



VANHAN RAUMAN PORTIT

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma
Tuotantopainotteinen mekatroniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2013
Mika Valtonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

VALTONEN MIKA: Vanhan Rauman portit

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 109 sivua

Syksy 2013

TIIVISTELMÄ

Insinööriyön tavoitteena oli perehtyä Vanhan Rauman portteihin suunnittelijan, puusepän ja sepän näkökulmasta. Myös talojen asukkaiden näkökannan ja mielipiteiden huomioon ottaminen oli tärkeää.

Kaupungin arvokkaat puuportit ovat valitettavan lyhytikäisiä ja niiden ennenaikainen tuhoutuminen on yleinen ongelma. Insinööriyössä perehdyttiin vanhojen porttien suunnittelussa ja valmistuksessa tehtyihin virheisiin. Tavoitteena oli löytää valmistusmenetelmiä ja -materiaaleja, joita käyttämällä uusien porttien käyttöikä saadaan maksimoitua.

Porttien tuhoutuminen johtuu pääasiallisesti rakenteellisista ja valmistuksellisista virheistä sekä huollon puutteesta. Jotta portista saadaan kestävä ja pitkäikäinen, on sen valmistukseen liittyvien osatekijöiden hallinta olennaista. Yksittäinenkin virhe saattaa nopeuttaa portin tuhoutumista jopa vuosikymmenillä. Erityisen haitalliseksi kestävyys kannalta osoittautuivat väärät materiaalivalinnat, puun ja metallin välinen korroosio sekä virheellisen pintakäsittelyn aiheuttama puun lahoaminen. Koska Vanhassa Raumassa on runsaasti vaurioituneita portteja, työssä käsitellään myös niiden korjaustoimenpiteitä.

Avainsanat: kulttuurihistorialliset rakennukset, lahontorjunta, piharakennukset, puurakennukset, portit, rakennusperinne, rakennuspuusepänteollisuus.

Lahti University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

VALTONEN MIKA: The gates of the old Rauma

Bachelor's Thesis in Production Oriented Mechatronics, 109 pages.

Autumn 2013

ABSTRACT

The aim of this thesis was to study the manufacturing of the gates of Old Rauma from the designer's, carpenter's and blacksmith's points of view. The resident's point of view and opinions was also important to take into account.

The valuable gates of the city are regrettably short-lived and their premature destruction is a common problem. The objective of this thesis was to study errors which have been made in the manufacturing process of the old gates. Another objective was to search for proper manufacturing methods and materials to maximize the life span of the new gates.

Primary reasons for the destruction are defects due to the structure and manufacture, and lack of maintenance. To manufacture a durable and long lasting gate, it is essential to consider the whole manufacturing process. A single mistake can speed up the destruction of the gate even by decades. Particularly harmful to the durability are wrong choice of materials, corrosion between wood and metal and incorrect treatment of surface caused by the decaying wood. Because there are lots of damaged gates in the Old Rauma area, the work also deals with their repairs.

Key words: carpentry industry, building tradition, cultural-historical buildings, gates, outbuildings, wooden buildings, wood preservation.

SISÄLLYS

1	YLEISTÄ	1
1.1	Insinööriyön aihe	1
1.2	Vanha Rauma	1
2	PORTEISTA	3
2.1	Porttien ominaisuuksia	3
2.2	Porttien historiaa Vanhassa Raumassa	4
2.3	Kuvia ja piirustuksia porteista	5
2.4	Vanha Rauma Säätiön porttiavustukset	6
2.5	Lupahakemusprosessi	6
3	KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT	8
3.1	Puun ominaisuudet	8
3.1.1	Mänty	13
3.1.2	Kuusi	13
3.1.3	Tammi	14
3.1.4	Lehtikuusi	14
3.1.5	Painekyllästetty puu	15
3.1.6	Lämpökäsitelty puu	18
3.2	Vanerit	23
3.3	Metallit	24
3.3.1	Teräkset	25
3.3.2	Kupari	27
3.3.3	Pellit	28
3.4	Liimat	28
3.4.1	RF/PRF- liimat	31
3.4.2	MUF -liima	31
3.4.3	EPI-liima	32
3.4.4	PUR-liima	32
3.4.5	PVAC-liima	32
3.5	Pintakäsittely	33
3.5.1.1	Pellavaöljymaalit	36
3.5.2	Terva ja tervamaalit	37
3.5.3	Metalliosien pintakäsittely	37
4	SARANAT JA PAINIKKEET	41

4.1	Saranatyypit	41
4.2	Helat	42
4.3	Kiinnikkeet	43
5	LAHO JA KORROOSIO PORTEISSA	46
5.1	Yleistä	46
5.2	Puun tuhoutuminen	47
5.3	Puun suojaaminen tuhoutumiselta	52
5.4	Metallien korroosio	55
5.5	Metallien suojaaminen korroosiolta	58
5.6	Metallin ja puun väliset reaktiot	62
5.7	Metallin ja puun välisten reaktioiden estäminen	64
6	SUUNNITTELU- JA VALMISTUSOHJEITA	68
6.1	Yleistä	68
6.2	Koko ja mittasuhteet	68
6.3	Materiaalit	69
6.4	Rakennerratkaisut	72
6.5	Liimaus	78
6.6	Muut tekijät	80
6.7	Porttien perustukset	83
6.7.1	Betoniantura	84
6.7.2	Hiilletyn puun upotus maahan	85
6.8	Maalaus	86
6.9	Vaurioituneen portin korjaaminen.	89
7	INSINÖÖRITYÖN OHESSA TEHTY PORTTI	96
7.1	Piirustukset	96
7.2	Työselostukset	97
8	HUOLTO-OHJEET	101
9	YHTEENVETO	102
10	LÄHTEET	105

1 YLEISTÄ

1.1 Insinööriyön aihe

Insinööriyön tavoitteena oli perehtyä Vanhan Rauman porttien valmistukseen sekä suunnittelijan, puusepän että sepän kannalta. Myös talon asukkaiden näkökulman huomioon ottaminen oli tärkeää.

Kaupungin arvokkaat puuportit ovat valitettavan lyhytikäisiä ja niiden ennenaikainen tuhoutuminen on suuri ongelma. Porttien tuhoutuminen johtuu pääasiallisesti rakenteellisista ja valmistuksellisista virheistä sekä huollon puutteesta. Insinööriyössä perehdyttiin vanhojen porttien valmistuksessa tehtyihin virheisiin ja haettiin valmistusmenetelmiä, joilla uusien porttien elinikä saadaan maksimoitua. Koska Vanhassa Raumassa on runsaasti vaurioituneita portteja, työssä käsitellään myös niiden korjaustoimenpiteitä.

1.2 Vanha Rauma

Vanha Rauma on Pohjoismaiden laajin yhtenäisenä säilynyt puukaupunkialue ja kokonaisuudessaan suojeltu rakennuskohde. YK:n opetus-, tiede- ja kulttuurijärjestö UNESCO valitsi Vanhan Rauman maailmanperintökohteeksi 1991.

Rauma on vanha keskiaikainen kaupunki, jonka historiallista kaupunkikuvaa maankohoaminen on muokannut suuresti. 1620-luvulla pystytetty ja 1809 purettu tulliaita rajoitti aikanaan alueen, joka nykyisin tunnetaan Vanhana Raumana. Nykyisen koristeellisen uusrenessanssisen ulkonäkönsä kaupunki sai suurelta osin 1890-luvulla, jolloin kukoistava merenkulku toi vaurautta kaupunkiin. Keskiajasta kertovat yhä kapeat ja mutkittelevat kadut ja kujat sekä epäsäännölliset tontit. Vanhassa Raumassa asuinrakennukset on sijoitettu katujen varrelle ja ulkorakennukset pihan perälle. Kadun puolella piha-alueita rajaa rakennusten ja aidan lisäksi korkea portti, joka sulkee piha-alueen. Lähes 30 hehtaarin laajuisen puukaupungin vanhimmat säilyneet talot ovat 1700-luvun alkupuolelta. Kaikkiaan

alueella on 600 rakennusta, joista suurin osa on yksityishenkilöiden omistuksessa.
Asukkaita Vanhassa Raumassa on 800. (Koivula 1992.)

2 PORTEISTA

2.1 Porttien ominaisuuksia

Vanhoissa kaupungeissa pihapiiri ja katutila on perinteisesti erotettu toisistaan rakennuksilla ja aidalla. Aita ja portti yhdistävät rakennuksia ja eheyttävät samalla kaupunkikuvaa. Pihapiiriin käydään portin kautta ja vasta pihalta on pääsy sisälle rakennukseen. Katuovia alkoi esiintyä Vanhassa Raumassa vasta 1800-luvulla. (Koivula 1992.)

Vanhan Rauman kaava edellyttää puurakenteisen portin rakentamista. Pensas-, verkko- tai metalliaidat eivät sovi Vanhan Rauman kaupunkikuvaan. *”Tontit on aidattava rakentamattomilta sivuiltaan ympäristöön sopivilla puuaidoilla ja varustettava rakennuksiin ja ympäristöön sopivin puuportein.”* (Vanhan Rauman rakentamistapaohje).

Portit vaikuttavat olennaisesti rakennuksen ulkonäköön ja kaupunkikuvaan. Niiden pitää sopia päärakennuksen rakennustyyliin ja väreihin sekä myös muuhun ympäristöön. Portteja on kahta perustyyppiä: umpinainen lautaportti sekä erilaisilla ristikkorakenteilla koristeltu kehysrakenteinen portti. Portteihin kuuluvat tärkeinä yksityiskohteina vanhat salvat ja saranat. (Saarinen 2012.)

Portit täydentävät rakennuskokonaisuutta, ja ne ovat usein koristeltuja samankaltaisilla yksityiskohdilla kuin talon julkisivukin. Portinpylväät ovat neliskulmaisia ja hieman porttia korkeampia. Ne ovat usein verhottuja laudoilla ja niiden päät ovat suojattuja pellitetyillä puuhatuilla. Portti on yleensä katettu pienellä katoksella tai pelkällä pellitetyllä poikkipuulla. Portit avautuvat pääsääntöisesti sisäänpäin. Poikkeuksena on Kivinimenkatu 2, jossa on useita ulospäin aukeavia valeportteja. Ratkaisu on antanut huonoja tuloksia, koska asukkaat pitävät usein porttilehtiä avoinna kadulle. Isoissa porteissa on usein erillinen oviaukko jalankulkijoille. Porttiin voi tavallisesti yhdistää katoksen, valaistuksen, kolkuttimen, tontin numeron tai postilaatikon. (Saarinen 2012.)

2.2 Porttien historiaa Vanhassa Raumassa

Vanhimmat portit olivat jykeviä ja niukasti koristeltuja ja niiden pääasiallinen tehtävä oli pitää kotieläimet pihapiirissä. Myöhemmin porteilla katsottiin olevan julkisivua vastaava tehtävä tontin kaunistamisessa ja porttiin liitettiin rakennuksen tyylipiirteitä. Keskiajalla portit sijaitsivat sisäpihan puolella mutta nykyisin ne ovat kaikki ulkoseinän tasalla. (Koivula 1992.)

Porttien tyylit ja rakenteet ovat vaihtuneet rakennusaikakausien mukaisesti. Näitä rakennusaikakausia olivat empire eli uusklassismi, uusrenessanssi ja jugend.

1700-luvulla rakennukset olivat usein koko katusivun mittaisia ja pihapiiriin kuljettiin porttikäytävien kautta. Julkisivuissa käytettiin leveää pystylaudoitusta ja portit olivat yksinkertaisia.

1800-luvulla Rauman kauppalaivasto oli maan suurin, ja se toi runsaasti vaurautta kaupunkiin. Tällöin kaupungin rakennusten julkisivuja uusittiin uusrenessanssiajan ihanteiden mukaisesti. 1800-luvun lopussa ja viime vuosisadan alussa rakennetut portit suunniteltiin samantyyllisiksi päärakennuksen kanssa. Portit poikkesivat yksityiskohdilta toisistaan ja olivat usein erittäin koristeellisia. Näistä upeista porteista ei ole valitettavasti säilynyt jäljelle kuin piirustuksia. (Kuvio 1.) (Saarinen 2012.)

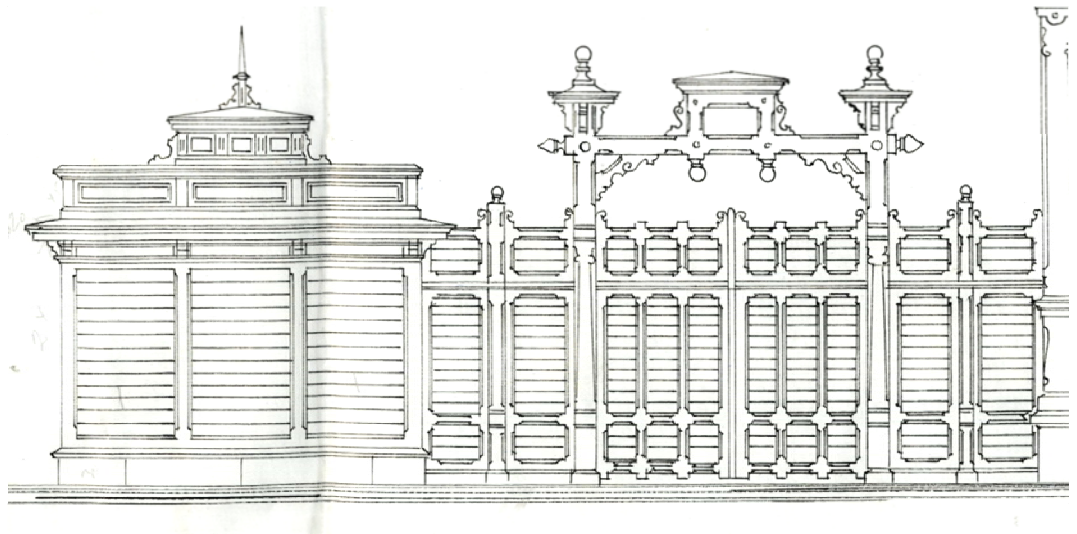
1900-luvun vaihteessa portteja uusittiin Jugend-tyylisiksi ja nykyiset portit ovat edelleen Jugendin- ja 1920-luvun klassismin tyyllisiä (Saarinen 2012).

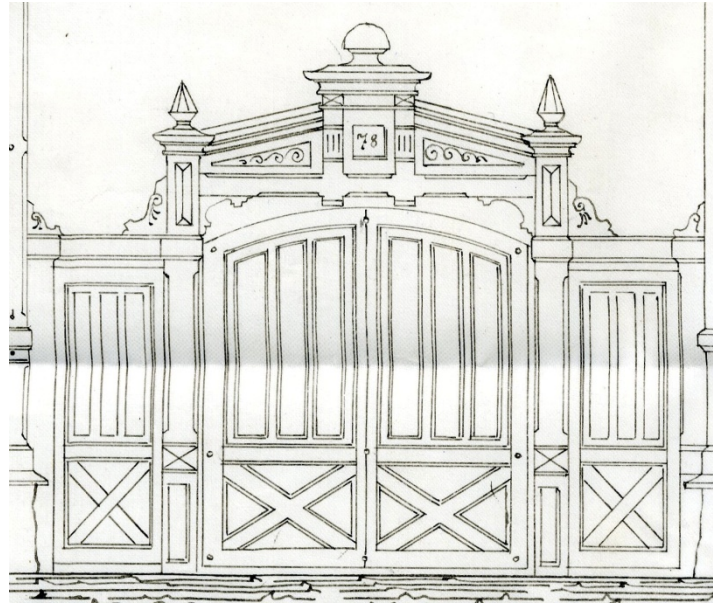
Vanhin säilynyt portti Vanhan Raumassa on oletettavasti 1600-luvulla tehty tamminen Naolan portti. Vanhempia, malliltaan yksinkertaisia portteja on Vanhassa Raumassa säilynyt myös muutamia ja samoin rakennuksen läpi meneviä porttikäytäviä lautaportteineen on vielä joitakin jäljellä. Lähes kaikki nykyiset portit on rakennettu 1980-luvulla. (Koivula 2012.)

