

Ekaterina Kangas

# Muurattujen julkisivujen vauriot, korjaus ja kuntotutkimusmenetelmät

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

24.8.2017

## ALKUSANAT

Haluan osoittaa kiitokseni Metropolia ammattikorkeakoululle hyvästä opetuksesta ja yliopettajalle Hannu Hakkaraiselle työni ohjauksesta, nopeasta ja kehittävästä palautteesta, neuvoista ja materiaaleista, joita ilman työn tekeminen olisi ollut paljon hankalampaa. Kiitos myös viestinnän lehtorille Tuomo Suorsalle sekä englannin kielen lehtorille Anne Hannilalle tarkastuksesta ja kommentista. Lisäksi kiitos T1016S6 ryhmän koulukavereille, joiden kanssa oli todella kivaa suorittaa opintoja mukavassa ilmapiirissä.

Erityisesti haluan kiittää suomen kielen opettajaani Helmi-Paula Pulkkista opetuksesta ja neuvoista, Alisa Garikovaa abstract:ia koskevista vinkeistä ja Kallea kannustamisesta, oikoluvusta ja kommentista. Lisäksi kiitos minun vanhemmilleni, siskoilleni ja kaikille ystäväilleni tuesta ja uskosta onnistumiseeni.

Riihimäellä

29.8.2017

Ekaterina Kangas

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Ekaterina Kangas Muurattujen julkisivujen vauriot, korjaus ja kuntotutkimusmenetelmät 77 sivua + 2 liitettä 24.8.2017
Tutkinto	Insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Korjausrakentaminen
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Hannu Hakkarainen, Metropolia AMK
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä tiileen rakennusmateriaalina, historiallisten rakennusten muurattujen julkisivujen korjausmenetelmiin ja vauriokartoituksen tulosten analysointiin sekä laatia ohjemalli tiilijulkisivun kuntotutkimukseen. Yksi opinnäytetyön lähtökohdista oli huomioida rakennusten historialliset arvot tehdyissä korjauksissa ja muutoksissa.</p> <p>Työssä tutkittiin tiilirakentamisen historiaa maailmassa ja Suomessa, tiilen ja tiilirakenteiden ominaisuuksia, tiilimuurin mahdollisia vaurioita ja niiden syitä sekä soveltuvia korjaustapoja. Lisäksi tutkittiin muuratun julkisivun kuntotutkimusmenetelmiä, joiden avulla on mahdollista suorittaa myös historiallisten kulttuurisesti arvokkaiden tiilirakennusten kuntotutkimuksia. Työssä pyrittiin kokoamaan yhteen kaikki soveltuvat tutkimusmenetelmät ja laatimaan ohje tiilijulkisivun kuntotutkimusta varten.</p> <p>Opinnäytetyön rajauksena on 1800-luvun lopussa ja 1900-luvun alussa tiilestä rakennetut teollisuuskohteet. Työssä käsiteltiin myös vanhojen teollisuusrakennusten käyttötarkoituksen muutoksia esimerkkeineen.</p> <p>Opinnäytteen esimerkkeinä on käytetty historiallisia rautatierakennuksia Riihimäellä ja niiden muurattuja, korjausta vaativia julkisivuja. 1800-luvulta peräisin olevat rakennuskohteet ovat nykyään Suomen Valtionrautateiden omistuksessa. Asemakaavassa ne on merkitty valtakunnallisesti ja seudullisesti merkittävänä kohteina ja korjaustyöt tulisi suorittaa Museoviraston valvonnan alaisuudessa.</p> <p>Riihimäen tiiliset veturitallit ja lennätinkonepaja on rakennettu 1800-1900-lukujen vaihteessa ja ne edustavat sen ajan tyypillistä teollisuusarkkitehtuuria. Opinnäytetyön aikana suoritettiin useita käyntejä kohteissa ja tutkittiin ko.rakennusten tiilijulkisivujen vaurioita sekä pohdittiin niiden syitä ja korjausmahdollisuuksia.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin taulukon muodossa ohjeistus tiilijulkisivun kuntotutkimuksille vauriotyypeittäin.</p>	
Avainsanat	tiili, muuratut julkisivut, kuntoarvio, korjausrakentaminen, historialliset rakennukset, kuntotutkimusmenetelmät

Author(s) Title Number of Pages Date	Ekaterina Kangas Damages, Renovation and Assessment Methods for Masonry Facades 77 pages + 2 appendices 24 August 2017
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Renovation
Instructor(s)	Hannu Hakkarainen, Principal Lecturer, Metropolia UAS
<p>The purpose of the thesis was to explore the usage of bricks as building material, the methods of renovating historic buildings' masonry facades, to analyze the examination results for defects and to create guidelines on how to carry out the structural survey of brick facade. One of the main points of the thesis is to pay attention to historic value during the renovation process.</p> <p>The history of constructing brick buildings all over the world and in Finland in particular, were studied for this thesis, as well as, technical characteristics of bricks and brick constructions, possible damages in exposed brick walls, and their causes and suitable renovation methods. In addition, renovation methods of historic buildings' masonry facades, which make it possible to carry out the structural survey of historic buildings which are heritage sites, were studied. All the suitable condition assessment methods were considered, based on which guidelines for conducting a structural survey of a brick façade were created.</p> <p>The thesis is aimed at studying industrial brick constructions built at the end of the 19th – at the beginning of the 20th century. In addition, changes in the usage of old industrial buildings were studied and examples of these are provided in the thesis.</p> <p>Historic railway buildings in Riihimäki with damaged brick facades which badly needed renovation were used as examples. Built in the 19th century, they are now owned by Suomen Valtionrautatiet, Finnish State Railways. The buildings are marked on the town maps as heritage sites, which have state and local historic value. Due to this fact, any renovation work must be done under the supervision of Museovirasto, Finnish National Board of Antiquities. Built at the turn of the 20th century, brick locomotive repair shops and the Telegraph building are examples of typical industrial constructions of the time. While working on the thesis, the researcher paid several visits to the above mentioned sites in order to examine their facade damages, analyze the results and the reasons for the damage and suggest options for renovation.</p> <p>As a result of the thesis the guidelines for brick facade condition assessment methods according to type of damage is provided in the form of a table.</p>	
Keywords	brick, masonry facades, renovation, condition survey, historical buildings, condition assessment methods



## Sisällys

Lyhenteet

Sanasto

1	Johdanto	1
2	Tiilirakentamisen historia	3
2.1	Tiilihistoria maailmassa	3
2.2	Tiilihistoria Suomessa	4
3	Tiili materiaalina	6
3.1	Ominaisuudet	6
3.1.1	Tiilen valmistus	7
3.1.2	Tiilikiven tyypit, koot ja limitykset	9
3.1.3	Lujuusominaisuudet	12
3.1.4	Tiilimuurin lämpö- ja kosteustekninen toiminta	12
3.1.5	Pakkasenkestävyys	13
3.1.6	Suolapitoisuus	13
3.1.7	Laastisaumat	13
3.1.8	Tiilirakenteiden tulipalonkestävyys	14
3.2	Tiili julkisivumateriaalina	14
4	Tiilijulkisivun vauriot ja niiden syyt	15
4.1	Tiilipinnan likaantuminen	15
4.2	Rakenteelliset vauriot	16
4.3	Suolavauriot	18
4.4	Kosteusrasitus- ja pakkasvauriot	19
4.5	Laastisaumojen vauriot	20
4.6	Metallirakenteiden korroosio	22
4.7	Mekaaniset vahingot	23
5	Muuratun julkisivun korjaaminen	23
5.1	Tavanomaiset korjausmenetelmät	23
5.1.1	Tiilen vaihtaminen	24
5.1.2	Saumojen uusiminen	26
5.1.3	Halkeamien ja painumavaurioiden korjaus	27
5.1.4	Teräsosien korjaaminen	28

5.1.5	Pellitykset	28
5.1.6	Tiilijulkisivun puhdistaminen	29
5.2	Korjauksen mahdolliset ongelmat	30
6	Historiallisten rakennusten korjausmahdollisuudet	31
6.1	Kulttuuriarvokkaiden rakennusten suojele	31
6.2	Rakennusten uusi käyttötarkoitus	32
6.3	Esimerkkejä käyttötarkoituksen muuttamisesta	33
6.4	Riihimäen historialliset rakennukset	37
7	Esimerkkirakennukset: Riihimäen veturitalli ja lennätinkonepaja	39
7.1	Riihimäen veturitalli	39
7.1.1	Kohteen historia ja alkuperäinen käyttötarkoitus	40
7.1.2	Kohteen perustiedot	42
7.1.3	Julkisivujen vaurioiden kartoitus ja sopivat korjaukset	43
7.1.4	Rakennuksen nykyinen käyttö	50
7.2	Riihimäen lennätinkonepaja	51
7.2.1	Kohteen historia ja alkuperäinen käyttötarkoitus	51
7.2.2	Kohteen perustiedot	55
7.2.3	Julkisivujen vaurioiden kartoitus ja sopivat korjaukset	56
7.2.4	Rakennuksen nykyinen käyttö	59
8	Tiilijulkisivujen kuntotutkimusmenetelmät	59
8.1	Vanhojen suunnitteluasiakirjojen ja piirustusten tutkiminen	59
8.2	Kenttätutkimukset	61
8.3	Laboratoriotutkimukset	68
8.3.1	Näytteenotto	68
8.3.2	Mikroskooppitutkimukset	69
8.3.3	Kemialliset tutkimukset	70
8.3.4	Muut laboratoriotutkimukset	70
8.4	Kuntotutkimuksen dokumentointi	71
9	Yhteenveto	72
	Lähteet	75
	Liitteet	
	Liite 1. Маяк ЗИ-2.1 mittauslaite	
	Liite 2. Muuratun julkisivun kuntotutkimusmenetelmät vauriotyypeittäin	

## Sanasto

**Glasiaalisavet** ovat sedimentoituneet eli kerrostuneet vesistöjen pohjalle jääkauden aikana. Nämä savet koostuvat enimmäkseen kvartsista, maasälvästä, amfibolista, hydrokiilteistä, tavallisista kiilteistä sekä useista muista mineraaleista.

**Inventointi** on järjestelmällistä tiedon hankintaa ja tallentamista esimerkiksi rakennetusta ympäristöstä, maisemasta tai muinaisjäännöksistä. Inventointihankkeen aikana kootaan tietoa lähdekirjallisuudesta ja arkistoista, täydennetään sitä maastotarkastusten pohjalta ja tulokset kirjataan raportiksi.

**Kesätys.** Tavoitteena on kuivattaa savea ja poistaa siitä suoloja. Savimaa aurataan, jolloin happi, aurinko ja sade pääsevät vaikuttamaan kuohkeaan (ks. Talvetus) saveen.

**Laiha savi.** Laihassa savessa hienojakoisen (alle 0,002 mm) aineksen osuus on pienempi kuin lihavassa savessa. Parhaissa savissa eri raekoot ovat tasapuolisesti edustettuina ja hienojakoisen aineksen osuus on 40 – 50 %.

**Laihduttaminen** on sekoittamista saveen laihdutusaineita (mm. hiekka), jotta se ei kutistu liikaa kuivuessaan eikä halkeile. Palamattomat sekoiteaineet ovat myös samotti, graffiitti, liitu ja sammutettu kalkki. Mikäli tiilestä halutaan tavallista huokoisempi, laihduttamisessa käytetään palavia sekoiteaineita, esimerkiksi sahanpurua, olkea, turvetta ja hiilimurskaa.

**Liettäminen** on saven puhdistamista. Hiekka erotetaan savesta sekoittamalla altaassa savea runsaaseen veteen ja antamalla sen jälkeen painavamman aineksen laskeutua pohjaan.

**Lihava savi.** Lihavalla savella tarkoitetaan koostumukseltaan hienojakoista saviainesta, joka helposti halkeilee kuivuessaan.

**Lämpölaajeneminen** ilmoitetaan **pituuden lämpötilakertoimella**, joka ilmoittaa, kuinka suuri on metrin mittaisen sauvan pituuden kasvu, kun lämpötila nousee asteen.

**Massiivirakenne** on rakenne, jonka kaikki rakennusosat kantavat kuormitusta.

**Muototiili** on yleisnimitys, jolla tarkoitetaan tavallisen muuraustiilen suorakulmaisesta muodosta poikkeavia tiiliä.

**Mädätys** on saven varastoimista 'koneistohienonnuksen' jälkeen maakuoppiin useiksi kuukausiksi. Tänä aikana sen plastisuus paranee ja se kuohkeutuu bakteeritoiminnan vaikutuksesta.

**Pilasteri** on rakennuksen seinässä kiinni oleva ja siitä vähän ulkoneva, poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoinen pilari. Pilastereilla on arkkitehtuurissa ensisijaisesti koristeellinen tehtävä, eivätkä ne yleensä ole rakennuksen todellisia tukirakenteita.

**Rakennushistoriaselvitys.** Rakennushistoriaselvityksen kohteena on rakennus tai rakennettu kokonaisuus, jonka historiaa, muutosvaiheita ja nykytilaa tutkitaan arkistolähteiden ja kenttätöiden avulla.

**Röntgendiffraktio** on materiaalitutkimuksen menetelmä, jolla saadaan tietoa mineraalien ja kemiallisten yhdisteistä. Röntgendiffraktiossa röntgensäteily diffraktoituu kiteestä. Säteilyn sironnakulma riippuu diffraktoivien tasojen välimatkasta.

**Samotti (chamotti)** on murskattua poltettua savea. Sitä käytetään esimerkiksi tulenkestävien tiilien valmistuksessa.

**Sumppaus.** Sumppauksen tavoitteena on saven kosteuden tasoittaminen. Savi kerrostetaan sumppausaltaaseen hiekan kanssa ja kostutetaan hieman, minkä jälkeen sen annetaan 'sumppaantua' noin vuorokauden.

**Talvetus.** Talvetuksen tavoitteena on saven rakenteen särkeminen, kuohkeuttaminen. Kostean saven annetaan jäätyä kauttaaltaan joko ajamalla sitä kasoihin tai ojittamalla savialue.

**Vedenimukyky** ilmoittaa tiilikiven huokosten imemän kokonaisvesimäärän.

**Vedenimunoisuus** on kuivan tiilikiven lapepinnan minuutissa imemä vesimäärä.

## 1 Johdanto

Opinnäytetyö on tehty Metropolia ammattikorkeakoulussa kesän 2017 aikana. Opinnäytetyön aihe syntyi siitä, että korjausrakentamisen erilaisissa ohjeissa on ollut hyvin suppeasti esitetty materiaaleja muurattujen julkisivujen kuntotutkimusmenetelmistä. Lisäksi teollisuusrakennusten puhtaaksi muurattujen julkisivujen kuntotutkimuksiin on aika niukasti kiinnitetty huomiota, vaikka sellaisia tiilirakennuksia löytyy runsaasti ympäri Suomea.

Työn tavoitteena on selvittää, miten historiallisten rakennusten tiilijulkisivujen vauriot on mahdollista kartoittaa erilaisia tutkimusmenetelmiä käyttäen. Tätä varten pitää ymmärtää massiivisen tiiliseinän rakenteen teknistä toimintaa, tiilen ja muurauslaastin ominaisuuksia sekä muuratun julkisivun vauriomekanismit. Julkisivujen kuntotutkimusmenetelmissä käsitellään sellaiset tutkimustavat kuten kohteen historian ja vanhojen asiakirjojen tutkiminen, ainetta rikkomattomat ja ainetta rikkovat kenttätutkimukset paikan päällä sekä näytteenotto ja laboratoriotutkimukset.

Tämän työn rajauksena on historialliset kulttuuriarvokkaat teollisuusrakennukset, joille löytyi tai ei ole vielä löytynyt uutta käyttötarkoitusta, sekä ne rakennukset, joiden käyttö on nykyäänkin lähellä alkuperäistä.

Opinnäytetyössä käsitellään yksityiskohtaisesti Riihimäen tiiliset veturitallit ja lennätinkonepaja, jotka sijaitsevat kaupungin vanhassa keskustassa ja edustavat 1800-1900-lukujen vaihteen tyyppillistä teollisuusarkkitehtuuria. Työssä pyritään selvittämään rakennusten julkisivujen kuntoa sekä pohditaan vaurioiden syistä ja soveltuvista korjauksista. Havainnot esitetään vauriokartoituksen muodossa, joista voidaan saada alustavat tiedot varsinaista kuntotutkimusta ja mahdollista korjaussuunnitelmaa varten.

Tässä opinnäytetyössä julkisivujen vauriokartoitus perustuu pääosin silmämääräisiin havaintoihin sekä tarkastelun yhteydessä vanhoista asiakirjoista saatuihin tietoihin. Tämän takia työn sisältämät valokuvat, selostukset esimerkkirakennusten vaurioista ja korjausehdotukset eivät edusta koko korjaustöiden laajuutta tai vaikeusastetta, vaan ovat pääosin satunnaisia esimerkkejä. Tutkittavat kohteet ovat valtakunnallisesti ja seudullisesti merkittäviä, minkä takia rakennusten korjaamisella tulisi hakea

mahdollisimman pitkäaikaista kestävyyttä sekä julkisivuille alkuperästä lähellä olevaa ulkonäköä.

Ennen varsinaista vaurioiden käsittelyä tutkittiin rakennuksiin liittyviä vanhoja asiakirjoja, piirustuksia sekä rakennusten historiaa ja alkuperäinen käyttötarkoitus. Työssä kerrotaan vauriokohteiden korjauksista käsittelemällä myös teoreettista taustaa sekä esitetään mahdollisia korjausvaihtoehtoja.

Opinnäytetyön tuloksena on ohjeet tiilijulkisivun kuntotutkimuksille taulukon muodossa, joiden avulla on mahdollista arvioida julkisivun vaurioitumisen tilanne. Tämän taulukon pohjalta voidaan myös päätellä eri vaurioiden syistä sekä pohtia niiden estämistä ja mahdollisia korjaustoimenpiteitä.

## 2 Tiilirakentamisen historia

### 2.1 Tiilihistoria maailmassa

Muuraustekniikan kehityksen osana ovat olleet aina itse muurauksessa käytetyt materiaalit. Ulkoilmassa kuivatut savitiilet olivat hallitseva materiaali savialueilla jo esihistoriallisella ajalla. Eräiden arvioiden mukaan muurattuja rakenteita tehtiin poltetuista tiilistä jo 10 000 – 20 000 vuotta sitten. Kaivaukset osoittavat, että tiilen poltto ja lasitus on tunnettu ainakin 2000 – 3000 vuotta eKr. Egyptissä ja Mesopotamiassa varhaisimmat tiilirakenteet muotoiltiin savesta, vahvistettiin savimassaan lisäämällä olkia ja kuivattiin auringossa. Vanhin Egyptin säilyneistä muurauksista on kuningas Menesin mastabat (3200 – 2500 eKr). [1, s. 85.]

Rooman imperiumin rakentajia pidetään epäilemättä ensimmäisinä, jotka nykyisen Euroopan alueella aloittivat käyttämään poltettua tiiltä laajemmassa mitassa. Suurin tiilirakentamisen nousu tapahtui keisarien aikana, kun Rooman legioonat levittivät oppia ympäri Eurooppaa, etenkin Britanniaan ja Saksaan. Myöhemmin kansainvaellukset ja Rooman valtakunnan hajoaminen vähensi tiilen käyttöä rakennusmateriaalina: tiilen poltto väheni ja rakentamisessa käytettiin olemassa olevien rakennusten tiiliä. Tiilentekotaito ei ollut hävinnyt kokonaan, mutta imperiumin hajottua tiilirakentaminen jatkui vain joillakin rajoitetuilla ja erillisillä alueilla. [2, s. 1–2.]

Roomalaisen tiiliarkkitehtuurin perinteitä säilytettiin Pohjois-Italiassa, varsinkin Lombardiassa ja Venetsiassa, josta nykytiilen muoto on kotoisin. Roomalaisten tiili oli kuitenkin pääasiassa laatanmuotoinen. [1, s. 85.]

1100-luvulla Pohjois-Italiasta tiilenpolttotaito levisi Alppien pohjoispuolelle, mikä merkitsi tiilirakentamiselle omaa renesanssia. Pohjois-Saksan rannikolla poltettua tiiltä käytettiin ensi kerran Lyypekin tuomiokirkon rakentamisessa vuonna 1173, jolloin tiilet valmistettiin työmaalla uuneissa. 1200-luku oli tiilen vuosisata, jolloin kerjäläismunkit toimivat muuraustaidon levittäjinä. Saksalaisten Baltian valloittaessa tiiliarkkitehtuuri levisi Baltian maihin sekä Tanskan kautta Ruotsiin. Suomeen tiilirakentaminen tuli Baltiasta ja Ruotsista. [2, s. 2–3.]

Tiilien valmistuksen tekninen kehitys polki paikallaan lähes 4000 vuotta, ja vasta 1800-luvun puolivälissä kehittyminen pääsi vauhtiin höyrykoneiden, tiilen pursotuskoneiden ja rengasuunien keksittäessä Saksassa. 1870-luvulla koneet otettiin käyttöön Suomessakin, mutta kuitenkin 1900-luvulla 85% tiilistä vielä lyötiin käsin. [2, s. 7.]

## 2.2 Tiilihistoria Suomessa

Muuratut tiili- ja kivirakenteet tulivat käyttöön Ruotsissa jo 1100-luvun lopulla. Varhaisimmat tiilirakenteet Suomen alueella on löydetty Röntämäellä eli Koroisissa sijainneen piispankirkon paikalla tehdyissä kaivauksissa. Kirkko oli rakennettu todennäköisesti 1200-luvun alkupuolella. Myös Sibbesborgin ja Porvoon linnanmäkien puolustusrakennuksissa kaivauslöytöjen mukaan on käytetty tiiltä varhain keskiajalla. Laajemmin tiiltä ryhdyttiin käyttämään 1300-luvun alusta lähtien kivikirkkojen ja linnojen rakentamisessa. [3.]

Suomessa tiilen käyttö ja valmistus alkoi vuosina 1230-1280. Vanhimmat muuraukset löytyvät Maskusta (piispanlinna Stenberga), Janakkalasta (Hakoisten linna), Liedosta (vanhalinna) sekä Nousiaisten ja Koroisten kirkoista. [1, s. 85.]

Itämeren maiden rakennustaiteen hallitsevaksi suuntaukseksi 1200-luvulla kohosi gotiikka, jossa tiili esiintyi keskeisenä materiaalina. Se oli kuitenkin luonnonkiveä harvinaisempi ja kalliimpi materiaali, jota vielä 1300-luvulla käytettiin lähinnä vain koristetarkoituksiin harmaakivikirkkojen päädyissä sekä aukkojen pielissä, holvauksissa ja holveja tukevissa pilareissa. [1, s. 85–86; 3.]

1280-luvulla ryhdyttiin rakentamaan Turun tuomiokirkkoa, jossa varsinaisena rakennusmateriaalina oli tiili. Hattulan Pyhän Ristin kirkon rakentaminen alkoi vuonna 1320, ja sen rakentamisessa tiilen runsas käyttö johtui todennäköisesti siitä, että lähitöllä valmistettiin tiiltä Hämeen linnaa varten. Nämä kaksi kirkkoa ovat ainoat keskiajalta säilyneet tiilikirkot. [1, s. 86.]

Suomen huomattavin keskiaikainen tiilirakennus on Hämeen linna, jonka rakentaminen alkoi aluksi harmaakivisenä, mutta 1300-luvulla materiaali muuttui tiileksi. Keskiaikaisista tiiliruukeista on kuitenkin aika vähän tietoa. Uutta kivikirkkoa rakentaessa jouduttiin ilmeisesti perustamaan lähialueelle tiiliruukki, jonka



tarkoituksena oli toimia vain tilapäisenä tuotantolaitoksena tiettyä rakennushanketta varten, sillä varsinaista kaupallista tiilenvalmistusta ei vielä silloin ollut. Tiilen valmistus oli käsityötä, ja savimassan valmistaminen, tiilen lyönti, kuivaus ja poltto tapahtuivat useimmiten ulkomaalaisten ammattitaitoisten muurareiden ohjeiden mukaan. [1, s. 86.]

Vanhimmat tiedot Suomen varsinaisista tiilitehtaista ovat 1700-luvulta. Koroisten tiilitehdas perustettiin vuonna 1755, ja vasta 1860-luvulla rautateiden rakentaminen antoi uudet mahdollisuudet tiiliteollisuuden kehittämiseksi. [1, s. 86.]

1600-luvulla jatkuvaa tiilentarvetta tyydyttivät yksityiset tiiliruukit, joista valtio hankki linnoitushankkeisiin tarvittavat tiilet. Tiilen tuotanto sai kaupallisen merkityksen, mutta se ei vielä eriytenytään itsenäiseksi teollisuudenhaaraksi. Vaikka 1700-luvulla tuli käyttöön savimylly (savikrana, tiilirana), silti tiiliteollisuus pysyi vielä lähinnä käsityövaltaisena alana. [3; 4, s. 166–171.]

Enemmän tiiliä kuin oli siihen asti käytetty Suomessa missään yksittäisessä rakennushankkeessa kului Viaporin rakentamiseen vuonna 1748. Työmaalle tuotiin tiiliä sekä Helsingin seudulta että kauempaakin, yhteensä ainakin 25:stä tiilitehtaasta. [4, s. 120–122.]

1800-luvun alussa tiiliteollisuuden tehtaat olivat edelleen keskittyneinä eteläiseen Suomeen suurten asutuskeskusten ja vesistöjen läheisyyteen. Vuosisadan jälkipuolen teollisen vallankumouksen tapahduttua rautatiet varmistivat uuden kuljetuskeinon ja antoivat mahdollisuuden tiilitehtaiden perustamiselle aivan uusille seuduille rautateiden läheisyyteen. Tiiliuunitkin uudistuivat, kun 1870-luvulla hankittiin ensimmäinen rengasuuni Saksan Richard Raupachin tehtaasta. Vuoden 1890 lähtien niitä tuotiin myös Tanskasta ja Ruotsista. [4, s. 209.]

1900-luvun alussa erikoistiilituotteiden, kuten katto- ja muototiilien, koneellinen teko lähti käyntiin. Suomen 85%:ssa tiilitehtaista tiilet valmistettiin lyömällä käsin vielä 1900-luvun alussa. Koneistetut tehtaat saivat käyttövoimaa aluksi höyrykoneesta, myöhemmin lokomobilista ja petrooli- tai bensiinimoottorista. Sähkö tuli tiilitehtaiden voimanlähteeksi vuonna 1908. [4, s. 227–231.]

Kehittynyt tiiliteollisuus Suomessa saavutti huippunsa vuonna 1912, jolloin julkisten rakennusten julkisivuissa alettiin käyttää tuontitiiltä vaihtoehtona kalliille sileäksi

hakatulle luonnonkivelle. 1920-luvulla tiilen rinnalle myös halvemmat vaihtoehdot alkoivat kehittyä, erityisesti betonituotteet, ja tällöin mm. sementtikattotiilet korvasivat savikattotiiliä. Koneellisen tiilenvalmistuksen kehittyessä markkinoille tuli myös uusia tiilituotteita erimuotoisista reikätiilistä onttoihin välipohjatiiliin. Sotien aikana hidastunut tiiliteollisuuden kehitys parani uudestaan jälleenrakennuskauden myötä. [3; 4, s. 234.]

### 3 Tiili materiaalina

#### 3.1 Ominaisuudet

Vuosituhansien kuluessa tiilen valmistuksen tekniikka on kehittynyt, mutta itse materiaali, kestävä tiili, on säilyttänyt alkuperäiset luonteensa ja ominaisuutensa. Tiilen värien ja pintavaihtoehtojen valikoima sen sijaan on laajentunut edistyneestä valmistustekniikasta johtuen. [5.]

Tiilituotteiden pääraaka-aineena on savi, jonka päämateriaalit ovat kvartsi, maasälpä, amfiboli sekä tavalliset ja hydrokiilteet. Lihavissa, hienojakoisemmissa savissa on vähemmän kvartsia, maasälpää ja amfiboleja kuin laihoissa savissa. [1, s. 88; 9, s. 178.]

