

Vanhoissa kivirakennuksissa vaurioita

— kestäviä restaurointimateriaaleja kehitetään

Vanhojen kivirakennusten restaurointimateriaaleilta vaaditaan säänkestävyyttä, hyvää toimivuutta alkuperäisten materiaalien rinnalla ja korjausten uusimismahdollisuuksia.

Historiallisten rakennusten korjausmenetelmistä ja korjausmateriaalien valinnasta sekä käytöstä ei Suomessa ole ollut käytettävissä riittävästi tietoja. Kuitenkin tällaisia tietoja tarvittaisiin, koska vanhojen rakennuksien muuraus- ja rappauskorjaustöissä on etupäässä jouduttu käyttämään samoja materiaaleja ja menetelmiä kuin uudisrakennuskohteissa. Tämä tilanne on usein johtanut epäonnistuneisiin lopputuloksiin.

Tiedon puutteen ja ristiriitaisten käsitysten poistamiseksi aloitettiin vuonna 1980 Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa (VTT) historiallisten tiili- ja luonnonkivirakennusten restaurointimenetelmien kehittämistutkimus. Perinteisiä kalkin valmistusmenetelmiä ja vanhoja laastireseptejä etsittiin kirjallisuudesta ja selvitettiin näiden tietojen käyttökelpoisuutta nykypäivän restaurointitekniikassa.

Historiallisten rakennusten nyt valmistunut vauriokartoitus sekä kohteista otettujen vanhojen laastien laboratoriotutkimus on antanut uutta tietoa suomalaisten kalkkilaastien koostumuksesta ja ominaisuuksista. Tutkimustuloksien pohjalta on valmistettu ja tutkittu noin 100 erilaista laastityyppiä, joista parhaita on koekeltu myös kentällä.

Keskiaikaiset rakenneratkaisut ja rakennusmateriaalit

Keskiaikaiset rakennukset on yleensä perustettu kalliolle tai muuten kanta-valle pohjalle. Jopa 5 metrin vahvuiset muurit ulottuvat syvälläkin olevaan kallioon. Tiili- ja luonnonkivirakennusten perusmuurit on tehty harmaakivestä valumuuritekniikalla.

Keskiaikaiset luonnonkivi- ja tiilimuurit tehtiin yksinomaan valumuuritekniikalla: pintoihin työstettiin 20–60 cm:n kiilatut kiviladellat, sydänosa täytettiin laastilla, kivillä ja jätetiilillä. Sidekivien käytön kehityksessä 1500–1600-luvuilla yleistyi täysmuuri. Kirjallisuustietojen mu-

kaan täytyi sidekivien määrää lisätä laastin laadun heiketessä 1600-luvulla.

Suomessa, esim. Suomenlinnassa, perustukset on tehty edelleen valumuuritekniikalla; seinät ovat 1/2–2 m paksut, massiivitiiltä. Seinistä ja latioista on löydetty kanavia, jotka muistuttavat roomalaisista rakennuksista löydettyjä lämmitykseen ja kuivanapitoon tarkoitettuja kanavia. Myöhemmissä korjauksissa kanavat on tukittu.

Luonnonkivi oli lähes koko keskiajan dominoiva rakennusmateriaali. Tiili oli kallis rakennusmateriaali, minkä takia sitä käytettiin vain muotoilua vaativissa kohteissa: ovi- ja ikkunapielissä, pilareissa ja kirkkojen päätyjen koristelussa ja vain poikkeuksellisesti itse muurien tukemiseen (Hattulan kirkko, Hämeen linna). Suomenlinnassa tiili on vallitseva rakennusmateriaali. 1800-luvulla tiili syrjäytti harmaakiven runkomateriaalinakin.

Ensimmäiset harmaakivikirkkomme lienevät olleet valkoiseksi rapattuja (Slammauksen tapainen ohut-rappaus). Myöhäiskeskiajalla oli Ruotsissa vallitseva pintakäsittelytapa sileärappaus. 1500-luvulla rappauksen muoto ja väri jäljittelivät luonnonkiveä tai tiiltä (saumakuviointi). 1600-luvulla otettiin käyttöön profiloituneet rappauslistat, 1700-luvulla mm. roiskerappaus ja 1800-luvulla slammaus ja luonnonkiveä muistuttava profiloitu rappaus. Keskiajalla rappaus vedettiin seinään laudalla.