2.3 Kuvia ja piirustuksia porteista

Kaikki Vanhasta Raumasta löydetyt porttien kuvat ja piirustukset on tallennettu digitointiarkistoon. Yleisö voi käydä tutustumassa tähän kokoelmaan Vanhan Rauman korjauskeskus Tammelassa. Digitointiarkisto löytyy myös Rauman kaupungin rakennusvalvonnasta.

Vanha Rauma Säätiön porttiprojektissa raumalaiset arkkitehdit Jukka Koivula ja Kalle Saarinen laativat hahmotelmia pääkatujen puuttuvista porteista. Hahmotelmat tehtiin löytyneiden piirustusten perusteella ja niiden puuttuessa portit suunniteltiin sopimaan viereisiin rakennuksiin. Myös tämä kokoelma löytyy korjausrakennuskeskus Tammelasta. Vanha Rauma Yhdistys on myös kerännyt porttikortiston, jossa on vuonna 1933 otettujen valokuvien lisäksi kopioita arkistopiirustuksista.





KUVIO 1. 1800- luvun lopun uusrenesanssiaikaisia portteja.

2.4 Vanha Rauma Säätiön porttiavustukset

Vanhan Rauman Säätiön tavoitteena on pyrkiä säilyttämään Vanhan Rauman kulttuurihistoriallisesti arvokkaat rakennukset ja kaupunkimiljöö. Säätiö tukee muun toimintansa ohella porttien korjauksia sekä uudelleen rakentamista, ja se on osallistunut 1970-luvulta lähtien jo 140 portin kustannuksiin. Säätiö tukee rakennuskustannuksia maksimissaan 30 % osuudella kokonaiskustannuksista. (Saarinen 2012.)

2.5 Lupahakemusprosessi

Portit, kuten kaikki muutkin pysyvät rakennelmat kaupunkialueella, vaativat aina rakennusluvan. Portin rakentamista suunnittelevan kiinteistön omistajan on hyvä ottaa yhteyttä Vanhan Rauman neuvonta-arkkitehtiin, joka selvittää, löytyykö kiinteistön portista alkuperäisiä piirustuksia, kuvia tai muita hahmotelmia. Piirustusten löytyessä uuden portin pitää vastata alkuperäistä porttia mahdollisimman tarkasti. Hyvin perustellut rakenteelliset muutokset ovat mahdollisia, mutta portin alkuperäinen ilme ja tyyli pitää säilyttää mahdollisimman tarkoin. Mikäli portista ei löydy alkuperäisiä piirustuksia, niin uusi portti suunnitellaan sopimaan sekä

päärakennuksen tyylin että myös ympäröiviin rakennuksiin. Tällaisessa tapauksessa portin tilaajalla on suunnittelun yhteydessä huomattavasti enemmän mahdollisuuksia vaikuttaa portin ulkonäköön. Suunnittelija piirtää portista yksityiskohtaiset piirustukset tarkkoine osadetaljeineen ja määrittää samalla portin värisuunnitelman. Kaupunkikuvalliset ja historialliset seikat sanelevat rakennusten ja porttien värivalinnat Vanhassa Raumassa. Portin värien pitää sopia sekä päärakennuksen väreihin että ympäröivään kaupunkikuvaan. Portin suunnittelijalla pitää olla A-luokan suunnittelijan pätevyys ja kokemusta vastaavista suunnittelutehtävistä. Piirustukset ja rakennuslupa hakemus toimitetaan Vanhan Rauman asemakaavan toteuttamista ohjaavalle erityiselimelle, joka antaa asiasta lausunnon. Elimessä on mukana myös museoviraston edustaja. Kaupungin rakennustarkastaja tai rakennuslautakunta myöntää luvan portille ottaen huomioon erityiselimen lausunnon. (Saarinen 2012.)

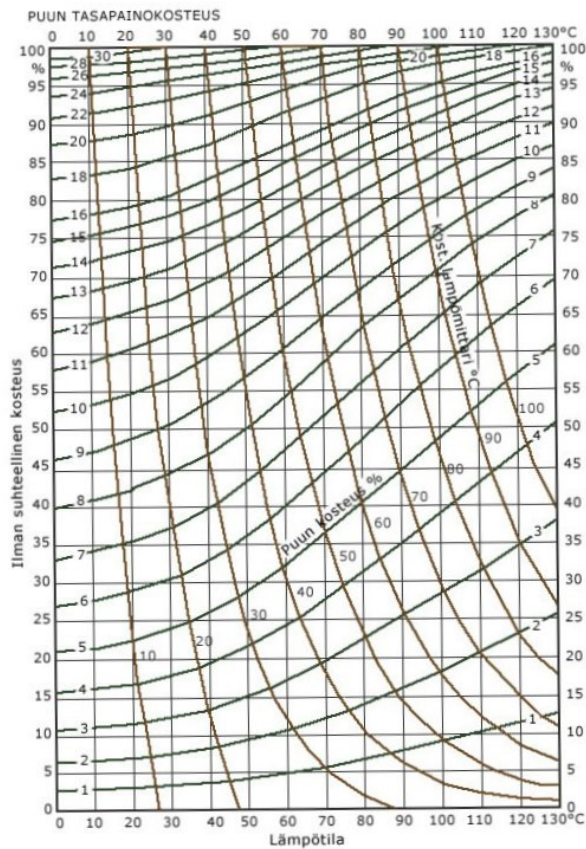
3 KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT

3.1 Puun ominaisuudet

Portin suunnittelijan ja valmistajan pitää olla perillä puun perusominaisuuksista. Portin kohdalla ratkaisevaa on puun kosteuselimisen ja lahonsuojauksen sekä niihin vaikuttavien tekijöiden perinpohjainen hallitseminen. Nämä ominaisuudet johtuvat puun kemiallisesta koostumuksesta sekä rakenteesta ja liittyvät läheisesti toisiinsa.

Puu pystyy hygroskooppisena materiaalina sekä imemään että luovuttamaan kosteutta ympäröivästä ilmasta. Hygroskooppisten materiaalien kosteuspitoisuus on riippuvainen siitä ympäröivän ilman suhteellisesta kosteudesta (RH), eikä kosteuden absoluuttisella määrällä ole siihen vaikutusta. Puu siis pyrkii asettumaan ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan määräämään tasapainokosteuteen. Kosteuden muuttuminen puussa on hidas prosessi, ja siihen kuluva aikaa kutsutaan tasaantumisaikaksi. Tasaantumisaika on riippuvainen lähinnä kosteuden muutoksen suuruudesta, lämpötilasta ja sahatavaran koosta. Järeällä sahatavaralla ja kylmällä ilmalla se voi olla useita viikkoja. Maalipinta tai muu pinnankäsittely hidastavat puun kosteuden muutoksia ja suorassa auringonpaisteessa puun tasapainokosteus on yleensä taulukkoarvoa alhaisempi. Ulkoilman suhteellinen kosteus on Suomessa lähes aina korkea. Kosteutta mitataan ilman suhteellisenä kosteutena (RH-arvolla) ja kosteuspitoisuutena (g/m^3). Talvella ilma on kuivaa (vesihöyryä $1.5 - 3.0 \text{ g}/\text{m}^3$), vaikka ilman RH on erittäin korkea (80 – 90 %). Kesällä ilma on selvästi kosteampaa (vesihöyryä $8 - 11 \text{ g}/\text{m}^3$), mutta ilman RH on alhaisempi (65 – 80 %). Kesällä puu siis kuivuu ja talvella kostuu. Puun kosteutta voidaan arvioida tasapaino/kosteus-*taulukosta*. (Kuvio 2.) *Taulukkoa* käytettäessä pitää arvioida keskimääräinen ilman suhteellinen kosteus ja -lämpötila sekä ottaa huomioon pitkähkö tasaantumisaika. Puun tasapainokosteus on sateelta suojatussa ulkotilassa talvella n. 20 – 25 % ja kesällä n. 12 – 14 %. Mikäli puuta ei ole suojattu sateelta, se jää pysyvästi tasapainokosteuttaan kostemmaksi. Männyn sydänpuun tasapainokosteus on noin prosenttiyksikön alempi kuin pintapuun. Kuusi

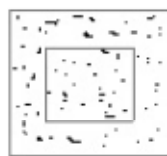
reagoi sen ympäröivän ilman kosteuden vaihteluihin hitaammin kuin mänty. Maalipinnan alla puu on hieman tasapainokosteuttaan kosteampaa. (Kärkkäinen 2007.)



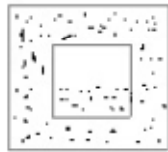
KUVIO 2. Puun tasapaino-kosteustaulukko. (Kärkkäinen 2007.)

Ilman suhteellisen kosteuden (RH) ollessa 100 %, puun kosteus tasaantuu puun syiden kyllästymispisteen kosteuteen. (Kuvio 3.) Puu kutistuu tai turpoaa vain kosteuden muuttuessa välillä 0 % - PSKP eli n. 28 – 30 %. Tällä välillä turpoaminen ja kutistuminen riippuvat suoraviivaisesti puun kosteudesta. Tästä seuraa myös tilavuuden kutistuminen, joka on luokkaa 12 – 15 % puun kuivussa täysin kuivaksi (0 %). Vesi sitoutuu puun sisällä joko soluonteloihin tai -seinämiin alla olevan kuvan mukaisesti. Kosteuden määrän vaihtelu puun soluseinämässä selittää puun kosteuselämisen. Myös solujen välissä on vettä, mutta sen vaikutus kosteuselämiseen on vähäinen. Puu ei ole homogeenista ainetta, vaan anisotrooppista eli sen ominaisuudet vaihtelevat tarkastelusuunnasta riippuen. Puun kosteuseläminen on siis erisuuruista pituuden-, tangentin- ja säteen suunnissa. (Kuvio 4.) Pituuden suunnassa puun kosteuselämien on n. 0,1 – 0,4 %, säteen suunnassa n. 3 – 6 % ja

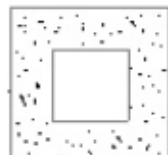
tangentin suunnassa 6 – 12 %. Tämä erisuuruinen kosteuseläminen aiheuttaa portin tappiliitosten löystymistä, muodostaa jännityksiä liima- ja maalipintoihin sekä vaikeuttaa kiilaliitoksella liitettävien peilirakenteiden väljyyden arviointia. Puun kosteuseläminen jatkuu myös lämpötilan laskiessa alle 0 C°. Kun pakkasta on -5 C° alkaa yli 15 % kosteuden omaavan puun soluseinämän vesi siirtyä höyrynpaine-eron vaikutuksesta soluväleihin ja soluonteloihin. Tällöin puu alkaa kutistua ja kutistuminen jatkuu lämpötilan edelleen laskiessa. Kutistuma on kasvavassa puussa havupuilla noin 1 % ja lehtipuilla 2-6 %. Mikäli kutistuman aiheuttama jännitys ylittää puun vetolujuuden syiden poikkisuuntaan syntyy pakkashalkeamia. Pakkashalkeamat kulkevat puun syiden suuntaisesti ja niitä esiintyy etenkin tammella.



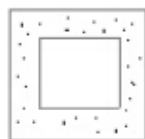
Soluseinä täysin veden kyllästämä
Soluontelo täynnä vettä
Puun maksimikosteus (tiheällä puulajilla alempi kuin kevyellä)
Kasvavan puun kosteus tavallisesti n. 75-80% maksimista



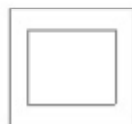
Soluseinä edelleen veden kyllästämä
Soluontelosta poistunut vettä



Soluseinä edelleen veden kyllästämä
Soluontelosta poistunut kaikki vesi
Tämä on PUUN SYIDEN KYLLÄSTYMISPISTE
Se vastaa noin 28 - 30 % kosteutta



Soluseinämästä on vesi vähentynyt
Soluseinämät ovat kutistuneet (soluontelo lähes ennallaan)



Soluseinämästä poistunut kaikki vesi, $u = 0\%$
Soluseinä kutistunut minimiinsä (soluontelo lähes ennallaan)

KUVIO 3. Puun solun kosteuseläminen. (Kärkkäinen 2007.)

Sahatavarakappaleen kosteuspuiteollisuuden muutos	Sahatavarakappaleen poikkileikkauksen mittamuutokset	Sahatavarakappaleen piteuden mittamuutos
1 % -yksikkö	0,25 %	0,02 %

KUVIO 4. Puun kosteuselämisen aiheuttamat mittamuutokset. (Kestopuuteollisuus ry 2012.)

Vesi voi tulla puuhun nesteenä kapillaarisesti soluonteloiden kautta, höyrynä soluonteloiden kautta tai molekylaarisena diffuusiona soluseinämän kautta. Kapillaarisuudella tarkoitetaan puun kykyä imeä vettä sisäänsä ja siirtää sitä eteenpäin puun ollessa kosketuksissa veden kanssa. Kosteuden kulkeutuminen puun sisällä on hidas prosessi ja joskus se voi koskea vain puun pintakerroksiin. Toisaalta taas vettyneen puun kuivuminen kestää pitkään. Kapillaarisesti puu saattaa imeä vettä jopa satoja kertoja nopeammin kuin mitä on diffuusio pinnan läpi ja poikkipinnat pitääkin suojata huolellisesti. Maaleilla voidaan osittain estää nesteen imeytymisen kapillaarisesti sekä hidastaa muuta veden tunkeutumista puuhun. Kun vesi on päässyt puurakenteeseen, se leviää soluonteloiden välissä ja soluseinämässä nopeasti tasaten kosteuden koko puuhun. Imeyttämällä pellavaöljyä puun poikkileikkauksiin voidaan veden imeytymistä kapillaarisesti puuhun hieman hidastaa. Pellavaöljy tunkeutuu puun soluseinämiin, jolloin niihin mahtuu vähemmän vettä.

Puun kosteudella on suuri merkitys puun käytössä: Kuiva puu ei lahoa eikä reagoi ruostuvan raudan kanssa, ja se on helposti liimattavissa ja pintakäsittävissä. Puu kantaa kuivana suurempaa kuormaa ja taipuu kuormituksessa vähemmän kuin kostea tai tuore puu. Talvella jäätyneenä puun lujuusominaisuudet ovat parhaimmillaan. Kosteuden muuttuessa puu turpoaa tai kutistuu, ja siihen saattaa syntyä haitallisia muodonmuutoksia kuten käyryyttä, kupertumista, kieroutta tai halkeilua. Liitokset, saumat ja pintakäsittely voivat myös vioittua. Kosteuden muutos aiheuttaa puutuotteiden puuosien mittojen muutoksia eli kosteuselämistä. Kosteuselämisen aiheuttamien haittojen rajoittamiseksi portti on valmistettava ulko-kuivasta puusta, joka on mahdollisimman lähellä keskimääräistä käyttökosteutta.

Eri puulajien tiheys poikkeaa huomattavasti toisistaan. Tiheys vaihtelee myös saman puulajin eri yksilöiden ja rungon eri osien välillä. Tavallisesti hidaskasvuisen puun tiheys on korkeampi kuin saman puulajin nopeakasvuisen. Tätä on selitetty sillä, että kesäpuun määrä on lähes vakio, muuta kevätpuun määrän kasvaessa vuosilusto levenee. Kesäpuun tehtävänä on lähinnä toimia puun mekaanisena tukena, kun taas kevätpuun rakenne soveltuu paremmin nesteiden kuljetukseen. Männyllä vuosiluston leveyden ollessa 0,8 – 1,2 mm puuaines on tiheimmillään ja sen lujuus- sekä lahonkesto-ominaisuudet ovat parhaimmillaan. Puun kosteuseläminen vähenee tiheyden kasvaessa samoin kuin sen aiheuttamat haitalliset muodonmuutokset. Tiivissolukkoinen puu halkeaa helpommin kuin harvasolukkoinen mutta sitä voidaan ehkäistä hitaalla kuivatuksella ja ylivuotisen puun käytöllä.