Valmistuksen eri menetelmillä voidaan saada tiilelle erilainen ulkonäkö tai parantaa eri käyttötarkoitusten edellyttämiä ominaisuuksia. Savesta muodostetun tiilimassan ominaisuudet voidaan määritellä lisäämällä laihduttavia, huokoistavia tai värittäviä aineita. Sellaisia voivat olla mm. hiekka, kalsinoitu savi, sahanpuru, kuiva savijauhe tai tiilimurska. Valmistusmenetelmän lisäksi tiilen ominaisuuksiin vaikuttavat saven ja lisäaineiden laatu, polttolämpötila, polttoaika sekä polttolämpötilan vaihtelut. [1, s. 88–90; 3; 5.]

Saven muovautuvuus riippuu sen raekoosta: mitä pienempi hienojakoisen (alle 0,002 mm:n) aineksen määrä, sitä isompi on saven muovautuvuus ja sitä pienemmät ovat kuivaus- ja polttokutistumat. Parhaita tiilen ominaisuuksien kannalta ovat savet, joissa on 40-50% hienojakoisen aineksen määrä ja joiden muut raekoot ovat tasaisesti edustettuina. [1, s. 88.]

Tiilen värisävy vaihtelee savilaadusta ja käytetystä poltto-ohjelmasta riippuen. Väriin vaikuttavat saven sisältämät mineraalit kuten rauta ja muut raaka-aineet.

Suomalaisessa savessa on suuri rautapitoisuus, ja vain vähän kalsiumia ja titaania, mistä johtuen valmistettujen tiilien perusväri on punainen. Mitä korkeampi polttolämpötila on, sitä tummempi tiilestä tulee. Polttolämpötila vaikuttaa myös tiilen muihin ominaisuuksiin: lujuuteen, kestävyYTEEN, ilmanläpäisevyyteen ja vedenimukykyyn. [5; 9, s. 178–179.]

Tiilen ulkonäköön vaikuttaa myös pinnan käsittely. Sileän-, karhean- ja harjatun pinnan lisäksi voi olla esimerkiksi taustapatinapinta, jonka tekstuuri muistuttaa vanhaa patinoitunutta tiiliseinää. [6.]

Poltettujen tiilien ominaisuudet ilmoitetaan standardin SFS-EN 771-1 mukaisella CE-merkinnällä lukuun ottamatta tulitiiliä. Näiden ominaisuuksien tulee täyttää standardissa SFS 7001 poltetuille tiilille esitetyt kansalliset vaatimustasot.

### 3.1.1 Tiilen valmistus

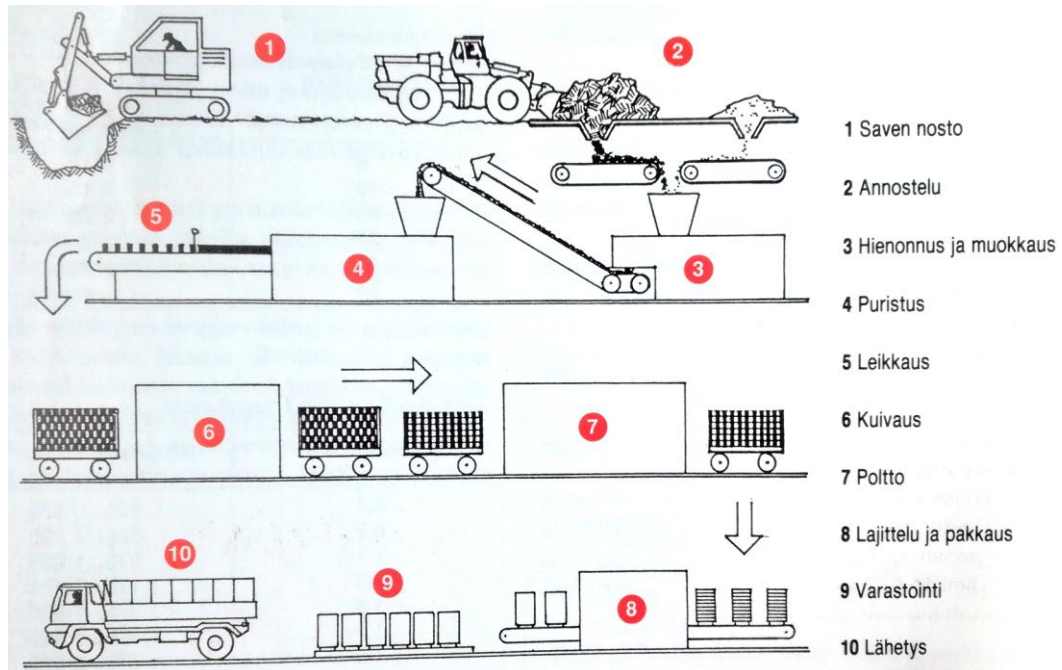
Nykyisin poltettu savitiili tehdään samoista raaka-aineksista ja lähes samoin valmistusmenetelmin kuin antiikin aikoina. Ainoana erona on nykyaikainen koneellinen valmistustekniikka, jolla voidaan varmistaa korkea laatu sekä mittatarkkuus. [4, s. 42.]

Raaka-aineina tiilien valmistamisessa käytetään puhtaita luonnonmateriaaleja: savea, hiekkaa, kalkkia, sahanpurua sekä muita palamattomia ja palavia maaperäisiä aineita, jotka otetaan luonnosta läheltä tehdasta. Suomessa parhaiten tiilen valmistukselle soveltuvaa savea ovat laihat glasiaalisavet, jotka ovat jääkauden aikana kerrostuneet vesistöjen pohjiin. Raaka-aineiden otto tulee suorittaa aina viranomaisten myöntämien lupien mukaisesti, ja käytön jälkeen ottoalueet tavallisesti maisemoidaan. [6; 7;4, s. 44.]

Käsittelyn alussa savea hienonnetaan, hierretään ja sekoitetaan tasaiseksi massaksi yksiakselisekoittimessa. Ennen varsinaista koneellisen valmistuksen aloittamista savea voidaan muokata mm. talvettamalla, kesättämällä, sumppaamalla, mädättämällä tai liettämällä. [1, s. 89; 4, s. 42–46.]

Tiiliä käsin lyötäessä saveen sekoitetaan hiekkaa, eli sitä laihdutetaan. Sekoituksen jälkeen savimassaa lyödään puiseen muottiin ja viedään märät tiilit kuivatuspaikalle, missä ne otetaan pois muotista ja jätetään kuivumaan. Osittain kuivunutta tiiltä voidaan muotoilla esimerkiksi sabloonalla. [9, s. 180–181.]

Koneellisessa tiilen valmistuksessa työvaiheet ovat pääosin samoja kuin käsin lyömisessä, mutta suurimman osan työstä tekevät koneet. Koneellisen tiilen valmistusprosessi kestää tiilimassasta ja -koosta riippuen kahdesta kolmeen viikkoon. Siihen kuuluu sekä raaka-aineiden käsittely, tiilimassan sekoitus, puristus ja leikkaus, että myös tiilen rataus, kuivaus, poltto, jäähdytys ja pakkaus. [10; 9, s. 180–181.]



Kuva 1. Tiilen valmistuskaavio. Lähde: [14, s. 14.]

Ennen polttamista tiilen kosteuden on laskettava 6-9%:iin. Tiilet on perinteisesti kuivattu ulkona, maahan levitettyinä taivasalla tai ulkokuivausvajoissa. 1800- ja 1900-lukujen vaihteessa Suomessa aloitettiin rakentamaan ensimmäiset uuninpäälyskuivaamot ja myöhemmin tiilitehtailla on otettu käyttöön keinokuivaamoja, joissa voidaan säädellä lämpötilaa sekä ilmavirran suuntaa ja nopeutta. [4, s. 42–46.]

Tiilituotteet poltetaan tunneli- tai rengasuunissa, joista tunneliuunia on käytetty yleisemmin. Tiilitehtaan tunneliuunin koko voi olla jopa yli 100 metriä. Tunneliuuneissa vaunuilla olevat tiilet kulkevat polttovyöhykkeiden läpi, rengasuunissa taas tulitusvyöhyke siirtyy pitkin polttokanavaa. Pelkästään uunissa tiili pysyy noin kolme vuorokautta. [10; 7; 4, s. 42–46.]

Polttoprosessi voidaan jakaa keskimäärin kolmeen vaiheeseen. Ennen varsinaista polttamista tiilen lämpötilaa nostetaan hitaasti kuivaamossa 30:sta asteesta noin

70:een asteeseen C°. Orgaaniset ainekset palavat lämpötilan noustessa 300 – 600 asteeseen °C. Tiilimassan kemiallisessa koostumuksessa alkaa tapahtua muutoksia jo ennen varsinaista tulitusvaihetta, jossa lämpötila uunissa kohoaa uunivaunun edetessä vähitellen huippuunsa yli 1000:een asteeseen C°, jolloin tiili saa lopullisen kestävän rakenteensa. Tiilien poltto tunneliuunissa tapahtuu 1035...1100 °C:een lämpötilassa. Loppuvaiheessa tiilet jäädytetään vähitellen laskemalla lämpötilää, ja otetaan ulos uunista. [10; 4, s. 42–46; 8, s. 14; 9, s. 180–181.]

### 3.1.2 Tiilikiven tyypit, koot ja limitykset

Tiiliä on valmistettu paljon erilaisia tyyppisiä ja kokoja, jotka vaihtelevat tekijästä, tekopaikasta ja käyttötarkoituksesta riippuen. Tyypiltään tiilet voidaan jakaa täysitiiliin, reikätiiliin ja erikoistiiliin, joista reikätiiliä käytetään tiilituotannossa eniten. [1, s. 95; 3.]

Reikätiili on kevyempi, lämpöä paremmin eristävä, tasalaatuisempi sekä säänkestävämpi kuin täysitiili. Reikätiiliä käytetään sekä julkisivuissa että kantavissa rakenteissa kohteissa, joilta vaaditaan pakkasenkestävyyttä, ääneneristyskykyä ja lujuutta. [1, s. 95–96.]

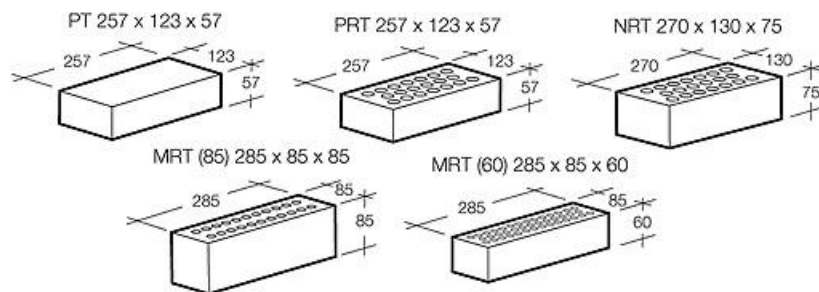
Tiilikivi on saanut mittansa käden otteen leveyden ja nostovoiman mukaan. Pienikokoinen tiilikappale helposti mukautuu erilaisiin rakenteisiin ja jäsennöityyn rakentamiseen, mikä mahdollisti tiilen laajan käytön. 1800-luvun lopulle asti tiilen koko pysyi vaihtelevana ja vasta vuonna 1897 Suomen teknillisen seuran Arkkitehtiklubi päätti tiilen normaalikokoiksi 27x13x7,5 cm. Nämä mitat on vahvistettu useasti vuosien varrella. [1, s. 95; 3; 15, s. 76–77.]

Suomessa on voimassa vakiintuneet tiilikoot, jotka täyttävät rakentamismääräykset. Tyypillisimmät valmistettävien tiilien koot ovat (kuva 2):

- Normaalikokoinen reikätiili NRT, koko 270x130x75 mm, jonka pääasiallinen käyttö on hormien muuraukseen.
- Reikätiili RT(85) ja RT(60), koko 285x135x85 ja 285x135x60 mm. Näitä tiilikokoja käytetään kerrostalojen julkisivuissa.
- Moduulikokoinen reikätiili MRT(85) ja MRT(60), koko 285x85x85 mm ja 285x85x60 mm. Nämä ovat yleisimpiä pientalojulkisivuissa käytettyjä tiilikokoja.

- Peruskokoinen täystiili PT ja Peruskokoinen reikätiili PRT, koko 257x123x57 mm. Nämä ovat pääsääntöisesti piipuissa ja tulisijoissa käytettyjä tiiliä, jotka soveltuvat myös kerros- ja pientalojen julkisivumuurauksiin.

Vuoden 2016 aikana Tiiliteollisuusliiton jäsenyritykset ovat tehneet tiilikokojen standardointimuutoksen, jonka myötä NRT-tiili on poistunut julkisivutiilien valikoimasta ja 85 mm korkeat tiilikoot nykyään korvataan matalammilla 75 mm korkeilla tiilillä, sillä julkisivujen rakentamisessa matalat tiilikoot ovat kasvattaneet suosiotaan ja osuuttaan tiilimyynnissä. Jo käynnistyneissä rakennushankkeissa poistuvia tiilikokoja on saatavissa vielä noin vuoden siirtymäjaksan ajan valmistuksen päättymisestä, eli tiilen kokomuutokset vaikuttivat ensisijaisesti uusiin, suunniteltaviin kohteisiin. [11.]



Kuva 2. Yleisimmät tiilikoot. Lähde: [12.]

Yleisten tiilityyppien lisäksi on käytetty erilaisia muototiiliä, verhoustiiliä ja tiililaattoja, palkki- ja uratiiliä, elementtitiiliä, tiililankkuja ja –putkia sekä kattotiiliä. [1, s. 98-99.]

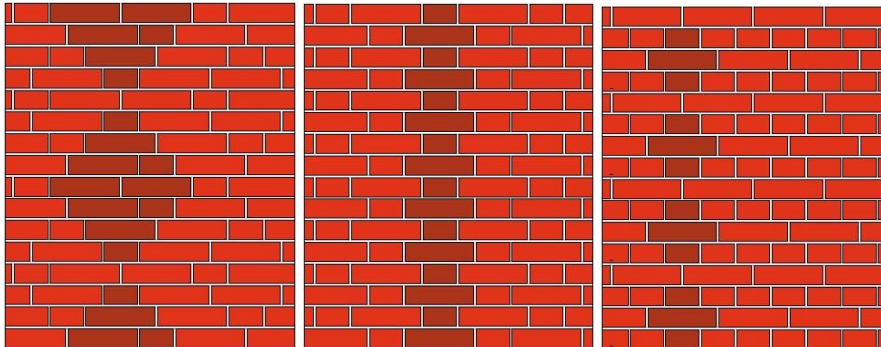
Erottamattomana osana tiilimuriin kuuluu limitys, joita on useita eri tyyppiä. Limityksen tarkoituksena on sitoa yksittäiset tiilet yhtenäiseksi rakenteeksi, jakaa tasaisesti kuormitukset sekä antaa muurille haluttu ulkonäkö. Aiemmin tiilimuurien ollessa paksuja ja massiivisia limityksellä oli tärkeä rakenteellinen merkitys ja entisajan tiiliseinissä usein käytettiin ristilimitystä tai munkkilimitystä. [1, s. 104; 14, s. 44–47.]

Munkkilimitys ja vendiläinen limitys ovat vanhimmat Suomessa käytetyt limitystavat. Munkkilimityksessä on aina peräkkäin kaksi juoksukiveä ja sidekivi. Vaihtelemalla eri kerrosten siirtymää säännöllisen epäsäännöllisesti voidaan saada monimutkaisia limityskuvioita. Vendiläisessä (tai goottilaisessa, puolalaisessa) limityksessä vuorottelevat juoksu- ja sidekivet. [1, s. 104; 3; 15, s. 78–79.]

Renessansin muuraustapoihin kuuluu vuorolimitys ("ploki") ja ristilimitys ("kryssi"). Vuorolimityksessä vuorottelevat kaksi kerrosta, sidekerros ja juoksukerros. Juoksukivikerrosten pystysaumamat siinä ovat kohdakkain eri kerroksissa. Ristilimitys syntyy muuraamalla vuorotellen päätykivi- ja juoksukivikerrokset. Se eroaa vuorolimityksestä siinä, että juoksukivikerrokset siirtyvät eteenpäin puolen kiven verran edelliseen juoksukivikerrokseen nähden. [1, s. 104; 3; 15, s. 78–79.]

Eräs nykyään käytetty limitys on votsi, jossa kaikki pystysaumamat sijoittuvat samoille kohdille, ja tiilet saumoinen muodostavat ruudukon. Votsia voidaan käyttää tiiliseinissä, joilla ei ole rakenteellista merkitystä, sillä kuormitus ei jakaannu itse limityksen puuttuessa. [3.]

Nykyisin tiilenleveyden paksuiset, ns. 1/2-kiven tiilverhoukset, muurataan juoksulimityksen erilaisia sovelluksia käyttäen. Näissä on käytetty lapetiilimuurausta, ja tiilet on ladottu pitkä sivu ulospäin. Juoksulimitysten yleisimmät muodot ovat puolen kiven ja 1/3 kiven etenemällä tehdyt limitykset. [1, s. 104; 3; 15, s. 78–79.]



Kuva 3. Yleisimmät tiililimitykset: munkkilimitys, goottilainen limitys, ristilimitys. [1, s. 105.]



Kuva 4. Yleisimmät tiililimitykset: vuorolimitys, votsi, juoksulimitys. [1, s. 105.]

### 3.1.3 Lujuusominaisuudet

Tiilen lujuus on riippuvainen polttolämpötilasta ja -ajasta. Mitä korkeammassa lämpötilassa tuote on poltettu, sitä suurempi on sen lujuus. Poltetulla tiilillä on seuraavia lujuusominaisuuksia:

- puristuslujuus (tiilityypeittäin): 20...75 MN/m<sup>2</sup>
- taivutusvetolujuus keskimäärin noin 6 MN/m<sup>2</sup>
- kimmomoduuli noin 16 000 MN/m<sup>2</sup> [1, s. 91]

Puristuslujuutta tavallisesti käytetään tiilikiven lujuusominaisuuksien mittana, sillä se antaa riittävän hyvän kuvan tiilen lujuudesta rakenteessa. Täysikiven puristuslujuus on huonompi kuin harvareikäisen tiilikiven, koska reikätiilen poltto tapahtuu tasaisemmin ja vähemmän jännityksiä aiheuttaen. [1, s. 91.]

Taivutuslujuus on noin 20-25 % puristuslujuudesta. Kimmomoduuli kuvaa tiilen kimmoisia ominaisuuksia ja on noin 450 x puristuslujuus. [1, s. 91.]

### 3.1.4 Tiilimuurin lämpö- ja kosteustekninen toiminta

Lämmönjohtavuus riippuu tiilikiven tiheydestä, reikien määrästä ja kosteudesta. Keveiden reikäkivien lämmönjohtoluku on noin 0,3 W/Km ja täysikiven noin 0,6 W/Km. Lämpölaajeneminen ilmoitetaan pituuden lämpötilakertoimella, joka on tiilellä noin  $5 \times 10^{-6}$  1/K. Se kuvaa kappaleen muodonmuutosta lämpötilan muuttuessa. Tiilikiven ominaislämpökapasiteetti on materiaalin massan ja ominaislämmön tulo ja on noin 0,92 kJ/Kkg. Se on riippuvainen tiheydestä ja kuvaa materiaalin lämmönvaraamiskykyä. [1, s. 92–93; 13, s. 13.]

Orgaanisen aineksen palaessa ja veden poistuessa kuivauksen ja polton aikana tiileen jää huokosverkosto, jonka ansiosta tiilestä tulee kosteutta imevä ja luovuttava materiaali. Tiilen vedenimunopeus vaihtelee huomattavasti erilaisilla tiilityypeillä rajoissa 0,2-5,0 kg/m<sup>2</sup>min ja riippuu polttolämpötilasta. Vedenimukyky riippuu huokoisuudesta, huokosten koosta ja muodosta ja on sitä pienempi, mitä korkeammassa lämpötilassa tiili on poltettu. Tiilen vedenimukyky vaihtelee 1-25 painoprosentin rajoissa. [1, s. 92; 13, s. 13.]



### 3.1.5 Pakkasenkestävyys

Mitä korkeampi on tiilen polttolämpötila, sitä parempi on sen pakkasenkestävyys, johon vaikuttavat lisääntynyt lujuus ja ennen kaikkea tiilen huokosrakenne. Reikäkivet kestävät pakkasta täysikiviä paremmin, koska niillä on suurempi lujuus. Tämän takia täysikiviä ei tavallisesti nykyään käytetä ulkotiloissa puhtaaksimuurauksissa eikä kuorimuurauksissa. [1, s. 93.]

Vesi laajenee noin 9% jäätyessään, minkä vastaan ottavat tiilen huokosten tyhjet osat. Pakkasenkestävyys on hyvä, kun tiilen avoimista huokosista noin 80-85% voi täytyä vedellä. Pakkasenkestävyyttä parannetaan lisäämällä tiilimassaan sahanpurua, pieniä määriä palavaa ainetta tai muovikuplia. [1, s. 93.]

### 3.1.6 Suolapitoisuus

Liukoisia suoloja esiintyy tiilikivissä aika harvoin. Ne ovat yleensä saven merellisestä alkuperästä johtuen valkoisia sulfaatteja. Joskus tiilissä esiintyy myös vihreitä vanadiiniyhdisteitä. Tiilimuurin laastisaumat saattavat sisältää suoloja, jotka voivat siirtyä myös tiilirakenteeseen vaurioita aiheuttaen. [13, s. 28.]

### 3.1.7 Laastisaumat

Muuratussa rakenteessa laastin tehtävänä on sitoa tiilikivet yhtenäiseksi muuriksi, tasata muurauskappaleiden mittapoikeamat sekä antaa rakenteelle tarvittava lujuus siirtämällä kuormaa kerrokselta toiselle. Lisäksi laasti estää kosteuden pääsyn seinärakenteeseen tiivistämällä rakennetta sadetta ja vuotoja vastaan sekä vaikuttaa julkisivun ulkonäköön laastipinnan olleessa noin 25% tiilimuurin näkyvästä pinnasta. Laastin tärkeimmät ominaisuudet ovat yhteensopivuus muurauskiven ja rakenteen toiminnan kanssa, riittävä lujuus sekä hyvä tartunta tiilikiviin ja muihin liittyviin rakenteisiin. Lisäksi laastin on oltava työskentelyn kannalta sopivan notkeaa, sitkeää ja muovautuvaa. [14, s. 25–32; 18, s. 14–15.]

Laasti koostuu runkoaineesta, sideaineesta ja vedestä. Runkoaineena käytetään erisuuruisia ja –muotoisia rakeita, kuten luonnonhiekkaa tai murskattua kiviainesta. Runkoaineen tulee olla puhdasta ja on sisällettävä eri raekokoja sopivassa suhteessa. Suurin raekoko saa olla noin 30-40% sauman paksuudesta. Sideaineina voivat olla

kalkki, sementti (K-, S- tai KS- laastit), muuraussementti (M-laasti) tai savi. Veden on oltava puhdasta, ilman laastin kovettumista haittaavia suoloja tai humusta. Laastissa voidaan käyttää myös erilaisia lisäaineita, kuten kiihdyttimiä, hidastimia, lisähuokostusaineita, notkistimia tai vettä hylkiviä lisäaineita ja väriaineita. [1, s. 121; 14, s. 25–32.]

### 3.1.8 Tiilirakenteiden tulipalonkestävyys

Tiilet ja muurauksessa käytettävät laastit eivät syty eivätkä käytännössä kehitä savua tai palavaa kaasua, minkä ansiosta ne luokitellaan palamattomiin rakennustarvikkeisiin, eli ne kuuluvat palotekniseen luokkaan A1. Tiilirakenteiden pintakerrokset kuuluvat syttymisherkkyysluokkaan 1 ja palonlevittämisominaisuuksiltaan luokkaan I. [16, s. 5.]

Taulukko 1. Yksinkertaisten tiilirakenteiden palonkestoajat (min). [16, s. 5.]

Seinärakenne	Kantava		Osastoiva, kantamaton
	Osastoiva	Osaston sisäinen	
L = 70 mm	<sup>1</sup>	<sup>1</sup>	EI 30
L = 85 mm (MRT)	<sup>1</sup>	<sup>1</sup>	EI 60
L = 123 mm (PRT,PT)	REI 120	REI 120	EI 120
L = 130 mm (NRT,RT60)	REI 120	REI 120	EI 180
L = 160 mm	REI 120	REI 120	EI 240
L = 180 mm	REI 180	REI 180	EI 240
L = 235 mm	REI 240	REI 240	EI 240

<sup>1</sup> Vähimmäispaksuus kantavalle tiiliseinärakenteelle palonkestoluokissa REI 30–REI 120 (R 30–R 120) on 110 mm.

### 3.2 Tiili julkisivumateriaalina

Julkisivumateriaalina tiiltä on käytetty maailmassa eniten. Julkisivu on rakennuksen käyntikortti ulospäin, joka kertoo kunkin aikakauden arkkitehtuurista. Vaikka markkinoille on ilmestynyt muita kaikenlaisia kilpailevia vaihtoehtoja, tiili on aina säilyttänyt asemansa rakentamisessa, sillä tiilen puolesta puhuvat sen monet hyvät ominaisuudet. [7.]

Luontevimmillaan muurattu julkisivu on pääosin itsensä kantava ja tukeutuu perustuksiin, mikä tuo tiilijulkisivulle kantavan rakenteen piirteitä. Julkisivun osia voidaan tarvittaessa tukea kerroksittain rungosta tiilipalkki- ja konsolijärjestelmien avulla. [17.]

Muurattu rakenne tulee suojata sekä maakosteudelta että ulkoiselta vedeltä. Viistosateille alttiissa kohteissa tiilijulkisivu ei ole täysin vedenpitävä. Ulkoseinän kosteustekninen toiminta varmistetaan riittäväällä ilmaraolla sekä oikeantyyppisellä muurauslaastilla ja muuraustekniikalla. Nykyisin tiilijulkisivu tuuletetaan sen taakse jätettävän 30-50 mm:n levyisen ilmaraon kautta. Tuuletus pienentää merkittävästi julkisivun säärasitusta paremman kuivumisen takia sekä varmistaa koko seinärakenteen toiminnan. [17.]

Tiilijulkisivun lämpötilavaihteluista aiheutuvat rakenteelliset jännitykset estetään jakamalla julkisivu liikuntasaumoilla osiin ja käyttämällä kutistuma-raudoitteita. [17.]

## **4 Tiilijulkisivun vauriot ja niiden syyt**

### **4.1 Tiilipinnan likaantuminen**

Julkisivut voivat likaantua monesta eri syystä. Seinän pinnassa näkyvät esteettisesti haitalliset aineet voivat olla peräisin sekä ympäristöstä että muuramisessa käytetyistä materiaaleista, kuten laastissa olevat vesiliukoiset suolat, jotka saattavat kulkeutua rakenteen pintaan. Likaantumista voi aiheuttaa vesivalumat, liian lähellä seinää kasvavat kasvit sekä teollisuudesta ja liikenteestä aiheutuvat ilman epäpuhtaudet (Kuva 5). Lisäksi julkisivun pintaan saattaa ilmestyä graffiteja, jotka nykyaikaisin menetelmin ovat kuitenkin suhteellisen helposti puhdistettavissa tiilipinnoilta. [20.]

Varjossa olevissa, pitkään kosteina pysyvissä tiilipinnoissa saattaa kasvaa vihertävää tai tummaa sammalta, joka ei kuitenkaan aiheuta muuta kuin esteettistä haittaa. Ympäröivän kasvuston aiheuttamat sammal- tai sienivärjäytymät voivat esiintyä varsinkin suojaamattomilla seinäpinnoilla sekä riittämättömien ikkunapellitysten alapuolella. [20.]



Kuva 5. Likaantuneet tiilijulkisivut. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

#### 4.2 Rakenteelliset vauriot

Tiiliseinäissä saattaa tapahtua muodonmuutoksia rakennusrungon liikkumisen takia, joita ei ole mahdollista estää, ellei syytä poisteta. Tiilimuurin halkeilua aiheuttavat rakennusrungon liikkeet voidaan yleensä jakaa lämpö- ja kosteusliikkeisiin sekä rakenteiden painumiin ja taipumiin. Rakennusmateriaalien lämpö- ja kosteusliikkeiden aiheuttamat rakenteelliset halkeamat syntyvät, mikäli rakenteissa ei ole riittävästi ja oikein sijoitettuja liikuntasauvoja. [28, s. 28; 24, s. 5.]