Käytettyjen kalkkilaastien koostumus vaihtelee paikkakunnittain,

kalkin ja hiekan välinen suhde vaihteli 1:1–10:1. Useat laastit sisältävät runsaasti, jopa 50 %, kalkkipaakkuja, joita epäillään tarkoituksella lisätyn. Rappaus tehtiin yleensä yhtenä kerroksena.

Museoviraston kokemuksen mukaan 1700-luvun ja sitä nuoremmat kalkkilaastit ovat heikkoja ja helpommin rapautuvia kuin tätä vanhemmat laastit.

Vauriot ja niiden vaikutus rakenteiden kestävyys

Syyt historiallisten rakennusten vaurioihin, myös rappausvaurioihin, ovat löydettävissä toisaalta rakennusten käyttöhistoriasta ja rakenteellisista ratkaisuista (taulukko 1), toisaalta virheellisistä materiaalivalinnoista ja työnsuorituksista. Monet keskiaikaisista rakennuksista olivat hoitamatta vuosisatoja ennen 1800-luvun lopulla alkanutta restaurointia. Rakenteelliset muutostyöt ja ”kokeileva restaurointi” ovat muuttaneet alkuperäisten rakenteiden toimintaa, mikä on johtanut vaurioihin. Lähes poikkeuksetta kosteus on osasyy vaurioihin. Rappausvaurioiden rinnalla ilmenee usein myös muita vaurioita, joita virheellinen rappaus pahentaa. Kosteusteknisesti toimimattoman ulkorappauksen ja rakenteellisten tekijöiden seurauksena kosteus voi vaurioittaa seinien sisäpintoja. Kosteuden ja pakkasen yhteisvaikutuksesta valumuurien laasti tuhoutuu johtaen aluksi yksittäisten kivien putoamiseen.

Tiilikivien rapautumista esiintyy useissa keskiaikaisissa kohteissamme, mm. Suomenlinnassa. Tiilimuurissa olevat vesiliukoiset suolat rapauttavat tiilikivien pintaa saumalaastin jäädessä usein ehjäksi. Kosteusteknisesti väärin toimiva laasti irtoaa suolojen vaikutuksesta tai rapautuu kuten tiili.

Paikkarappauksissa ja saumauksissa uuden ja vanhan laastin sauma on vaikein: vanha laasti imee korjauslaastista vettä erittäin voimakkaasti, mikä johtaa halkeiluun. Etukäteiskosteus ja jälkihoito ovat tärkeitä.

1. Svartholman luonnonkivimuuri.

2. Turun linnan sisäpihan tuhoutunutta rappaista.

Varsinkin kosteissa olosuhteissa paikka erottuu helposti.

Rappautulokset eivät kuitenkaan aina ole myönteisiä. Todellinen vauriotekijä on kosteus, joka ei poistu rappauksen läpi tehokkaasti. Tämä johtaa vaikeisiin rasitusyhdistelmiin ja mm. laastin tai alustan pakkasvaurioihin sekä suuremmista lämpöliikkeistä ja jännityksistä johtuviin rappauksen tai alustan murtumiin. Useissa tapauksissa vaurioituminen alkaa laastin kuivumiskutistumasta johtuvista halkeamista.



1.

Kohteina vanhat kirkot ja linnat

VTT:n toimeenpaneman vauriokartoituksen perusteella pyrittiin selvittämään valittujen historiallisten kohteiden yleiskunto sekä eri-ikäisten rappaus- ja muurauslaastien kunto tutkimusajankohtana. Kohteiksi valittiin Hattulan Pyhän Ristin kirkko, Hämeen linna, Karunan kartano, Kemiön kirkko, Lohjan kirkko, Louhisaaren kartanolinna, Raaseporin linna, Suitian kartanolinna, Svartholman merilinnoitus, Tenholan kirkko ja Turun linna.