Puun kasvaessa sen elävä pintapuuta muuttuu vähitellen kuolleeksi sydänpuuksi. Sydänpuulla on olennaisesti parempi lahonkesto kuin pintapuulla, ja myös sen mittapysyvyys on parempi. Sydänpuuhun kerääntyy puun kasvaessa uuteaineita kuten pihkaa ja männyllä erityisesti pinosylviini parantaa tehokkaasti lahonkestävyyttä. Sydänpuun osuus männyllä on noin 35 % ja kuusella jopa 50 % tyvitukista. Männyllä ja tammella sydänpuuta on tummempaa kuin pintapuuta mutta kuusella selvää värieroa ei ole havaittavissa. (Kärkkäinen 2007.)

Puun soluseinät rakentuvat selluloosasta (40–50 %) ja hemiselluloosasta (20–25 %), jotka vaikuttavat puun lujuuteen sekä puun liima-aineesta ligniinistä (20–30 %). Lisäksi puussa on uuteaineita, jotka vaikuttavat mm. puun lahonkesto-ominaisuuksiin. (Kärkkäinen 2007.)

Käytettävän puumateriaalin ja sen laadun määrittävät pitkälti museoviraston ohjeistukset sekä Vanhan Rauman rakentamistapaohjeet. Ohjeet ovat tapauskohtaisia mutta pääsääntöisesti kriteerinä on ollut vähäoksaisen, ylivuotisen puun käyttö josta on vähintään 5-6 vuosiluostoa 10 millillä. Ylivuotisen puun käytöllä varmistetaan, että havupuun pihka ja muut uuteaineet ovat päässeet haihtumaan. Porttien perinteinen rakennusmateriaali on tiheäkasvuinen mänty, mutta myös kuusi, tammi ja lehtikuusi ovat käyttökelpoisia materiaaleja. Paras mahdollinen puutavara portteihin saataisiin ylijäreistä, hitaasti kasvaneista tyvitukeista. Näitä ylikokoisia tukkeja ei valitettavasti nykyaikaisissa sahalaitoksissa pystytä saamaan, vaan ne

päätyvät yleensä paperikuiduksi. Kenttäsahurit pystyisivät sahaamaan ylijäreitäkin tukkeja mutta suurille metsäyhtiöille on kannattavampaa hyödyntää ne paperikuiduna. Ennen vanhaan rakennuspuuksi kelpuutettiin vain 120-vuotias mänty ja 100-vuotias kuusi.

Raskasrakenteiset portit aiheutuvat puuliitosten löystymistä sekä puun elastista muodonmuutosta ja virumista. Massiivisilla porteilla nämä muodonmuutokset voivat olla merkittäviä. Muodonmuutokset voivat tuhota portin nopeasti avaamalla puun liimasaumat ja päästäen veden sisään rakenteeseen. Mikäli rakenteelliset ratkaisut on kuitenkin tehty oikein, puun sitkeys ja lujuus yhdessä rakennetta tukevien saranoiden kanssa riittävät oikein hyvin pitämään portin ryhdissään.

3.1.1 Mänty

Mänty kasvaa yleisesti koko maassa pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta. Sen tiheys on noin 490 kg/m^3 . Männyn sydänpuu on punaruskeaa, pintapuu kellertävää ja vuosilustot selvästi havaittavissa. Männyn sydänpuu kestää lahoamatta huomattavasti pidempään kuin pintapuu. Pintapuun käyttöä pitää välttää myös sen suuremman kosteuselämisen vuoksi. Käyttökelpoisen sydänpuun osuus männyllä on noin 35 % tyvitukista. Mäntyä on helppo työstää, ja se kestää kosteuden vaihteluja kohtalaisen hyvin halkeilematta. Mänty on yleisin porteissa käytetty rakennusmateriaali. (Pro puu ry 2012.)

3.1.2 Kuusi

Kuusi kasvaa yleisesti koko maassa havupuurajan yläpuolisia tuntureja lukuun ottamatta. Sen tiheys on noin 460 kg/m^3 . Kuusen väri on vaaleankeltainen eikä sydän- ja pintapuun välillä ole värieroa. Vuosilustot erottuvat selvästi. Kuusi sulkee kuivuessaan solurakenteensa, jolloin sen vedenkuljetuskyky laskee merkittävästi. Sulkeutuvan solurakenteensa vuoksi kuusi sopin hyvin ulkorakenteisiin, mutta se kostuessaan lahoaa kuitenkin helpommin kuin mänty. Puuaines kutistuu kuivuessaan hieman, mutta se vääntyy ja kieroutuu enemmän kuin mänty. Se hal-

keaa helposti, mutta kestää kosteuden vaihtelua hyvin. Sitä on helppo työstää, mutta oksat kovia ja irtoavat helposti kuivasta puusta. Käyttökelpoisen sydänpuun osuus kuusella jopa 50 % tyvitukista. Se on hyvä rakennusmateriaali portteihin, mutta riittävän hyvälaatuisen ja oksattoman puutavaran löytäminen on haasteellista. (Pro puu ry 2012.)

3.1.3 Tammi

Tammi kasvaa pääasiallisesti Etelä-Suomen lehdöissä sekä Ahvenanmaalla ja istutettuna se tulee toimeen pohjoisempanakin. Sen tiheys 690 kg/m^3 . Väri vaihtelee tammilajista riippuen keltaisesta tai harmaasta punaruskeaan. Puuaine on lujaa, kovaa, hyvin painavaa ja tiheäsyistä. Pinta- ja sydänpuu erottuvat hyvin. Tammen sydänpuu on tiivistä, eikä se läpäise kovinkaan paljoa vettä eikä ilmaa. Tammi onkin rakennusmateriaalina erittäin kestävä. Vanhin Raumalta löytyvä portti on oletettavasti 1600-luvulla tehty tamminen ns. Naolan portti. Vaikka tammi on lujaa materiaalia, sen työstö ja pintakäsittely on kohtalaisen helppoa. Puu on kuitenkin kuivattava huolellisesti, jotta se ei halkeilisi. Puu sisältää runsaasti parkkihappoja, minkä vuoksi rautaesineet aiheuttavat voimakkaan värjäytymisen puussa. Puun hapot puolestaan ruostuttavat raudan nopeasti. Kovuutensa ja lahoamattomuutensa vuoksi etenkin valkotammaa käytettiin ennen purjelaivojen rakennusaineena. (Pro puu ry 2012.)

3.1.4 Lehtikuusi

Suomessa lehtikuusi ei kasva luonnollisesti, mutta istutettuna se menestyy hyvin. Sen tiheys on 590 kg/m^3 . Punertava sydänpuu erottuu helposti kellertävästä pinta-puusta ja vuosilustot erottuvat selvästi. Sydänpuun osuus on jopa kolminkertainen mäntyyn verrattuna. Lehtikuusen hyvä kestävyys kosteissa olosuhteissa perustuu kuitenkin sen tiheäkasvuisuuteen ja runsaaseen sydänpuun osuuteen. Lehtikuusen lahonkestävyys on verrattavissa männyn sydänpuuhun. Lahonkestävyydessä on kuitenkin todettu suuria vaihteluita, eikä sitä ei voi käyttää maakosketuksessa. Lehtikuusen puuaines on havupuuksi kovaa ja painavaa. Se kuitenkin vääntyy ja

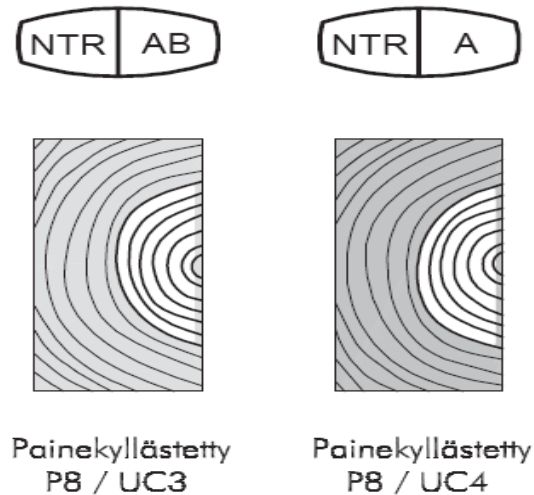
halkeilee helposti kuivattaessa. Työstö on helppoa, mutta oksat ovat kovia ja usein hauraita. Pihkaisuutensa vuoksi lehtikuusen sahaus ja kuivaus on hankalaa. Lehtikuusta käytetään etupäässä ulkorakenteisiin. (Pro puu ry 2012.)

3.1.5 Paineekyllästetty puu

Puurakenteen ollessa jatkuvasti kosteana tai sen joutuessa suoraan maa- tai betonikosketukseen on painekyllästetyn puun käyttöä harkittava. Paineekyllästys on tehokkain tapa suojata puuta lahoamiselta. Kyllästetyksellä ei puun lahoamista voida lopullisesti estää, vaan ainoastaan hidastaa. Paineekyllästetystä puusta käytetään myös nimitystä kestopuu. (Kestopuuteollisuus ry 2012.)

Paineekyllästetyn puun käyttö portin valmistamisessa on ongelmallista. Paras lahonkesto on aivan pintapuussa, ja tämä kerros lähtee yleensä työstön yhteydessä pois. Mikäli valmiiksi työstetyt puokappaleet kyllästetään, niihin muodostuu kylästysprosessin aikana helposti haitallisia muodonmuutoksia. Liimapuurakenteilla muodonmuutokset ovat vähäisempiä. Mikäli portti on suunniteltu, valmistettu ja pintakäsitelty oikein, ei painekyllästettyä puuta tarvitse käyttää. Laadukkaan, vähäoksaisen kestopuun saaminen on haastavaa, sillä yleensä heikompi laatuinen puutavara kyllästetään.

Puun kyllästysprosessi kestää noin 4 tuntia sisältäen lyhyet alipaineosuudet alku- ja loppuvaiheessa sekä varsinaisen työpaineosuuden. Työpainetta (1,2 – 1,6 MPa) ylläpidetään, kunnes kyllästysaine on tunkeutunut sydänpuuhun asti. Kyllästysaine siirtyy prosessin aikana puun solukkoon ja kiinnittyy sinne lopullisesti puun kuivauksen ja varastoinnin yhteydessä. (Kuvio 5.) Käsittelyn jälkeen kyllästeen liukeaminen puusta on vähäistä, ja tätä voidaan edelleen pienentää puun pintakäsittelyllä. Kyllästysaineina käytetään Suomen ympäristökeskuksen hyväksymiä valmisteita, joissa tehoaineina ovat kuparisuolat. Kyllästeen sisältämä kupari antaa puulle vihertävän värin. (Kestopuuteollisuus ry 2012.)



KUVIO 5. Painekyllästeen tunkeuma puuhun. (Kestopuuteollisuus ry 2012.)

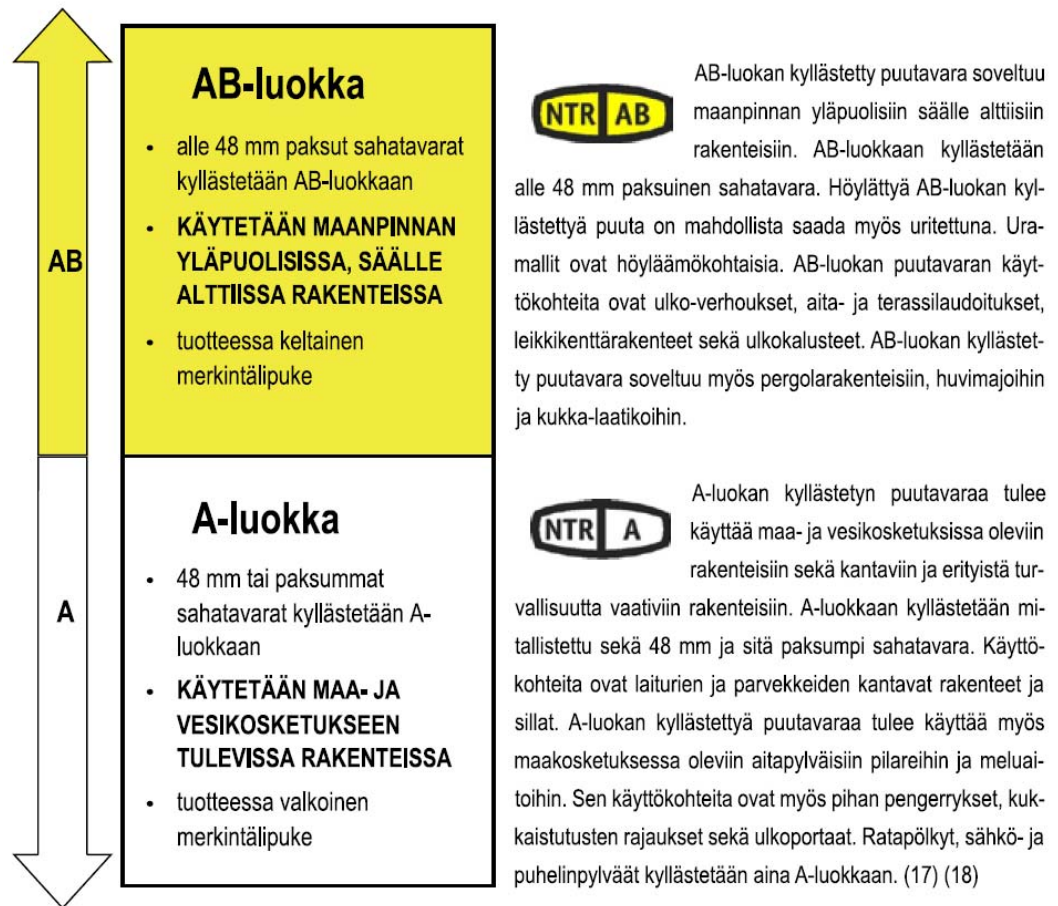
Painekyllästetyssä puussa kylläste imeytyy laholle alttiiseen pintapuuhun mutta tiiviiseen sydänpuuhun se ei pysty tunkeutumaan. Vaikka sydänpuu on kohtalaisen lahonkestävää, on se kuitenkin selvästi heikompaa kuin kyllästetty pintapuu. Kyllästetyn puutavaran kestoikä on käyttökohteesta ja kyllästysluokasta riippuen 3 - 5 kertaa pitempi kuin kyllästämättömällä puulla. Arvioitu kestoikä A- luokan painekyllästetylle puulle on maakosketuksessa vähintään 30 vuotta ja maapinnan yläpuolisissa kohteissa se kestää merkittävästi pidempään. (Kestopuuteollisuus ry 2012.)

Kyllästetyn puutavaran lujuusominaisuudet eivät poikkea vastaavan kyllästämättömän puutavaran lujuusominaisuuksista. Kylläste kiinnittyy puuhun kemiallisesti, minkä vuoksi sillä ei ole vaikutusta puun lujuusominaisuuksiin. Kyllästys ei vaikuta myöskään puun tasapainokosteuteen eikä kosteuselämiseen. (Kestopuuteollisuus ry 2012.)

Kuusen kuivatuksen yhteydessä tapahtuva solujen sulkeutuminen eli aspiraatio käytännössä estää kuusen painekyllästykseen. Lehtipuilla kyllästysprosessi taas ei hidasta lahoamista riittävästi.