Rakenteellisten liikkeiden syinä voivat olla:

- perustusten epätasainen painuminen tai perustusten painuminen tukipaalujen lahotessa
- alusrakenteen taipumat, mm. sokkelipalkit ja välipohjien reunapalkit
- rakenteelliset virheet tai muutokset rakenteessa, mm. kattotuolien kuormat, uudet aukot
- tukirakenteen, esimerkiksi kulmateräksen muurista poikkeava lämmön ja kosteuden aiheuttama muodonmuutos

- liikuntasauvojen puuttuminen, riittämättömyys tai väärä sijainti
- tärinä, mm. lähellä olevan liikenteen tai räjäytystyömaan tärinä

Jännityskertymille alttiita paikkoja ovat tiiliseinän nurkat, aukkojen kulmat sekä rakenteen muuttumakohdat, joissa vaihtuu mm. rakennuksen perustamistapa tai perustuksilla on iso korkeusero, muuratun rakenteen korkeus ja/tai paksuus muuttuu, tai tiiliseinä liittyy toiseen rakenteeseen. Muodonmuutoksista voi aiheutua jännityksiä, joita rakenne ei kestä ja muurattuun rakenteeseen syntyy halkeamia (Kuva 6), joista voidaan paatella vaurion aiheuttaja. [23, s. 7; 24, s. 5.]

Rakenteellisten halkeamien syntyminen on mahdollista estää rakenteiden suunnittelulla sekä työn huolellisuudella. Erityistä huomiota vaativat tiiliseinien perustukset. Perustukset eivät saa epätasaisesti painua muurattujen seinien haurauden takia, sillä ne eivät kestä painumista aiheuttavia pakkovoimia. Tiilimuurien aukkojen ylityspalkkien taipuma saa olla pieni, jotta seinärakenteeseen ei syntyisi halkeamia. Samasta syystä tiilirakenteita kannattavien betoni- ja teräspalkkien taipuman suuruuteen on myös kiinnitettävä huomiota. [28, s. 28.]



Kuva 6. Perustusten epätasaisesta painumisesta johtuvat halkeamat Riihimäen veturitallien tiiliseinissä. Kuva: E. Kangas, 06.2017.



### 4.3 Suolavauriot

Suolavauriot ilmestyvät julkisivuihin suolan kiteytyessä tiilen pintakerroksessa. Mikäli tiilijulkisivun pintaan kiteytyvät vesiliukoiset suolat ovat peräisin laastista, niin voidaan puhua sellaisesta suolavauriosta, kuin tiilihärmä. Tämä ilmiö esiintyy eniten etelän- ja lännenpuoleisissa seinissä, joissa on suurin haihtuminen. Rakenteen kuivussa vesiliukoiset suolat kulkeutuvat seinärakenteen pinnalle ja kiteytyessään ne muodostavat vaaleita suolaläiskä ja suolahärmettä (Kuva 7). Ilmiö yleensä ei ole pysyvää ja muutaman talven jälkeen härmeet peseytyvät itsestään sateiden mukana puhtaaksi. [15, s. 117–118; 20.]

Suolaläiskät saattavat ilmaantua erityisesti kylmissä olosuhteissa muuratuille tiilipinnoille tai niille rakenteille, joita työn aikana ei ole suojattu. Tiilipinnat ovat alttiita suolahärmehtimiselle, jos ne ovat olleet pitkään suojaamattomina ilman pellityksiä, räystäskouruja ja syöksyjä. [20.]



Kuva 7. Kiteytyneet suolat veturitalin julkisivuissa. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

Mikäli suola tulee kapillaarisesti nousevan veden mukana ja suolaisuuden kasvaessa kiteytyminen tapahtuu myös tiilen sisällä, kyseessä on tiilirakenteelle vaarallisin rapautuminen, jonka vanha nimi on tiilisyöpä (muurisyöpä, muurimätä). Suolakiteet aiheuttavat samankaltaista kidepainetta kuin veden jäätyminenkin ja pinta alkaa rapautua hienoksi tiilipölyksi. Mitä nopeampi veden haihtuminen on, sitä pahempi on suolavaurio, joka rikkoo ensin heikoimmat tiilet ja ajan myötä myös vahvemmat. Tiilen laastisaumat säilyvät ehjinä, mutta itse tiilikivi murentuu yhä syvemmillä. [15, s. 113–117.]

Vesiliukoisia suoloja on lähes mahdotonta poistaa, siksi on ehkäistävä sen tulo ja liikkuminen. Sitä varten pyritään paikallistamaan suolojen alkuperä ja estämään niiden pääsy rakenteeseen, kuten esimerkiksi salaojituksen parantaminen, perusmuurin vedeneristäminen tai sähkövirran avulla kapillaarivirtauksen estäminen. [15, s. 113–117.]

#### 4.4 Kosteusrasitus- ja pakkasvauriot

Vesi, joka pääsee rakenteeseen joko vuotoina tai kapillaarisena veden nousuna, sinänsä ei aiheuta vaurioita tiilirakenteessa, vaan vauriot syntyvät veden jääytymisestä, vesiliukoisista suoloista tai esimerkiksi homeesta. Kapillaarinen veden nousu voi kohottaa rakenteen kosteuspitoisuuden useiden metrien korkeuteen. Sisältä ulospäin haihtuva kosteus saattaa talvella jäätymään pakkasvaurioita aiheuttaen. [15, s. 94–99.]

Pakkasrasitus kohdistuu voimakkaimmin rakenteisiin, jotka ovat alttiina liialliselle kosteudelle ja joiden lämpötilan vaihtelut ovat riippuvaisia ulkoilman lämpötilan vaihteluista. Ulkoiset rasitukset riippuvat ilmastosta, kohteen sijainnista, muodosta ja korkeudesta sekä rakenteen yksityiskohdista. [23, s. 7–8.]

Tiilirakenteen kosteuspitoisuuden noustessa riittävän suureksi syntyy pakkasvaurio, ja siihen vaikuttaa ulkoisten tekijöiden lisäksi materiaalien ja rakenteen ominaisuudet. Vanhojen rakennusten muuratuissa rakenteissa tiilen materiaaliominaisuudet vaihtelevat, minkä syynä on tiilien epätasainen polttolämpötila. [23, s. 8; 26, s. 59.]

Kestääkseen kastumisen ja jäätyksen tiili tarvitsee oikeanlaisen huokosrakenteen sekä riittävän rakenteellisen lujuuden. Jäätyessään vesi laajenee, minkä voi välttää, jos

koko tiilen huokosrakenne on täyttynyt vedellä. Lisäksi rakenteellisen lujuuden on oltava jääkiteiden aiheuttamaa laajenemisvoimaa suurempi. Mikäli rakenne ei kestä kidepainetta, jäätymis-sulamis-sykliä ajan kanssa rikkovat tiilen. Pakkasvaurio ensin rapauttaa muuratun julkisivun pintaa, jolloin tiili rapautuu liuskeisina pieninä levyinä (Kuva 8). [15, s. 107–110.]



Kuva 8. Pitkälle edenneet pakkasvauriot tiiliseinässä. Kuva: E. Kangas, 06. 2017.

Suurimmat syyt pakkasrapautumiselle ovat altistuminen viistosateelle ja maan-kosteudelle sekä puutteelliset rakenneliitokset ja pellitykset. Vanhojen massiivisten tiiliulkoseinien pakkasvaurioituminen tapahtuu lähinnä vuotavien syöksytorvien yms. kohdilla. [26, s. 59.]

#### 4.5 Laastisaumojen vauriot

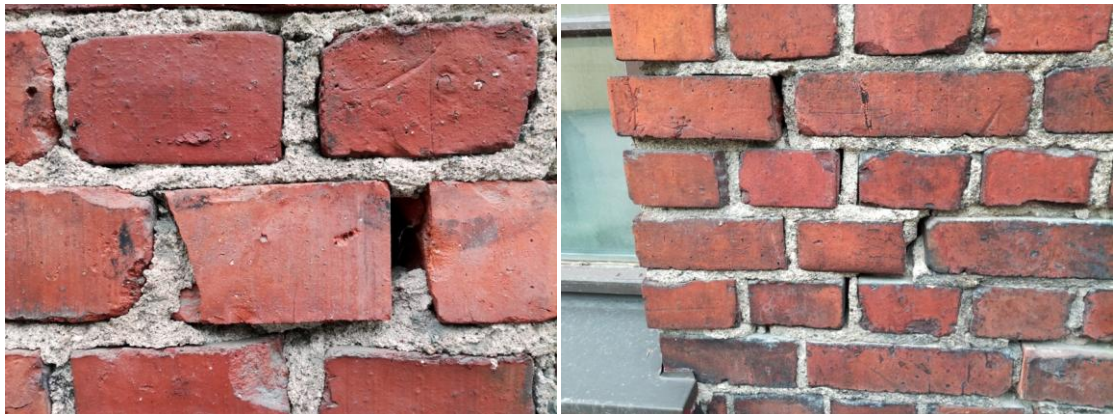
Laasteja ovat kalkkilaastit, kalkkisementtilaastit sekä sementtilaastit. Vanhoissa massiivisissa tiilirungoissa yleisimmin käytetty muurauslaasti on kalkkilaasti, joka on valmistettu sekoittamalla runkoaine, sammutettu kalkki ja neste. Kalkkilaasti kovettuu ilman hiilidioksidista, eikä kovetu vedessä. Nykyään käytettävät muurauslaastit ovat pääsosan sementtilaasteja, joissa sideaineena on sementti. [26, s. 71–74.]



Tavallisesti laasti vaurioituu luonnonvoimien vaikutuksesta. Yleensä laastin vaurioiden aiheuttajina ovat siis koteus, tuuli ja lämpötila. Myös suunnittelijan, rakentajan tai rakennuksen käyttäjän virheellinen toiminta saattaa olla syynä laastin vaurioille. Lisäksi laastissa käytetyt aineet ajan myötä vanhenevat ja kuluvat. Vaurion aiheuttaja tulee tunnistaa ennen korjaamista, jotta voidaan estää tai vähentää sen vaikutusta. [27, s. 50.]

Laastin tyypillisin turmeltumismekanismi on pakkasrapautuminen ja siksi korjausten syynä on yleensä laastin puutteellinen pakkasenkestävyys. Lisäksi vauriot aiheutuvat kosteusteknisesti huonosti toimivista detaljeista sekä suojaavien pellitysten vaurioitumisesta tai niiden puuttumisesta kokonaan. [26, s. 71–74; 28, s. 6.]

Muurauslaastien kemiallisen kestävyuden kannalta vaarallisimmat yhdisteet ovat ilmassa olevat epäpuhtaudet sekä suolat rakenteeseen imeytyneenä tai epäpuhtauksina laastin raaka-aineissa. Ilmassa olevat yhdisteet saattavat vahingoittaa laastia, mm. rikkidioksidi ja hiilidioksidi, mitkä muuttuvat helposti hapoiksi. Hapot liuottavat laastin sideaineita heikentäen muuria. Jos laastin sideaineena on kalkki, ilmassa oleva rikki saattaa aiheuttaa laastissa kipsin muodostumista. Jos muurauskivi sisältää sulfaattia, joka mm. kosteuden mukana voi kulkeutua laastiin, se voi saada aikaan laastin paisumista ja tästä johtuvaa muurin halkeilua. [1, s. 126; 29, s. 27.]



Kuva 9. Puutteelliset laastisaumat tiilimuurissa. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

Joskus rapautuneiden saumojen korjaamisessa käytetty laasti on liian kovaa ja tiilet saattavat murtua reunoistaan. Tiilimuureissa laastin tulee olla aina heikompaa kuin tiili. Laasti toimii muuratun rakenteen joustovarana, kun tiili ei tähän pysty. Seinässä

olevien raudotteiden korroosio myös saattaa aiheuttaa laastisaumojen vaurioitumista. [29, s. 27–28.]

#### 4.6 Metallirakenteiden korroosio

Raudotteiden korroosiosta aiheutuvat vauriot ovat tyypillisiä uudemmille tiilirakennuksille ja tiilillä verhotuille julkisivuille. Seostamattomien terästen korroosiosuoja tiilimuureissa on aika heikko, sillä muuratut rakenteet helposti halkeilevat ja muurausvaiheessa teräksiä on vaikea saada kauttaaltaan laastin ympäröimäksi. Tiilen neutraalisen pH-arvon ja laastin suuren huokoisuuden takia laasti voi nopeasti karbonatisoitua ja menettää teräksiä suojaavan alkalisuutensa. [24, s. 6; 26, s. 67.]

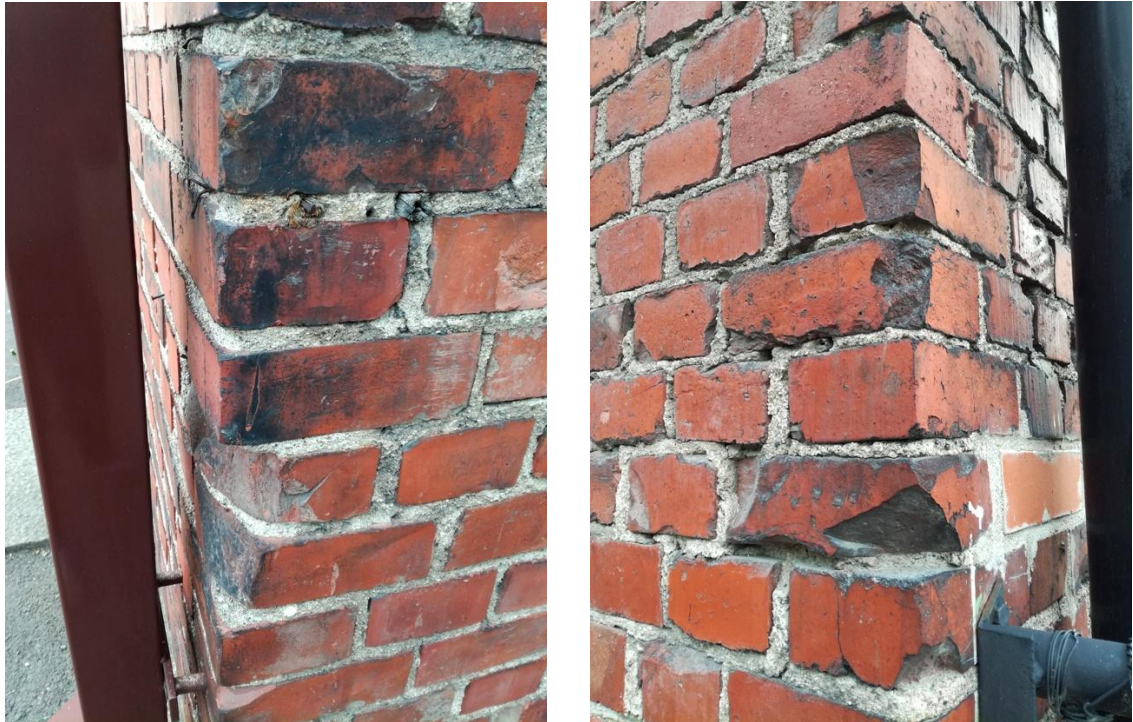


Kuva 10. Ruostuneet teräksiset tukiosat tiilimuurissa. Kuva: E. Kangas, 06.2017.



#### 4.7 Mekaaniset vahingot

Poltetut tiilet kuuluvat keraamisiin rakennustuotteisiin, jotka ovat erittäin kestäviä kemiallisilta ja fysikaalisilta ominaisuuksiltaan ja kestävät hyvin esimerkiksi mekaanisia rasituksia. Mutta tiilimuri aina ei kestä kovia mekaanisia iskuja ja saattaa vaurioitua mm. lumitöiden yhteydessä tapahtuvista vahingoista. Välttääkseen tätä tulee suorittaa mm. herkkien kohtien suojaus. [20.]



Kuva 11. Mekaanisista vahingoista aiheutuneet vauriot tiiliseinän kulmassa. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

## 5 Muuratun julkisivun korjaaminen

### 5.1 Tavanomaiset korjausmenetelmät

Kuntotutkimuksessa ja vauriokartoituksessa saatujen tietojen perusteella voidaan valita soveltuvat korjausmenetelmät sekä päätellä korjaukseen liittyvistä riskeistä ja arvioida käyttöikä. Rakenteiden vaurioitumisasteesta ja vaurioiden laajuudesta riippuen korjaustapana voi olla tiilien vaihtaminen, halkeamien ja painumavaurioiden korjaukset, saumojen uusiminen sekä muuratun rakenteen kosteusteknisen toiminnan

parantaminen, kuten esimerkiksi pellien korjaaminen tai vaihtaminen uusiin. Korjaustapa valitaan siten, että se parhaiten täyttäisi tekniset vaatimukset sekä rakennuksen arkkitehtoniset ja taloudelliset kriteerit. [28, s. 4–5.]

Laastisaumojen korjauksessa uusitaan tiiliseinän rapautuneiden ja kuluneiden saumojen pintaosat. Tavallisena syynä saumojen vaurioitumiselle on laastin huono pakkasenkestävyys ja/tai rakenteen puutteellinen kosteustekninen toiminta. [28,s. 4–5.]

Halkeamien ja painumavaurioiden korjaamisessa pyritään ennen kaikkea estämään tiilimuurin halkeilu ja/tai poistamalla painumiseen johtaneet syyt. Tämän jälkeen halkeamien korjaus toteutetaan soveltuvan injektointi- ja saumaustekniikan avulla ja tehdään tarvittaessa seinään liikuntasauvoja, jos tämä on mahdollista. Pahoin painuneen tiilimuurin korjaus saattaa johtaa jopa rakenteen purkamiseen ja uudelleen rakentamiseen. Halkeama- ja painumakorjaukset liittyvät olennaisesti rakenteiden kantavuuteen ja staattiseen toimintaan ja ovat aina tapauskohtaisia. [28, s. 4–5.]

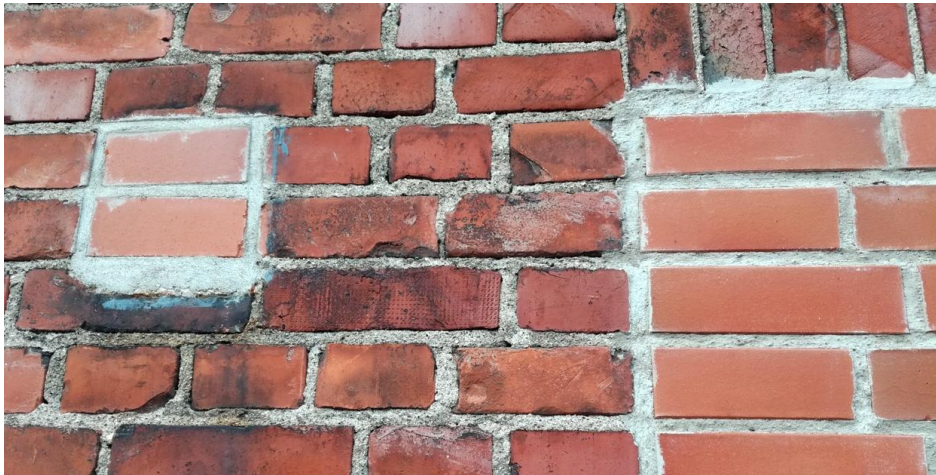
Eri korjausvaihtoehtojen valittaessa niiden ominaisuuksia arvioidaan korjaustavan soveltuvuuden näkökulmasta, tärkeiden korjauksen laatuun vaikuttavien tekijöiden osalta sekä käsittelemällä korjausratkaisussa käytettävien tuotteiden ominaisuuksia ja niihin liittyviä vaatimuksia. [28, s. 4–5.]

Kaikista suoritettavista korjauksista kannattaa ensin tehdä mallityöt, joille pyydetään arkkitehdin, rakennesuunnittelijan ja rakennuttajan hyväksymistä ennen varsinaista työn aloittamista. Mallit tehdään hyvissä ajoin, jotta kaikki mahdolliset muutokset voidaan huomioida suunnittelun vaiheessa. [29, s. 34.]

#### 5.1.1 Tiilen vaihtaminen

Rikkoontuneet ja irronneet tiilet voidaan korvata samanmuotoisilla uusilla tiileillä. Vanhoja korjauskohteita varten valmistetaan erikoistilauksesta vanhojen käsintehtyjen tiilien kaltaisia tiiliä. Tiilien valinnassa on tärkeä ottaa huomioon niiden pakkasenkestävyys, väri ja muoto. Suorien tiilien lisäksi julkisivuissa saattaa olla erilaisia muototiilejä arkkitehtisuunnitelmien mukaisesti. Tiilien vaihdossa tulee laastisaumojen paksuus ja tiilienliitys tehdä vanhan mallin mukaan. [29, s.36–38; 24, s. 7.]

Korjauksessa käytettyjen paikkatiilien on oltava savitiiliä, jotta ne toimisivat ympärillä olevien materiaalien kanssa samalla tavalla. Uusien tiilien materiaalit saattavat olla aika lähellä alkuperäisten tiilien raaka-aineita, mutta erilaisista valmistustekniikoista riippuen niiden ominaisuudet voivat olla erilaisia, mm. uusilla tiilillä on tasaisempi väri ja laatu (Kuva 12). Tämän takia uudet tiilet yleensä erottuvat huomattavasti vanhoista tiilistä, mutta yksittäisinä vaihtelevan värjäuksen omaavina tiilinä ne eivät erotu julkisivusta eikä haittaa julkisivun kokonaiskuvaa. Ulkonäön kannalta parhaana vaihtoehtona on vanhojen kierrätettyjen tiilien käyttö. [30, s. 24.]



Kuva 12. Uudet tiilet selvästi erottuvat alkuperäisistä, niissä on tasaisempi väri ja muoto. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

Vaurioituneiden tiilien katkaisu tai irroitus yleensä tapahtuu joko piikkaamalla tai sahaamalla. Ulokkeellisten tiilien vaihdossa ne tuetaan paikoilleen laastin kuivumisen ajaksi, tarvittaessa tapitetaan ruostumattomilla tapeilla ja liimataan muuriin kiinni. Tiilien



pinnalliset korjaukset voidaan suorittaa osakorjauksena, jolloin vanhaa tiiltä poistetaan noin 50 mm syvyydeltä. Uudesta tiilestä kuori leikataan siten, että lasittunut poltettu pinta tulisi ulospäin. Purkutöitä tehdessä tulee varoa aiheuttamasta pöly- tai tärinähaittaa ympäristölle. Kantavia seiniä korjattaessa käytetään tarvittaessa teräsrakenteisia työnaikaisia tukia, joiden avulla siirretään kuormat korjattavalta seinältä perustuksille. [29, s. 36–38.]

### 5.1.2 Saumojen uusiminen

Rapautuneiden ja kuluneiden laastisaumojen pintaosien uusiminen on tiilijulkisivun osittain säilyttävä korjaustapa. Laastisaumojen uusiminen ei tehdä pelkästään vanhan laastin pinnan päälle, vaan uusittava laasti poistetaan kokonaan riittävän syvältä tiilien välistä, ja alusta puhdistetaan huolellisesti hyvän tartunnan varmistamiseksi. Pinnoilla oleva ja tartuntaa heikentävä lika ja pöly poistetaan, ja alusta pestään esimerkiksi painepesulla. Uusintasaumaus suoritetaan vaurioituneilta alueilta noin 20-40 mm syvyyteen saakka sauman leveydestä riippuen. [28, s. 6; 31.]

Säilytettävien ja purettavien muuraussaumojen rajakohdat sijoitetaan siten, että niistä on mahdollisimman vähän haittoja ulkonäölle. Laastisaumat pyritään uusimaan samantyyppisillä pakkasenkestävillä laasteilla kuin säilytettävien osien saumaukset oli tehty. Uusitut saumat eivät saa olla alle jäävää muurauslaastia lujempaa. [31.]



Kuva 13. Uusitut laastisaumat näkyvät julkisivussa. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

Vanhat massiiviset tiilimuurit yleensä muurattiin kalkkilaasteilla tai kalkkisementtilaasteilla. Tällaisten julkisivujen uusintasaumauksessa on yleensä syytä käyttää korjaamiseen muurauslaastin tyyppin mukaisesti soveltuvia suhteellisen heikkoja saumalaasteja. [28, s. 6; 31.]

### 5.1.3 Halkeamien ja painumavaurioiden korjaus

Tiilimuurin tukien painumat ja taipumat, eri rakenneosien kuormitukset sekä lämpötilan ja kosteuden vaikutuksesta aiheutuvat muodonmuutokset saavat aikaan levyn tason suuntaisia siirtymiä pituus- ja korkeussuunnassa. Julkisivun siirtymät ja estetyt muodonmuutokset saattavat johtaa halkeamiin, esimerkiksi liitoskohdissa. Yleensä halkeama syntyy tiilen ja muurauslaastin tartuntapintaan. [28, s. 28.]

Halkeamien korjaamisessa on ennen kaikkea pyrittävä poistamaan vaurioitumisen syyt. Tämä edellyttää rakenteellisten halkeamien ja taipumien kohdilla hyvin perusteellista perehtyneisyyttä korjaussuunnitteluun. Rakenteellisten vaurioiden korjaus on aina tapauskohtaista. Halkeamien liikkeen vähentäminen tiiliseinässä voidaan tehdä lisäämällä liikuntasauvoja kohtiin, joihin halkeamat muutoinkin muodostaisivat, parantamalla tuentaa ja liitoksia sekä lisäämällä tarvittaessa raudoitusta. Liikuntasauman on oltava vedenpitävä ja riittävän leveä pystyäkseen ottamaan vastaan rakenteiden liikkeet. [24, s. 8; 28, s. 28.]

Halkeaman korjaustapa riippuu siitä, onko se saumassa vai tiilessä. Saumaan syntynyt halkeama voidaan korjata avartamalla sitä ja täyttämällä uudelleen pehmeällä säänkestävällä kalkkisementtilaastilla, mikäli halkeaman liikkuminen on vähäistä. Jos hakeamista aiheutuu vesivuotoja, ne korjataan tiivistämällä elastisella massalla. Mikäli halkeama on tiilessä, sitä ei yleensä pysty korjaamaan muulla tavalla kuin vaihtamalla tiili. Kantavien rakenteiden isoimmat halkeilut voidaan korjata seinän sisään asennettavilla injektointi-teräksillä. Pienet halkeamat ovat tavallisesti vain esteettinen haitta, eivätkä ne rakennetta heikennä. [24, s. 8; 26, s. 43.]



Kuva 14. Riihimäen lennätinkonepajan julkisivussa korjattu halkeama. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

#### 5.1.4 Teräsosien korjaaminen

Tiilimuurissa olevat teräksiset siteet altistuvat ilmastorasituksille, esimerkiksi voimakkaalle kosteusrasitukselle. Tämän takia julkisivumuurauksessa tulee käyttää ainoastaan ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tiilisiteitä. [28, s. 29.]

Teräsosien kunto tarkastetaan etenkin, jos korroosiosuojana on käytetty maalausta, bitumointia tai betonointia. Rauditusvaurioiden korjaustoimenpiteiden yhteydessä tehdään saumojen avaus ja uusien ruostumattomien tai kuumasinkittyjen terästen asentaminen ja saumaus. Lisäksi voidaan suorittaa tukien vahvistaminen, esimerkiksi muototeräksillä, sekä lisätä ruostumattomat teräslankasiteet, jotka sallisivat muurin tasonsuuntaisen liikkeen, mutta siirtäisivät vaakavoimat taustarakenteeseen. Tämän korjaustavan toteuttamismahdollisuus tutkitaan tapauskohtaisesti. [24, s. 9.]

#### 5.1.5 Pellitykset

Korjauksen käyttöiän kannalta keskeisessä asemassa on kosteusteknisten toiminnan korjaaminen sekä julkisivun kosteusrasitusasteen oleellinen alentaminen suojaavilla



pellityksillä ja vedenpoiston parannuksilla. Huonosti toimivien liitosten ja riittämättömien pellitysten kautta tiilijulkisivuihin saattaa aiheutua merkittävä kosteuslisä. [17; 28, s. 29.]