Tärkeimpiä valintaperusteita ovat olleet rakennusten ikä, sijainti, omistussuhteet, käyttötarkoitukset ja korjaustarve. Rakennukset valittiin kronologisesti niin, että historiallisen laastinäytesarjan kerääminen tuli mahdolliseksi. Toisaalta rakennusten sijainnilla on ollut merkitystä niiden yleiskuntoon tai laastien ominaisuuksiin. Yhtäältä ovat kuntoon vaikuttaneet ilmastolliset olosuhteet ja toisaalta esimerkiksi erilaiset kalkkiesiintymät. Myös omistussuhteilla ja rakennusten käyttötarkoituksella on ollut merkitystä niiden ylläpidossa havaittuihin puutteellisiin.

Ei hälyttäviä vaurioita

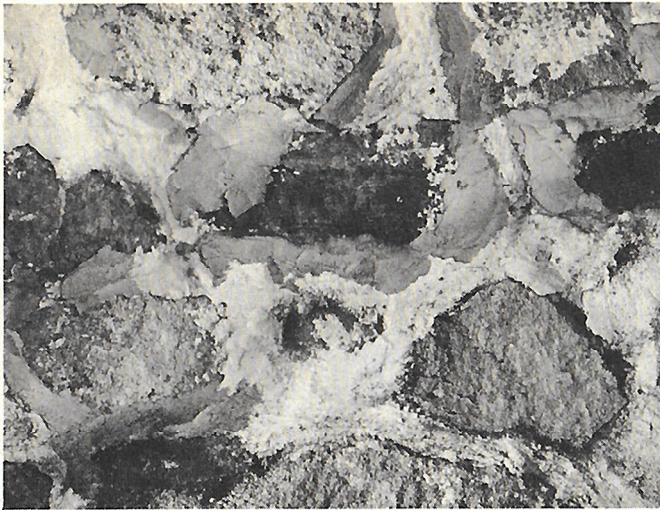
Yhdenkään kirkon kohdalla ei ollut havaittavissa hälyttäviä vaurioita ulkojulkisivujen harmaakiviosien rappauksissa. Rappauksella tarkoitetaan tällöin lähinnä harmaakivien leveätä saumausta. Huomio kirkkojen julki-



2.

Rakenteelliset tekijät	— rakennuspaikan kuivatus puutteellinen — perustuksissa ei kapillaariveden nousua estävää kosteussulkua — rappaus ulottuu maahan — puu- ja metalliosat kiinni rappauksessa — virheelliset ikkunapellitykset	— seinä kostea, jopa vedellä kyllästetty S — rappaus märkä S — paikallismurtumia
Kunnossapito laiminlyöty tai virheellistä	— salaojat tukkeutuneet — vuotavat tai puuttuvat katteet — vuotavat rännit — materiaalivalinnat virheelliset	S — vesi tunkeutuu rakenteisiin S S
Rakennuksen käyttöhistoria	— vankila, suolaverkosto (ennen) — kylmää rakennusta alettu lämmitellä käyttötarkoituksen muuttuessa	S — maaperän ja seinien suolapitoisuus noussut S — suolahärmistymiä

Taulukko 1. Eräät rakenne- ja laasti- vaurioihin johtavat tekijät historiallisissa kohteissa (S = todettu Suomenlinnassa).



3.

4.

siivussa kiinnittyi siihen, että niitä on toistuvasti paikattu ja että lähes säännönmukaisesti paikkauslaasti vaikuttaa aluslaastia kovemmalta. Saumaustekniikkaa oli havaittavissa pääasiassa kahta laatua. Alkuperäis-saumut ja vanhemmat korjaussau-maukset on luultavasti tehty paikka-usmuurausten yhteydessä ns. puhtaaksimuurauksena muuraukskauhaa käyttäen, jolloin sauman pinnasta tulee epätasainen ja hiukan kupera. Korjaus- ja jälkisaumasta on tehty myös tiivis kivien pintaan painaen ja tasoittaen. Molempien tartunta harmaakiviin näytti yhtä hyvältä, mutta jälkimmäisessä tapauksessa oli käytetty kovempaa laastia. Saumat oli korjausten yhteydessä tavallisesti kalkkitu ja kalkkaus varisee vähitellen pois liian kovalta saumapinnalta. Kirkkojen tiilisissä päätykolmioissa ja erityisesti niiden rapatuissa koristepinnoissa voitiin varsin usein havaita laastin irronneen alustastaan ja pudonneen osittain pois. Alta paljastuneissa tiilissä näkyi pakkas- ja rapautumavaurioita (esim. Tenholan kirkossa).