Suomessa kyllästetään mäntypuutavaraa kyllästysluokkiin A ja AB. A- luokan puutavaraa voidaan käyttää maa- tai vesikosketuksessa olevissa rakenteissa sekä

kantavissa ja turvallisuutta edesauttavissa rakenteissa, jotka lahotessaan ovat erittäin vaikeasti vaihdettavissa. (Kuvio 6.) Näiden seikkojen lisäksi portin pitkä käyttöikä puoltaa A-luokan painekyllästetyn puun käyttöä.



KUVIO 6. Painekyllästetyn puun käyttösuositukset. (Kestopuuteollisuus ry 2012.)

Kyllästettyä puuta voidaan työstää tavallisilla puuntyöstömenetelmillä, mutta kovametalliterien käyttö on suositeltavaa. Koska männyn sydänpuu ei kyllästy, on erityisesti AB-luokan painekyllästetyn puun työstämistä vältettävä. Työstö pitäisi tehdä mahdollisimman pitkälle ennen kyllästämistä tai käyttää mahdollisimman vähän työstöä vaativia puutavaradimensioita. Työstö- ja katkaisupinnat tulee käsitellä siveltävällä puunsuoja-aineella. Uppokäsittely antaa tässä tapauksessa parhaan lahonsuojan. Painekyllästettyä puuta työstettäessä pitää käyttää asianmukaisia suojarusteita. Jättekappaleita ei saa polttaa, vaan ne pitää toimittaa jätteenkäsittelylaitoksiin.

Kyllästetyn puun liimaus hankalampaa, ja liimasaumasta voi tulla tavallista heikompi. Paineekyllästetyn puun liimauksessa pitää käyttää D4 -luokan säänkestäviä liimoja ja liiman pitää kestää painekyllästysprosessi. Kyllästysaineet haittaavat tehokkaan liimasauman muodostumista ennen aikaisen liiman kovettumisreaktioiden, pinnan tukkeutumisen ja heikentyneen kastettavuuden vuoksi. Pohjustusainen käytöllä voidaan parantaa liiman tarttuvuutta ja vähentää sen irtoamista. Liimattavat pinnat on aina höylättävä ennen liimausta ja yleensä on myös tarpeen käyttää 20 - 25 % pitempiä puristusajoja ja hieman korkeampia lämpötiloja. Suositeltavaa on liimata puuosat ennen painekyllästystä. Liimasaumasta tulee tällöin lujempi, ja kappaleen muodonmuutokset pienenevät. (U.S. D.A. 2007.)

Kestopuu voidaan käsitellä ulkotiloihin tarkoitetuilla maaleilla, peittäville ja kuulavilla puunsuoja-aineilla tai puuöljyllä. Pintakäsittelyaineiden pysyvyys on kuitenkin heikompa kuin kyllästämättömässä puussa. Kyllästetyn puutavaran vihreä väri saattaa jonkin verran muuttaa pintakäsittelyaineiden vaaleita sävyjä. Myös kestopuun pinta harmaantuu ja halkeilee ilman pintakäsittelyä parissa vuodessa. (Kestopuuteollisuus ry 2012.)

Kyllästetyn puutavaran kiinnityksessä tulee käyttää metalliosia, jotka kestävät kyllästysaineiden sisältämien metallisuolojen ja kosteiden käyttöolosuhteiden aiheuttamat korroosiovaikutukset. Kaikissa kantavissa ja henkilöturvallisuuden kannalta merkittävässä rakenteissa tulee käyttää ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistettuja kiinnikkeitä tai kuumasinkittyjä kiinnikkeitä, joissa sinkkikerroksen vahvuus on vähintään 90 mikrometriä. Erityisen tärkeää on, että yhteen liitetyt metalliosat ovat kaikki samaa materiaalia. Esim. sinkityt ja ruostumattomat tuotteet eivät saa joutua kosketuksiin toistensa kanssa. (Kestopuuteollisuus ry 2012)

3.1.6 Lämpökäsittely puu

Lämpöpuun kestävyys perustuu lämpökäsittelyn aikana tapahtuviin kemiallisten yhdisteiden muutoksiin ja kosteuden haihtumiseen puusta. Puun hemiselluloosa

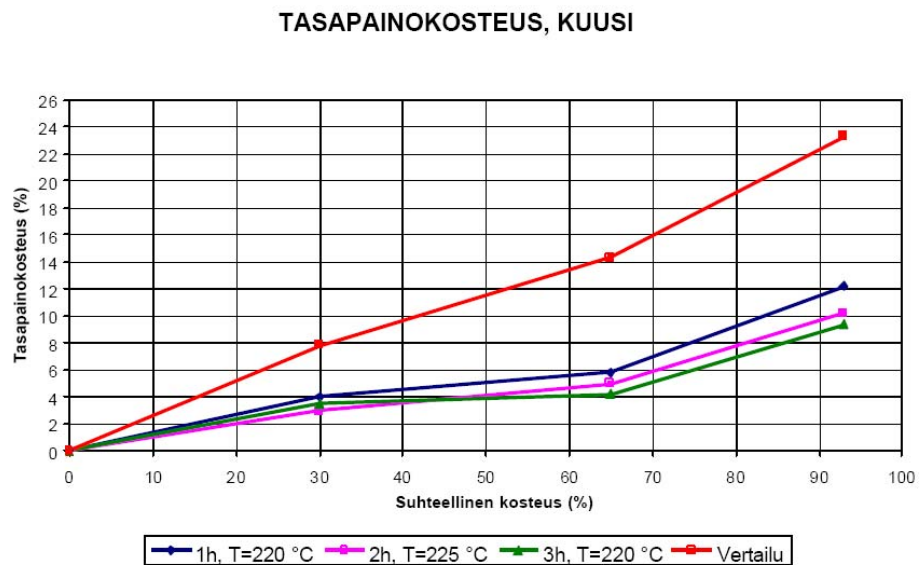
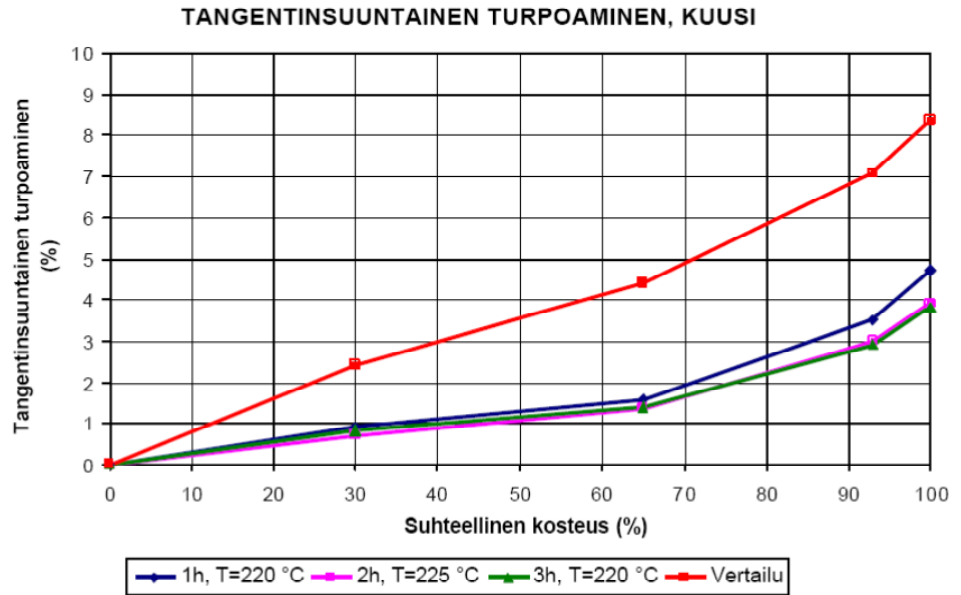
hajoaa lämpökäsittelyssä suurelta osin ja selluloosakin osittain, ligniinin kestäessä käsittelyä parhaiten. Homesienien jäädessä ilman ravintoaineita myös lahoaminen vähenee. Lämpöpuu ei lahoa maakosketuksessakaan, mutta se menettää lujusominaisuuksiaan. Tämän vuoksi sitä ei suositella käytettäväksi jatkuvassa maakosketuksessa. Hemiselluloosien hajoamisen yhteydessä myös vettä sitovien hydrokssyliryhmien pitoisuudet laskevat, jolloin puun kosteuseläminen vähenee. Lämpökäsittelyn vaikutus puun vähäisempään kosteuselämiseen on selkeästi havaittavissa lopputuotteen vähäisemmän elämisen suhteen. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004)

Lämpökäsittelyprosessissa käytetään korkeaa lämpötilaa (maksimi 215 °C) ja vesihöyryä, eikä sen yhteydessä puuhun lisätä mitään kemikaaleja. Puumateriaali lämmitetään vähintään 180 °C:n lämpötilaan useaksi tunniksi, ja samalla sitä suojataan höyryn avulla. Kokonaisuudessaan lämpökäsittely kestää noin 1,5 vrk. Höyry suojaa puuta mutta vaikuttaa myös puussa tapahtuviin kemiallisiin muutoksiin. Riittävän korkeassa lämpötilassa tapahtuvan käsittelyn avulla puusta tulee myös lahonkestävää. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

Lämpökäsittely pienentää olennaisesti veden imeytyvyyttä puuhun. (Kuvio 7.) Lämpöpuun tasapainokosteus on 30 - 50 % alhaisempi verrattuna käsittelemättömään tai kyllästettyyn puuhun. 20 °C:n asteen lämpötilassa ja 80 % ilman suhteellisessa kosteudessa lämpökäsittelyn puun tasapainokosteus on vain noin 8 %. Tavallisen puun kosteus vastaavissa olosuhteissa on noin 16 %. Tämä ero vähentää merkittävästi puun kosteuselämistä ja sen aiheuttamia haittoja. Lämpökäsitellyllä puulla sekä säteen että tangentin suuntainen turpoaminen kosteuden lisääntyessä voi olla 40 - 50 % pienempi kuin käsittelemättömällä puulla. Tasapainokosteuden alentumisen johdosta lämpökäsittelyn puun mittapysyvyys paranee oleellisesti. (Kuvio 8.) (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

Lämpökäsitelty puu kestää lahottajasieniä huomattavasti paremmin kuin käsittelemätön puu. Puun lahoamisen aiheuttavat sienet tarvitsevat kasvaakseen sopivat ympäristöolosuhteet (yli 20 %:n puun kosteuden ja 0 °C lämpötilan) sekä ravintoaineita. Lämpökäsittelyn puun kosteus maanpäällisissä rakenteissa ilman 90 %:n suhteellisessa kosteudessaakin jää reilusti alle 20 %. Puun hemiselluloosa hajoaa

lämpökäsitellyssä suurelta osin ja selluloosakin osittain. Homesienien jäädessä ilman ravintoaineita myös lahoaminen vähenee. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)



KUVIO 7. Lämpökäsitellyn puun tasapainokosteus ja kosteuseläminen verrattuna käsittelemättömään puuhun. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

Havupuut (mänty ja kuusi)

	Thermo-S	Thermo- D
Käsittelylämpötila	190 °C	212 °C
Säänkestävyys	+	++
Dimensiostabiiisuus	+	++
Taivutuslujuus	ei muutosta	-
Väriin tummuus	+	++

KUVIO 8. Lämpöpuun ominaisuudet. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004)

Lämpökäsittelyssä puun useimmat lujuusominaisuudet heikkenevät, puuosien liimattavuus vaikeutuu, kappaleisiin saattaa muodostua sisäisiä halkeamia sekä muodonmuutokset lisääntyvät. Myös puuaineen väri tummenee vaaleanruskeasta tummanruskeaan riippuen käsittelyn voimakkuudesta ja puulajista. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

Lämpökäsitellyn puun painohäviö (noin 10 %) johtuu käsittelyn yhteydessä tapahtuvasta selluloosan, hemiselluloosan ja ligniinin pilkkoutumisesta ja osittaisesta haihtumisesta. Puumateriaalin tiheydellä ja lujuudella on yleensä voimakas korrelaatio ja lämpöpuun tiheys laskee käsittelyn aikana. Vaikka lämpöpuulla on hieman matalammat lujuusarvot, pysyy sen paino/lujuus-suhde lähes muuttumattomana. Lajittelemattomalla, oksia ja muita virheitä sisältävällä lämpöpuulla taivutuslujuus saattaa kuitenkin laskea jopa 40 % verrattuna tavalliseen käsittelemättömään puuhun. Pihkan poistuttua puusta erityisesti kuusen oksankohdat irtoavat helpommin heikentäen merkittävästi puun lujuutta. Lämpökäsitellyn puun lujuus on syitä vastaan kohtisuoraan puristettaessa 30 % parempi kuin käsittelemättömän puun. Parempi puristuslujuus ja huomattavasti pienempi kosteuseläminen vähentävät kosteuselämisen aiheuttamaa pulttien uppoamista puuhun. Lämpökäsittely saattaa myös hieman lisätä pinnan kovuutta. Lämpöpuuta ei kuitenkaan suositella käytettäväksi jatkuvassa kosteassa maakosketuksessa kohteissa, joissa vaaditaan

rakenteellista lujuutta. Puutavaran huolellisella lajittelulla ja riittävällä varmuuskertoimella lämpöpuuta voidaan käyttää huoletta portteihin. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

Lämpökäsittely puu jaotellaan kahteen luokkaan käsittelylämpötilan ja lopputuotteen ominaisuuksien perusteella. Thermo-S -luokkaan käsitellyn puun keskimääräinen kosteuseläminen tangentin suunnassa on 6 - 8 % ja se kuuluu lahonkestävyydeltään luokkaan 3. Thermo-D -luokkaan käsitellyn puun keskimääräinen kosteuseläminen tangentin suunnassa on 5 - 6 %, ja se kuuluu lahonkestävyydeltään luokkaan 2. Vähäisemmän kosteuselämisen ja paremman lahonkeston vuoksi Thermo-D luokan puu soveltuu paremmin porttien rakennusmaaliksi. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

Lämpökäsitellyn puun yleinen eläminen on erittäin vähäistä, eikä siihen muodostu kuivausjännityksiä. Lujuusominaisuuksistaan johtuen se on kuitenkin alttiimpi mekaanisille vaurioille. Etenkin tapitettaessa puu murtuu helposti ja kunnollisten taustalevyjen käyttö tapituksessa on välttämätöntä. Tavanomaiset puuterät soveltuvat lämpöpuun työstöön, mutta niiden pitää ehdottomasti olla teräviä. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

Lämpökäsittely lisää puun hydrofobisuutta minkä johdosta puu on hieman heikommin liimattavissa ja maalattavissa. Käytettäessä vesiliukoisia liimoja pitää kuivumisajassa ottaa huomioon lämpöpuun heikentynyt veden imeytyminen. PU-liimoja käytettäessä suositellaan liimattavien puupintojen esikostutusta. Lämpökäsittely puu voidaan pintakäsitellä normaalin puun tapaan. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

Lämpökäsittely puu halkeilee ja katkeaa tavallista helpommin, mikä pitää ottaa huomioon kiinnikkeitä ja ruuveja valitessa. Esiporattujen reikien käyttö on suositeltavaa ja harvakierteiset ruuvit toimivat parhaiten. Ruuvipitokykyyn vaikuttaa pääasiassa puun tiheyden yleinen vaihtelu eikä niinkään itse lämpökäsittely. Alhaisemman tiheyden omaavissa materiaaleissa tulokset ovat parempia käytettäessä pienempiä esiporattuja reikiä. Vasaralla naulattaessa esiporatut reiät ovat välttä-

mättömiä. Lämpöpuu on tavallista puuta happamampaa, joten ruostumattomien kiinnikkeiden käytön on välttämätöntä. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

3.2 Vanerit

Vaneri koostuu kolmesta tai useammasta ristikkäisestä viilukerroksesta, jotka on liimattu yhteen fenoliformaldehydiliimalla (Metsäteollisuus 2006) (Puuinfo 2012).