Paikkauskorjauksen yhteydessä aina pellitykset ja vedenpoistojärjestelmät ainakin osittaisesti uusitaan, koska vanhat tavallisesti joudutaan purkamaan vauriokohdan purkamisen yhteydessä. Uusittaessa voidaan usein parantaa pellitysten kallistuksia tai suojauskykyä sekä erilaisten liittymien kosteusteknistä toimintaa. [28, s. 29.]



Kuva 15. Saman seinän toisessa päädyssä pilasterin pellitys puuttuu. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

#### 5.1.6 Tiilijulkisivun puhdistaminen

Julkisivun mekaanisia puhdistusmenetelmiä ovat harjaus ja kaavinta. Ne eivät kuitenkaan sovi leviäviin likatahroiin, kuten öljy, rasva, tuore maali, rasvainen noki, jne. Harjaus tehdään kuivaan rakenteeseen jäykkää kuituharjaa käyttäen. Kaavinta voidaan suorittaa puulastalla tai julkisivun värin mukaisella tiilen kappaleella. [16, s. 8–9.]

Tiilijulkisivun vesipesu suoritetaan alhaalta ylöspäin palstoittain, jotta valuva likavesi ei imeytyisi takaisin seinärakenteeseen. Ulkoisia rakenteita ei saa pestä vedellä myöhään

syksyllä, talvella tai aikaisin keväällä jäätymisvaaran takia. Joskus pesutehoa parannetaan käyttämällä kuumaa vettä ja esimerkiksi astiapesuainetta. [16, s. 8–9.]

Mikäli tiilipintojen puhdistukseen käytetään painepesua, on varottava tiilipinnan vahingoitumista. Jos painepesussa käytetään joitakin puhdistuskemikaaleja, seinä on ensin huolellisesti kasteltava ja kemikaali levitetään tälle kostealle pinnalle. Laasti-, betoni-, kalkki- ym. tahrojen poistoon voidaan hyödyntää kemikaaleja tai mekaanisia puhdistusmenetelmiä. [16, s. 8–9; 24, s. 3.]

Suihkupuhdistusta, hiekkapuhallusta tai painepesua suorittaessa tiilipinta ja saumarakenne saattaa vaurioitua, minkä takia suositellaan aina tehdä koekäsittelyä. Tiilipinnan puhdistus hapolla tai alkaalisella liuoksella ei ole suositeltavaa, sillä tämä saattaa tuhota saumalaastia ja kemiallisen reaktion tuloksena voi olla liukoisia suoloja. [15, s. 118–122; 24, s. 3.]

## 5.2 Korjauksen mahdolliset ongelmat

Paikkauskorjauksen ulkonäön kannalta erittäin ongelmallisia ovat sellaiset julkisivut, joissa on väriltään tummia laastisaumoja tai erikoisia saumamuotoja. Myös likaantuneiden julkisivujen tiilimuurin osittaisessa uusimisessa on erityisen hankalaa saada ulkonäöllisesti onnistunut lopputulos, sillä täysin alkuperäisten näköisiä ja värisiä tiiliä voi olla vaikea löytää. Tämän takia uusimisessa pyritään käyttämään alkuperäistä vastaavia tiiliä ja varmistetaan koekorjausten avulla paikkauksen ulkonäöllinen hyväksyttävyyys. Koekorjaukset suoritetaan ennen korjaustavan lopullista valintaa. [28, s. 4–5.]

Ongelmana saattaa olla myös se, että saumalaastin ja tiilien pakkasrapautuminen näkyy silmämääräisesti vain pitkälle edenneillä alueilla. Korjauksen onnistuminen edellyttää, että kaikki vaurioituneet alueet tulisivat paikatuiksi, myös sellaiset, joissa vauriot ovat edenneet piilossa. [28, s. 4–5.]

Korjauksessa käytettävien materiaalien tulee sopia yhteen. Eri valmistajien tuotteet aina eivät sovellu käytettäväksi keskenään ja siitä johtuen vaarana on yleisimmin tartunnan epäonnistuminen. Lisäksi korjattavien alueiden materiaalien on sovittava yhteen alustan ja vanhan jätettävän muurauslaastin kanssa. Ongelman ratkaisemiseksi

valitaan ainoastaan tuotevalmistajien suosittamia tuoteyhdistelmiä sekä tarvittaessa selvitetään esimerkiksi vanhan laastin koostumus. [28, s. 4–5.]



Kuva 16. Tiilien vaihtamisessa ei onnistu aina saada samanväristä lopputulosta, mutta teollisuusrakennuksen kohdalla julkisivun ulkonäköä tämä ei välttämättä haittaa. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

Julkisivujen paikkauskorjaukset on erikoisosaamista vaativa työ, ja sen toteuttaminen edellyttää korkeantasoisia ammattitaitoa ja kokemusta. Välttääkseen ongelmia ennen varsinaisen työsuorituksen aloittamista kannattaa vaatia urakoitsijalta mallityö korjauksen laadun varmistamiseksi. [28, s. 4–5.]

## 6 Historiallisten rakennusten korjausmahdollisuudet

### 6.1 Kulttuuriarvokkaiden rakennusten suojelu

Asemakaavoituksessa tulee ottaa huomioon viihtyisyys ja rakennettua ympäristöä tulee vaalia siten, että sen erityisiä arvoja ei hävitetä (MRL 54§).

Nykyään yhä enemmän huomiota kiinnitetään vanhan rakennuskannan säilyttämisen tärkeyteen. Suojelussa on pidetty tärkeinä kohteina yli 100 vuotta vanhoja

historiallisesti koko maan kannalta merkittäviä rakennuksia. Suojeluasenteet ovat kuitenkin muuttuneet paikallisimmiksi. Tärkeänä pidetään, että nykyaikainen ihminen saisi omassa jokapäiväisessä elinympäristössään nähdä entisajan rakennuksia ja miljöötä. Kyse lienee paikallisen identiteetin merkityksen tajuamisesta.

Historiallisten rakennusten säilyttäminen on tavoite, johon täytyy pyrkiä korjaus- rakentamisessa. Rakennusten vaurioituminen on väistämätön prosessi, mutta ihmisen pitäisi yrittää rakentaa tulevaisuutensa menneisyyden perustuksiin oman identiteettinsä tähden. Ihminen tahtoo tuntea kuuluvansa johonkin ja hänellä on oltava yhteys tiettyyn paikkaan ja aikaan, eli omiin juuriinsa, sillä juureton yhteiskunta ei kauan kasva ja kehity. Historiallisten arvojen kannalta on tärkeää muistaa, että historia muuttuu koko ajan ja jokainen historian vaihe on arvokas. Vaikka ympäristö saattaa merkittävästi muuttua, yhteys menneisyyteen voi säilyä. [32, s. 26–28.]

Tässä opinnäytetyössä pyritään keskittymään teollisuusrakennusten säilyttämiseen. Esteettiset säilytystä edistävät arvot ovat aika ristiriitaisia, koska teollisuusalueiden kohteita ei varsinkaan pidetä esteettisen merkityksen arvoisina, ainakin jos mielessä on tuoreimmat teollisuusrakennukset. Siitä huolimatta vanhempien teollisuusrakennusten esteettiset arvot voivat jopa nousta teollisen ympäristön käyttötarkoituksen vaihtaessa. Arkkitehtonisesti parasta olisi kuitenkin säilyttää alkuperäinen rakennuksen käyttö, mihin se oli suunniteltu, mutta tämä aina ei ole mahdollista.

Teollisuusrakennusten sosiaaliset arvot ja identiteetti ovat erityisen riippuvaisia kohteiden toiminnan jatkuvuudesta. Koska teollinen toiminta usein tuottaa ympäristölle haitallisia aineita, teollisuusrakennusten toiminnan säilyttäminen aina ei kuitenkaan ole taloudellisesti järkevää. [32, s. 37.]

## 6.2 Rakennusten uusi käyttötarkoitus

Nykyään teollisuusalueet ovat alttiita muutoksille ja joskus jopa unohdukselle. Teollisissa ympäristöissä rakennuksille ja niiden toiminnoille on ominaista muutos. Niitä säilytettäessä ei kannata pyrkiä pysäyttämään tätä muutosta, vaan hallitsemaan sitä. Teollisuusrakennusten käyttöarvojen kannalta sellaisten kohteiden arvokkuus on suurimmillaan alkuperäisessä tai sen kaltaisessa käytössä. Mikäli rakennuksen alkuperäinen käyttö ei ole enää mahdollista toteuttaa, mutta rakennetut rakenteet ovat

hyväkuntoisia ja muokattavissa uuteen käyttötarkoitukseen, voi niiden käyttöarvo säilyä tai jopa kohota. [32, s. 33–37; 33, s. 145–150.]

Järkevintä olisi säilyttää kaikki tarkoituksenmukaiset ja suhteellisen hyväkuntoiset kohteet teollisissa ympäristöissä, sillä yleensä parhaiten rakennuksen ominaispiirteet säilyvät, jos se pysyy edelleen käytössä, sen käyttötarkoitusta ei tarvitse mitenkään muuttaa ja tarvittavat korjaukset voidaan suorittaa rakennuksen erityispiirteet huomioon ottaen. [32, s. 33–37.]

### 6.3 Esimerkkejä käyttötarkoituksen muuttamisesta

Kaikki vanhat teollisuusrakennukset eivät ole löytäneet uutta käyttöä, mutta monille on tehty käyttötarkoituksen muutos, joka ei haittaa ja jopa korostaa rakennusten arvokkuutta ja osittaisesti muistuttaa kohteen aiempaa historiaa ja käyttöä.

Näin alkuperäisen käytön puuttuessa Hangon–Hyvinkään rautatien entiselle asema- ja varikkoalueelle syntyi Suomen rautatiemuseo (Kuva 17). Museo siirrettiin Helsingistä Hyvinkäälle vuosina 1973–1974 ja se sijaitsee nyt Hyvinkään rautatieaseman läheisyydessä. Alue on suojeltu ja peräisin 1870-luvulta, mutta siellä on myös kaksi modernia kalustohallia. Asemarakennuksen lisäksi alueella on veturitalli ja asuinrakennuksia. Museon pysyvään näyttelyyn kuuluvat ainutlaatuiset, historialliset Venäjän keisarien vaunut ja Suomen presidentin salonkivaunu. Höyryvetureita on esillä kymmenen, esimerkiksi Suomen vanhin säilynyt veturi vuodelta 1868 sekä useita suomalaisvalmisteisia vetureita, jotka vievät mielen silloiseen aikaan ja tunnelmaan. [22.]

Helsingissä sijaitseva tiilinen hallirakennus Kaartin maneesi (Kuva 18) oli rakennettu vuosina 1875–1877 alunperin Suomen kaartin harjoitushalliksi. Maneesissa ennen oli hiekkapohjainen harjoituskenttä ratsastusradan kanssa. Hallia myös käytettiin 1900-luvun alkupuolella messu-, kokous- ja näyttelytilana ja vuodesta 1952 se on toiminut autohallina. Vuosina 1949–1952 alkuperäiset puiset kattorakenteet purettiin ja halli jaettiin betonisilla välipohjilla kerroksiin, mutta Kaartin Maneesin ulkonäkö kuitenkin säilyi suunnilleen ennallaan. [19.]

Paloasema Erottaja (Kuva 19) toimi Helsingin pääpelastusasemana vuoteen 1975 asti. Tämä on vanhin käytössä oleva paloasema Helsingissä. Punatiilinen



paloasemarakennus 42-metrinen tornin kanssa on valmistunut vuonna 1891, arkkitehtina suomalainen Theodor Höijer. Erottajan paloasema oli remontissa vuonna 2011–2013, jonka jälkeen se on uudelleen otettu käyttöön pelastusasemana. Asemalta käsin toimii nykyään myös Helsingin pelastuslaitoksen pelastussukellus. [29, s. 1–5; 21.]

Valiillassa sijaitseva Pasilan konepaja (Kuva 20) suunniteltiin rautateiden suurimmaksi konepajaksi. Sen rakentaminen alkoi vuonna 1899 ja tuotanto käynnistyi vuonna 1903. Bruno F. Granholmin arkkitehtuuri muodostaa rakennuksen ainutlaatuisen laajan ja hyvin säilyneen kokonaisuuden. Nykyään Pasilan konepajan teollisuushallit on suojeltu ja otettu uuteen käyttöön. Konepajan toiminnan loputtua rakennuksille löytyi monenlaista uutta käyttöä: halleissa sijaitsevat media-alan yritysten ja muita toimistoja, urheilutiloja, katsastusasema sekä rakennuskonevuokraamo. [35; 36.]

Riihimäen junaaseman läheisyydessä sijaitseva Paloheimo Oy:n sähkölaitos (Kuva 21) valmistui vuonna 1910. Myöhemmin oli lisätty savupiippu (1934) ja arkkitehti Toivo Paatelan suunnittelema pohjoisiipi (1949). Tehdassali ja kaasuturbiiniosa valmistuivat vuonna 1950. Sahausjätteestä energiaa kehittävä Riihimäen sähkövoimala oli ensimmäinen laatuaan Suomessa. [37, s. 84.] Rakennuksen nykyisestä käytöstä ei ole varsinaisesti tietoa. Ainakin osa alakerrasta toimii toimistotiloina, mutta itse teollisuussali on ilmeisesti hylätty ja ei ole missään käytössä.



Kuva 17. Hyvinkään Suomen rautatiemuseo. Kuva: E. Kangas, 05.2017.



Kuva 18. Kaartin maneesi Helsingissä. Kuva: wikipedia.



Kuva 19. Erottajan paloasema. Kuva: Marja Valtonen 29.10.2010.





Kuva 20. Pasilan konepaja Valillassa. Kuva: <https://hennahelander.wordpress.com/tag/pasilan-konepaja-alue/>



Kuva 21. Paloheimon Oy:n sähkölaitos Riihimäellä. Kuva: E. Kangas, 06.2017.



## 6.4 Riihimäen historialliset rakennukset

Valtion rautateiden rakennustoiminta on ollut huomattava osa Suomen rakentamista autonomian ajalta lähtien. Vanhat tiiliset konepajat, joita tehtiin maan eri puolille rataverkon laajentumisen yhteydessä, muodostavat tyyliltään yhtenäisen kokonaisuuden ja ovat tärkeä osa historiallisesti merkittävästä teollisuus-arkkitehtuurista. [34, s. 2–3.]

Nykyinen Riihimäen kaupungin alue kuului ennen Hausjärveen ja osaksi Janakkalaan. Varsinaisesti Riihimäen asutuksen laajeneminen Pataistensuon ympäristöön alkoi 1850-1860 -luvulla, Helsinki-Hämeenlinnan radan rakentamisen myötä. Riihimäen kauppala perustettiin vuonna 1922 ja kaupunki vuonna 1960. [34, s. 2–3.]

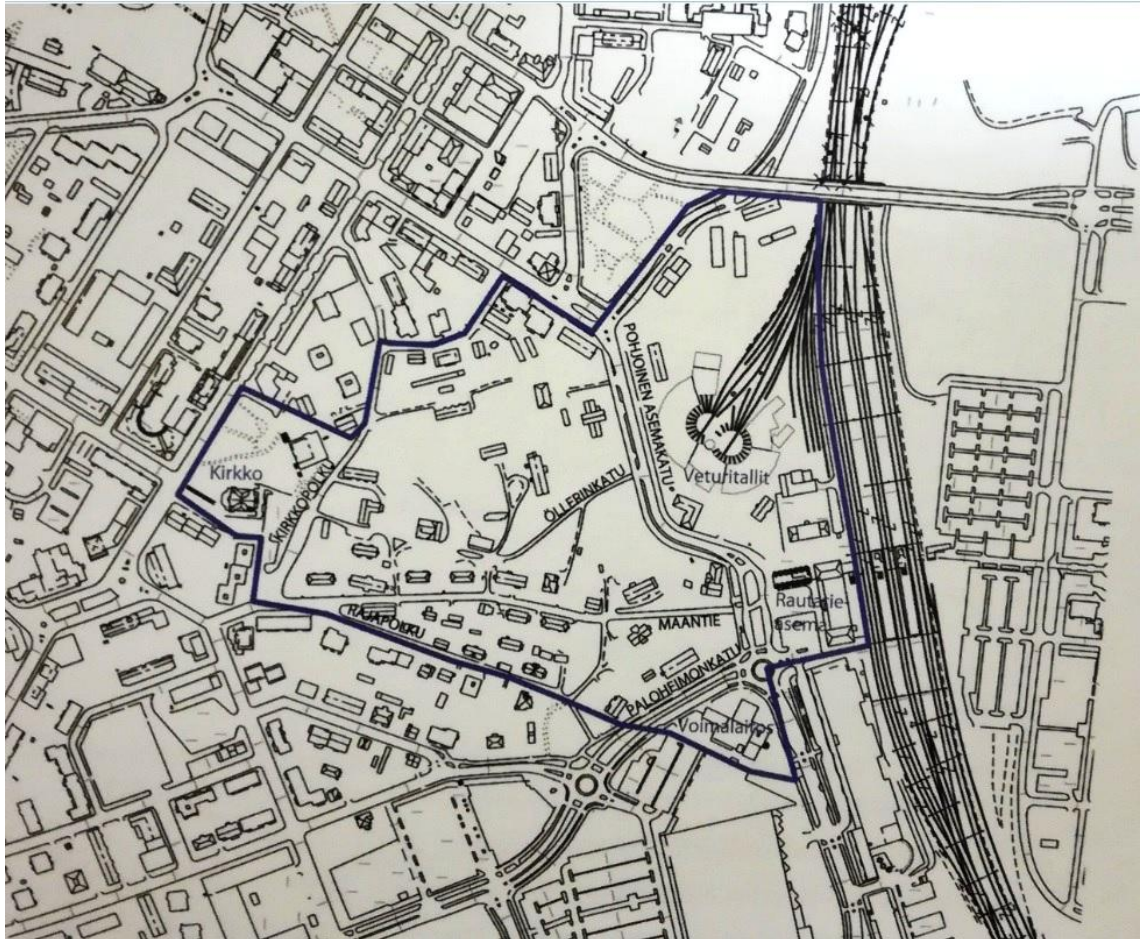
Helsinki-Hämeenlinnan radan valmistuttua alkoi kasvaa tarve rautateiden omiin rakennuksiin. Riihimäki-Pietarin radan valmistuminen vuonna 1870 kiihdytti myös teollisuuden kasvua. Ensimmäisenä teollisuuslaitoksena aloitti toimintansa 1880-luvun lopulla turvepehkutehdas. Vuosisadan vaihde toi uutta teollisuutta ja yleensä Riihimäen alueen laajempi rakentaminen voidaan jakaa kolmeen tai neljään kauteen: 1800-luvun loppu, 1900-1910-luku, 1920-1930-luku ja sotienjälkeinen aika. [34, s. 2–3.]

Riihimäen taajama-alueilla ei ole säilynyt kovinkaan monta tiedossa olevaa 1800-luvun rakennusta. Vanhin lienee Rautatienpuistossa sijaitseva Kaupunginmuseon toimitalo, joka valmistui vuonna 1858. Enemmän säilyneitä rakennuksia on 1900-luvun alkupuolelta. Säilynyttä 1900-1930-lukujen rakennuskantaa voidaan jaotella seuraavasti: julkiset rakennukset, kerrostalot, puutalot ja muut pientalot sekä maatalouden piiriin kuuluvat rakennukset. [34, s. 2–3.]

Riihimäen vanhojen rakennusten suunnittelijoita ei tässä yhteydessä ole voitu selvittää, vaan työ vaatisi laajempia tutkimuksia. Osa 1900-luvun alun rakennuksista on syntynyt silloisten tyyppiirustusten pohjalta, osa on paikallisten rakennusmestareiden suunnittelema. Joukossa lienee myös runsaasti sellaisia rakennuksia, jotka ovat rakennuttajiensa itse suunnittelema.

Rautatienpuisto ja aseman seutu kuuluvat Museoviraston ja VR:n laatiman valtakunnallisesti merkittävien rautatieasema-alueiden säilyttämisestä ja suojelusta laadittuun sopimuksen piiriin. Sopimus on tehty vuonna 1998 Museoviraston,

Ratahallintokeskuksen, Valtiokiinteistölaitoksen, VR-Yhtymä Oy:n ja Metsäntutkimuslaitoksen kesken. Toiminnallisen monipuolisuutensa, ajallisen monikerroksisuutensa ja sisäisen yhtenäisyytensä puolesta Riihimäen asemanseutu on valtakunnallisesti poikkeuksellisen edustava rautatieasemakohde. [37, s. 80–89.]



Kuva 22. Riihimäen rautatieaseman seutu ja rautatiepuisto. Alueen rajaus. Lähde: [37, s.87.]

Työssä tarkemmin käsitellään Riihimäen vanhimmat teollisuusrakennukset: rautatieaseman seutuun kuuluvat vaturitalli ja lennätinkonepaja, jotka edustavat 1800-1900-vuosisatojen vaihteen tyypillistä tiiliarkkitehtuuria.



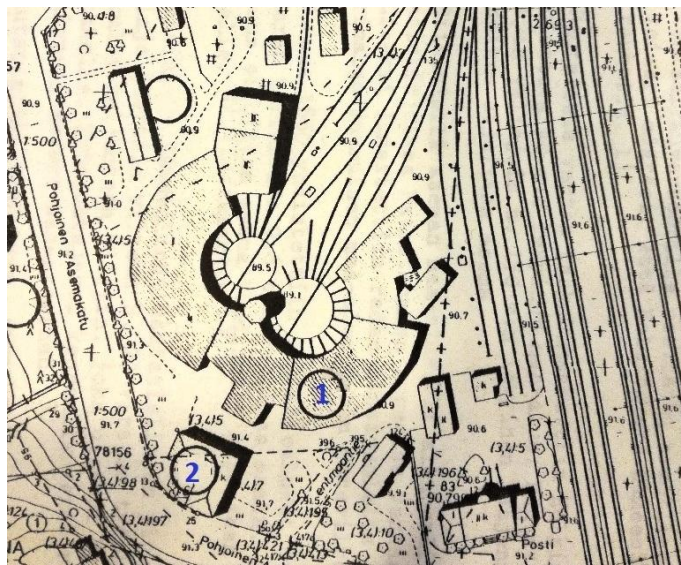
## 7 Esimerkkirakennukset: Riihimäen veturitalli ja lennätinkonepaja

### 7.1 Riihimäen veturitalli



Kuva 23. Ilmakuva Riihimäen veturitallista, 2010. Kuva: yle.fi

Riihimäen aseman seutuun kuuluva veturitalli ja siihen liittyvät tiilirakennukset muodostavat historiallisen rautatieympäristön, jonka synty ja kehitys liittyy sekä Suomen rautatielaitoksen että Riihimäen kaupungin historiaan.



Kuva 24. 1 – Veturitalli; 2 – Lennätinkonepaja. Lähde: [38, s. 4.]

### 7.1.1 Kohteen historia ja alkuperäinen käyttötarkoitus

Vuonna 1867 keisari vahvisti päätöksen, jolla määrättiin rautatie rakennettavaksi Riihimäen asemalta Pietariin. Rautatien rakennustyömaa jaettiin viiteen eri työpiiriin, joista Riihimäki kuului Hahmajärveltä (nykyinen Herrala) alkaneeseen viidenteen työpiiriin. Rakennustyöt aloitettiin 18.2.1968. [38, s. 25–26.]

Vuodesta 1862 päivätyn luettelon mukaan, joka käsittää Helsinki-Hämeenlinna rautatien rakennukset, veturitalli oli vain Hämeenlinnassa. Tuolloin Hämeenlinnan ”Lokomotivstall” käsitti vaatimattomasti vain kaksi ”huonetta”. 1900-vuosisadan ensimmäisen vuosikymmenen lopulla valtionrautateilla oli yhteensä 481 veturipaikkaa 78:ssa eri tallissa. Suurin 38-paikkainen veturitalli oli Pasilassa. [38, s. 25–26.]

Valtionrautatiet rakensivat sekä suorakaiteen että ympyrän kaaren muotoisia veturitalleja. Edelliset, puiset tallit olivat tarkoitettu vain muutamaa veturia varten ja niitä rakennettiin lähinnä pienille asemille. Ympyrän kaaren muotoiset veturitallit tehtiin tiilestä yleensä suurille asemille. [38, s. 25–26.]

Riihimäen veturitallin ensimmäinen osa valmistui vuonna 1869 ja siinä oli viisi veturipaikkaa. Asema-alueen muut rakennukset oli silloin vesitorni, puuvaja sekä tavaramakasiini. Kaikki nämä rakennukset sijaitsivat rautatien länsipuolella. [38, s. 25–26.]

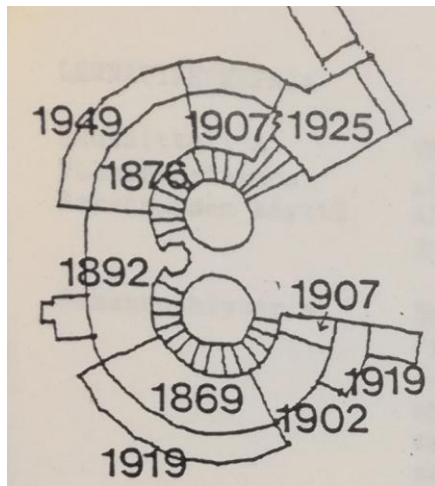
Vuonna 1876 valmistui toinen viisipaikkainen tiilirakenteinen veturitalli. 1880-luvun alussa asema- ja veturivarikkoalueella oli rakennettu jo useita rakennuksia. Kahden veturitallin lisäksi oli asematalo, kaksi makasiinia, vesitorni, puuvajoja ja ulkokuoneita sekä asuinrakennus, joka vuosina 1909-1917 toimi venäläisen sotaväen sotilaskasarmina. [38, s. 25–26.]

Vuonna 1892 oli tehty veturitallin laajennus, joka käsitti kolme paikkaa, ja seuraavana vuonna valmistuivat toiset kolme lisäpaikkaa. Tämä laajennus rakennettiin siten, että se yhdisti aikaisemmin rakennetut tallit. Laajennusosan keskelle rakennettiin kaksikerroksinen vesitorni. [38, s. 25–26.]

Vuosina 1902-1950 veturitallia laajennettiin useassa eri vaiheessa, ja siinä oli vuonna 1950 kaikkiaan 27 veturipaikkaa. Veturitallin vesikaton muoto on myös useaan

otteeseen muutettu. Viime vuosisadan puolella rakennetuissa osissa sijaitsevat vesikaton harjat pitkittäin rakennusrungon keskellä. 1910-luvun lopulla pidennettiin tallin vanhimman osan toista lapetta lähes 10 metriä, ja toinen lyhyempi lape jäi sisäpihan puolelle. Kun vuonna 1925 pilttuut pidennettiin, katteeksi tuli ulospäin viettävä yhtenäinen pulpettikatto, ja tämä kattomuoto on tällä hetkellä suurimmassa osassa veturitallia. [38, s. 25–26.]

Ensin tallin vesikattoa kannattivat puiset kattorakenteet, mutta vuonna 1902 suoritetun laajennuksen yhteydessä käytettiin teräksisiä I-kiskoja. Kannakkeet sijoitettiin rakennuksen harjan suuntaisesti ja ne tuettiin pilttuiden välisiin väliseiniin. Niiden päälle sijoitettiin puiset kattotuolit ja vesikatto, joka koostui kahdesta kaksikerroksisesta ilmavälillä varustetusta laudoituksesta. Katteena käytettiin VR:n rakennuksilla tuolloin tavallista asfalttihuopaa. Vesitornia korotettiin vuonna 1928. [38, s. 25–26.]



Kuva 25. Riihimäen veturitallin rakennusvaiheet vuosina 1869-1949. Lähde: [38, s. 28.]

Veturitallin kaareva muoto liittyy sen toimintaan. Talli on osa ympyrän rengasta, jonka keskustassa on pyörivä kääntölava. Ympyränmuotoisen kääntökehän halkaisija tehtiin aluksi 42 jalan (12,8 m) pituiseksi. Vuonna 1875 rakennettiin toinen samanlainen kääntökehä. Vuonna 1910 muutettiin molemmat kehät 13,7 metrin pituisiksi ja jo vuonna 1919 uusittiin toinen halkaisijaltaan 22,8 metrin pituiseksi. Alunperin kääntölavoja käännettiin käsivoimin kääntökangella tai vintturilla. [38, s. 25–26.]