Kirkkojen sisätiloissa oli näkyvissä pääasiassa maakosteuden ja suolan aiheuttamia vaurioita sekä slammaus-, kalkkaus- että rappauspinnoissa. Kemiön kirkkoa lukuunottamatta nämä vauriot eivät vaikuttaneet aivan viimeaikoina lisääntyneiltä. Kosteusvaurioita ilmeni yleisimmin sisäseinien alaosissa ja vain Kemiön kirkossa ne paikoin ulottuivat noin kolmen metrin korkeuteen lattian pinnasta.

Vaikein kosteustilanne oli havaittavissa Tenholan kirkon sakariston alaisessa kellarissa, jossa kaikki lattia-, seinä- ja kattopinnat olivat märkiä ja ”pisaraisia”. Osa puurakenteista oli mädäntynyt ja kellarin luukku oli jouduttu uusimaan. Kellari on rakennettu sakariston alle vuonna 1664 ja siellä esiintyvät ongelmat tuntuvat yllättäviltä, koska

kirkon runkokuoneen alusta on erittäin kuiva ja puurakenteet hyväkuntoisia. Märkyys johtuukin osittain kondensoitumisesta ja riittämättömästä ilmanvaihdosta kellarissa.

Kaikkien tutkittujen kartanoiden julkisivut on rapattu ja kaikissa niissä esiintyi erilaisia rappausvaurioita, joista osa aiheutui rakenteellisista vioista ja osa puutteellisesta ylläpidosta. Kartanoiden sisätilojen tutkiminen oli suhteellisen hankalaa niiden nykyisen käytön vuoksi, mutta yleisvaikutelmaksi jäi, ettei suurempia ongelmia Louhisaarta lukuun ottamatta ollut havaittavissa. Louhisaressakin vaikeudet keskittyivät niihin huoneisiin, jotka ovat jollain tavalla olleet yhteydessä suolan varastointiin.

Linnojen ja linnoitusten osalta oli päätarkoituksena hankkia mahdollisimman kattava historiallinen laastinäyttesarja sekä vertailumateriaalia Suomenlinnasta saaduille näytteille. Turun linnasta kerätty laastisarja koostui näytteistä, jotka ajoittuvat 1200-luvulta aina 1500-luvun lopulle saakka. Hämeen linnasta on kerätty historiallinen laastisarja, jossa on näytteitä 1200-luvun lopulta aina 1800-luvun lopulle saakka. Hämeen linnasta puuttui ainoastaan 1600-luvun näyte.

Vanhoissa ja nykypäivän laasteissa eroja

Vanhojen kivimuurien ja rappauksien laastit poikkeavat monessa suhteessa nykypäivän laasteista. Raaka-aineet käsiteltiin ennen eri tavalla kuin nykyisessä tuotannossa. Muurauksesta ja rappauksesta vastuussa olevat mestarit tunsivat varsin hyvin kalkin polton ja sammutustavan vaikutukset laastin ominaisuuksiin. Kalkinpoltoa varten valittiin vain parhaimmat

3. Kemiön kirkon harmaakivimuurin kalkkaus kuoriutuu pois laastin pinnalta.

4. Vaikeasti rapautunut tiiliseinä.

kalkkikivet. Tiivis ja valkoinen kalkkikivi käytettiin etupäässä rappauksiin ja harmaa tai ”musta” kalkkikivi, joka sisälsi piimaata, savea tai muita epäpuhtauksia, käytettiin muuraukseen. Epäpuhtaampi kalkkikivi antoi laastille hydraulisia ominaisuuksia ja se toimi myös erinomaisesti kosteissa tiloissa. Tosin kirjallisuudessa ei ole aina esitelty eri kalkkivilaatujen käyttötapoja.