Vanerin kosteuseläminen sekä pintaviilun syiden suuntaan että kohtisuoraan niitä vastaan on 0,015 % vanerin kosteuspitoisuuden kasvaessa prosenttiyksikön. Vastaava paksuusturpoama on keskimäärin 0,3 - 0,4 %. Tämä laskentakaava toimii vanerin kosteuden muuttuessa 10 - 27 % välillä. Valmistusmenetelmästä johtuen vanerin tasapainokosteus asettuu hieman alhaisemmaksi kuin puulla, mutta sen vaihtelu vastaa puun tasapainokosteuden vaihteluita. (Kuvio 9.) Kosteuden kasvaessa vanerin lujuus- ja kimmo-ominaisuudet heikkenevät, mutta sillä ei ole merkitystä porttien valmistuksessa. Vanerin kosteus on tehtaalta toimitettaessa tavallisesti 7-12 %. Vanerilevyt tulisi säilyttää ennen asennusta ja pintakäsittelyä riittävän pitkän aikaa käyttöä vastaavissa lämpötila- ja kosteusolosuhteissa. (Metsäteollisuus 2006.)

Moisture content (%)		
Relative humidity	Solid wood ^a	Plywood
10	2.5	1.2
20	4.5	2.8
30	6.2	4.6
40	7.7	5.8
50	9.2	7.0
60	11.0	8.4
70	13.1	11.1
80	16.0	15.3
90	20.5	19.4

KUVIO 9. Kosteusprosenttien ero vanerin ja puun välillä. (Williamson 2002.)

Vanerin lahonkestävyys on yhtä hyvä kuin puulajilla, josta se on valmistettu. Koi-vupuun lahonkestävyys ulkokäytössä on heikkoa, joten sitä ei pidä myöskään käyttää vanerina. Mäntyvanerin pintaviilut ovat yleensä sorvattua pintapuuta, jon-

ka lahonkestävyys on myös hyvin vaatimatonta. Ainoastaan tammivaneri kestää ulkokäytössä erinomaisesti, mutta sen saatavuus riittävän paksuina dimensioina on ongelmallista. Vaikka vanerit on liimattu ulkokäyttöön tarkoitettulla fenoliformaldehydiliimalla, on pinnoittamattoman ja reunasuojamattoman vanerin kosteudenkestävyys rajallinen.

Fenolifilmipinnalla pinnoitettua kosteudenkestävää vaneria on myynnissä. Filmipinnoituksen ansiosta vanerilevyt kestävät paremmin kulutusta, kosteutta, kemikaaleja, hyönteisiä ja sienikasvustoa.

Vanereissa käytetty viilu on yleensä sorvattua, mikä aiheuttaa pintaviiluun suuren halkeiluriskin. Vaneri ei näin ollen ole kestävä maalausalausta. Markkinoilla on saatavissa säänkestävällä maalausohjapaperilla pinnoitettua vaneria. Maalausohjapaperilla pinnoitetun vanerin pintaan ei synny hiushalkeamia, joita tavallisesti vähitellen muodostuu pinnoittamattomien vanerien maalipinnalle ja pintaviiluun.

Molempien levytyyppien ongelmana on että ne keräävät ajan myötä kosteutta reunojen kautta sisään mutta eivät päästä sitä pinnoitteen läpi ulos. Koivurakenteisina vanereina ne lopulta lahoavat nopeasti. Myöskään maalien pysyvyydestä ja sopivuudesta etenkin fenolipinnalle ei ole mitään takeita. Muovipinnoitteiset levyt eivät myöskään kuulu Vanhaan Raumaan.

Havupuuvanerien luokittelu:

E	virheetön laatu, vain mäntypintaisena
I	lähes virheetön laatu, vain mäntypintaisena
II	ehjäpintainen jalostelaatu
III	paikkaamaton laatu rakentamiseen
IV	paikkaamaton laatu rakentamiseen (taustapinnan laatu)

3.3 Metallit

Porteissa käytetään terästä saranoissa, katto- ja suojapelleissä, anturassa sekä kiin-

nikkeissä. Kuparia ja sen seoksia käytetään kattopelleissä ja koristenauloissa.

3.3.1 Teräkset

Teräkset ovat raudan ja hiilen yhdisteitä seostettuina usein muilla metalleilla. Teräkset jaetaan hiilipitoisuuden perusteella takorautoihin (0,01-0,035 % hiiltä), teräksiin (0,35- 2,5 % hiiltä) ja valurautoihin (yli 2,5 % hiiltä). Teräksen hiilipitoisuuden kasvaessa sen lujuus ja karkenevuus paranevat mutta samalla taottavuus, hitsattavuus ja muokattavuus heikentyvät. (VTT 2006) (Parkinson 2001.)

Parhaiten taottavia ovat varsinaiset takoraudat, jotka sisältävät hieman kromia ja vanadiinia lujitteena. Takoraudalla saadaan aikaiseksi sitkeä ja melko jäykkä rakenne ja sen ahjohitsausominaisuudet ovat erittäin hyvät. Takorautaa ei voi karkaista, sillä sen hiilipitoisuus on liian alhainen. Sitä voidaan kuitenkin lujittaa kylmätaonnalla.

Kaikkia teräslaatuja voi periaatteessa takoa mutta hiilipitoisuuden ja seostuksen kasvaessa takominen vaikeutuu. Hiilipitoisuuden ylittäessä 1,5 % teräksestä tulee käytännössä liian haurasta taottavaksi.

Aikaisemmin käytetyssä takoraudassa oli hiiltä ainoastaan 0,05 % ja epäpuhtauksina mm. lasittumia ja kuonasulkeumia. Tällainen takorauta oli ihanteellista takoa: se muokkautui helposti ja sitä voitiin takoa korkeammissa lämpötiloissa kuin nykyisiä rakenneteräksiä. Vanhan ajan takoraudalla myös ruostuminen oli hitaampaa, ja se rajoittui yleensä teräksen pintaosiin.

Seostamattomat rakenneteräkset ovat nykyään korvanneet takoraudan sen saatuusongelmien vuoksi. Rakenneteräksiä ei ole varsinaisesti tarkoitettu taottavaksi, mutta niiden hiilipitoisuus on kuitenkin tarpeeksi alhainen taontaan ja karkaisulla on vain vähän vaikutusta metallin lujuuteen. Yleisin käytetty rakenneteräslaatu on S235 / Fe 37, jossa on hiiltä vähemmän kuin 0,2 %. Rakenneterästen tärkeimmät ominaisuudet ovat hyvä lujuus, sitkeys ja hitsattavuus. (Roselli 1997.)

Ruostumattomiksi teräksiksi kutsutaan teräksiä, joiden kromipitoisuus on yli 10,5 %. Ruostumattomien terästen hyvä korroosionkestävyys perustuu niiden sisältämään kromiin, joka reagoi hapen kanssa ja muodostaa suojaavan passiivikalvon teräksen pinnalle. Suojakalvon muodostumista metallipinnalle kutsutaan passivoitumiseksi. Passiivitalassa ruostumattoman teräksen syöpymisnopeus on käytännössä nolla. Passiivikalvoon syntyvät naarmut ja muut rikkoutumat korjautuvat teräksen pinnalla itsekseen hapettavassa ympäristössä. Ulkokäyttöön tarkoitettujen ruostumattomien terästen (EN 1.4301 ja 1.4401) kromipitoisuus on noin 18 %. Nikkeliä ja molybdeeniä seostetaan teräkseen niiden erinomaisten korroosionkestävyys ominaisuuksien ja työstön helpottumisen vuoksi. (Suomen korroosioyhdistys ry. 2004.)

Austeniittisissa ruostumattomissa teräksissä yhdistyvät hyvä korroosionkestävyys, muovattavuus ja valmistusominaisuudet. (Kuvio 10.) Niiden takominen vaatii kuitenkin enemmän voimaa kuin rakenneterästen takominen. Austeniittisten terästen tärkeimmät ominaisuudet ovat erinomainen sitkeys, kohtalainen lujuus ja hyvä hitsattavuus. Ne myös lujittuvat kylmämuokkauksessa voimakkaasti. Ruostumattomasta teräksestä taotut naulat saattavat murtua kotkatessa.

Vähemmän vaativissa ulko-olosuhteissa voidaan käyttää peruslaadun ruostumattomaa terästä EN 1.4301. Vaativissa ulko-olosuhteissa pitää käyttää molybdeenillä seostettua ns. haponkestävää terästä EN 1.4401. (Yli-Koski 2005.)

Kiinnikkeissä käytetyt ruostumattomat teräkset luokitellaan luokkiin A2 (1.4301) ja haponkestäviin teräksiin A4 (1.4401)

EN 10088-2: mukaisten terästen kemiallinen koostumus

	Teräslaji	Seososien pitoisuus painoprosenttina (suurin arvo ja sallittu alue)				
		C	Cr	Ni	Mo	Muut
Austeniittiset teräkset	1.4301	0,07	17,0 – 19,5	8,0 – 10,5		
	1.4307	0,03	17,5 – 19,5	8,0 – 10,0		
	1.4318	0,03	16,5 – 18,5	6,0 – 8,0		N: 0,10 – 0,20
	1.4401	0,07	16,5 – 18,5	10,0 – 13,0	2,0 – 2,5	
	1.4404	0,03	16,5 – 18,5	10,0 – 13,0	2,0 – 2,5	
	1.4541	0,08	17,0 – 19,0	9,0 – 12,0		Ti: 5xC – 0,7 ⁽¹⁾
	1.4571	0,08	16,5 – 18,5	10,5 – 13,5	2,0 – 2,5	Ti: 5xC – 0,7 ⁽¹⁾

KUVIO 10. Austeniittisten terästen kemiallinen koostumus. (Yli-Koski 2005)

3.3.2 Kupari

Kupari on pehmeä ja helposti muokattava metalli, joka erinomaisen korroosionkestonsa vuoksi soveltuu käytettäväksi sellaisenaan ilman pintakäsittelyjä. Kuparin pintaan syntyy sään vaikutuksesta suojaava passiivikerros, ja esim. kuparikatto voikin kestää satoja vuosia käsittelemättä. Katoissa käytetyt peltipaksuudet ovat 0,6-0,8 mm. (Suomen korroosioyhdistys ry. 2004.)

Liitettäessä kuparia yhteen muiden metallien kuin ruostumattomien terästen kanssa, on ne eristettävä toisistaan esim. EPDM-tiivisteellä. Maalikerros toimii myös eristeenä, niin kauan kun se säilyy ehjänä. Kuparipellit tulee kiinnittää puuhun kupari- tai messinki- tai A4- luokan ruostumattomilla nauloilla. Suojaamattomana kuparin pinta patinoituu yleensä tumman vihreäksi.

Messinki on kuparin ja sinkin seos, jossa kuparia on vähintään 50 %. Sinkin pitoisuuden ylittäessä 37 % seoksesta tulee hauraampaa ja helpommin syöpyvää.

3.3.3 Pellit

Aikoinaan pellitykset tehtiin ns. mustasta pellistä ja pintakäsiteltiin tervaamalla tai öljymaalilla. Nykyisin yleisimmin käytetyt katemateriaalit ovat sinkitty teräspelti tai kuparilevy. Muovipinnoitettu pelti ei kuulu Vanhaan Raumaan. (Museoviraston korjauskortisto.)

Kuumasinkitty 0,5 tai 0,6 mm:n pelti kestää käsittelemättä kaupunkiolosuhteissa yli 40 vuotta. Maalauksella sen käyttöikä pitenee merkittävästi. Mikäli galvanointi kuluu puhki tai vaurioituu alkaa pelti ruostumaan. Pahimmassa vaarassa ovat kohdat, joissa vesi pääsee seisomaan. Tällaisia kohtia ovat taitokset, ruuvin reiät, liitokset jne. (Mustikkamaa 2010.)

Maalipinnoitettuja teräslevyjä voidaan myös käyttää katemateriaalina. Niiden värihalikoima on rajoitettu ja portin väreihin sopivaa peltiä tuskin löytyy. Maalipinta myös vaurioituvat helposti työstön aikana, ja se pitää korjata tarkoitukseen valmistetulla maalilla. (Mustikkamaa 2010.)

Kupari on pehmeä ja helposti muokattava metalli, joka soveltuu käytettäväksi sellaisenaan ilman pintakäsittelyjä. Kuparikatto voi kestää satoja vuosia käsittelemättä. Kuparin pintaan syntyvä suojaava oksidikerros patinoituu ajan myötä vihreäksi. (Mustikkamaa 2010.)

Pellityksen kiinnikkeiden korroosionkestävyyden tulee olla samaa luokkaa kuin itse pellityksen tai ne on erotettava toisistaan kumitiivisteellä. Maalikerros toimii eristeenä niin kauan, kun se säilyy ehjänä. (Mustikkamaa 2010.)

3.4 Liimat

Porteissa käytettävien liimojen pitää muodostaa riittävän luja sidos liimattavien kappaleiden välille, siirtää rakenteellisia kuormituksia niiden välillä sekä kestää hyvin pitkään vaativissa ulko-olosuhteissa. Muodostuvan liimasauman pitää olla vähintään yhtä luja kuin liimattavan puun lujuus ja sen pitää kestää puun toistuvaa

kosteuselämistä heikkenemättä. Liima ei saa myöskään vanhetessaan heikentyä, ja sen pitää pystyä vastustamaan pitkäaikaista staattista kuormitusta ilman muodonmuutoksia. (U.S.D.A. 2007.)

Fysikaalisesti kovettuvissa liimoissa kovettuminen tapahtuu liuottimen haihtuessa saumasta. Fysikaalisesti kovettuvia liimoja ovat mm. PVAC-liimat. Kemiallisesti kovettuviin liimoihin on lisättävä kovete ja ne kovettuvat kemiallisena reaktiona. Ne muodostavat kovettuessaan kemiallisia sidoksia ja kestävät huomattavasti paremmin kosteutta, kemikaaleja ja staattista kuormitusta kuin fysikaalisesti kovettuvat liimat. Kemiallisesti kovettuvia liimoja on mm. RF-, PRF-, MUF-, EPI- ja PUR-liimat. (U.S.D.A. 2007.)

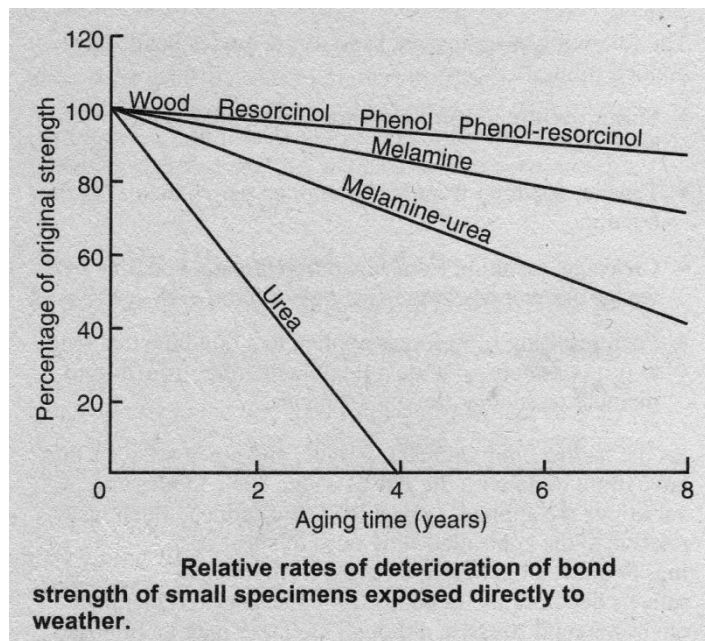
Säänkestävien liimojen on oltava kaikissa olosuhteissa puuainesta kestävämpää. Liimasauman on kestettävä muuttumattomana sääolosuhteita, keittämistä ja erilaisia mikro-organismeja. Nämä vaatimukset täyttävät parhaiten RF- ja PRF-liimat. Kosteudenkestäviä liimoja ovat MUF-, EPI, PUR-liimat sekä PVAC-liimat koveteella ristosilloitettuna. Kosteudenkestävät liimat soveltuvat ulkokäyttöön sateelta suojatuissa tiloissa. Näistä liimatyypeistä on olemassa myös säänkestäviä versioita mutta niiden ominaisuudet eivät yllä RF/PRF-liimojen tasolle. (U.S.D.A. 2007.)