### 7.1.2 Kohteen perustiedot



Kuva 26. Riihimäen veturitallin sisäpiha kesäkuussa 2017. Kuva: E.Kangas.

Asemakaavassa kohde on valtakunnallisesti ja seudullisesti merkittävä.

Rakennus on pääosin yksikerroksinen, pohjamuodoltaan se muistuttaa numeroa 3. Katto on pääosin pulpettikatto, myös osassa tiloissa on satulakatto. Sisäpihalla sijaitsee rakennukseen liittyvä telttakattoinen vesitorni, jonka pohjamuoto on säännöllinen 8-kulmio. Rakennukset ovat pääosin alkuperäisessä asussa.

Rakennusrunko on poltetusta tiilestä. Kantavassa tiilimuurissa on runsaasti aukkoja, ja seiniä on vahvistettu ulkopuolella pilastereilla. Perustuksena on osittain luonnonkivinen kivijalka ja osittain betoninen peruspalkki. Ulkoverhouksena on punatiili. Seinät ovat muurattu ristilimityksellä ja alkuperäisten tiilien koko vaihtelee, sillä kohde on rakennettu ennen tiilien mittojen virallista vakiintumista. Keskimäärin tiilien mitat ovat noin 26,5x14x7 cm, mikä on nykyaikaisia tiiliä isompi.

Katteena on musta bitumihuopa sekä pelti. Pilasterit jakavat julkisivua osiin, joissa on kaksi moniruutuista ikkunaa (Kuva 26). Ikkunapuitteet ovat metallia ja maalattu



tummanruskeaksi. Ikkunat, ovet ja portit oli uusittu aikaisemmissa korjauksissa 1900-luvun lopussa.



Kuva 27. Julkisivu Pohjoiselle asemakadulle. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

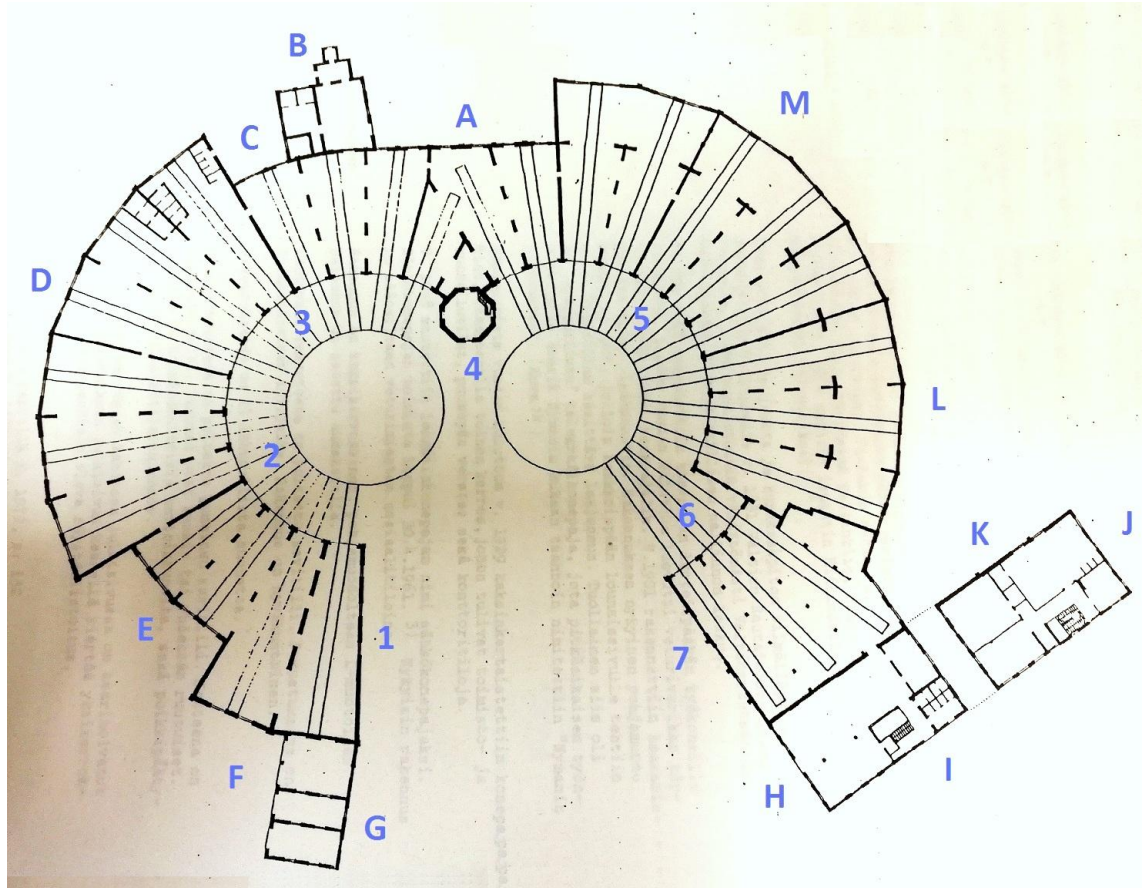
Rakennuksessa on 27 veturi paikkaa, suurehko korjauspaja sosiaalitoimeen, autotalleja ja varastotiloja. Nykyään osa näistä tiloista on alkuperäisessä käytössä. [38, s. 25–26.]

### 7.1.3 Julkisivujen vaurioiden kartoitus ja sopivat korjaukset

Tätä opinnäytetyötä varten Riihimäen veturitallin tiilijulkisivujen silmämääräinen vauriokartoitus suoritettiin kesäkuussa 2017 tarkastamalla kohdetta paikan päällä, kuvaamalla ja tallentamalla tietoja vihkoon.

Kohdekäyntien aikana havaittiin veturitallin julkisivun olevan tyydyttävässä kunnossa. Vain tietyt vauriokohdat vaativat korjaustoimepiteitä. Kohteen aikaisemmin tehdyistä korjauksista ei ole saatu tietoja, mutta niiden seurauksia näkyy julkisivuissa monissa paikoissa selvästi, kuten esimerkiksi laastilla täytetyt halkeamat, vaihdetut tiilet sekä uusitut pellitykset.

Kuvassa 28 on esitetty veturitallin pohjapiirustus, jossa on merkitty kirjaimilla A-M ulkoiset julkisivut ja numeroilla 1-7 sisäpihan julkisivut, mikä helpottaa vauriopaikkojen sijainnin hahmottamisen.



Kuva 28. Riihimäen veturitallin pohjapiirustus. Lähde: [38, s. 28.]

### *Halkeamat*

Julkisivuissa 1, 7, J ja L ilmestyneet halkeamat johtuvat todennäköisesti perustusten epätasaisesta painumista (Kuvat 6 ja 29). Halkeamat aukkojen yläpuolella julkisivuissa C (Kuva 30) saattoivat aiheutua ikkunoiden ylityspalkkien taipumisesta. Halkeamat menevät pääosin laastisaumoja pitkin. Ennen halkemien varsinaista korjausta tulee tarkastaa rakennusrunko rakenteellisten liikkeiden kannalta sekä tarvittaessa suorittaa rakennelaskelmia. Lisäksi voidaan seurata halkeamien etenemistä ja jos ne eivät enää liiku, suoritetaan tarvittavat korjaukset. Halkeamat laastisaumoissa avataan ja täytetään soveltuvalla kalkkilaastilla. Mikäli halkeama on tiilessä, on syytä vaihtaa halkeilleet tiilet uusiin.





Kuva 29. Rakenteellisesta liikkeestä johtuva halkeama tiilimuurissa. Kuva: E. Kangas, 06.2017.



Kuva 30. Ikkunoiden yläpuolelle ilmestynyt halkeilu laastisaumoissa. Kuva: E. Kangas, 06.2017.



### *Pinnallisten vaurioiden korjaus ja tiilen vaihto*

Aika monissa veturitallin julkisivuissa (A, D, E, M, L, 7) näkyy sekä pinnallisia että syvempiä tiilikivien vaurioita, jotka olivat aiheutuneet pakkasrasituksesta, mekaanisista iskuista tai tiilen kulumisesta ja rapautumisesta. Etenkin useissa paikoissa julkisivun pilastereissa on pakkasvaurioita. (Kuva 31).



Kuva 31. Vaurioituneet tiilet julkisivujen pilastereissa. Kuva: E. Kangas, 06.2017.



Kuva 32. Rapautunut tiilipinta. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

Pinnalliset vaurioiden (Kuva 32) korjaukset voidaan suorittaa osakorjauksena, jolloin vaihdetaan vain kiven osa. Tiilien vaihdossa laastisaumojen paksuus ja tiilienliimitys tulee tehdä vanhan mallin mukaan. Tiilien irronneen palan tilalle muurataan uudesta tiilestä leikattu siivu. Huomioon tulee ottaa se, että leikattu pinta eroaa poltetuista pinnoista sekä ulkonäöllisesti että kosteuden imukyvyltään. Lasittunut ja tiivistynyt poltetu pinta ei ime kosteutta niin paljon kuin leikattu pinta, jossa huokokset ovat auki.

### *Suolat ja lika*

Julkisivuissa A, C, M ja 3 on havaittavissa valkoista suolahärmettä (Kuva 7). Tämä on saattanut johtua rakenteessa olevan runsaan kosteuden haihtumisesta ja veteen liuenneiden suolojen kiteytymisestä julkisivupintoihin, Lisäksi härme on voinut tulla uusitussa muurauslaastissa olevista suoloista sekä rakennuksen sisällä tapahtuvista teollisuustoiminnoista. Julkisivujen puhdistustöiden lisäksi tulisi selvittää saumalaastin koostumus.

Grafiitit julkisivussa 1 (Kuva 5) ja maalaustöiden yhteydessä tiilipintaan roiskunutta maalia julkisivuissa L-M (Kuva 33) poistetaan samalla menetelmällä, esimerkiksi soodapuhalluksen avulla tai käyttämällä kuivajääpuhdistusmenetelmää. Molemmat puhdistuksen toimenpiteet eivät välttämättä vaadi mitään jälkitoimia. Työt suoritetaan erityislaitteilla ja putsaus kannattaa tilata siihen erikoistuneelta yritykseltä.



Kuva 33. Pellityksiä maalatessa tiiliseinään roiskunut maali. Kuva: E. Kangas, 06.2017.



### *Saumalaastit*

Useissa julkisivujen kohdissa löytyy rapautuneita ja puutteellisia laastisaumoja (Kuva 9). Saumat tulisi korjata ensin avaamalla ja puhdistamalla ne, jotta uusi laasti saisi kelvollista tartuntapintaa. Sen jälkeen saumat kostutetaan ja täytetään sopivalla pakkasenkestävällä laastilla. Saumojen avaus tulee tehdä seinärakenteita vahingoittamatta kevyin menetelmin, jotka voivat olla esimerkiksi käsin piikkaus, käsijyrsintä, kaavinta tai poraus.

Laastin kuivuttua saumat voidaan sivellä pigmenttipitoisella kalkkivedellä, jotta saadaan alkuperäistä lähellä oleva värisävy. Saumojen jälkihoidolla voidaan estää laastin irtoaminen tiilistä ja kutistumishalkeamien syntyminen saumaan. Korjauslaastin lujuus saa olla vähän korkeampi kuin alkuperäisen kalkkilaastin, mutta sen on oltava kuitenkin huomattavasti pienempi kuin rakennusajan tiilikivien keskimääräinen lujuus, jotta ajan kuluessa tiilet eivät puristuisi reunoiltaan rikki. [29, s. 34–36.]

### *Pellitykset*

Rakennuksen pellit on uusittu 1900-luvun lopulla, monet niistä ovat tyydyttävässä kunnossa. Julkisivuissa D, F, L ja M muutaman pilasterin pellitys kuitenkin puuttuu kokonaan ja muutamat toimivat huonosti (Kuva 15), mikä aiheuttaa viistosateesta ja pakkasesta suojan puuttuessa pilasterin ja seinän vaurioitumisen.



Kuva 34. Pellitysten kiinnitys, tiivistys ja toimivuus tulee tarkastaa. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

Korjaustoimipiteenä tulee ensin tarkastaa kaikkien julkisivujen räystääs-, ikkuna- sekä pilasterien pellitysten kiinnitys, tiivistys ja toimivuus. Huonosti kiinnitetyt pellit on kiinnitettävä uudelleen paikoilleen ja huonokuntoiset tai toimimattomat pellitykset (Kuva 34) on vaihdettava uusiin teknisesti toimiviin pelteihin. Kaikkien pellitysten on suositeltava olla vähintään 1.2 mm:ä paksuja kuumasinkittyjä ja maalattuja alkuperäisen värisävyn mukaan. Tarvittaessa voidaan uusia myös peltien tiivistys seinään. Käytettävien kiinnikkeiden tulee olla ruostumattomia, ettei niiden korroosio aiheuta uusia vaurioita seinärakenteeseen. Peltien päätyjen taitteet ja liitokset rakenteeseen tulisi aina tehdä siten, että vesi ohjautuisi pois rakenteesta.

### *Teräsosat*

Julkisivuissa 1, 2, 3, 5 ja K ruostuneet teräksiset rakenteet vaativat korjausta, sillä ne aiheuttavat tiilimuurin vaurioitumista ja jopa tiilien irtoamista seinästä (Kuva 35). Tämän takia tiilimuuria tukevien rakenteiden kunto tulee tarkastaa erityisellä huolellisuudella.

Metallirakenteiden alkuperäinen pintakäsittely on pääosin irronnut ja korroosio on edennyt pitkälle. Nämä osat voidaan ensin puhdistaa ruosteesta esimerkiksi suihkupuhdistuksella ja sitten pintakäsitellä maalausjärjestelmällä ruostumattomaksi. Korjaustöiden ajaksi alue on tuettava korvaavilla rakenteilla. [29, s. 41–43.]



Kuva 35. Tukirakenteen ruostuminen aiheutti tiilen irtoamisen muurista. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

#### 7.1.4 Rakennuksen nykyinen käyttö

Nykyään osa veturitallin alueen rakennuksia toimii varasto-, sosiaali- sekä pienten korjaustöiden tiloina. Teollisuushallit pysyvät ilmeisesti tyhjinä, eikä ole saatu virallisia tietoja niiden nykyisen ja tulevaisuuden käytöstä.

Veturitallien alueen tulevaisuudesta asemanseutua ja kaupungin perinteistä keskustaa yhdistävänä osana on keskusteltu jo vuosikausia. Tämän historiallisen alueen kunnoistus kaupungin keskustan sydämenä odottaa vielä kypsymistään. Riihimäen kaupungin tuoreessa Kaavoitus-ohjelmassa 2017 on esitetty mielenkiintoinen veturitallin tulevaisuuden käyttöehdotus. Siinä veturitallin sisäpiha toimii kävely- ja viihdepaikkana. Torilla on erilaisia mahdollisuuksia vapaa-ajalle, veturitallin halleissa on ravintoloita ja kauppakeskus (Kuva 36).

Veturitallien alueelle on syytä laatia asemakaavan muutos, jolla voidaan edistää alueen kehittämistä ja käyttöä sekä rakennusten suojelua ja uudisrakentamista sekä yhteyksiä kaupungin keskustaan. (Kaavoitusohjelma 2017. Riihimäen kaupunki: Tekniikan ja ympäristön toimialan kaavoitusyksikkö)



Kuva 36. Riihimäen veturitallin mahdollinen tulevaisuus. Kuva: OlaDesign.



## 7.2 Riihimäen lennätinkonepaja

Riihimäen veturitallin vieressä sijaitsee lennätinkonepaja (ruots. Telegrafværkstad), joka on rakennettu vuonna 1881. Rakennusta on jatkettu vuosina 1888, 1901 ja 1907 sekä korotettu 1929. Pohjoisen asemakadun varrella sijaitseva punatiilinen rakennus yhtä kuin veturitallikin antaa kaupungin vanhalle keskustalle paikallisväriä ja ajallista syvyyttä.



Kuva 37. Riihimäen lennätinkonepaja kesällä 2017. Kuva: E. Kangas.

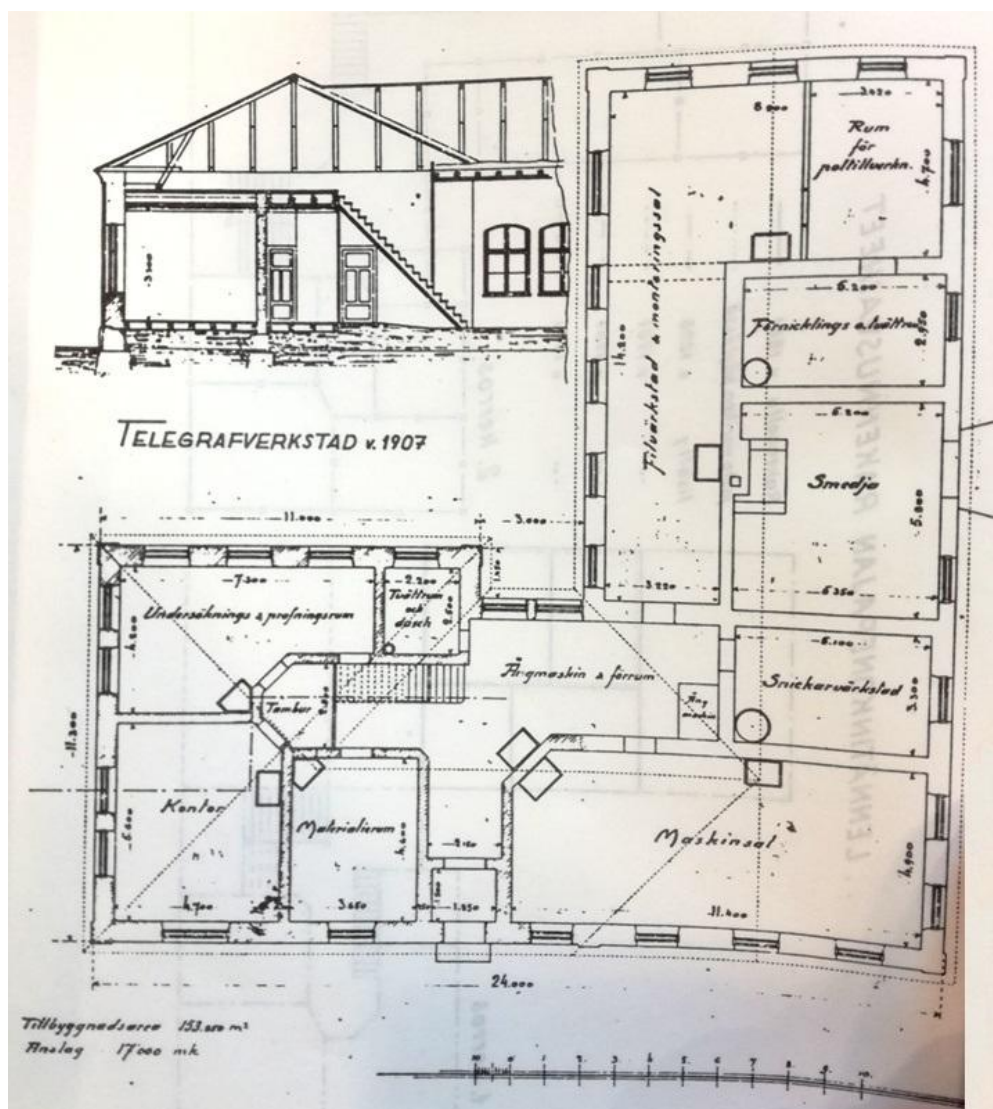
### 7.2.1 Kohteen historia ja alkuperäinen käyttötarkoitus

Rautatietä rakennettaessa vedettiin radan myöntäisesti myös lennätinlinja. Sen kunnossapitoa varten Riihimäelle perustettiin vuonna 1881 Valtion Rautateiden Telegrafikonepaja, josta muodostui valtion viestiteknisen hallinnon keskus. [37, s. 86.]

Ensimmäinen lennätinyhteys rakennettiin vuonna 1854 Helsingin ja Pietarin välille Venäjän valtion toimesta. Kun rakennettiin rautatie Helsingistä Hämeenlinnaan, työn yhteydessä perustettiin myös lennätinlinja. Asemille sijoitettiin lennätinkoneet ja matkan varrelle tarvittava määrä paristoja sopivien välimatkojen päähän toisistaan. Pietarin radan valmistuttua pystyttiin olemaan yhteydessä Riihimäeltä Helsinkiin, Hämeenlinnaan ja Pietariin. Vuonna 1874 saatiin lennätin Riihimäelle myös yksityisten sähkösanomien välittäjäksi. [38, s. 29.]

Keskittämistä, korjausta ja kunnossapitoa varten Riihimäelle rakennettiin vuonna 1881 Valtion Rautateiden Telegrafikonopaja. [38, s. 29.]

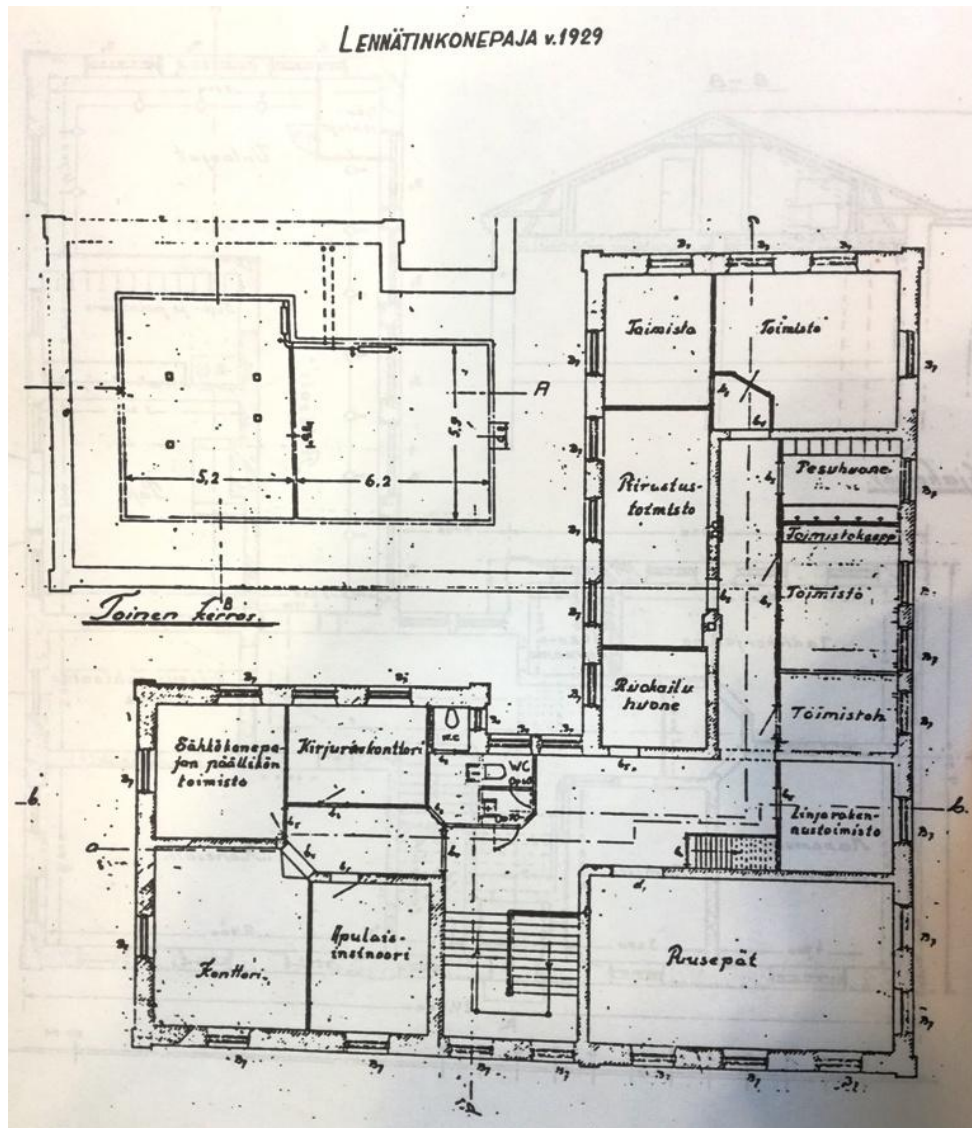
Vuonna 1888 konepajan luoteispäähän rakennettiin lisähuone työkoneille. Kuuden vuoden kuluttua veturivarikko luovutti käytössään olleet tilat konepajalle. Vuonna 1901 rakennettiin kaakkoispäätyn kolme lisähuonetta. Rakennuksen nykyinen pohjamuoto syntyi vasta vuonna 1907, jolloin kaakkoispään lounaissivulle tehtiin viisi huonetilaa käsittävä laajennus. Tällaiselta näytti alkuperäinen telegrafikonopaja, jota pitkäaikaisen työnjohtajansa Henrik Nymanin mukaan nimitettiin myös ”Nymanin verstaaksi” (Kuva 38). [38, s. 29.]



Kuva 38. Lennätinkonepaja (Telegrafverkstad), piirustus vuodelta 1907. Lähde: [39, s. 48.]

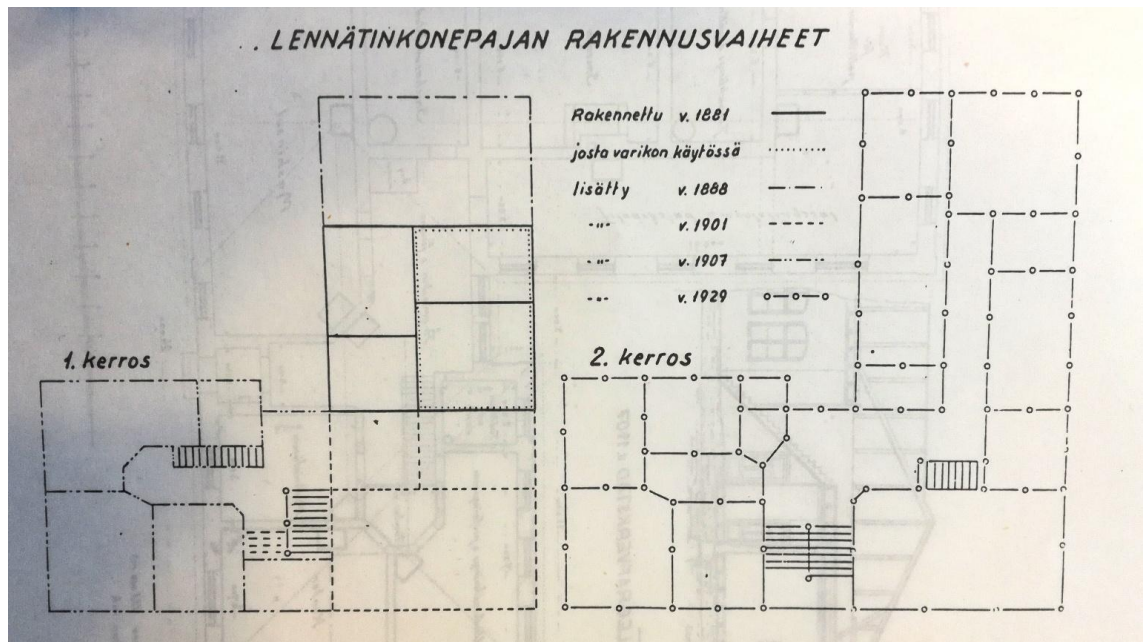


Kahdentoista vuoden kuluttua vuonna 1929 konepajan tilat päätettiin kaksinkertaistaa rakentamalla toinen kerros, johon tulivat toimisto- ja ruokailutilat, puusepän verstaas sekä konttoritiloja. [38, s. 29.]



Kuva 39. Toisen kerroksen piirustus vuodelta 1929. Lähde: [39, s. 51.]

Täältä hoidettiin kokonaisuudessaan rautateiden viestiyhteydet, uusien suunnittelu ja rakentaminen sekä jo käytännössä olevien kuntoisuuden jatkuva tarkkailu ja huolto sekä viotunneiden yhteyksien korjaaminen. Lennätinkonepajalla työskenteli vuosittain noin 40 konepajatyöläistä suorittaen monipuolista viestivälineiden ja -laitteiden sekä erilaisten mittarien ja kojeiden valmistus- ja kunnossapitotyötä (Kuva 41). [40, s. 192.]