Kuvaukset kalkin poltosta eivät ole yksiselitteisiä, syynä ilmeisesti eri kalkkivilaatujen vaihtelevat poltto-ominaisuudet. Yleisin käytetty polttoaine oli puu.

Niin kauan kuin kalkkilaasteja on tehty, on ollut käytössä useampia kalkkivilaadusta ja käyttötarkoituksesta riippuvia sammutusmenetelmiä, mutta myös kalkinsammuttajien ammattitaito ja paikkakunta ovat heijastuneet sammutusmenetelmän valinnassa.

Tavallisimmat sammutustavat olivat monivuotinen hautasammutus vaihtelevin vesimäärin, lyhytaikainen sammutus rakennustyömaalla ja sammutus hiekkakerroksen alla vedellä valelemalla tai sadeveden vaikutuksesta. Kalkin sammutusajan pituudessa esiintyi suuria vaihteluja; yhdestä kuukaudesta moni- jopa kymmenvuotisiin sammutusaikoihin.

Kirjallisuustiedoissa ei ole ollut suoria viitteitä tai selityksiä sammutustavan vaikutuksesta laastin ominaisuuksiin tai tiedot ovat sen verran ristiriitaisia, ettei niiden pohjalta ole annettavissa yleisiä kalkinsammutusohjeita.

Nykypäivän suomalaiset kalkki- tai kalkki-sementtilaastit poikkeavat vanhoista kalkkilaasteista, paitsi kalkin poltto- ja sammutustavasta johdettavista eroavaisuuksista, myös muiden ominaisuuksien osalta. Rakenuskalkki on nykyisin varsin puhdas, hienojakoista kalsiumhydroksidia, nk. ilmakalkkia. Lähes kaikissa vanhoissa laasteissa on tavallisen ilmakalkin lisäksi hydraulisia aineosia, jotka kovettuvat sementin tapaan kalkin ja veden kanssa. Nämä hydraulisesti kovettuvat aineet selittävät osittain hyvin säilyneiden vanhojen laastien usein suuria lujuuksia ja hyvää kestävyyttä. Hydraulisia lisäaineita on voinut joutua kalkkiin polton yhteydessä epäpuhtauksina joko kivistä, polttouunissa käytetystä savesta tai polttoaineesta (tuhka). Laasteihin lisättiin myös tiilimurskaa ja tuhkaa, joiden uskotaan reagoineen hydraulisesti.

Ilmakalkkien lisäksi käytettiin keskiajalla, kuten nykyisin Etelä-Euroopan maissa, hydraulisia kalkkeja ja luonnonpotsolaaneja kalkin lisäksi. Nämä hydraulisesti kovettuvat kalkit tekivät laasteista vedenkestäviä ja lujia. Mielenkiintoinen keinotekoinen potsolaani on lentotuhka, jonka kemiallinen koostumus on hyvin lähellä luonnonpotsolaanien ominaisuuksia.

Tuoreen laastin ominaisuuksia ja rappaus- sekä muurauslaastien toimivuutta vanhoissa kivirakennuksissa on VTT:n tutkimuksen kirjallisuusosassa kuvattu etupäässä nykytietojen pohjalta. Laastien ominaisuuksia koskevia mainintoja on vanhoissa kirjallisuuslähteissä selitetty subjektiivisten havaintojen pohjalta. Niistä puuttuu tieteellinen tutkimustausta.

Kirjallisuusosassa on myös tarkasteltu rappausten kosteusteknistä toimintaa, joka on kriittisin osa rappausten pitkäaikaiskestävyydessä. Eräät vanhat kalkkivilaastit ovat kestäneet vuosisatojen kosteusrasituksia vaurioitumatta, mutta osa niistä on useamman kerran jouduttu korvaamaan uusilla korjauslaasteilla.