Puun toistuva kosteuseläminen heikentää liitosten liimasaumoja ja aiheuttaa muodonmuutoksia liimattuihin puuosiin. Puun kosteuden on oltava lähellä lopullisia käyttöolosuhteita sekä sopiva käytettävälle liimalle, jotta kosteuselämisen aiheuttamilta vaurioilta ja liimasaumojen aukeamisilta vältyttäisiin. Useimmat liimatyyppit vaativat alhaisen puunkosteuden (6 -12 %) muodostaakseen lujan liimasauman. Portit pitää kuitenkin valmistaa ulkokuivasta puusta (kesällä 12 – 14 %, muulloin 15 – 18 %), jotta kosteuselämisen aiheuttamat muodonmuutokset saadaan minimoitua. (U.S.D.A. 2007.)

Tiheäsyisen puun ollessa liian kosteaa liima-aine ei pysty tunkeutumaan siihen kunnolla vaan puristuu ulos liimapinnoista. Toisaalta harvasyiseen kosteaan puuhun liima saattaa imeytyä liikaakin, jolloin saumaan ei jää riittävästi ainetta muodostamaan lujaa liimasaumaa. Liimojen imeytymisongelmia voidaan kompensoida käyttämällä jäykempää liimaa, alhaisempaa puristuspainetta ja -lämpötilaa sekä

pidentämällä puristusaikaa. Toisiinsa liimattavien puuosien kosteusprosenttien pitää olla suurin piirtein sama.

Yleisimmillä liimatyypeillä liimasaumojen lujuusarvot pysyvät muuttumattomina normaaleissa lämpötiloissa alle 15 % puun kosteuksissa. Liimasaumat kuitenkin heikentyvät ajan kuluessa. (Kuvio 11.) Käyttöolosuhteet ja liiman vanhenemisen-kesto-ominaisuudet määräävät liimasauman kestävyuden. Pitkäaikainen altistuminen kosteudelle, kemikaaleille ja mikro-organismeille heikentävät kaikkien liimatyypin lujuutta. Huoneenlämpötilassa tehty happokovettimella nopeutettu liimaus edesauttaa haurastumista samoin kuin liian paksu liimasauma. Jotta liima saavuttaisi täyden lujuutensa, on se liimattava 24 h sisällä höyläyksestä. Liitoksia liimatessa sauman pitää antaa kovettua kunnolla ennen jatkokäsittelyä.



KUVIO 11. Eri liimatyyppien vanheneminen. (U.S.D.A. 2007.)

Puun tiheys vaikuttaa liimautuvuuteen; tiheäsyinen tammi on vaikeammin liimattavissa kuin harvasyinen mänty. Liima ei tunkeudu kunnolla tiheään puuhun ja liimaus vaatii suuremman puristuspaineen. Myös suuret uuteainepitoisuudet vaikeuttavat liimausta.

Painekyllästetyn puun liimaukseen sopivat parhaiten säänkestävät fenoliresorsinoliimit. Lujan liimasauman muodostamiseksi puut on liimattava ennen kylästystä tai käytettävä HMR (hydrometylaatti-resorsinoli)-primerilla ennen liimausta. (U.S.D.A. 2007.)

RF-, PRF-, MUF-, PUR- ja EPI-liimat toimivat kaikki hyvin lämpökäsitellyssä puussa. Liimasauma on lujempi alhaisemmassa lämpötilassa käsitellyllä puulla. Käytettäessä PVAC-liimaa pitää liiman vesipitoisuus minimoida, koska liiman ja veden imeytyminen lämpökäsitelyyn puuhun on normaalia hitaampaa. Kemiallisesti kovettuvat liimat kuivuvat normaalissa ajassa. PUR-liiman kovettumisreaktio tarvitsee kuitenkin lisäkosteutta joko puusta tai ympäröivästä ilmasta. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

3.4.1 RF/PRF- liimat

Resorsinolifenoli ja fenoliresorsinolifenoli ovat 2-komponenttiliimoja, joista PRF kovettuu huoneenlämmössä ja RF yli 20 °C lämpötilassa. Niiden tumman ruskeanpunaisesta liimasaumasta tulee luja ja täysin säänkestävä. Se kestää erittäin hyvin sekä toistuvaa puun kosteuselämistä että jatkuvaa altistumista kosteudelle. Liima on sekä lujuudeltaan että kemialliselta kestävyydeltään ikääntymistä vastaan puuta parempi. Ensisijainen liima kosteiden tilojen ja säälle alttiiden kohteiden liimaukseen. (U.S.D.A. 2007.)

3.4.2 MUF -liima

Melamiiniureaformaldehydi on 2-komponenttiliima, joka vaatii kovettuaakseen yli 20 °C:n lämpötilan. Puun värisestä liimasaumasta tulee luja ja säänkestävä. Se ei kuitenkaan ole yhtä kestävä ulko-olosuhteissa kuin fenoliliimat ja liimasaumat ovat heikompia kuin liimattava puuainees. Se on ensisijainen liima puun ja vanerin liimaukseen. (U.S.D.A. 2007.)

3.4.3 EPI-liima

Emulsiopolymeeri-isosyanaatti on 2-komponenttiliima, joka kovettuu huoneenlämpötilassa. Liima vaatii korkean puristuspaineen ja puun värisestä liimasaumasta tulee luja ja täysin säänkestävä. Se kestää erittäin hyvin sekä toistuvaa puun kosteuselämistä että jatkuvaa altistumista kosteudelle. Emulsiopolymeeri-isosyanaattilla voidaan liimata myös metalleja puuhun. (U.S.D.A. 2007.)

3.4.4 PUR-liima

Polyuretaaniliimoja on sekä 1- että 2- komponenttisia ja ne kovettuvat kosteuden vaikutuksesta huoneenlämmössä. Liima vaatii korkean puristuspaineen. Puun värisestä liimasaumasta tulee luja ja säänkestävä. PUR- liimat eivät kuitenkaan kestä pitkäaikaista altistumista kosteudelle eivätkä pysty vastustamaan pitkäaikaista staattista kuormitusta ilman muodonmuutoksia. Etenkin 1-k liimat ovat paksuilla saumoilla herkkiä staattiselle kuormalle. PUR reagoi puun pinnan ja ilmankosteuden kanssa, joten liiman kuivumista saadaan nopeutettua puuta kostuttamalla. Liima muodostavat hiilidioksia reagoidessaan veden kanssa ja turpoaa täyttäen samalla puun koloja. Polyuretaanilla voidaan liimata myös metalleja puuhun. (U.S.D.A. 2007.)

3.4.5 PVAC-liima

Polyvinyliasetaatti on huoneenlämmössä fysikaalisesti kovettava liima. Puun värinen liimasauma on kuivana luja mutta pehmenee kostuessaan. PVac (D4) ei kestä pitkäaikaista altistumista kosteudelle edes kovettimella ristiin silloitettuna, eikä se pysty vastustamaan pitkäaikaista staattista kuormitusta ilman muodonmuutoksia. (U.S.D.A. 2007.)

3.5 Pintakäsittely

Ulkomaalauksessa puun kosteuseläminen on aina otettava huomioon ja käytettävä pintakäsittely valittava sen perusteella. Puumateriaali pyrkii aina kohti tasapainokosteuttaan, joka riippuu ympäröivän ilman suhteellisesta kosteudesta ja lämpötilasta. Maalin pitää rikkoutumatta mukautua puun kosteuselämiseen. Kosteuden imeytymistä puuhun voidaan hidastaa pintakäsittelyllä, mutta sitä ei pystytä kokonaan estämään. Sopivan tiivis maali estää sadeveden tunkeutumisen puuhun samalla hidastaen kosteuden kulkeutumista lävitseen. Sen pitää pystyä estämään nopeat pinnan kosteuden ja lämpötilan vaihtelut, jotka aiheuttavat puun halkeamisia. Pintakäsittelyn tulee myös suojata puun pintaa fyysikaaliselta kulumiselta, auringon valolta sekä antaa portille ulkonäköä. (Jansson 1990.)

Ennen vanhaan maaleja käytettiin pelkästään puupinnan ulkonäön parantamiseen. Tiheäsyinen sydänpuu ei sinänsä tarvitse suojaavaa maalipintaa, sillä sen kulumisen ulko-olosuhteissa on vain muutamia millimetrejä vuosisadassa. Puu kestää rakenteellisesti pitkään ilman pintakäsittelyä mutta ulkonäkötekijöihin, kuten puun harmaantumiseen, sillä on huomattava vaikutus. Auringon valossa käsittelemätön puu harmaantuu nopeasti ja veden imeytyminen puuhun lisääntyy. Ultravioletisäteily aiheuttaa puun fotokemiallisen hajoamisen mikä ilmenee kiillon ja värin muuttumisena sekä pinnan halkeiluna ja karhentumisena. Tuulen ja sateen eroosio kuluttavat mekaanisesti puun pintaa, ja halkeamista sisään tunkeutuva vesi alkaa lahottaa sitä. Auringon UV-valo ja kosteus ovatkin merkittävimpiä pintakäsittelyä rasittavia tekijöitä. Pintakäsittelyaineiden käytöllä voidaan pintaa suojata fyysikaaliselta kulumiselta ja hidastaa kosteuden imeytymistä puuhun. Pitkällä aikavälillä puun tasapainokosteus muodostuu kuitenkin samaksi riippumatta pintakäsittelymenetelmästä tai sen puutteesta. Lämpäsemättömän kalvon muodostava maali ei sovellu minkään ulkokäytössä olevan puun pinnoittamiseen, koska se ei päästä puuhun tunkeutunutta kosteutta poistumaan ja aiheuttaa lopulta puun lahoamisen. (Koskela 2003.)

Porteissa käytettävän maalin tärkein ominaisuus on sen hengittävyys, eli kyky sitoa ja haihduttaa vettä. Tämä sekoitetaan usein maalipinnan höyrynläpäisevyyteen. Kaikki maalityypit läpäisevät jossain määrin vesihöyryä mutta hengittämät-

tömät maalit eivät päästä puuhun imeytynyttä kosteutta poistumaan maalipinnan läpi. Hengittämätön maalipinta ei pysty imemään vettä puusta sisäänsä ja haihduttamaan sitä ulkopinnastaan. Lisäksi maalipinnan kuluessa siihen syntyy pieniä reikiä, joista sadevesi imeytyy tehokkaasti kapillaarivoimien johdosta sisäänsä mutta pääsee haihtumaan hyvin paljon hitaammin. Kosteus kasaantuu maalikalvon taakse ja lopulta jäätyessään irrottaa sen puun pinnasta. Hengittämättömällä maalilla maalattu puu siis kostuu, kunnes se on niin märkää, että alkaa lopulta lahota. (Koskela 2003.)

Aiemmin teollisuusvalmisteisten maalien ongelmana oli sekä joustamaton pohjamaalikerros että kosteutta läpäisemättömän kalvon muodostava pintamaali. Puun kosteuseläminen aiheuttaa aina maaliin jännitystä, joka rikkoo helposti joustamattoman maalipinnan, päästäen kosteuden vapaasti tunkeutumaan puuhun. Koska puu hygroskooppisena materiaalina imee kosteutta suoraan ilmasta, pääsee kosteus tunkeutumaan haljenneesta maalipinnasta sisään tasaantuen koko puuhun. Mikäli käytetty maalipinta on hengittämätön, se ei päästä kosteutta ulos vaan se alkaa kerääntyä puuhun. Nykyiset teolliset pohjamaalit ovat joustavia ja kykenevät mukautumaan puun kosteuselämiseen halkeilematta mutta puumateriaalin halkeamille niiden joustavuus ei riitä. Lisäksi pintamaalin rakenne teollisissa maaleissa on edelleen hengittämätön ja niistä tulee viimeistään uusintamaalauksen yhteydessä liian tiiviitä. Pensselimaalauksessa niiden maalikerroksesta tulee helposti myös liian paksu. Paksu maalikerros ei hengitä kunnolla, joten se suojaa ohutta kerrosta huonommin ja saattaa jopa kuoriutua irti puun pinnasta. Uusintamaalauksen yhteydessä näillä maaleilla pitää vanha pinta aina kaapia pois, jotta riittävä höyryn läpäisevyys säilyy. Puutteistaan huolimatta teolliset maalit toimivat moitteetta ulkoikkunoissa ja -ovissa, joiden rakenteisiin vesi ei pääse suoraan tiivistymään. Parhaimmillaan ne ovat ruiskumaalattuina, jolloin niiden kalvo on riittävän ohut.

Perinteiset öljymaalit kulumat vanhetessaan ja liituuntuessaan ne voidaan uusintamaalauksen yhteydessä poistaa teräsharjaamalla tai kevyesti hiomalla. Muovipohjaiset maalit saattavat vanhetessaan paikoitellen repeillä irti mutta ne voivat toisaalla olla hyvinkin tiukasti kiinni puupinnassa. Niiden poistaminen on erittäin työlästä mutta välttämätöntä, jotta uusintamaalaus onnistuisi. Poistaminen on tehtävä mekaanisesti kaapimalla. Vanhaa maalipintaa voidaan pehmittää infra-

punalämmitimellä tai kemiallisilla maalinpoistoaineilla. Mikäli vanhaa maalia ei poisteta, tulee maalikerroksesta liian paksu ja täysin hengittämätön. Maalin pinta kestää kyllä pitkään mutta valmiiksi kostea puu lahoaa paksun maalikerroksen alla nopeasti. (Koskela 2003.)

Toinen merkittävä ero pellavaöljymaalilla ja teollisilla maaleilla on niiden kuivumisprosessi. Pellavaöljymaali kuivuu hapettumalla, jolloin sen tilavuus kasvaa 15 %. Laajetessaan se täyttää puun koloja ja tarttuu kunnolla kiinni alustaansa. Teolliset maalit kuivuvat haihduttamalla vettä tai liuotinta, jolloin ne kutistuvat ja samalla niiden tartunta alustaan heikkenee. (Koskela 2003.)

Pohjamaalin pitää tarttua kunnolla alustaansa täyttäen samalla sen koloja ja muodostaen toiminnallinen kokonaisuus puupinnan kanssa. Kittaus tehdään yleensä pohjamaalin päälle, ja niiden molempien hiottavuudesta on etua. Välimaalaus tehdään tarvittaessa pintamaalilla, ja sen tavoitteena on täyttää pinnan huokosia ja parantaa maalipinnan peittävyyttä. Pintamaali antaa pinnalle halutun värin ja suoja puuta sekä alempia maalikerroksia ympäristön rasituksilta. (Isomäki 2011.)

Valitusta pintakäsittelymenetelmästä riippumatta käsiteltävän puun tulee olla riittävän kuivaa (alle 18 %), ja puun pinta on puhdistettava epäpuhtauksista. Maalaus on hyvä suorittaa mahdollisimman nopeasti työstön jälkeen, jotta maalin tarttuvuus puuhun pysyisi mahdollisimman hyvänä. Pinnan lievä karhennus hiekkapaperilla parantaa tarttuvuutta. Pintakäsittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota katkaisupintojen käsittelyyn, koska puu imee kosteutta eniten kappaleen päistä pituussuunnassa. Ihanteellinen sää maalaukseen on pilvipoutainen kesäsää. (Aho-nen 2008.)