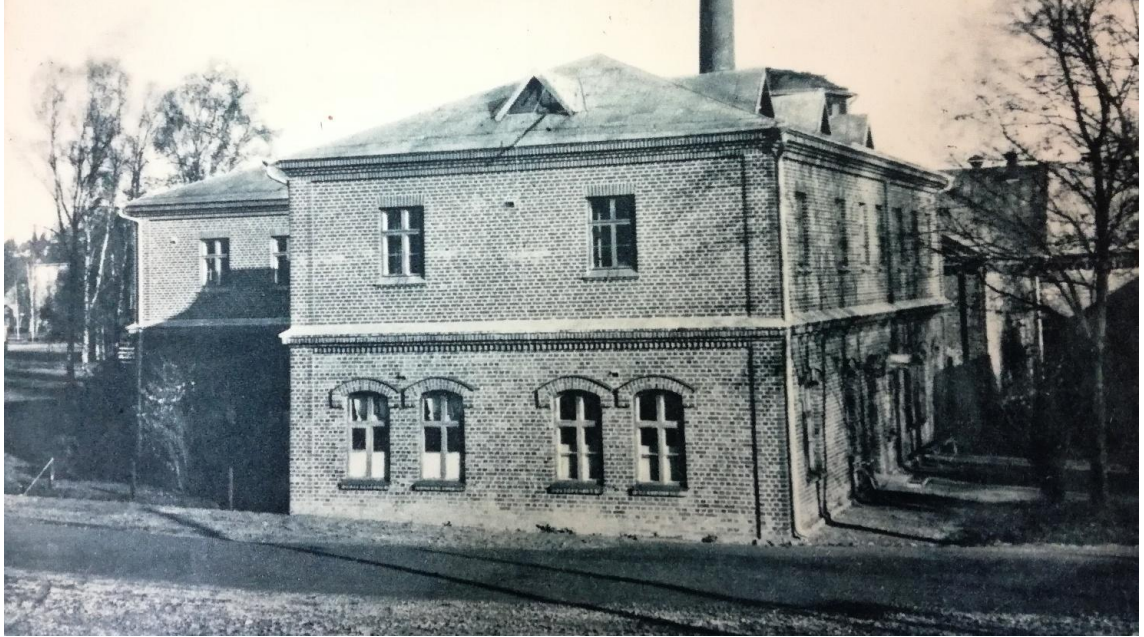
Kuva 40. Lennätinkonepajan rakennusvaiheet vuosina 1881-1929. Lähde: [39, s. 47.]



Kuva 41. Lennätinkonepaja: sisäkuva viilajaosastolta v.1923. Lähde: [40, s. 194.]

Vuonna 1948 muutettiin lennätinkonepajan nimi sähkökonepajaksi. Sen toiminta myös loppui vuonna 1961, ja siitä lähtien rakennusta on käytetty pääosin veturimiesten sosiaalitaloina. [38, s. 29.]





Kuva 42. Lennätinkonepaja vuonna 1935. Lähde: [40, s. 198.]

### 7.2.2 Kohteen perustiedot

Rakennus on kaksikerroksinen, pohjamuodoltaan L-muotoinen.

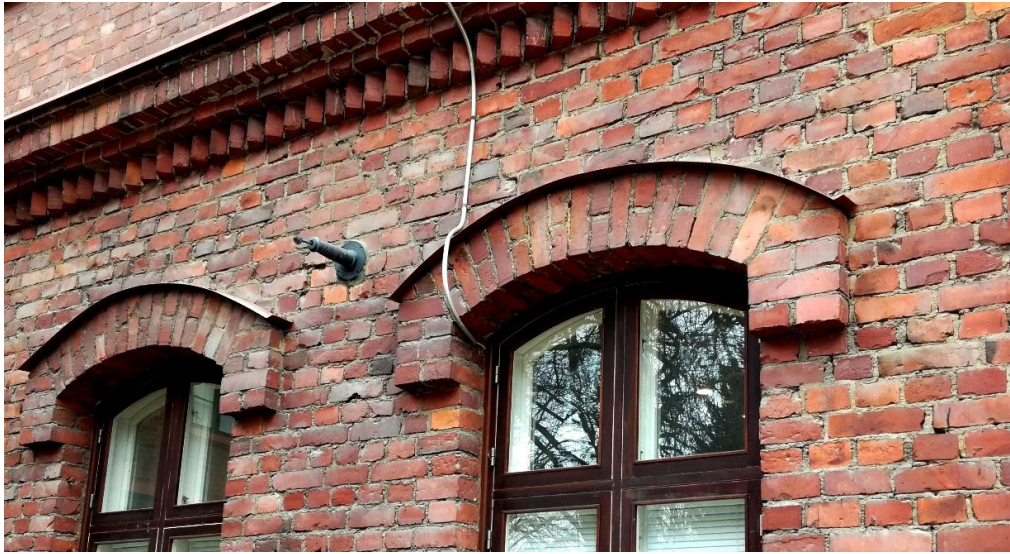
Kantavana rakenteena on massiivinen tiilimuuri, materiaalina poltettu savitiili. Seinät on muurattu ristilimityksellä ja tiilien koot ovat samankaltaiset kuin veturitallin rakennuksissa. Perustuksena on luonnonkivinen kivijalka. Rakennus on katettu aumakatolla ja katteena on saumattu pelti.

Rakennuksessa on 23 ikkunallista huonetta. Ikkunat ovat kuusi- tai yhdeksän ruutuiset. Katolla on kolmionmuotoisia kattoikkunoita sekä poikkipäätymuotoinen ulakkotila-laajennos. [38, s. 29.]

Ensimmäisen kerroksen julkisivuissa on kaariholvatut ikkunat (Kuva 43). Tiilikaari on vuosisatoja käytössä ollut muuraamalla tehty aukon päällisrakenne. Kaariholvi on loiva kaarirakenne, jota käytetään puhtaaksimuuratuissa julkisivuissa. [23, s. 6.]

Julkisivun keskellä kiertää yksikerroksiselta ajalta peräisin oleva räystääslistoitus.

Rakennuksessa on nykyään yksi sisäänkäynti kaakon puoleisessa julkisivussa, aiemmin koillispuolen julkisivussa sijaitseva toinen oviaukko oli muurattu umpeen.



Kuva 43. Ensimmäisen kerroksen kaariholvatut ikkunat. Kuva: E. Kangas, 06.2017.

### 7.2.3 Julkisivujen vaurioiden kartoitus ja sopivat korjaukset

Huolimatta yli sadan vuoden iästä lennätinkonepaja on melko hyvässä kunnossa. Rakennus on remontoitu 1900-luvun lopulla ja katon pelti oli uusittu 2000-luvulla. Julkisivujen muutamat kohdat vaativat korjausta.



Kuva 44. Lennätinkonepaja: rakennuksen sijainti ilmansuuntien mukaan. Lähde: googlemaps.

Rakennuksen julkisivut on nimetty ilmansuuntien mukaisesti (Kuva 44).





a) Julkisivu kaakkoon



b) Julkisivu koilliseen



c) Julkisivu luoteeseen



d) Julkisivu lounaaseen

Kuva 45. Rakennuksen julkisivut. Kuva: E. Kangas, 07.2017.

### *Julkisivu kaakkoon*

Pääjulkisivussa kaakkoon on sisäänkäynti rakennukseen. Julkisivussa on suuri halkeama, joka oli korjattu todennäköisesti 1900-luvun lopussa (Kuva 14). Halkeama menee koko toisen kerroksen läpi vesikatosta alakerran ikkunaan asti, mikä kertoo mahdollisesta rakennusrungon liikkeestä. Halkeama oli korjattu täyttämällä laastilla.

Julkisivun kulmassa on vaurioita, jotka aiheutuivat ilmeisesti mekaanisista iskuista (Kuva 11). Tämä kohta voidaan korjata vaihtamalla vaurioituneet tiilet ja tarvittaessa suojamalla se esimerkiksi aidalla.

### *Julkisivu koilliseen*

Koillispuoleisessa julkisivussa on tiilipinnan pakkasvaurioita sekä vähäisiä tiilen likaantumisia. Muutamassa kohdassa pinnalla on suolan esiintymisiä.

Julkisivun oviaukko on muurattu umpeen ja muutama tiili sen oikealla puolella sijaitsevan ikkunan ympärillä oli vaihdettu tämän muutoksen yhteydessä (Kuva 46).

Uusitut räystäspellit ja syöksytorvet ovat hyvässä kunnossa. Palotikkaiden liitoksissa seinään näkyy vähäisiä mekaanisia vaurioita ja likaantumisia.



Kuva 46. Koillispuolen julkisivun osa. Kuva: E. Kangas, 07.2017.

### *Julkisivu luoteeseen*

Julkisivun tiilipinnoissa on havaittavissa vähäisiä pakkasvaurioita sekä mekaanisia vaurioita erityisesti palotikkaiden liitoksissa. Vauriot ovat kuitenkin suhteellisen paikallisia. Julkisivun saumalaastien kunto on melko hyvä. Pellit ovat pääosin hyväkuntoisia, mutta muutaman kohdan ikkunapeltien kiinnitys tulee tarkistaa ja tarvittaessa kiinnittää uudestaan.

Vaurioituneet kohdat voidaan korjata vaihtamalla tiilet uusiin ja käyttämällä kosteudenkestävää muurauslaastia. Pintojen vähäiset pakkasvauriot tulisi suorittaa osakorjauksena vaihtamalla tiilien pintaosia. Julkisivun likaantuneet kohdat voidaan puhdistaa sopivalla menetelmällä.



### *Julkisivu lounaaseen*

Pohjoisen Asemankadun varrella sijaitsevan julkisivun alaosa on melko likaantunut lähellä olevan liikeenteen vaikutuksesta.

Julkisivun yleiskunto on rapautumisen osalta melko hyvä. Muutamassa kohdassa on kuitenkin pakkasrapautumaa ja tiilien lisäksi laastisaumat ovat puutteelliset (Kuva 9). Erytisesti rakennusten kulmat ovat kärsineet pakkas- ja mekaanisista vaurioitumisesta (Kuva 11). Julkisivulle oli tehty aikoinaan korjauksia, jolloin tiiliseinä puhdistettiin sekä sisäpihan ikkunoiden ympärille oli vaihdettu vaurioituneet tiilet.

Pakkas-, suola- ja mekaanisia vaurioita tulee korjata samalla tavalla kuin rakennusten muiden julkisivujen vaurioita.

#### 7.2.4 Rakennuksen nykyinen käyttö

Rakennusta nykyään käytetään VR-yhtymän työntekijöiden sosiaalityötiloina. Sen toimistotiloissa tapahtuu rautateille kuuluvien rakennusten käytönsuunnittelua, työnjohtoa sekä sijaitsee vapaa-ajan tiloja, mm. kuntosali. Rakennuksen tulevaisuudesta ei tässä vaiheessa ole saatu tietoa.

## **8 Tiilijulkisivujen kuntotutkimusmenetelmät**

### 8.1 Vanhojen suunnitteluasiakirjojen ja piirustusten tutkiminen

Rakennusten julkisivujen kuntotutkimus tulee aina aloittaa vanhojen suunnitteluasiakirjojen tutkimisesta, jolloin käydään läpi myös aiemmin tehdyt vauriokartoitukset ja korjaukset. Lisäksi perehdytään sekä alkuperäisiin että muutoksiin liittyviin piirustuksiin, ja muuhun tausta-aineistoon. Korjaustöiden selostuksia voidaan myös hyödyntää saadakseen tietoja vaurioiden leviämisestä ja/tai estämisestä, kuten esimerkiksi halkeamien etenemisestä, pakkasvaurioiden laajentumisesta tai laastisaumojen rapautumisesta.

Kiinteistön isännöitsijältä pyydetään lupa teknilliseen arkistoon, jossa voidaan tutkia vanhoja suunnitteluasiakirjoja, piirustuksia, kaavioita ja eri aikoina otettuja valokuvia. Niiden avulla voidaan havainnoida rakennuksen suunnittelu-, rakennus- ja muutosvaiheita ja verrata nykyiseen tilanteeseen. Kattava tausta-aineisto on myös tärkeä perusta kenttätutkimukselle.

Mikäli asiakirjoja löytyy liian vähän, tietojen haku voi olla hyvin työlästä ja vie aikaa. Oikein runsaan aineiston tutkiminen myös voi olla hankalaa, sillä tämä vaatii taitoa pysyä rajatun aiheen rajoissa. Tämän takia on vaikeaa arvioida etukäteen arkistovaiheen työmäärää ja laajuutta. [41, s. 20 ja 27–31.]

Tässä vaiheessa rakennuksesta voidaan laatia rakennushistoriaselvitys, jotta saada yleiskuva kohteesta korjausrakentamisen tarpeisiin. Eri selvitykset voivat erota toisistaan laajuudeltaan tarkoituksesta riippuen. Rakennuksen koko, monimuotoisuus ja arvokkaat ominaisuudet myös vaikuttavat rakennushistoriaselvityksen laajuuteen. Useimmiten rakennushistoriaselvityksen kohteena on nimenomaan suojeltu rakennus, johon suunnitellaan korjaus- ja/tai muutostöitä. Rakennushistoriaselvityksen pohjana voivat olla arkistolähteitä (vanhoja asemakaavoja, karttoja, piirustuksia, rakennustyöselostuksia, valokuvia), painettuja ja painattomia lähteitä (kohteen rakennusaikaiset rakennusoppaat, mallikirjat ja tuoteluettelot, kuntotutkimukset ja vauriokartoitukset), muita suunnitteluasiakirjoja sekä haastatteluja, jotka liittyvät tutkittavaan kohteeseen. [41, s. 27–31.]

Taulukko 2. Rakennusselvityksen työn jäsentely ja tutkimuslähteet. Lähde: [41, s. 27.]

RAKENNUSHISTORIASELVITYKSEN TYÖN JÄSENTELY JA TUTKIMUSLÄHTEET						
	Suunnittelu- ja rakentamisaika	Käytön aika	Nykytilanne	Yhteenveto R	Täydentävät työt	
Kohteen historia (tekstiosuus)	Suunnittelu- ja synthyistoria A	Käytön historia A	Nykytilan kuvailu K			
Pohjaratkaisu, tilajärjestelmät, ulkoarkkitehtuuri	Luonnokset, lupakuvat, toteutussuunnitelmat, työselitykset A	Muutossuunnitelmat A	Suunnitelmien toteutuneisuus, säilyneisyys, ajoituspiirustukset K			Mittausdokumentointi
Rakennusosat	Suunnitellut detaljit A	Muutossuunnitelmat A	Eriakaisten rakennusosien inventointi / tunnistaminen K			Rakennusosien mittausdokumentointi
Materiaalit ja pinnat	Alkuperäinen väriyysuunnitelma, maalaustyöselitykset, huoneselostus A	Muutossuunnitelmat A	Suunnitelmien toteutuneisuus, säilyneisyys K			Konservaattorin tekemä väri- ja pintatutkimus
Rakenteet ja talotekniikka	Alkuperäinen rakennejärjestelmä ja talotekniikka A	Muutossuunnitelmat A	Rakenteiden ajoitus, eriaikaisen talotekniikan inventointi / tunnistaminen K			Rakenteiden ja talotekniikan mittaukset (erikoistyö)
Valokuvat	Rakennuspaikan, rakentamisen ja valmiin rakennuksen kuvat A	Käytön aikaiset valokuvat A	Nykytilavalokuvat K			Valokuvaajan tekemä valokuvadokumentointi

A = Arkistointitutkimusta K = Kenttätutkimusta R = Raportointia

Rakennushistoriaselvitystyön pohjaksi tarvitaan rakennuksen pohja-, julkisivu- ja leikkauspiirustukset. Jos tällaisia ei ole löytynyt, ne voidaan laatia mittaamalla rakennus. Julkisivujen yksityiskohtia tallennetaan myös mittaamalla ne. Aiemmin käsin tehty mittaustyö suoritetaan nykyään erilaisia teknisiä menetelmiä käyttäen. [41, s. 27.]

## 8.2 Kenttätutkimukset

Kenttätutkimuksen alkuvaiheessa inventoidaan julkisivujen nykytilanne. Rakennuksen julkisivut ja ulkotilat tutkitaan paikan päällä ja tiedot kirjataan ylös. Tämän inventoinnin tarkkuus arvioidaan tapauskohtaisesti. Tutkittavassa kohteessa liikkuminen usein vaatii etukäteissuunnittelua ja kulkuajat on sovittava rakennuksen haltijan tai käyttäjien kanssa. Kuntotutkimuksen tilaajan tulee hoitaa tarvittavat kulkuluvat. Jos rakennus on jatkuvassa käytössä, työ joskus joudutaan sovittamaan työajan ulkopuolelle. [41, s. 38.]

Julkisivun kenttätutkimuksen tuloksena syntyy sen kuntoarvio, kuntotutkimus ja vauriokartoitus, joita hyödynnetään korjaussuunnitelmien lähtötietoina.

Kuntoarvioinnilla selvitetään julkisivujen kunto, siinä esiintyvät vauriot ja niiden laajuus sekä korjaustarpeita, jolloin käytetään pääasiassa aistinvaraisia ja kokemusperäisiä menetelmiä. Tässä vaiheessa rakenteita ei avata. Julkisivun kunto voi eri kohdissa kovasti vaihdella. Tämän takia julkisivun katselmus voidaan jakaa osakokonaisuuksiin. [25, s. 3–4; 41, s. 14–15.]

Kuntotutkimus on kuntoarviota tarkempi selvitys, jonka avulla selvitetään julkisivun materiaalien ominaisuuksia tarkemmin ja täsmennetään rakennuksen korjaustarpeita. Tutkimuksen yhteydessä tehdään mittauksia ja otetaan rakenteista näytteitä. Kuntotutkimuksen tavoitteena on esittää luotettavaa, mittauksiin perustuvaa tietoa julkisivurakenteen kunnosta. Kuntotutkimus edellyttää erityisosaamista, erikoislaitteiden ja –työkalujen käyttämistä. [25, s. 3–4; 41, s. 14–15.]

Muuratun julkisivun kuntotutkimus aloitetaan tutkimalla paikan päällä ja lähdeaineistoihin tukeutuen sen ominaisuuksia, kuten tiilen koko, väri, lujuus, kosteudenpitoisuus ym. Tiilijulkisivun aistinvaraisella tarkastelulla paikan päällä voidaan todeta myös sellaiset seikat kuten tiilen ja muurauslaastin pakkasvaurioituminen, kosteuslähteet ja seinärakenteen kosteustekninen toiminta,

sadevesivuodot räystäällä, pelityksissä ja syöksytorvissa, suolavauriot ja -härmeet, muurauksen laastisaumoissa olevien teräsraudoitteiden korroosio, saumalaastin kunto ja kiinnipysyvyys sekä yleinen tiilijulkisivun ulkonäkö ja siisteys. [24, s. 2.] Nämä tiedot ovat pohjana tarkemmalle vauriokartoitukselle ja rakenneavaustutkimukselle, kun rakennuksen vaurioitumista ja sen syntymekanismia on tarpeen analysoida perinpohjaisemmin. On eduksi, jos kenttätutkimus suoritetaan rinnakkain rakennushistoriaselvityksen kanssa, jolloin selvitys tarjoaa vauriokartoituksen taustaksi tietoja kohteen historiasta ja mahdollisista vaurioiden syistä. [41, s. 14–15.]

#### *Rakeenteelliset vauriot, halkeamat*

Tiilijulkisivun vauriokartoituksen aikana ennen kaikkea tulee tutkia rakenteellisia liikkeitä sekä niistä aiheutuvia halkeamia. Rakeenteellisia vaurioita tutkitaan perehtymällä huolellisesti rakenteisiin, erityisesti perustuksiin. Esiin kaivataan aiemmin tehtyjä rakennesuunnitelmia, piirustuksia ja laskelmia. Tarvittaessa suoritetaan uudestaan teknillisiä laskelmia, joiden avulla tarkistetaan rakenneratkaisuja. Jos rakennuksen perustuksissa on vakavaa epätasaista painumista tai alusrakenteiden taipumia, on syytä pohtia ko.rakenteiden vahvistamista. Joskus suoritetaan uudelleen koko perustusten ja maapohjan tutkiminen, jotta saadaan selville syy rakenteellisille vaurioille.

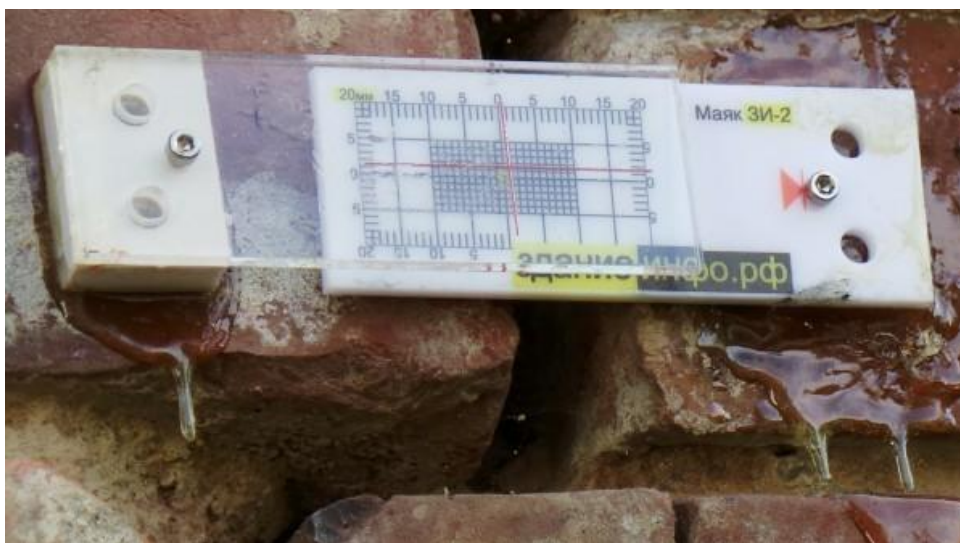
Rakenteellisten vaurioiden kartoituksessa voidaan havaita tiilimuurin kaltevuutta, muurauksen vaaka- tai pystylinjojen vääntymisiä, seinän tai sen osan poikkeavuutta vertikaalista, painumisia tai pullistumisia. Nämä vauriot tutkitaan erikoislaitteita ja työkaluja käyttäen, kuten luotilankaa, rullamittaa, teodoliittia tai nykyisin käytössä olevia laser-tekniikkaan pohjautuvia mittauslaitteita.

Lisäksi on kiinnitettävä huomiota halkeamiin. Massiivisen tiiliseinän rakenne on jäykkä, melko homogeeninen ja sen halkeilu aiheuttaa lähinnä perustusten painuminen. Halkeamien tarkastelussa tulee selvittää niiden syyt ja liikkuvuus ennen korjaussuunnittelua.

Halkeamien etenemistä voidaan seurata muutamalla yksinkertaisella tavalla sekä tarkoitukseen asennetulla mittalaitteella. Esimerkiksi, halkeaman toiselle puolelle kiinnitetään kaksi metallitappia ja toiselle yksi. Näiden etäisyys toisistaan mitataan säännöllisesti mikrometrillä tai tarkalla työntömitalla, jotta saadaan tieto liikkumisesta.

Toisena vaihtoehtona halkeamien päälle epoksiliimalla liimataan kiinni lasilevy, esimerkiksi mikroskoopin aluslevy. Lasin rikkoutuminen ilmaisee liikkumisen, mutta suunta ja määrä on kuitenkin vaikeampi todeta. Halkeaman päälle voidaan myös valaa sisällä kipsillä ja ulkona laastilla pieni ”kakku” (kipsisilta) ja seurata sen halkeamista.

Halkeamien liikkuvuuden tarkempaan seurantaan voidaan käyttää myös yksinkertaisia, mutta melko tarkkoja laitteita. Esimerkiksi, mittauslaite Маяк 3И-2, joka oli kehitetty Venäjällä Siperian rakennusteknologian tutkimuslaitoksessa (”СибНИИСтрой”) halkeamien liikkuvuuden seurantaan varten, koostuu kahdesta muovilevystä, joista toinen on ilmaisilevy (indikaattorilevy) ja toinen on mittauslevy (kts. Liite 1).



Kuva 47. Halkeamien seuraamiseen kehitetty mittauslaite Маяк 3И-2. Kuvat: здание-инфо.рф



Ilmaisinlevyn alapuolelle on laitettu maalaamalla ja kaiverramalla punainen risti, jonka liikettä seuraamalla voidaan määrittää halkeaman liikkuvuus sekä vaaka- että pystysuunnassa. Alla olevassa mittauslevyllä on mitta-asteikko, jota hyödynnetään silmämääräisen mittauksen suorittamiseen. Kummassa levyissä sijaitsevat kiintopisteet (metallinapit) mahdollistavat tarkemman mittauksen käyttämällä esimerkiksi digitaalista työntömittaa tai mikrometiruuvia, jolloin mittausleuat asennetaan kiintopisteisiin ja mitataan niiden välissä oleva etäisyys (Kuva 47).

### *Kovuuden ja lujuuden mittaukset*

Muuratun julkisivun materiaalin lujuutta mittaamiseen käytetään erilaisia ainetta rikkomattomia sekä ainetta rikkavia menetelmiä. Rikkomattomana menetelmänä on esimerkiksi kovuusmittarin tai kimmo-vasaran käyttö mittaukseen (Kuva 48). Esimerkiksi SADT HT-sarjan kovuusmittareita, jotka ovat tarkoitettu pääosin betonirakenteiden tutkimuksiin, voidaan käyttää myös tiilirakenteen lujuuden määrittämiseen. Malli HT-75 soveltuu tiilien kovuusmittaukseen ja malli HT-20 soveltuu laastin kovuusmittaukseen. Materiaalin kovuutta mitattaessa kimmo-vasara käyttää tiettyä elastista voimaa välittääkseen törmäysvoiman iskuvasarasta materiaalin pintaan. Kineettinen energia tuolloin jakautuu ja osa siitä imeytyy materiaaliin. Toinen osa energiasta on suhteessa pinnan kovuuteen ja se välittyy iskuvasaraan, joka ponnahtaa ylöspäin tiettyyn korkeuteen. Tämä mitta on suoraan verrannollinen kovuuteen. Digitaalisessa testivasarassa yhdistyy kimmo-vasaran mittaus ja tietojen prosessointi yhdessä laitteessa. Sen kovuusarvosta voidaan automaattisesti laskea myös puristuslujuus. Kaikki mittaustiedot voidaan tallentaa muistiin ja siirtää tietokoneelle. [42.]



Kuva 48. Materiaalin lujuuden mittaukseen käytettäviä kimmo-vasaralaitteita. Kuva: [42.]

### *Kosteuden mittaukset*

Ainetta rikkomattomiin menetelmiin kuuluu julkisivumateriaalin kosteusmittaus pintamittarilla. Jos pintamittauksen yhteydessä julkisivun pinnan kohdista löytyy normaalista poikkeava kosteus, tutkimuksia usein jatketaan suorittamalla ainetta rikkovia toimenpiteitä, ottamalla näytteitä ja mittaamalla niiden ominaisuuksia. Kosteusmittauksen tulosten perusteella voidaan päättää esimerkiksi pellityksen lisäämisestä, rakenteen kuivattamisesta tai jopa sen purkamisesta. Ilmestynyt kosteusvaurio tai epäilty terveyshaitta, kuten mikrobit tai emissiot, voivat olla kosteustutkimuksen lähtökohdana. Julkisivun rakenteista tehtävien kosteusmittausten lisäksi kosteusvauriotutkimuksiin kuuluu tavallisesti myös rakennuksen sisäilman ja ulkoilman kosteusmittaukset. Jos esimerkiksi rakenteita joudutaan kuivattamaan vesivahingon jälkeen, kuivumisen etenemistä seurataan ja sitten varmistetaan täydentävillä kosteusmittauksilla rakenteen riittävästä kuivumisesta. [43.]

