liitetystä laitteesta (esimerkiksi jääkaappi) tuli olla vähintään 3,5 metriä. Mikäli kohteessa käytettiin kosketinkiskoja, tuli ne aina suojamaadoittaa. Tästä syystä 0-luokan pistorasian tuli sijaita vähintään 4 metrin etäisyydellä kiskosta ja enintään 1 metrin korkeudella sekä kosketinkiskossa olevat valaisimet tuli asentaa vähintään 2 metrin korkeuteen. Kosketinkisko ja ryhmäkeskus tuli varustaa tarralla, joka kielsi liittämästä kiskoon alle 2 metrin korkeuteen tulevia sähkölaitteita. Kuvassa 7 on esitetty maadoittamattoman 0-luokan pistorasian etäisyys vaarallisen käyttöolosuhteen alueesta.



KUVA 7. 0-luokan maadoittamattoman pistorasian minimietäisyydet vaarallisen käyttöolosuhdeluokan alueesta. (ST51.40, s.4)

Vanhempien asennusten kohdalla tulee huomioida, että asennuksissa voi olla käytössä laitteita, jotka eivät ole nykystandardien mukaisia ja eristysresistanssin vaatimukset ovat olleet lievempiä. Myös muut tehdyt saneeraukset ovat voineet muuttaa sähköasennusten turvallisuutta. Esimerkiksi johtavia pintojen ja putkien suojamaadoitus voi saneerauksien jäljiltä olla puutteellinen. Tästä syystä kaikissa kohteissa on syytä tehdä huolellinen tarkastelu sähköjärjestelmille aiempien saneerausten osalta sekä nykytilanteen kartoittamisen kannalta. Suositeltavaa on myös tutustua huolellisesti ST-kortteihin 51.04 ja 51.05 sekä SFS 6000-8-802 standardiin vanhojen sähköjärjestelmien saneerausta suunnitellessa.

## 4 PÄÄTELMÄT JATKOKEHITYS

Sähköasennusten vaikutus muuntojoustavuuteen on jossain määrin merkittävää. Lähestulkoon kaikki asennukset voidaan tarvittaessa uusida, mikäli tilojen muunneltavuus sitä edellyttää, mutta kustannukset kasvavat merkittävästi. Yleisesti tarkasteluaikana käytössä ollut uppoasennus sitoo sähköasennukset varsin tiukasti paikalleen ja sähköpisteiden siirtely on siten melko hankalaa, vaatien usein rakenteiden avaamista vähintään roiloamalla.

Uudisrakentamisessa tärkein lähtökohta hyvän muuntojoustavuuden saavuttamiseksi on hyvä suunnitteluyhteistyö, jossa tiloille pohditaan valmiiksi erilaisia kalustus- ja väliseinäratkaisuita. Näin voidaan välttää sähköpisteiden hankalan sijoittelun tuomat haasteet. Toisena huomiona muuntojoustavuuden lisäämisestä sähköasennusten osalta liittyy langattomien järjestelmien hyödyntämiseen. Langaton ohjaus vapauttaa käyttökytkimien sijoittelun. Kolmas vaihtoehto on käyttää tiloissa kevyesti alaslaskettuja kattoja, jolloin väliin jäävää tilaa voidaan käyttää helposti muunneltavana sähkön syöttöreittinä. Tällöin vain seinäasennuksissa voidaan joutua turvautumaan roiloamisiin.

Olemassa olevien saneerauskohteiden osalta muuntojoustavuuteen vaikuttaa merkittävästi sähköasennusten rakennus- tai saneerausajankohta. Yleisesti sähköjärjestelmään muutoksia tehtäessä tulee noudattaa nykyistä ohjeistusta, jolloin vanhoja asennuksia saatetaan joutua uusimaan merkittävästi. Samoin eri aikakausien säädökset ovat asettaneet tiloille erilaisia vaatimuksia, jolloin saatetaan joutua tekemään pintasaneerauksien yhteydessä myös muutoksia sähköasennuksiin sähköturvallisuuden säilyttämiseksi. Saneerauskohteita tuleekin tarkastella edellä mainituista syistä usein tapauskohtaisesti. Sähköjärjestelmien uusimisen yhteydessä kannattanee harkita myös langattomien järjestelmien hyödyntämistä, jolloin pystytään lisäämään muuntojoustavuutta jatkoa ajatellen.

Tutkimuksen perusteella voisi jatkokehityksen kannalta olla hyödyllistä tarkastella eri vuosikymmenillä toteutettuja sähköjärjestelmien saneerausten vaikutusta. Lisäksi voisi olla hyödyllistä tutkia linjasaneerausten yhteydessä tehtävien toimenpiteiden kustannusvaikutuksia. Tässä tutkimuksessa ei kustannusvaikutuksiin

ole erityisesti otettu kantaa, vaan on keskitytty lähinnä säädösten ja tekniikan kehityksen vaikutuksiin.