Paine- ja lämpökäsitellyt puut voidaan pintakäsitellä normaalin puun tapaan. Kyllästeen vihreä väri saattaa jonkin verran muuttaa pintakäsittelyaineiden vaaleita sävyjä. (Kestopuuteollisuus ry 2012.) Lämpökäsitellyn puun tasapainokosteuden aleneminen parantaa sen muotopysyvyyttä vähentäen pinnoitteen halkeilua ja lohkeilua. Lämpökäsitellyssä puussa vesi imeytyy eniten puun katkaisupintojen kautta kuten normaaliinkin puuhun. Siksi suositellaan, että lämpökäsitellyn puun katkaisupinnat suojataan useaan kertaan puuöljyllä tai puunsuoja-aineella, jotta estettäi-

siin veden imeytyminen. Pintakäsittelyaineen imeytyminen lämpökäsiteltyyn puuhun on hitaampaa, ja läpäisevyyden vaihtelu eri puun osissa on suurempaa kuin käsittelemättömän puun. (Lämpöpuuyhdistys ry 2004.)

3.5.1.1 Pellavaöljymaalit

Pellavaöljymaali on uutena hengittämätön mutta muuttuu vanhetessaan ensin vesihöyryä läpäiseviksi ja myöhemmin hengittäväksi. Pellavaöljymaali kuivuu hapettumalla, jolloin sen tilavuus kasvaa noin 15 – 20 %. Laajentuessaan se tunkeutuu tehokkaasti puun soluihin ja tarttuu niihin tiukasti kiinni. Maalin sideaineen koko on hyvin pieni n. 0,00001 mm ja puun huokosten koko on 0,03 mm, joten tunkeutuvuus on erinomainen. Hapettuminen jatkuu maalin kuivuttuakin ja haihtuvat hapettumistuotteet haurastuttavat sideainetta. Maali muuttuu vähitellen tiivistä kalvosta huokoiseksi suojakerrokseksi, joka läpäisee sekä vesihöyryä että vettä. Pellavaöljymaali kuivuu hitaasti, jopa 4-7 vrk mutta mitä pitempää se kuivuu, sen kestävämpää siitä tulee. Pellavaöljymaalilla maalikerrokset ovat aina ohuita, koska paksu kerros rypistyy. Maalin uutena kiiltävä pinta muuttuu vanhetessaan himmeäksi ja alkaa liituuntua. Pellavaöljymaalilla ei pidä maalata voimakkaassa auringonpaisteessa, eikä sillä pidä maalata puuta jonka kosteus ylittää 14 %. (Koskela 2003.)

Pellavaöljyn puuta suojaava vaikutus perustuu sekä puun pinnan fyysiseen suojaukseen että solujen kyllästymiseen. Puun soluseinämät pystyvät imemään maalista pellavaöljyä, jolloin niihin mahtuu vähemmän vettä. Liuottimien käyttö ei paranna pellavaöljymaalin imeytymistä mutta helpottaa sen leviämistä ja nopeuttavat kuivumista. Samalla se kuitenkin tekee maalipinnasta himmeän ja heikentää maalin kestävyyttä. Ulkomaalauksessa liuottimien käyttöä pitää välttää. (Kaila 2003.)

Valmistajasta riippuen pohjamaaliksi suositellaan joko sinkkivalkeispohjamaalia, valmistajan omaa homeenestoaainetta tai maalin ohentamista 50 % vernissalla. Kittaukseen käytetään pellavaöljykittiä, joka pysyy puussa hyvin sen kosteuselämisestä huolimatta. Kittaus pitää tehdä pohjamaalauksen päälle, muuten öljy imeytyy puuhun ja kitti irtoaa kuivuttuaan puun pinnasta. (Koskela 2003.)

Pellavaöljyä ei suositella maalattavaksi tuoreelle höyläpinnalle. Puun pinnan pitäisi antaa ensin vanhentua, jotta pinnalle levinneet hartsit ja öljyt ehtivät haihtua pois. Mikäli halutaan maalata uudelle höyläpinnalle, tulee pinta ensin karhentaa hiomalla. (Koskela 2003) Paineekyllästetyssä puussa pellavaöljyväli ei anna pysyvää lopputulosta. (Järvinen 1999.)

3.5.2 Terva ja tervamaalit

Terva ei vastoin yleistä käsitystä suojaa puuta lahoamiselta vaan se muodostaa puun pinnalle vettä hylkivän ja valolta suojaavan tervakalvon. Osa siveltävästä tervasta imeytyy puuhun täyttäen sen soluonteloita. Tervaa pitää sivellä riittävän paksu kerros, jotta se suojaisi puuta kunnolla ja usein käsittely joudutaan uusimaan. Käytettävän tervan pitää ehdottomasti olla aitoa hautatervaa, joka takertuu sitkeästi alustaansa. Hautaterva ei koskaan kuivu täydellisesti vaan lämmitessään se pehmenee uudelleen ja täyttää puun pienet halkeamat ja raot. (Rakennusperinteen ystävät ry. 2003.)

Tervaa voidaan sivellä sellaisenaan tai vernissalla sekoitettuna ns. Roslagin mahonkina tai tervamaalina. Roslagin mahongilla saadaan läpikuultava pinta, tervamaalia taas voidaan sävyttää eri pigmentein. Kuumennettu terva (60 °C) sivellään puuhun aurinkoisella ja lämpimällä kelillä. Syyskesällä suoritettu tervaus kuivuu vasta seuraavana keväänä. (Koskela 2003.)

3.5.3 Metalliosien pintakäsittely

Metallin maalauksessa ei ole puun kosteuselämisen kaltaisia ongelmia ja maali-pinnasta saadaankin huomattavasti puun maalipintaa kestävämpi. Metallipinnat vaativat kuitenkin huolellisen esikäsittelyn, jotta maali pysyy siinä kiinni. Metallipintojen maalausvaurioista 50–70 % johtuu huonosta esikäsittelystä.

Rasva ja lika poistetaan ennen maalausta maalattavilta pinnoilta joko orgaanisilla liuottimilla, höyrypuhdistuksella, alkalisella pesulla tai emulsiopesulla. Ruosteenpoistossa teräspinnat puhdistetaan ruosteesta, valssihilseestä, vanhoista maalikerroksista ja muista esipuhdistuksen jälkeen pinnalle jääneistä kiinteistä epäpuhtauksista. Ruosteenpoiston menetelmiä ovat mekaaninen teräsharjaus, suihkupuhdistus sekä termiset ja kemialliset menetelmät. Suihkupuhdistus on tehokkain menetelmä valssihilseen ja ruosteen poistamiseen teräksen pinnalta. Suihkupuhdistusta käytetään myös kuumasinkityn teräksen, alumiinin sekä vanhan maalipinnan puhdistukseen ja karhennukseen. Tällöin puhallus pitää tehdä ei-metallisilla materiaaleilla ja pienellä paineella, jotta pinta tai pinnoite ei vaurioituisi. Pohjamaalaus on tehtävä välittömästi esikäsitteilyn jälkeen. (Ahonen 2008.)

Pohjamaalin pitää tarttua hyvin alustaansa ja suojata metallia korroosiolta korroosionestoaineilla, suurella sähkönvastuksella ja väripigmenteillä. Välimaalilla lisätään maalipinnan paksuutta ja parantavat pohjamaalin ja pintamaalin tarttuvuutta. Pintamaali vähentää hapen, veden ja kemikaalien pääsyä väli- ja pohjamaalikerrokseen estäen samalla korroosiota. Pintamaali antaa maalattavalle kappaleelle ulkonäön ja sen kiiltoasteelle, värisävylle ja kestävyydelle asetetaan suuret vaatimukset. (Ahonen 2008.)

Rakennusmaalauksissa käytetyt metallimaalit ovat enimmäkseen alkydipohjaisia. Teollisessa maalauksessa käytetään alkydien lisäksi kloorikautsu-, vinyyli-, epoksi- ja PUR-maaleja. Näistä vinyyli- ja PUR- maalit antavat parhaan suojan teollisuusilmastoa vastaan. (Kuvio 12.) Metalliosat voidaan myös maalata samalla pel-lavaöljymaalilla kuin muukin portti. Maalin laadun lisäksi korroosionkestävyyteen vaikuttavat maalikerrosten lukumäärä sekä kalvon paksuus. (Ahonen 2008.) Teollisten maalien käyttöä porttien metalliosissa rajoittaa vähäinen maalin tarve sekä Vanhassa Raumassa suositeltavan pensselimaalauksen käyttö. Himmeä tai satiini kiilto sopivat hyvin takoraudan pintaan, mutta täysin kiiltävää pintaa pitää ehdottomasti välttää.

MAALITYYPPI	Öljymaalit	Alkydimaalit	Kloorikautsumaalit	Vinyylimaalit	Epoksimaalit	Polyuretaanimaalit	Sinkkisiikaattimaalit
Ominaisuus							
Maalin käsittelyominaisuudet	●	●	○	○	□	□	□
Maalin maalattavuus	●	○	○	○	○	○	○
Kuivuminen kylmässä	●	●	●	●	□	○	●
Mekaaninen kestävyys kuljetuksen ja asennusten aikana	○	○	□	□	●	●	●
Paikkausmahdollisuudet	○	○	●	●	□	□	□
Vaikkeitten rasitus- ja maalausolosuhteiden sietokyky	□	□	○	□	●	□	□
Yksinkertainen ja pysyvä paksukalvorakenne	□	○	○	○	●	□	□
Puhtaan ilmaston kestävyys	□	●	□	○	□	●	●
Teollisuusilmaston kestävyys	□	□	○	●	○	●	□
Soveltuvuus vedenalaisiin rakenteisiin	■	□	●	○	●	○	□
Voiteluöljyn kestävyys	■	●	□	□	●	●	●
Liuotteen kestävyys	■	■	■	■	○	○	●
Happamien kemikaaliliuosten kestävyys	■	■	●	●	○	●	■
Alkalinkestävyys	■	■	○	○	●	○	■
Dekontaminoitavuus säteilyn jälkeen	■	■	□	□	●	●	□

KUVIO 12. Maalityyppien toiminnalliset ominaisuudet (Ahonen 2008.)

Kuumasinkitty pinta on hyvä maalausala; maalipinnan voittuessa alla olevan sinkin korroosiotuotteet täyttävät halkeamat. Sinkin korroosiotuotteet eivät myöskään ruosteen tavoin irrota maalia metallin pinnasta. Sinkki antaa teräkselle pitkän ja luotettavan korroosiosuojan, ja maali suojaa sinkkiä ympäristön rasituksilta. (Suomen korroosioyhdistys ry. 2004.)

Sinkityn pinnan puhdistuksella on ratkaiseva merkitys maalikalvon kiinni pysymiselle. Kuumasinkityn teräksen pinnalla on aina sinkin korroosiotuotteita ja muita ympäristöstä tulleita epäpuhtauksia. Kappaletavaroille varmin puhdistustapa on hiekkapesu. Suihkupuhdistuksessa sinkki voi irrota alustastaan, jos puhalluspaine on liian korkea, raekoko on liian suuri tai käytetään väärää työtapaa. Maalaus on

suoritettava välittömästi hiekkapesun jälkeen. (Suomen kuumasinkitsijät ry. 2007.)

Peltikatot suojataan maalaamalla ne peltikattomaalilla. Kattopelti pitää pestä ennen maalausta ammoniakkipohjaisella peltipesuaineella, joka poistaa sinkkisuolat, rasvan, lian ja muut epäpuhtaudet. Suojavahan voi myös antaa kulua pois mutta tähän voi mennä useampi vuosi. Pesun jälkeen pinta huuhdellaan hyvin, pohjamaalataan ruosteenestopohjamaalilla ja pintamaalataan peltikattomaalilla. (Musiikkamaa 2010.)

4 SARANAT JA PAINIKKEET

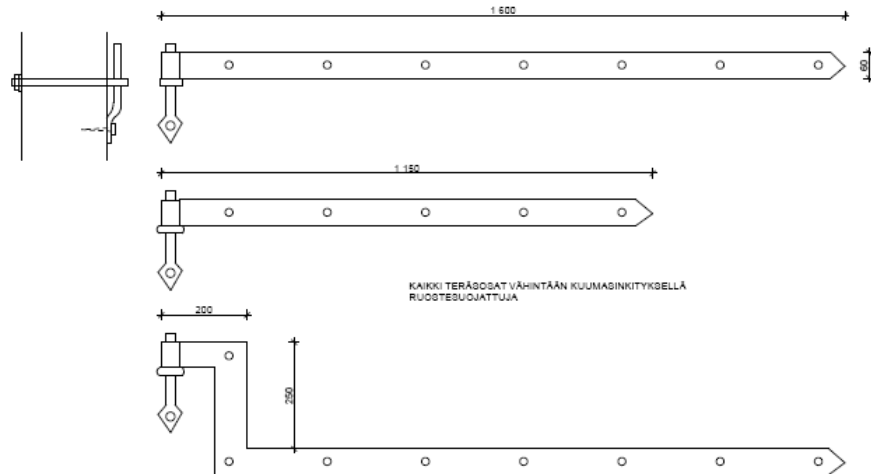
Portteihin kuuluvat perinteisesti pitkät ja kapeat takorautautaiset saranat. Saranoiden ensisijainen tehtävä on toimia portin avausmekanismina. Niillä pyritään myös estämään portin ovien muodonmuutokset, jotka johtuvat puuliitosten löystymisestä sekä puun elastisuudesta ja virumisesta. Saranoilla saadaan myös hieman rajoitettua puun kosteuselämistä. Saranoiden sitomana puu tyssäntyy turvotessaan ja samalla sen kosteuseläminen pienenee.

Saranat pitääkin suunnitella huolellisesti ottaen huomioon sekä rakenteelliset että ulkonäölliset vaatimukset. Tarvittaessa saranan muotoa on muutettava alkuperäisestä mallista, jotta se tukisi portinlehteä riittävästi. Saranat joudutaan usein teettämään erikseen, sillä sopivaa saranaa voi olla vaikea löytää valmiina.

Säädettävät saranat mahdollistavat säädön myöhemminkin, tosin takosaranoissa säätö on vaikeasti toteutettavissa. Soikeat reiät saranoissa mahdollistavat kuitenkin lievän säädön.

4.1 Saranatyypit

Vanhassa Raumassa on perinteisesti käytetty sepän takomia perusmallisia takosaranoita. Nykyisin käytetään yleisesti myös kuvion 13 mukaisia laattaraudasta hitsaamalla valmistettuja saranoita sekä edellisten yhdistelmiä. Toimintaperiaate on kuitenkin molemmilla saranatyypeillä sama.

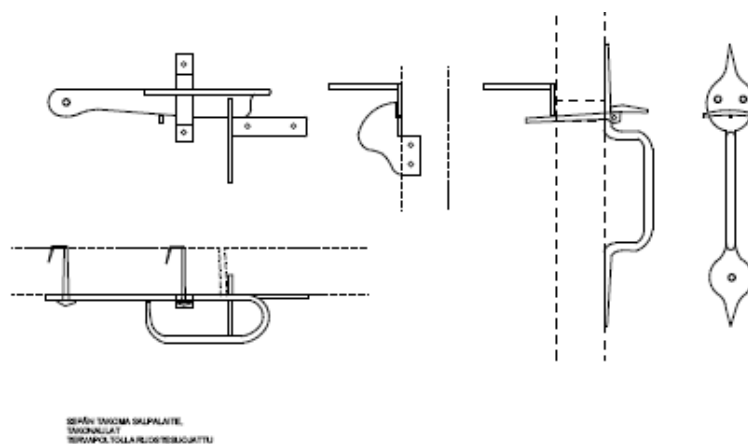


KUVIO 13. Takosarana (Tuomola.)