Jotta laastit kestäisivät kosteuden ja pakkasen aiheuttamia rasituksia, tulee niiden tartunta muurauskiveen olla hyvä, niissä tulee olla pieniä ”suojahuokosia”, jotka toimivat jäätyvän veden aiheuttaman paineen tsaajina, ja niiden tiheys sekä lujuus tulee olla riittävä. Vanhoissa, hyvin kestävässä laasteissa, joita on tutkittu laboratoriossa, on ollut löydettävissä pieniä huokosia, jotka ovat muodostuneet laastiin lisäaineiden vaikutuksesta tai perusteellisella sekoituksella. Laastien tartunta alustaan on lähes

poikkeuksetta ollut erittäin hyvä, mikä on saatu aikaan työstötekniikalla ja mahdollisesti lisäaineiden avulla. Laastien karbonatisoituminen ja lujuudenkehitys on tapahtunut suotuisissa olosuhteissa ilman ulkoisia häiriötekijöitä. Täten ne ovat kovettuneet lujuustasolle, joka on huomattavan korkea nykypäivän kalkkilaasteihin verrattuna.

Vanhoissa kirjallisuustiedoissa ei ole kovinkaan tarkkaan selitetty lisäaineiden käyttötarkoitusta ja -tapaa. On kuitenkin useita mainintoja eri lisäaineiden käytöstä. Oljet, hiukset ja muut kuidut ovat todennäköisesti antaneet laasteille sitkeyttä ja lisää lujuutta. Ravintoaineet: kananmuna, maitotuotteet, olut, siirappi ja tärkkelys, ovat muokanneet laastien työstöominaisuuksia, ja ne ovat vaikuttaneet laastien jäykistymiseen. Olut on joissain tapauksissa voinut huokoistaa laastia. Mikroskooppitutkimuksissa on ollut havaittavissa, että van-

hat laastit lähes poikkeuksetta sisältävät kalkkipaakkuja. Nämä voivat olla peräisin sammuttamattomasta kalkista, heikosti poltetusta kalkista tai laastin valmistuksessa käytetystä kovettuneesta kalkista. Kalkkipaakut sellaisinaan toimivat lähinnä runkoaineena. Nykypäivän kalkkipitoisissa laasteissa, jotka on tehty teollisesti poltetusta ja sammutetusta kalkista, näitä kalkkipaakkuja ei esiinny.

Rappauspintoja ja saumalaasteja rasittavat paitsi kosteus myös lämpötilanvaihtelut. Rappausten pintaan muodostuu luonnollisesti suurempia lämpörasituksia kuin alustaan. Lämpöliikkeet aiheuttavat laastin ja alustan tartuntapintaan leikkausjännityksiä, jotka suuremman rasituksen alaisena irrottavat laastin. Kirjallisuustietojen mukaan kalkkilaasteilla olisi pienemmät lämpöliikkeet ja ne ovat lähempänä muurauskivien lämpöliikkeitä kuin sementtipohjaisilla laasteilla.

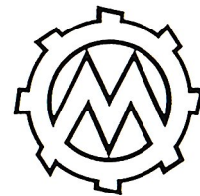
Suomen Konepäällystöliitto ry

Ensi kevään museomatka

Jo perinteeksi muodostuvan tavan mukaisesti järjestää Suomen Teknillinen Museoyhdistys museomatkan kevään — kesän taitteessa 1986.

Tällä kertaa retken kohteina ovat tiet siltoineen ja muine laitteineen sekä kanavat. Matka suuntautuu Itä-Suomeen Mikkeli — Varkauden tai vaihtoehtoisesti Lappeenranta — Joensuu tienoilta.

Oppaiksi ovat lupautuneet tie- ja kanavamuseoinnin parhaat asiantuntijat. Lähempiä tietoja museomatkasta lehden seuraavissa numeroissa. Lue artikkeli kanavamuseoista Tekniikan Waiheita 1/85:stä.



Numeromme kirjoittajia:

Koivunen Tapio, salaojitusasiamies, Suomen tiiliteollisuusliitto.

Vainonen Ulla-Maija, FM, näyttelysihteeri, Kymenlaakson maakuntamuseo.

Holma Matti, tekn.lis.