Tekniikan osalta jatkokehitystä voisi lähestyä sähköpisteiden sijoittelun muutosten helpottamisen näkökulmasta. Antenni- ja tietoliikenneyhteyksien kannalta langattomat ratkaisut ovat jo nyt käytettävissä. Tällöin niiden osalta muunneltavuus olisi siis varsin helposti toteutettavissa jo nykyteknologialla. Nykyisin käytävissä olevat langattomat sähkölaitteiden ohjausjärjestelmät (langattomat kytkimet ja älylaitesovellukset) mahdollistavat ohjausten vapaamman sijoittelun. Ledi-valaistuksen yleistyessä valaisinpisteitä ei välttämättä tarvitsisi jatkossa toteuttaa 230 voltin vaihtojännitteellä, vaan toteutus voitaisiin tehdä matalammalla jännitteellä ja tasavirralla. Tämä voisi osaltaan mahdollistaa esimerkiksi kattorakenteeseen sijoitettavien jännitekiskojen avulla vapaammin sijoitettavien ja helposti lisättävien valaisinpisteiden käytön.

Seinärakenteeseen sijoitettavat jännitekiskot pistorasioita varten voisivat olla yksi mahdollinen tapa toteuttaa helposti siirrettäviä ja lisättäviä pistorasioita. Lisäksi kiskostoa voisi olla mahdollista jatkaa myös myöhemmin lisättäviin kevyisiin väliseiniin, jolloin niidenkin osalta pistorasioiden sijoittelu olisi vapaampaa.

Molemmissa tapauksissa tosin täytyy sähköturvallisuuden kiinnittää erityistä huomiota tuotteiden suunnittelun yhteydessä. Etuna molemmissa olisi se, ettei näiden pisteiden siirtämisessä tai lisäämisessä välttämättä tarvittaisi aina sähköalan ammattilaista, vaan ne olisivat käyttäjän itse toteutettavissa. Tällöin myös tilojen muutoksissa syntyvistä kustannuksista siirtyisi osa jo rakennusvaiheeseen.

## LÄHTEET

Hakaste, Harri. Muuntojouston uusi tuleminen. Luettu 7.9.2021  
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150201.pdf>

ISO 20887. 2020. Sustainability in buildings and civil engineering works – Design for disassembly and adaptability - Principles, requirements and guidance. Luettu 15.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden.

Pelsmakers Sofie, Poutanen Jenni, Saarimaa Sini (Routledge 2020): (Hybrid) architecture in and over time  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202102091992>

Rönkä Eetu, projekti-insinööri, T2H Pirkanmaa Oy, asiantuntijahaastattelu, sähköpostikeskustelu 29.10.2021

SFS 6000-8-802:2017 Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-802: Täydentävät vaatimukset. Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt. SESKO ry. 2017

Sivén, Kirsti & Asko Takala Arkkitehdit Oy (Helsingin innovaatorahaston julkaisu 2016) Tilaa asumiselle.

ST27.01 Perustietoa esteettömän asuinympäristön sähkö-, tele- ja turvasuunnittelusta, Sähkötieto ry, 2019.

ST51.04 Johdinvärit 230/400 V:n järjestelmissä. Sähkötieto ry, 2019

ST51.05 Sähköasennusmääräykset 1930-luvulta nykypäivään. Sähkötieto ry, 2019

ST51.40 Asuntojen sähköasennusten tyypillisimmät korjaus- muutos- ja laajennustyöt. Sähkötieto ry, 2018

TUKES, Kylpy- ja suihkutilojen sähköasennukset. Verkkosivusto. Luettu 30.10.2021  
<https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/sahkoasennusten-tekniset-vaatimukset/kylpy-ja-suihkutilojen-sahkoasennukset>

TUKES, Taannehtivasti sovelletut sähkölaitteistojen rakennetta koskevat määräykset. PDF-aineisto. Luettu 21.8.2021 <https://tukes.fi/documents/5470659/6372805/Selvitys+taannehtivista+m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4yksist%C3%A4/8863d615-8db2-4d60-84e8-2956d404060d/Selvitys+taannehtivista+m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4yksist%C3%A4.pdf?t=1524396351000>

TUKES, 2017, Sähköturvallisuuden historiaa -tiedotesarja. Verkkomateriaali. Luettu 13.7.2021  
<https://tukes.fi/-/miten-sahkoturvallisuus-on-kehittynyt-suomessa>  
<https://tukes.fi/-/sahkoturvallisuuden-historiaa-osa-2>  
<https://tukes.fi/-/sahkoturvallisuuden-historiaa-osa-3>

<https://tukes.fi/-/sahkoturvallisuuden-historiaa-osa-iv>  
[https://tukes.fi/-/sahkoturvallisuuden-historiaa-osa-v-ennakkotarkastuksesta-  
markkina-  
valvontaan](https://tukes.fi/-/sahkoturvallisuuden-historiaa-osa-v-ennakkotarkastuksesta-markkina-<br/>valvontaan)

Vecta Finland. Vecta tuotteet, verkkosivusto. Luettu 12.11.2021  
<http://vecta.fi/wp/tuotteet/>