Pintakosteusmittarin toiminta perustuu tutkittavan materiaalin vesipitoisuuden vaihtuessa tapahtuvaan materiaalin sähköisten ominaisuuksien muuttumiseen. Tavallisesti valmistajat ovat asentaneet mittauslaitteisiin valmiiksi yleisimpien rakennusmateriaalien tiettyjä sähköisiä ominaisuuksia, kuten sähkövastus, sähkönjohtavuus, kapasitanssi ja dielektrisyys, vastaavan kosteuspitoisuuden painoprosentteina. Materiaalien ominaisuuksien vaihtelun vuoksi mittauksia voidaan pitää vain suuntaa-antavina. Sen lisäksi, samankaltaiset laitteet saattavat näyttää eri olosuhteissa samasta kohdasta eri kosteuslukemia. Myös rakenteen pinnan läheisyydessä olevat raudoitteet, vesiputket tai sähköjohdot voivat kasvaneen sähkönjohtavuuden takia suurentaa merkittävästi mittauslaitteen antamaa tulosta. Pintakosteusmittarien käyttö soveltuu tilanteeseen, kun rakenteesta haetaan mahdollisia kosteampia kohtia. Tällaiset laitteet mittaavat vain rakenteiden pintaosien kosteusominaisuuksia, eivätkä pysty ilmaisemaan syvemmällä rakenteessa olevasta kosteudesta. Näin ollen epäilyttävissä tapauksissa tulee käyttää tarkempia tutkimusmenetelmiä, kuten rakenteiden avauksia mahdollisen kosteusvaurion selvittämiseksi. [43.]

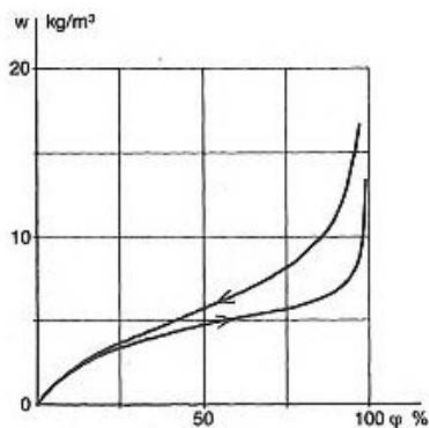
Piikkimittarin toiminta perustuu kahden materiaaliin sijoitetun metallielektrodin välisen konduktanssin mittaukseen. Piikkimittari antaa kosteusmittauksen tuloksen painoprosentteina. Menetelmää voidaan pitää suhteellisen luotettavana, mutta mittauksessa kuitenkin tulee ottaa huomioon, että samasta kohdasta eri mittalaitteella

mitattaessa voidaan saada erilaisia lukemia. Lisäksi, samoin kuin pintakosteusmittarin mittauksessa, tulosta saattavat muuttaa kaikki sähkönjohtavuuteen vaikuttavat tekijät, kuten esimerkiksi suolat, kemikaalit ja metallit. Tiilirakenteita mitattaessa elektrodeja varten pitää porata reiät sopivan välimatkan päähän toisistaan, minkä takia tätä menetelmää pidetään ainetta rikkovana. [43.]

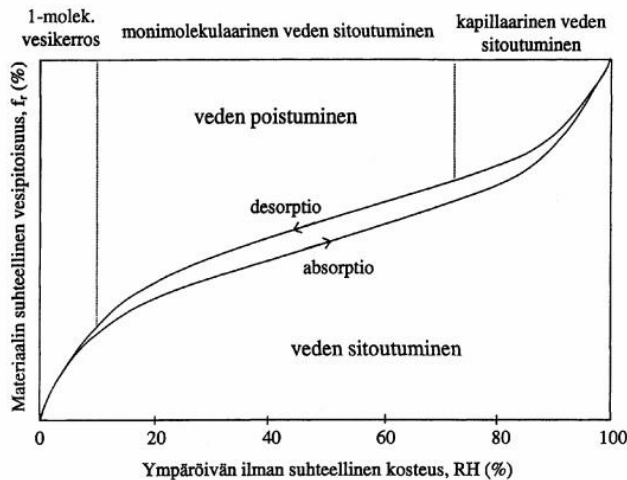


Kuva 49. Erityyppisiä kosteudenmittalaitteita: a) pintakosteusmittari MD917, mittausalue 0-40%, soveltuu tiilirakenteille; b) piikkimittari MS6900, mittausalue 0-90%, soveltuu tiilelle ja laastille; c) piikkimittari SR8040, mittausalue tiiliä varten: 0.0 – 16.5%. Kuva: [42.]

Huokoisena materiaalina tiili pyrkii hygroskooppiseen tasapainokosteuteen ympäristön kanssa luovuttamalla ympäristöön kosteutta tai vastaanottamalla sitä ympäristöstä. Tiilen suhteellinen kosteus (RH,%) on sen huokosten ilmatilan suhteellista kosteutta. Käyttämällä esimerkiksi punnitus-kuivatusmenetelmää selvitetään, kuinka paljon materiaalissa on kosteutta ( $\text{kg/m}^3$ , paino-%) tietyssä tasapainotilassa (ilman RH,%). Myös hygroskooppisen tasapainokosteuskäyrän avulla voidaan määrittää, kuinka paljon materiaalissa on vettä tietyllä suhteellisen kosteuden arvolla (Kuva 50).



Kuva 50. Punatiilen hygroskooppinen tasapainokäyrä, missä  $w$ =materiaalin kosteus ( $\text{kg/m}^3$ , paino-%),  $\phi$ =RH(%). [RIL 255-1-2014, Rakennusfysiikka]



Kuva 51. Tasapainokäyrän periaate. [RIL 255-1-2014, Rakennusfysiikka]

Hygroskooppinen tasapainokosteuskäyrä ei kuitenkaan huomioi esimerkiksi materiaaliin kapillaarisesti imeytynyttä vettä, minkä takia menetelmä voi antaa tietoa vain materiaalin sisältämän vesimäärän suuruusluokasta ja kuvailla materiaalin kosteusteknistä toimintaa yleisesti. Mikäli tulokseksi tarvitaan materiaalin suhteellinen kosteus, mittaus kannattaa tehdä esimerkiksi materiaaliin poratusta reiästä. [43.]

Massiivisen muuratun rakenteen suhteellista kosteutta mitattaessa määritetään tiilen huokosten ilmatilan suhteellista kosteutta. Sitä varten rakenteeseen porataan reikä, jossa kosteus tietyssä ajassa saavuttaa tasapainon ympäristön kanssa. Koska rakenteen sisältä suoritettavat kosteusmittaukset ovat pääosin ainetta rikkovia, mittauskohtien määrää on rajoitettu. Mittauspistettä valittaessa käytetään tukena pintakosteusmittauksia ja aistinvaraisia havaintoja. Lisäksi otetaan huomioon reikien paikkausmahdollisuus mittauksen aikana, erityisesti jos rakennus on jatkuvassa käytössä. Mittausreikiä tehtäessä tulee välttää poraamista sähkö- tai vesiputkiin. Kosteusvaurion syyn selvitys edellyttää mittauksen tekemistä rakenteen eri syvyyksistä. Tiilirakenteessa ei ole havaittu porauksen vaikuttavan huomattaavasti mittausreiän kosteustasapainoon, minkä ansiosta mittaus voidaan tehdä melkein heti porauksen jälkeen. Samalla tulee aina suorittaa lämpötilan mittaus, sillä massiivisen rakenteen suhteelliseen kosteuteen ja mittaukseen lämpötila vaikuttaa kovasti. Kun materiaalin lämpötila muuttuu, huokosten kosteustasapaino muuttuu myös, ja jos mittaus tapahtuu normaalitilasta merkittävästi poikkeavassa lämpötilassa, mittaus tulos saattaa tulla virheelliseksi. [43.]

Mikäli tulokseksi halutaan saada todellinen kosteuspitoisuus painoprosentteina, mittaaminen tulee suorittaa punnitus-kuivatusmenetelmällä, jolloin materiaalinäyte ensin punnitaan kosteana, sitten kuivataan se lämpötilassa noin 105 °C ja punnitaan uudelleen kuivana. Kosteuspitoisuus määritellään kostean ja kuivan näytteen painojen erotuksen ja kuivan näytteen painon suhteena. Punnitus-kuivatusmenetelmällä saadaan tietoa siitä, onko tiileen ja laastiin kertynyt normaalista suurempia kosteuspitoisuuksia. [43.]

Julkisivut ovat erityisen vaativia mittauskohteita, koska niissä lämpötila voi vaihdella huomattavasti mittaamisen aikana. Tämän takia massiivisen rakenteen suhteellisen kosteuden mittaukset on syytä tehdä näytteenottomenetelmällä. Julkisivurakenteen materiaalista otetaan näytepaloja, laitetaan ne yhdessä kosteusmittausanturin kanssa esimerkiksi tiiviisti suljettuun koeputkeen ja annetaan niiden tasaantua vakio­lämpötilassa. [43.]

### 8.3 Laborioriotutkimukset

Ainetta rikkovia menetelmiä käyttäessä muuratun julkisivun tiilirakenteen tutkittavista vauriokohdista otetaan näytteitä laboratoriossa analysointia varten, jonka perusteella voidaan tutkia vaurioiden syyt. Laborioriotutkimukset antavat luotettavinta tietoa materiaalista ja rakenteesta.

#### 8.3.1 Näytteenotto

Näytteenotto historiallisen rakennuksen rakenteista vaatii tarkkaa suunnittelua ja näytteenottokohdat on dokumentoitava. Näytteenottopaikkojen määrä ja sijainti suunnitellaan siten, että näytteet edustaa riittävän laajaa otosta laborioriotutkimuksia varten. Ennen näytteiden siirtämistä laboratorioon on mietittävä, mitä tietoa tarvitaan tutkittavista materiaalinäytteistä ja mihin tutkimuksiin on tarkoitus niitä käyttää.

Laborioriotutkimusta varten otetaan tietty määrä näytteitä kokonaisina tiilinä tai niiden osina, esimerkiksi poralieriöt halkaisijaltaan Ø50 mm, sekä laastisaumojen näytepaloja. Näytteitä otettaessa huolehditaan ottokohtien paikkaamisesta. Näyte­kappaleet laastista irrotetaan esimerkiksi timanttilaikalla tai poralla. Sopiva näytteen koko historialliselle laastille on 30x30x30 mm<sup>3</sup>. Tutkittavien näytteenottopaljoen irrotus tulee aina tehdä



aiheuttamatta vaurioita rakenteelle. Näytteet pakataan huolellisesti pahtaisiin muovipusseihin. Jokainen näyte laitetaan omaan pussiinsa ja näytepussiin merkitään näytteen numero. On hyvä, jos pusseihin kirjataan merkintä ”Särkyvää”. [27, s. 30.]



Kuva 52. Julkisivusta otetut reikätiilen näytteet. Kuva: [44.]

### 8.3.2 Mikroskooppitutkimukset

Mikroskooppitutkimuksilla voidaan määrittää tiilijulkisivun materiaalin rakennetta ja kuntoa tutkimalla materiaalin ohuita valoa läpäiseviä näyteleikkeitä. Ohuthietutkimus on monipuolinen menetelmä rakennusmateriaalin kunnan selvittämiseksi. Tarkastelemalla ohuthienäytettä arvioidaan materiaalin laatua ja rakenteessa alkuvaiheessa olevia vaurioita, jotka ovat silmille vielä näkymättömiä. Mikroskooppista tutkimusta varten valmistetaan erikoislaboratoriomenetelmin noin 0,025-0,03 mm paksuinen ohuthie rakenteesta otetusta näytteestä. Ohuthieet valmistetaan näytteen pintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa, ylä-, ala-, ulko- tai sisäpinnasta lähtien. Ohuthienäytteen tarkastelu suoritetaan polarisaatiomikroskoopilla, jonka toiminta perustuu ohuthienäytteen läpivalaisuun polarisoidulla valolla. [27, s. 30–31.]

Näytteiden yleispiirteiden voidaan ensin tarkastella stereomikroskoopilla, minkä jälkeen ohuthieet tutkitaan polarisaatiomikroskoopilla. Tiilijulkisivurakenteesta otettu näyte voi olla esimerkiksi tiilen leveyden pituinen, noin 125-130 mm, joka koostuu tiilestä sekä muurauslaastista. [44.]

Muuratun rakenteen näytekappaleesta valmistetusta ohuthieestä havaitaan esimerkiksi tiilen ja saumalaastin väri, koostumus, materiaalin huokosrakenne (pakkasen-

kestävyys), tiilen ja muurauslaastin tartunta. Tiilen mikroskooppisessa tarkastelussa voidaan nähdä sen rakenteen laadun tasaisuus, mahdollisia savutäytteitä/paakkuja ja niiden koot, säröilyä ja halkeilua, halkeamien pituus, leveys ja syvyys, kiviaineen koostumus, sen raekoko ja laatu, saviaineen mikrorakenteen laatu sekä kiviaineen ja saviaineen välinen tartunta. Lisäksi ohuthietutkimuksella voidaan havainnoida muurauslaastin ominaisuuksua, kuten sen koostumus ja mahdollinen luokka, kiviaineen laatu ja raekoko, sideaineen karbonatisoituminen, kiviaineen tartunta sideaineeseen, saumoissa olevia metallielementtejä, huokosissa olevia kiteytymiä sekä esimerkiksi laastin kovettumisastetta. [27, s. 30–31; 44.]

### 8.3.3 Kemiaaliset tutkimukset

Kemiaalisella analyysillä määritetään tutkittavan aineen koostumus kemiallisin tai fysikaalisin keinoin. Kvalitatiivinen kemiallinen analyysi selvittää aineen laadullista koostumusta ja kvantitatiivinen kemiallinen analyysi tutkii määrällistä koostumusta, eli sillä määritetään tutkittavan näytteen aineosien paljoudet. Kemiallisen tutkimuksen avulla voidaan tutkia muurauslaastin koostumus ja laatu sekä saada selville, onko siinä tapahtunut muutoksia. [24, s. 2.]

Happoreaktiolla voidaan määrittää eri sideainetyypit, hydrauliset ainesosat sekä niiden määrän suhdetta runkoaineeseen. Näytekappaleen sideaine ja hydrauliset ainesosat liukenevat suolahapolla, jolloin runkoaine jää jäljelle. Aineet reagoivat hapon kanssa ja muodostavat eri oksideja, kuten esimerkiksi kalsium- magnesium-, pii- ja rikkioksidi. Laskukaavalla voidaan analysoida liuoksen eri oksidien ainesosien määrät. [27, s. 31.]

### 8.3.4 Muut laboratoriotutkimukset

Puristuslujuuden määrittäminen pystytään suorittamaan tiilen ja laastin puristuslujuuskokeella, jolloin saadaan selville onko tiilen ja saumalaastin lujuus vaatimusta vastaavalla tasolla sekä ovatko niiden lujuussuhde-erot liian suuret. Vetotartuntakokeella määritetään laastin ja tiilien välinen tartunta. [24, s. 2.]

Röntgendiffraktioanalyysillä voidaan havainnoida saumalaastissa olevat lisäaineet, kuten kipsi ja savi, ja myös selvittää sen suolapitoisuus, esiintyvien suolojen tyyppi ja koostumus, sekä onko laastista siirtynyt suuria suolamääriä tiiliin. [24, s. 2.]

Tiilen pakkasenkestävyys tutkitaan tekemällä jäädytys-sulatuskoe, jolloin näytteille suoritetaan monta jäädytys-sulatussykliä. Materiaalin jäädytys-sulatuskestävyys on sen osa-aineiden mekaanista muuttumista tai aineiden välisen tartunnan heikkenemistä huokosissa olevan veden tai suolaliuoksen toistuvien jäätymis-sulamissykliä vaikutuksesta. Jäädytys-sulatuskestävyys pystytään määrittämään tutkimalla jäädytys-sulatusvaiheiden vaikutus mm. sen puristuslujuuteen. Tutkimusnäytteet laitetaan jäädyttämään pakastearkkuun lämpötilaan  $-18...22^{\circ}\text{C}$  noin vuorokaudeksi, minkä jälkeen siirretään ne sulatusaltaaseen, jossa näyte sulatetaan nesteeseen upotettuna huoneenlämpötilassa  $(22\pm 2)^{\circ}\text{C}$ . Nesteenä voidaan käyttää vesijohtovettä tai 1-% NaCl-liuosta. [24, s. 2.]

Kapillaarisella vedenimukokeella pystytään määrittämään muurauslaastin vedenimukyky ja vedenimunopeus. Tämä tutkimusmenetelmä perustuu kostean näytekappaleen painon muutokseen kuivaan näytteeseen verrattuna. [27, s. 32–34.]

Historiallisten laastien ikää määritetään C-14 isotooppimäärityksellä, eli radiohiiliajoitusmenetelmällä, mutta tutkimus pystytään tekemään ainoastaan puhtaille kalkkilaasteille. Koe suoritetaan hiili-isotooppilaboratoriossa ja sen avulla voidaan määrittää laastin kovettumisajankohta ja sitä kautta myös laastin käytön ja rakentamisen ajankohta. [27, s. 32–34.]

#### 8.4 Kuntotutkimuksen dokumentointi

Työmaadokumentointi vauriokartoituksen aikana syventää ja tarkentaa tutkimuksen sisältöä. Kohteen rakenteista, materiaaleista sekä vaurioitumisesta kootaan tietoa muistiinpanojen, haastattelujen ja valokuvauksen avulla. Kartoituksen tulokset dokumentoidaan raportiksi. Muurattujen julkisivujen vauriokartoituksen dokumentoinnissa voidaan keskittyä julkisivumateriaalien ominaisuuksien ja tiilen vaurioitumisen tallentamiseen.

Kuntotutkimusraportissa sanallisesti ja kuvallisesti esitetään kuntokartoituksessa havaitut vauriot ja niiden sijainti, rakenteiden puutteet sekä näytteenotkohdat. Lisäksi kuntotutkimusraportissa arvioidaan rakenteiden nykyinen kunto sekä esitetään ennuste vaurioiden kehittymisestä tulevaisuudessa. Vauriot voidaan luokitella tyypeittäin ja merkitä ne julkisivujen valokuviiin tai piirustuksiin. Julkisivujen vaurioalueet voidaan

myös yksityiskohtaisesti valokuvata, esittää kuvia kuntokartoitusraportissa ja tarkentaa tietoja vaurioista. [26, s. 23–25.]

Kuntotutkimuksen aikana suoritettujen mittausten tulokset tulee dokumentoida siten, että muutkin ymmärtävät yksiselitteisesti mittausten suoritusmenetelmät ja tulokset. Mittausraportti sisältää seuraavat seikat: tiedot mittauskohteesta, ajankohta, tekijä, tarkka kuvaus mittaustavoista ja laitteistosta sekä kaikki saatut mittaustulokset. [43.]

Kuntotutkimusraportissa voidaan myös esittää tutkimusten analysointi, johtopäätökset korjaustarpeista, alustavat korjausvaihtoehdot kustannusarvioineen. Lisäksi tulisi asettaa korjaustöille laatukriteerit, joita pystytään valvomaan tarvittavia menetelmiä käyttäen. Raportissa pyritään usein löytämään korjauskohteeseen sopivat työmenetelmät ja rakennusmateriaalit. [26, s. 23–25.]

## 9 Yhteenveto

Kulttuurihistoriallisten rakennusten kuntotutkimus ja korjaaminen voi olla haasteellisempi tehtävä tavallisiin korjauskohteisiin verrattuna, sillä sellaisten kohteiden korjauksessa tulee aina pyrkiä käyttämään perinteisiä työtapoja sekä alkuperäisiä vastaavia rakennusmateriaaleja kohteen alkuperäisen ulkonäön ja miljöönsä säilyttämiseksi.

Historiallisen kohteen kuntotutkimuksessa on hyvin tärkeää varata riittävästi aikaa arkistotutkimuksille. Mikäli rakennuksesta ei tehdä virallista rakennushistoriaselvitystä, tulee silti hakea mahdollisimman kattava määrä tietoa kohteen historiasta, alkuperäisestä käyttötarkoituksesta, rakennusvaiheista, rakentamisajan työmenetelmistä ja käytettävistä rakennusmateriaaleista sekä tutkia korjaushistoriaa, jotta saadaan monipuolinen käsitys tutkittavasta kohteesta. Lisäksi on mietittävä aina korjaukseen liittyvien muutoksien vaikutusta julkisivun ulkonäköön sekä koko rakennuksen säilymistä tulevaisuudessa.

Muuratun julkisivun tarkastelussa yksi olennaisista tutkimusvaiheista on rakennusmateriaalien tunnistaminen, joka on mahdollista tehdä nykyisin käytössä olevien tutkimusmenetelmien avulla. Esimerkiksi ohuthienäytteen mikroskooppitutkimus antaa luotettavaa tietoa materiaalin koostomuksesta, ominaisuuksista ja



rakenteessa tapahtuvista muutoksista, mikä on erittäin tärkeää muuratun julkisivun kuntotutkimuksessa. Muurauslaastin ja tiilen koostumus ja laatu on tutkittava mahdollisen korjauksen materiaalien valitsemiseksi ja tietyn muuratun rakenteen toiminnan ymmärtämisen kannalta.

Materiaalien puristuslujuus on mahdollista määrittää sekä käyttämällä kimmovasara-laitetta kenttätutkimuksessa että suorittamalla näytteille puristuslujuuskoetta laboratoriossa. Rakenteen kosteustilanetta pystytään tutkimaan kosteusmittaus-laitteiden avulla. Mikäli halutaan tarkemmin selvittää materiaalien koostumus ja ominaisuudet, voidaan suorittaa myös muita laboratoriotutkimuksia, kuten esimerkiksi kemiallisia kokeita tai röntgendiffraktioanalyysi laastin tarkan koostumuksen ja siinä olevien lisäaineiden selvittämiseksi. Kaikki nämä tiedot ovat korjaussuunnitelmien tukena ja niiden perusteella voidaan varmistaa korjaustuotteiden oikea valinta.

Opinnäytetyössä tutkittiin konkreettisten esimerkkikohteiden tiilijulkisivujen kuntoa ja tehtiin alustava vauriokartoitus. Tutkimus perustuu pääosin silmämääräiseen arviointiin ja antaa yleisen kuvan julkisivujen kunnosta, vaurioista ja korjaustarpeista. Työssä esitetty vauriokartoitus on tutkimuslaajuudeltaan aika suppea, mutta siitä olisi apua perusteellisemmän kuntotutkimuksen ja korjaussuunnitelman tukena. Puutteena julkisivujen tutkimuksessa oli erikoislaitteiden puuttuminen ja näytteenoton mahdottomuus. Mahdollisen tulevan korjaussuunnittelun yhteydessä tulisi miettiä niiden tarpeellisuutta.

Riihimäen veturitallin julkisivut ovat pääasiallisesti tyydyttävässä kunnossa, mutta muutamat kohdat kuitenkin kaipaavat välitöntä remonttia. Erityistä huomiota on kiinnitettävä julkisivuihin ilmestyneisiin halkeamiin, sillä tämä ilmiö saattaa aiheutua rakennusrungon rakenteellisista liikkeistä. Halkeamien liikkuvuuden seuraamisella voidaan selvittää liikkeiden vakavuusastetta, minkä perusteella voitaisiin suunnitella toimenpiteet vaurioiden syyn poistamiseksi ja ehkäistä niitä jatkossa. Rakenteellisten vaurioiden tutkimuksen seuraavana vaiheena olisi rakennelaskelmien tekeminen sekä perustusten kunnan ja toiminnan tarkastelu.

Etenkin veturitallin pilastereissa on runsaasti pakkasvaurioita ja muutamassa kohdassa tiilet ja laastisaumat ovat pahasti rapautuneet. Vaurioituneet tiilet on vaihdettava uusiin samankaltaisiin tiiliin ja puutteelliset saumalaastit on korjattava, sillä nämä vauriot saattavat vaikuttaa jopa seinän kantavuuteen.

Laastista peräisin olevien kiteytyneiden suolojen seurauksena veturitallin tiilipintaan oli ilmestynyt suolahärmettä. Suolojen koostumus ja vaikutus rakenteeseen on tutkittava. Mikäli suolat eivät ole siirtyneet laastista tiilen sisään eivätkä aiheuta sen vaurioitumista, tulee seinät puhdistaa härmeestä esimerkiksi vesipesulla.

Julkisivuissa sijaitsevien teräsosien kunto on paikoin melko huono. Tukiosien ruostuminen aiheutti tiilen irtoamista seinästä, mikä vaatii teräsosien välitöntä huoltoa ja/tai niiden uusimista tulevan julkisivukorjauksen yhteydessä. Myös muutamassa kohdassa pellitykset puutteellisina ja huonosti kiinnitettyinä eivät täytä tehtäväänsä, eli eivät suojaa ulkoseinän rakennetta säärasituksilta. Niiden kunto ja toimivuus on tarkastettava.

Lennätinkonepajan julkisivujen tiilipinta ulkonäöllisesti on melko hyvän näköinen. Siinä ei ole havaittavissa irtoavia tai pahasti vaurioituneita tiiliä, muutamia pinnan säröilyjä ja mekaanisista iskuista johtuvia vaurioita lukuun ottamatta. Puhdistusta kaipaa erityisesti julkisivu lounaaseen, joka on aika kovasti likaantunut lähellä olevasta liikenteestä johtuen. Lennätinkonepajan julkisivut eivät välttämättä vielä vaadi välitöntä korjausta, mutta joka tapauksessa tulee seurata mahdollista vaurioiden etenemistä.

Tutkimustuloksen perusteella ainakin veturitallin rakennuksille olisi tarpeellista suorittaa julkisivukorjaus lähitulevaisuudessa. Oikeaan aikaan osuvalla julkisivun kunto-tutkimuksella ja korjauksella voitaisiin kuitenkin pysäyttää vaurioiden eteneminen, poistaa vaurioiden aiheuttajat ja siten säästää tulevien korjaustöiden kustannuksia.

## Lähteet

- 1 Siikanen, Unto. 1986. Rakennusaineoppi. Helsinki: Rakennuskirja Oy.
- 2 Hirsi, Hannu. 1989. Tiilirakentamisen historia. Talonrakennustekniikan laboratorion opetusmoniste. Helsinki: Teknillinen Korkeakoulu.
- 3 Tiilen historiaa Suomessa. Verkkodokumentti. Museovirasto.  
<<http://www.nba.fi/tiili/>> Luettu 8.5.2017
- 4 Kuokkanen, Rauno; Leiponen, Kauko. 1981. Suomen tiiliteollisuuden historia. Helsinki: Suomen tiiliteollisuusliitto r.y. Tiilikeskus Oy.
- 5 Tiili materiaalina. Verkkodokumentti. Suomen Tiiliteollisuusliitto Oy.  
<<http://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/>> Luettu 21.5.2017
- 6 Ekologisesti tiilestä. Verkkodokumentti. Wienerberger AG.  
<[http://wienerberger.fi/ratkaisut/ekologisesti-tiilestä](http://wienerberger.fi/ratkaisut/ekologisesti-tiilesta/)> Luettu 21.5.2017
- 7 Tiilitietoa. Verkkodokumentti. Raikkonen Oy.  
<<http://www.raikkonen.fi/tiilet/tiilitietoa/>> Luettu 21.5.2017
- 8 Winnari, Eemeli. 1925. Tiiliteollisuus: alan tietopuoleen ja käytäntöön. Helsinki.
- 9 Sneck, Tenho. (toim.). 1970. Rakennustekniikan käsikirja osa 3. Pääjakso 2: Rakennusaineet ja –tarvikkeet. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- 10 Poltettujen tiilien valmistus. Verkkodokumentti. Wienerberger AG.  
<<http://wienerberger.fi/ratkaisut/poltettujen-tiilien-valmistus>> Luettu 22.5.2017
- 11 Tyypillisimmät tiilikoot. Verkkodokumentti. Wienerberger AG.  
<[http://wienerberger.fi/ratkaisut/tyypillisimmät-tiilikoot](http://wienerberger.fi/ratkaisut/tyypillisimmat-tiilikoot)> Luettu 25.5.2017
- 12 Tiilityypit. Verkkodokumentti. Suomen Tiiliteollisuusliitto Oy.  
<<http://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/tiilityypit/>> Luettu 25.5.2017
- 13 Kavaja, R., Mentu, E., Jormalainen, P. 1986. Muuraustyöt. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.
- 14 Kavaja, Reino. 1992. Muuraustyöt. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 15 Kaila, Panu. 1997. Talotohtori. Rakentajan pikkujättiläinen. Helsinki: WSOY.

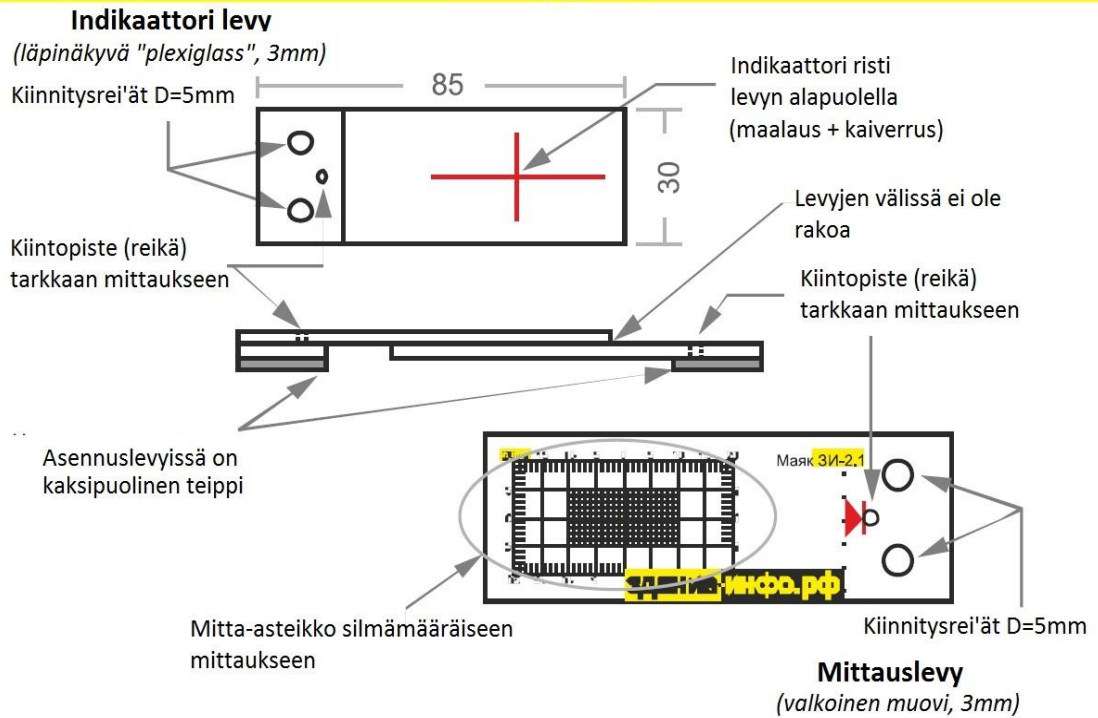
- 16 Tiileri tekninen opas II. 2015. Verkkodokumentti. Tiileri. <[https://tiileri.fi/wp-content/uploads/2017/04/tekninen\\_opas\\_II\\_2015.pdf](https://tiileri.fi/wp-content/uploads/2017/04/tekninen_opas_II_2015.pdf)> Luettu 5.6.2017
- 17 Ulkoseinärakenteet. Verkkodokumentti. Suomen Tiiliteollisuusliitto Oy. <<http://www.tiili-info.fi/suunnitteluohjeet/ulkoseinarakenteet/>> Luettu 11.6.2017
- 18 Knuuttila, I., Huhtiniemi, S. 2010. Muuraus-, laatoitus- ja rappaustyöt. Porvoo: Alfamer Oy (Rakennusalan Kustantajat RAK)
- 19 Kaartin maneesi. Verkkodokumentti. Wikipedia, vapaa tietokanta. <[https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaartin\\_maneesi](https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaartin_maneesi)> Luettu 14.7.2017
- 20 Julkisivun kunnossapito ja hoito. Verkkodokumentti. Rakennustutkimus RTS Oy. <<https://www.suomirakentaa.fi/korjaaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/julkisivun-hoito-ja-huolto>> Luettu 13.6.2017
- 21 Erottajan paloasema. Verkkodokumentti. Wikipedia, vapaa tietokanta. <[https://fi.wikipedia.org/wiki/Erottajan\\_paloasema](https://fi.wikipedia.org/wiki/Erottajan_paloasema)> Luettu 14.7.2017
- 22 Suomen Rautatiemuseo. Verkkodokumentti. Wikipedia, vapaa tietokanta. <[https://fi.wikipedia.org/wiki/Suomen\\_Rautatiemuseo](https://fi.wikipedia.org/wiki/Suomen_Rautatiemuseo)> Luettu 14.7.2017
- 23 RT 82-10510. 1993. Tiilirakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 24 RT 82-10608. 1996. Muuratut julkisivut. Korjausrakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 25 RT 82-10603. 1996. Julkisivun korjaustarpeen arviointi. Korjausrakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 26 Kaivonen, J-A. (toim.) 2006. Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Rakennustieto Oy.
- 27 Konow, von, Thorborg. 2006. Laastit vanhoissa rakenteissa. Helsinki: Suomenlinnan hoitokunta.
- 28 Lahdensivu, Jukka. 2006. JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS. Korjaustapakuvaukset. Muuratun julkisivun korjaustavat. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikan laitos.
- 29 Laitinen, Tomi. 2011. Erottajan pelastusaseman perusparannus. Urakkalaskentavaihe. Opinnäytetyö (YAMK). Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu.



- 30 Salli, Laura. 2016. Tiilirakennuksen toiminta ja vaurioituminen. Piispa Henrikin Saarnahuoneen suojahuoneen korjausohjeet. Opinnäytetyö (AMK). Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu.
- 31 Laastisaumojen uusiminen. Verkkodokumentti. Suomen Tiiliteollisuusliitto Oy. <<http://www.tiili-info.fi/yllapito-ja-korjaus/laastisaumojen-uusiminen-2>> Luettu 2.7.2017
- 32 Lumo, Maria. 2012. RUMA KAUPUNKI? Teollisuusalueiden ja -rakennusten säilyttäminen. Opinnäytetyö (AMK). Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
- 33 Härö E. & Koskinen H. 1999. Tehdassalista teolliseen maisemaan. Teollisuusperinnön tutkimusta ja suojelua. Muistomerkki – rakennetun historian olottuvuuksia. Helsinki: Museovirasto.
- 34 Riihimäen kaupungin tekninen virasto. 1978. Vanhojen rakennusten suojelu. Riihimäki: Toimikuntamietintö.
- 35 Livady Osakeyhtiö, arkkitehtitoimisto. 2011. Pasilan konepajan rakennushistorian selvitys ja inventointi. Paja. Helsinki: VR-yhtymä Oy.
- 36 Pasilan konepaja. Verkkodokumentti. Wikipedia, vapaa tietokanta. <[https://fi.wikipedia.org/wiki/Pasilan\\_konepaja](https://fi.wikipedia.org/wiki/Pasilan_konepaja)> Luettu 14.7.2017
- 37 Koivisto, Kaisa (toim.). 2010. Risteysasema Riihimäki 140 vuotta. Riihimäki: Riihimäen kaupungin museo.
- 38 Riihimäen kaupungin tekninen virasto. 1981. Valtionrautateiden rakennukset Riihimäellä. Rakennushistoriallisia selvityksiä. Riihimäki: Kaavoitus- ja talonsuunnitteluosasto.
- 39 Varjoranta, Niilo. 1976. Riihimäen Telegrafikonepajan ja VR:n sähköteknillisen linjahallinnon historiikki. Tampere: Rautatiehallitus.
- 40 Kaskimies, Einari (toim.). 1935. Valtionrautatiet. Porvoo:Werner Söderström Oy.
- 41 Sahlberg, Marja (toim.). 2010. Talon tarinat. Museovirasto, rakennushistorian osasto.
- 42 Teollisuudessa käytettävät mittalaitteet, instrumentit ja asennustarvikkeet. Verkkodokumentti. OY Elbecon AB. <<http://www.elbecon.fi/>> Luettu 2.8.2017
- 43 Merikallio, Tarja. Kosteusmittaus. Verkkodokumentti. Rakennustieto Oy. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s740.pdf>> Luettu 2.8.2017
- 44 Julkisivurakenteiden kuntotutkimus. 2012. Helsinki: WSP Finland Oy.

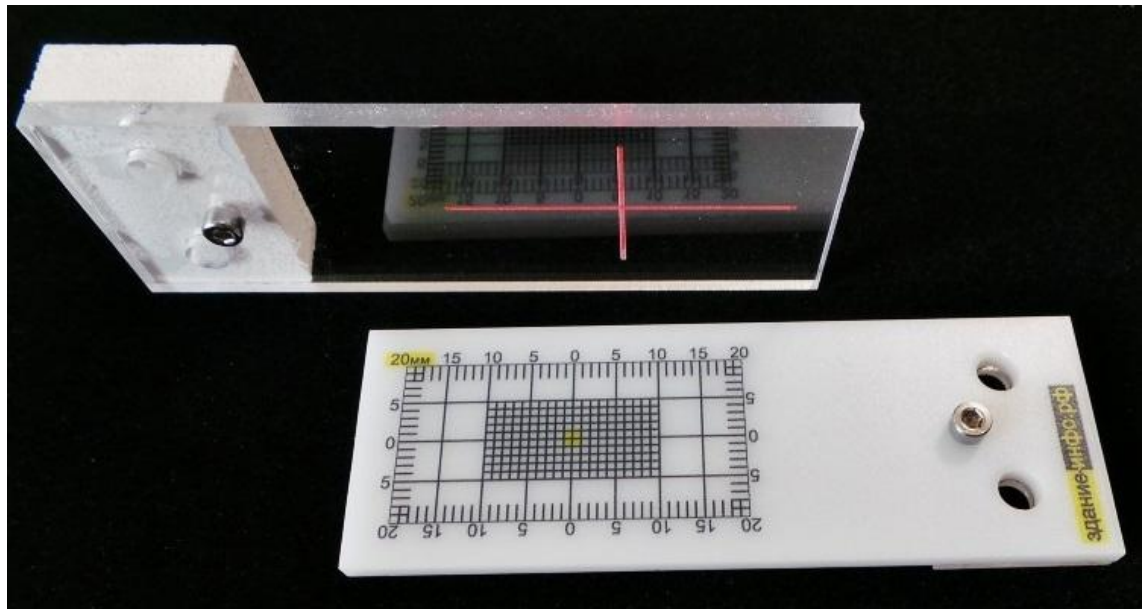
## Маяк ЗИ-2.1 mittauslaite. Laitteen toimintaperiaate

### Конструкция маяка ЗИ-2.1 м



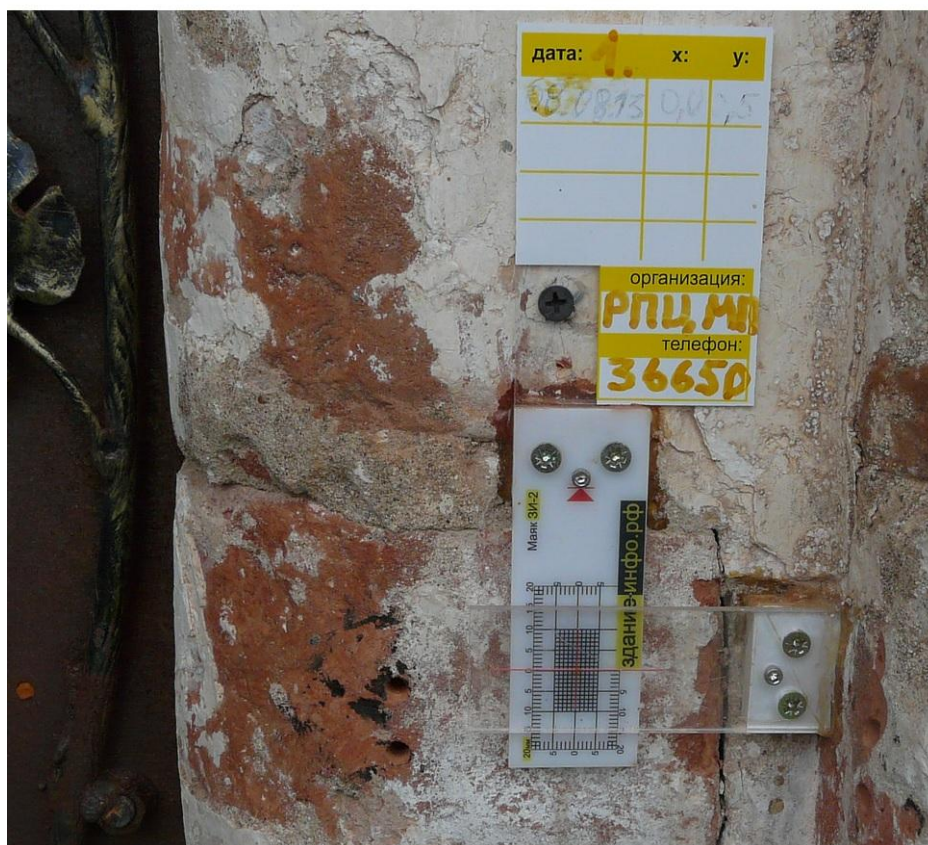
здание-инфо.рф

«Простые решения – точные результаты!»



Lähde: здание-инфо.рф

### Маяк 3И-2.1 mittauslaite. Laitteen kiinnitysvaihtoehdot



Lähde: здание-инфо.рф

## Muuratun julkisivun kuntotutkimusmenetelmät vauriotyypeittäin

Vauriotyyppi, sijaintipaikka ja esiintyminen	Mahdolliset syyt	Mahdolliset seuraukset ja soveltuvat korjaustoimipiteet	Kuntotutkimusmenetelmät
<b>Rakeenteelliset vauriot</b>			
1. Tiilimuurin vakaa- ja pystyviivojen vääntymä	Perustusten epätasainen painuminen	Seinän kantavuuden heikkeneminen, halkeamat muurauksessa. Korjaukset: vaurioiden syyn estäminen, perustusten korjaus ja vahvistaminen, halkeamien korjaus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- halkeamien seuranta</li> <li>- perustusten ja pohjarakenteiden tutkiminen</li> <li>- perustuksia koskevien laskelmien tarkistus</li> </ul>
2. Tiiliseinän pullistuminen	Maanpaineen vaakakuormat, tukirakenteiden vaakakuormat, pystykuormien eksentrisyyden suurentaminen, muuraukseen liiallinen kuormitus, lämpövaikutus	Seinän kantavuuden heikkeneminen. Korjaukset: vaakakuormien vähentäminen, muurauksen vahvistaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aistinvarainen tarkastelu</li> <li>- rakennelaskelmat</li> <li>- kantavuuden tarkastaminen</li> </ul>
3. Seinän tai sen osan poikkeaminen pystylinjasta, kallistuminen	Perustusten epätasainen painuminen, poikittaisten siteiden puuttuminen	Seinän kantavuuden heikkeneminen, halkeamat muurauksessa. Korjaukset: tiilimuurin korjaus, vaurioiden syyn estäminen, perustusten korjaus ja vahvistaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aistinvarainen tarkastelu</li> <li>- halkeamien seuranta</li> <li>- perustusten ja pohjarakenteiden tutkiminen</li> </ul>
4. Alaspäin aukeavan paraabelin muutoiset halkeamat muurauksessa, jonka haarat johtavat julkisivun keskiosasta reunoihin	Maapohjan liikkeet rakennuksen keskiosassa	Seinän kantavuuden väheneminen halkeamien alueella, koko rakennuksen jäykistyksen vähentäminen. Korjaukset: maapohjan parantaminen, perustusten vahvistaminen tai rakennuksen jäykistyksen lisääminen asentamalla tukirakenteita ja halkeamien korjaus niiden liikkumisen estämisen jälkeen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aistinvarainen tarkastelu</li> <li>- halkeamien ja pohjarakenteiden liikkeiden seuranta</li> <li>- geologiset tutkimukset</li> <li>- rakennelaskelmat</li> </ul>
5. Ylöspäin laajenevat halkeamat tai rakennuksen kulmista alaspäin johtuvat paraabelin muutoiset halkeamat	Maapohjan liikkeet julkisivun reunakohdissa tai maaperän kiinteän sisällön esiintyminen rakennuksen keskiosan alla	Sama kuin kohdassa 4	Sama kuin kohdassa 4

6. Lähes pystysuora, ylöspäin laajeneva halkeama	Seinän murtuminen halkeaman alla olevan maapohjan kiinteästä sisällöstä johtuen	Sama kuin kohdassa 4	Sama kuin kohdassa 4
7. Lähes pystysuora halkeama ja halkeamasta toisella puolella olevan seinän osan siirtyä toiseen puoleen nähden	Maapohjan liikkeet seinän tietyn osan alla	Sama kuin kohdassa 4	Sama kuin kohdassa 4
8. V-muotoiset halkeamat seinärakenteen muuttumakohdissa (mm. korkeusero)	Maaperän tiivistymisaste tai maanpaine muuttumakohdassa vaihtuu	Sama kuin kohdassa 4	Sama kuin kohdassa 4
9. Pystysuorat 0,1-0,5 mm leveyden halkeamat, jotka menevät kahden tai useamman muurusrivien halki ja halkeamien määrä on yli 1kpl per 1 metri pystysuuntaisesti kuormittua seinää; muurauksen lohkeilu	Huomattava ylikuormitus, materiaalien heikot lujuusominaisuudet tai muurauksen vakauden väheneminen ylikuormituksen seurauksena	Seinän kantavuuden vähentäminen. Korjaukset: tiilimuurin vahvistaminen rakennelaskelmien perusteella materiaalien todellisia lujuusominaisuuksia huomioon ottaen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aistinvarainen tarkastelu</li> <li>- materiaalien lujuusominaisuuksien selvittäminen</li> <li>- rakennelaskelmat</li> </ul>
10. Vaakasuurat ja vinot halkeamat saumoissa, jotka esiintyvät aukkojen päällisrakenteissa tai kaariholveissa, pystysuorat halkeamat yllityspalkin jännevälillä keskellä; mahdollisesti yksittäisten tiilien putoaminen tiilimuurista	Ylikuormitus, ylityspalkkien isot taipumat, materiaalien heikot lujuusominaisuudet, riittämätön raudoitus muurauksessa, epätasainen perustan painuminen	Sama kuin kohdassa 9	Sama kuin kohdassa 9
11. Viuhkan muotoiset hienot halkeamat sekä mahdollinen tiilien lohkeilu palkkien, ikkunaylityspalkkien, katosten tuentakohdissa	Tiilimuurin ylikuormitukset, riittämätön tuenta tai tiiliseinän riittämätön kantavuus	Tiilimuurin lujuuden merkittävä heikentäminen. Korjaukset: muurin vahvistaminen rakennelaskelmien perusteella materiaalien todellisia lujuusominaisuuksia huomioon ottaen; halkeamien korjaus, mm. injektointi sementtilaastilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aistinvarainen tarkastelu</li> <li>- materiaalien lujuusominaisuuksien selvittäminen</li> <li>- rakennelaskelmat</li> <li>- kantavuuden tarkastaminen</li> </ul>



12. Pystysuorat halkeamat pilasterien yläosissa, palkkien tuentakohdissa sekä pilasterin ja varsinaisen seinän liitoksissa	Pilasterin ja seinän erisuuriset muodonmuutokset; vaakakuormat, lämpövaikutus, epätasainen perustusten painuminen	Seinän kantavuuden väheneminen. Korjaukset: vahvistuksen tarpeellisuuden selvittäminen laskelmien avulla; halkeamien korjaus	- aistinvarainen tarkastelu - rakennelaskelmat - perustusten ja pohjarakenteiden tutkiminen
13. Pystysuorat leveät (jopa 10mm) halkeamat, repeämä seinässä julkisivun keskiosassa sen koko korkeuden matkalla sekä aukkojen kulmakohtiin syntyvät halkeamat	Liikuntasauvojen puuttuminen tai seinän huono vastus lämpö- ja kosteusrasituksille	Seinän kantavuuden väheneminen halkeamien alueella. Korjaukset: tiilimuurin vahvistaminen rakennelaskelmien perusteella materiaalien todellisia lujuusominaisuuksia huomioiden; halkeamien täyttö; liikuntasauvojen tekeminen	- aistinvarainen tarkastelu - halkeamien seuranta - materiaalien lujuusominaisuuksien selvittäminen
<b>Mekaaniset vauriot</b>			
14. Mekaanisista vahingoista johtuvia kolhuja, lommoja, naarmuja pääosin rakennuksen kulmissa	Mekaaniset vahingot, iskut, esimerkiksi lumitöiden yhteydessä	Esteettinen haitta, seinän kantavuuden mahdollinen väheneminen. Korjaus: tiilien vaihtaminen, herkkien kohtien suojaus	- aistinvarainen tarkastelu - rakennuksen käyttöolosuhteita koskeva tutkimus
<b>Suolavauriot</b>			
15. Suolojen esiintyminen tiilijulkisivun pinnassa, suolahärmettä, valkoisia suolaläiskä pinnalla	Muurauslaastissa olevien suolojen siirtyminen kosteuden mukana, haihtuminen ja kiteytyminen julkisivun pinnalle	Esteettinen haitta, tiilisyövän syntymisen vaara. Korjaukset: tiilipinnan peseminen, suolojen syntyperän selvittäminen	- aistinvarainen tarkastelu - näytteenotto ja laboratorioanalyysi
16. Tiilisyöpä (muurisypä, muurimätä). Tiili rapautuu hienoksi pölyksi; myös hyvänlaatuiset tiilet murenevat, mutta laastisaumat säilyvät ehjinä	Suolojen kiteytyminen tiilen sisällä veden kapillaarisen nousun seurauksena, suolakiteet rikkovat tiiliä; liiallinen suolapitoisuus, kosteuden nopea haihtuminen	Yksittäisten tiilien rikkoutuminen, joka leviää muurauksen sisään ja voi lopuksi tuhota koko seinän. Korjaus: prosessin pysäyttäminen on vaikeaa, sillä suolojen poisto on mahdotonta; suolojen tulon ja liikkuminen ehkäisy; suolojen alkuperän paikallistaminen ja rakenteeseen pääsyn esto	- aistinvarainen tarkastelu - näytteenotto ja laboratorioanalyysi - kapillaarisen veden nousun tutkiminen - perusmuurin vedeneristämisen ja salaojituksen tarkastaminen
<b>Kosteusvauriot</b>			
17. Tiilimuurin rappeutuminen lähellä paikkoja, joissa sijaitsee kosteutta ja vesihöyryä päästäviä laitteita	Kosteuden kondensoituminen, veden pitkäkestoinen roiskuminen seinän pinnalle, vesihöyryyn vaikutus	Vaurioituminen liiallisen kosteuden seurauksena. Korjaukset: liiallisen kosteuden poisto, vesihöyryn pääsyn esto, rakenteen suojaus kosteudesta; vauriokohtien korjaus	- aistinvarainen tarkastelu - kosteusmittaukset ja seinärakenteen kosteusteknisen toiminnan analysointi - rakennuksen käyttöolosuhteita koskeva tutkimus

18. Tiilimuurin rappeutuminen ja murtuminen räystään ja syöksytorvien kohdissa sekä ikkunoiden ja syvennyksien alapuolella	Rikkinäisiä tai toimimattomia sadevesikouruja, räystäslautoja, rännejä, riittämätön kaltevuus, riittämätön räystäsylytys, sadevesisuppiloiden puuttuminen ja muita sadevesijärjestelmän vikoja; ikkuna- ja muiden pellitysten epäkunto	Vaurioituminen liiallisen kosteuden seurauksena. Korjaukset: liiallisen kosteuden ja sen syyn poistaminen, seinärakenteen kuivaaminen, sadevesijärjestelmän parantaminen	Sama kuin kohdassa 17
19. Tiilimuurin rappeutuminen ikkunoiden, ovien, porttien ja ilmanvaihtouukkojen yläpuolella, mahdollinen jäätyminen talvella, kuuran lmestyminen pinnalle	Kosteuden kondensoituminen ilmasta, joka vuotaa rakennuksesta ulos	Vaurioituminen kondensoituneen kosteuden seurauksena. Korjaus: liitosten tiivistysten parantaminen, poistoilman kääntäminen pois seinän pinnasta, tarvittaessa vauriokohtien korjaus ja kuivaaminen	Sama kuin kohdassa 17
20. Kellarikerroksen ulkoseinän rappeutuminen ja murtuminen	Vaurioitunut tai kehnosti toteutettu seinän vedeneristys tai sen puuttuminen; vedeneristeen liian matala sijainti rakennuksen vierustan nähden; rikkinäinen tai toimimaton sokkelin vierusta	Tiilimuurin vaurioituminen jäädytys-sulatus syklien vaikutuksen seurauksena, kosteiden kohtien rapautuminen. Korjaukset: vedeneristyksen ja sokkelin vierustan korjaus tai uusiminen, tarvittaessa kellarikerroksen ulkoseinän vauriokohtien korjaus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aistinvarainen tarkastelu</li> <li>- kosteusmittaukset ja seinärakenteen kosteusteknisen toiminnan analysointi</li> <li>- kapillaarisen veden nousun tutkiminen</li> <li>- vedeneristämisen ja salaojituksen tarkastaminen</li> </ul>
21. Pakkasvaurioit, tiilen rapautuminen liuskeisiksi pieniksi levyiksi	Liiallisen kosteuden jäätyminen, materiaalien huono pakkaskestävyys, tiilen huono huokoisuus tai riittämätön rakenteellinen lujuus jääkidepainetta vastaan	Vaurioituminen kosteuden jäätyneen seurauksena, tiilimuurin rapautuminen. Korjaus: liiallisen kosteuden poistaminen, vauriointuneiden tiilien vaihtaminen ja laastisaumojen uusiminen pakkaskestäviä materiaaleja käyttäen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aistinvarainen tarkastelu</li> <li>- seinärakenteen kosteusteknisen toiminnan analysointi</li> <li>- näytteenotto ja laboratorioanalyysi materiaalien ominaisuuksien selvittämiseksi</li> </ul>
<b>Teräsosien vaurioituminen</b>			
22. Raudoitteiden, siteiden, tukiosien ja muiden teräsrakenteiden ruostuminen ja siitä johtuva tiilimuurin vaurioituminen	Korroosio ilmatorasituksien vaikutuksesta ja laastin karbonatisoitumisesta johtuen, riittämätön korroosiosuojaus	Tiilimuurin vaurioituminen ja kantavuuden mahdollinen heikkeneminen. Korjaus: teräsosien korjaus tai uusiminen ruostumattomia tai kuumasinkittyjä teräksiä käyttäen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aistinvarainen tarkastelu</li> <li>- teräsrakenteiden kunnan ja toimivuuden tarkastaminen</li> </ul>

Muut vauriot			
23. Pinnan hilseily, rapautuminen, tiilien huokoisten avaaminen, materiaalin tiihyden väheneminen, irtonainen rakenne, värin haalistuminen, materiaalien osien irtoaminen ja putoaminen (mm. pieninä paloina)	Kemiallisesti aggressiivisen ympäristön vaikutus, korkeat lämpötilat tai merkittävät lämpötilan vaihtelut, tulipalon vaikutus, biokemiallinen vaikutus (erilaisia mikro-organismeja, sieniä, sammalia, kasvustoja jne.)	Seinän kantavuuden mahdollinen väheneminen, esteettinen haitta. Korjaus: vahvistamisen tarpeellisuuden selvittäminen, vauriokohtien korjaus syyn poiston jälkeen, tiilipinnan puhdistus sekä suojaava pintakäsittely	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aistinvarainen tarkastelu</li> <li>- näytteenotto ja laboratorioanalyysi</li> <li>- rakennuksen käyttöolosuhteita koskevat tutkimukset</li> </ul>
24. Tiilipinnan likaantuminen	Teollisuudesta ja liikenteestä aiheutuvat ilman epäpuhtaudet, graffiteja ja muita likatahroja, kuten rasvaa, maalia, öljyä, nokea jne.	Esteettinen haitta. Korjaus: tiilijulkisivun puhdistus, jonka menetelmä valitaan tapauskohtaisesti; suojaava pintakäsittely	Sama kuin kohdassa 23