Hitsaamalla tehdyt saranat ovat yleensä karkeatekoisia, kun taas sepän takomat saattavat olla hyvinkin koristeelliset ja yksityiskohtaiset. Toinen merkittävä tekijä saranatyypeillä on niiden hintaero, sepän takoman ollessa yleensä arvokkaampi.

4.2 Helat

Säppisalvassa on kahvat molemmin puolilla porttia, ja se voidaan usein lukita sisäpuolelta riippulukolla. (kuvio 14.) Säppisalvan tilalla käytetään etenkin klinkkereissä usein Lappisalppaa.



KUVIO 14. Säppisalpa (Tuomola.)

Reunasalpoja käytetään vasikkaportin lukitukseen. Yleensä kiinnitys on portinlehden yläreunasta, sillä ns. maasalvan toimivuus on epävarmaa ulko-olosuhteissa. Spanjolettejä eli pitkäsälpoja ei porteissa käytetä. Haoilla auki olevat portinlehdet kiinnitetään viereisiin seiniin. Niillä voidaan myös kiinnittää ja samalla lukita suljetut portinlehdet sisäpuolelta toisiinsa. Joissakin tapauksissa portti voidaan teljetä sisäpuolelta vaakahirrellä. Porteissa käytettiin 1800-luvulla erilaisia kolkuttimia mutta niitä ei ole säilynyt jälkipolville. Nykyisissä porteissa ei ole kolkuttimia

4.3 Kiinnikkeet

Alun perin porteissa ei käytetty ruuveja eikä pultteja, mutta niiden hyödyt ovat kiistattomat esim. saranoiden kiinnityksessä. Pienempien ruuvien käyttöä pitää esteettisistä syistä välttää ja käyttää mieluummin nauvoja.

Naulan puussa pysyvyyteen vaikuttavat naulan tyyppi, - pintakäsittely, - halkaisija, -pituus, käyttöaika sekä erityisesti puun kosteusvaihtelut. Toistuva kosteuseläminen heikentää naulojen ulosvetovoimaa ja työntää naulan ulos puusta. Kampanaulojen käyttö vähentää liitosten löystymistä ja naulan ulostyöntymistä. Myös puun kuitujen ote naulasta löystyy ajan kuluessa. Naulat pysyvät tiukemmin kiinni tiheissä puulajeissa kuten tammessa. Tällä ei ole paljokaan merkitystä koska harvempia puulajeja voidaan naulata suuremmilla tai pidemmällä nauloilla niiden halkeamatta. (Yli-Koski 2005.)

Ruuvit pitävät varmemmin kuin naulat eikä niiden galvanisointi vaurioidu asennuksen yhteydessä. Myöskään vasaranjälkiä ei jää puuhun. Vaikka ruuvien käyttöä pitää välttää, on esim. säppi aiheellista kiinnittää ruuveilla tai kotkatuilla nauloilla.

Yleisesti ottaen nauvoja käytetään kun tarvittava liitosvoima on alhainen. Ruuveilla saavutetaan parempi ulosvetovoima, eivätkä ne myöskään löysty tai työnny ulos puusta yhtä helposti kuin naula. Suuremmille kuormituksille käytetään kansi-

ruuveja ja pultteja. Kansiruuveja käytetään, kun pultit ovat epäesteettisiä, mutta niitä ei voi asentaa, jos puu on liian paksua tai taustapuoli ei sovellu mutterille.

Porteissa käytetään tavallisinten rakennusnaulojen lisäksi tako- ja koristenauloja. Naulaportit naulataan yleisimmin kampanauloilla. Konenaulojen ei saa käyttää, koska ne tunkeutuvat helposti liian syvälle puuhun aiheuttaen paikallisia lahovi-koja.

Kansiruuveja käytetään takosaranoiden kiinnittämiseen ovilehteen. Ne ovat esteet-tisesti paremman näköisiä kuin läpiporatut lukkopultit muttereineen. Suurimmat portit kuitenkin vaativat läpiporatun lukkopultin niiden suuremman lujuuden ja saranoiden kiinni pysyvyyden varmistamiseksi.

EN ISO 3506:n mukaan pulttien ja muttereiden materiaali luokitellaan kirjaimin seuraavasti: "A" tarkoittaa austeniittista, "F" tarkoittaa ferriittistä ja "C" tarkoittaa martensiittista rakennetta. Kirjainta seuraava numero, yleensä 2 tai 4, viittaa kor-roosionkestävyyteen.

Yleisimmin on saatavilla teräslaaduista A2 (EN 1.4301) ja A4 (EN 1.4401) val-mistettuja liittimiä ja liitososia lujuusluokissa 50, 70, 80 (500, 700 ja 800 N/mm²). (kuvio 15) Yleensä A2- laadun korroosionkestävyys puussa on riittävä mutta happamalla tammella voi kosteissa olosuhteissa esiintyä korroosiota. (Yli-Koski 2005.)

Naulojen teräslaatu on pääsääntöisesti A4 ja ruuvien materiaaleina sekä A2 että A4. Ruostumattomasta teräksestä tehty naula on noin 3 kertaa tavallista naulaa kalliimpaa ja niitä voi olla vaikea löytää.

*EN ISO 3506 mukaisten austeniittisten kiinnittimien
mekaanisten ominaisuuksien minimiarvot*

Teräslaji ⁽¹⁾	Lujuusluokka	Kierteen halkaisija	Ruuvit		Mutterit
			Vetomurto- lujuus ⁽²⁾ (N/mm ²)	0,2-raja (N/mm ²)	Murtolujuus (N/mm ²)
A1, A2, A3, A4 ja A5	50	≤ M39	500	210	500
	70	≤ M24 ⁽³⁾	700	450	700
	80	≤ M24 ⁽³⁾	800	600	800

KUVIO 15. Kiinnittimien luokittelu (Yli-Koski 2005.)

Riittävän ulosvetolujuuden saavuttamiseksi on naulan pituuden oltava vähintään kaksi kertaa naulattavan laudan paksuus. Lyöäessä nauvoja alle 15 cm:n päähän laudan päästä, on varmintä käyttää esiporausreikiä. Esiporausreikä käytettäessä lautojen halkeileminen vähenee ja samalla naulojen ulosvetovoima jopa hieman paranee. (U.S.D. A 2007.) Haljenneet naulauskohdat aiheuttavat paikallisia lahovikoja.

Takonaulat on perinteisesti lyöty läpi rakenteesta, käännetty takapuolelta ja lyöty takaisin puuhun kiinni, eli kotkattu.

Kansiruuvit, joiden halkaisija on yli 6 mm, vaativat esiporausreikä ei pelkästään helpota asennusta, se tekee myös ruuviliitoksesta vahvemman. Männyllä ja kuusella se on 60 -75 % ja tammella 65 -85 % varren paksuudesta. Esiporausreikä porataan yhtä pitkäksi kuin ruuvikin ja ruuvin kierteettömältä osalta varren paksuiseksi. Pulteilla esiporausreikä on yleensä 1 mm suurempi kuin pultin paksuus. Pultit kiristetään kevyesti kiinni niin, että liitososat tulevat toisiinsa kiinni. Liitosten on oltava jälkikiristettävissä puun saavutettua tasapainokosteutensa. Pehmeillä puulajeilla on käytettävä aluslevyä, koska pultin kanta uppoaa puuhun, ennen kuin sen kiristysvaikutus alkaa teho. (U.S.D. A 2007)

Asennusvaiheessa voidaan käyttää liukasteena esim. pellavaöljyä ruuvien kiinnityksen helpottamiseksi.

5 LAHO JA KORROOSIO PORTEISSA

5.1 Yleistä

Mikäli portti on asianmukaisesti pintakäsitelty ja suojattu rakenteisiin tunkeutulta sadevedeltä sekä maakosteudelta, on se laholle alttiina ainoastaan syys- ja lokakuussa. (Taulukko 1.) Tällöin ilman lämpötila on jo niin alhainen että lahoaminen on erittäin hidasta. Kosteusprosenttia nostavia tekijöitä ovat portin altistuminen sadevedelle, sijainti varjon puolella, pintakäsittely, männyn pintapuun käyttö sekä rakenteelliset virheet portin suunnittelussa ja valmistuksessa. Kosteusprosenttia laskevia tekijöitä ovat portin sijainti auringon puolella, männyn sydänpuun käyttö sekä maalaus tummilla tervamaaleilla.

Olennaista on huomata, että kosteus saattaa olla jakaantunut portissa hyvinkin epätasaisesti. Tällöin jotkin portin osat voivat olla alttiina vakavalle lahovauriolle.

TAULUKKO 1. Puun laskennallinen tasapainokosteus eri kuukausina.

Kuukausi	Puun tasapainokosteus	Keskilämpötila/ RH
Tammikuu	Puu jäässä	- 6,0 °C / 89 %
Helmikuu	Puu jäässä	- 6,6 °C / 88 %
Maaliskuu	Puu jäässä	- 3,6 °C / 82 %
Huhtikuu	15 %	2,2 °C / 76 %
Toukokuu	13 %	8,7 °C / 67 %
Kesäkuu	12 %	13,9 °C / 65 %
Heinäkuu	13 %	17,1 °C / 71 %
Elokuu	16 %	15,7 °C / 77 %
Syyskuu	19 %	10,6 °C / 84 %
Lokakuu	20 %	5,2 °C / 87 %
Marraskuu	21 %	0,9 °C / 90 %
Joulukuu	Puu jäässä	- 2,7 °C / 90 %

Taulukko on laadittu käyttämällä Turun seudun lämpötila- ja ilman kosteusarvoja ja puun kosteustasapaino-taulukkoa.

Metallit ovat ulko-olosuhteissa käytännössä aina alttiina korroosiolle. Metallien korrosio on hallittavissa huolellisella materiaalien valinnalla ja pinnoitteiden käytöllä. Korroosion estämiseksi tulee pyrkiä tilanteeseen, jossa korrosio ei pääse edes alkamaan.

Metallin ja puun välinen korrosio aiheutuu niiden rajapintaan kerääntyvän kosteuden ja ilman yhteisvaikutuksesta. Metalliosien ruostuminen kiihdyttää puun lahoamista ja puun lahoaminen metallin ruostumista. Kaikki toimenpiteet jotka vähentävät puun lahoamista tai teräksen korroosiota, yleensä myös vähentävät puun ja metallin välisiä reaktioita.

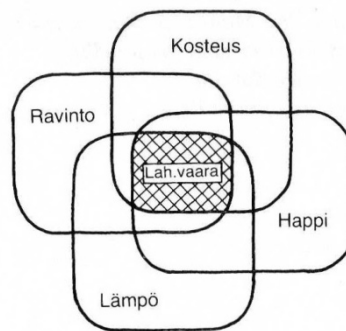
5.2 Puun tuhoutuminen

Puun tuhoutumismekanismit voidaan jaotella seuraavasti: lahottajasienten aiheuttama entsymaattinen tuhoutuminen, tuohyönteisten aikaansaama mekaaninen tuhoutuminen sekä puun altistuminen muille ympäristötekijöille kuten auringonvalolle ja säälle. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

Lahovaurioiden syynä on aina liiallinen kosteus puussa. Kosteus voi tulla puuhun kapillaarisesti imeytymällä, sadevetenä, ilman kosteutena tai käytettävä rakennustavara on voinut olla liian kostea. Mikäli kostunut puu ei pääse tuulettumaan rakenteellisten vikojen vai vääränlaisen pintakäsittelyn vuoksi alkaa puu lahota. Lahoaminen ei kuitenkaan pääse alkuun kuivassa puussa, vaan se vaatii alkuvaiheessa melko suuren kosteuden ja altistumisen lahoitioille. (Kuvio 16.) Rakenteen kuivattaminen ja kuivana pitäminen riittävät yleensä pysäyttämään lahoamisen. Alkuun päästyään lahon sienirihmastot kuitenkin pystyvät kuljettamaan tarvitsemansa kosteuden puuhun. Lahoaminen alkaa ilman kosteuden ylittäessä pitkäaikaisesti 85 %, jolloin puun tasapainokosteudeksi tulee 20 %. Lahoaminen loppuu puun kuivuessa jälleen alle 20 %. Alle + 10 °C lämpötiloissa lahon kehittyminen on hidasta kosteissakin olosuhteissa, ja lähellä nollaa se on erittäin hidasta. Riittä-

vä hapen saanti on ehdoton edellytys lahoamiselle. Tästä syystä puu lahoaa veden alla erittäin hitaasti. Kasvava puu taas ei lahoa, koska siinä on liikaa nestettä. Suotuisissa olosuhteissa sienet voivat kasvaa ja levittäytyä puuhun varsin nopeasti. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

Alkavaa lahoa ei pystytä havaitsemaan puussa, mikä aiheuttaa ongelmia rakenteiden kantavuuden arvioimisessa. Esim. ruskolaho saattaa heikentää puun lujuusominaisuuksia jopa 10 % ennen kuin näkyvää lahoa havaittavissa tai sen aiheuttama painohäviö on mitattavissa. Painohäviön saavuttaessa 5 – 10 % puun lujuusominaisuudet ovat heikentyneet jo 20 – 80 %. Suurin vaikutus laholla on puun jäykkyyteen, iskusitkeyteen ja taivutuslujuuteen. Vähiten se vaikuttaa puun leikkauslujuuteen ja kovuuteen. Lahonneen puun lujuuden menetyksen suuruusluokkaa ei voi mitenkään arvioida. (U.S.D. A 2007.)



Lahottajasienivaara on ainoastaan silloin, kun kaikki vaaratekijät ovat vaikuttamassa. Jos yksi osatekijä poistetaan, esimerkiksi kosteutta alennetaan riittävästi, vaara häviää.

KUVIO 16. Lahon osatekijät. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

Perimätiedon mukaan rakennuspuut pitää kaataa talvella ja kaatoajankohdan on todettu myös tutkimuksissa vaikuttavan hieman puun lahonkestävyyteen. Männyllä lahoutuminen on vähäisintä talvella kaadetussa puussa ja suurinta keväällä kaadetussa puussa. Puulajien lahonkestävyydessä on huomattavia eroja. (Kuvio 17.) Tammi kuuluu lahonkestoltaan luokkaan 2 ja männyn sydänpuu sekä lehtikuusi luokkaan 3.

Luokka	Kuvaus	Kuusi	Mänty sydänpuu/pintapuu	Lehtikuusi sydänpuu/pintapuu	Koivu
1	Hyvin kestävä				
2	Kestävä				
3	Melko kestävä		3 - 4	3 - 4	
4	Vähän kestävä	4			
5	Laholle altis				5

KUVIO 17. Puulajien luontainen lahonkestävyys SFS EN 350-2 – standardin mukaan. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

Puun lahoamisen aiheuttavat puun lahottajasienet, jotka käyttävät puuta ravintonaan ja samalla hajottavat sitä. Mikrooskooppisina itiöinä leviävät sienet tarttuvat puun pintaan ja kasvattavat sienirihmaston, joka etenee puun sisällä soluista toisiin huokosten tai soluseinämien aukkojen välityksellä. Sienirihmastot erittävät entsyymeitä, jotka pystyvät hajottamaan puun selluloosaa ja ligniiniä. Sienet käyttävät ja hajoittavat ravinnokseen ja hajoamistuotteina ovat hiilidioksidi ja vesi. Selluloosan hajoaminen puun sisältä lisää myös ulkopuolisen kosteuden imeytymistä puuhun. Lahotessaan puun ulkonäössä tapahtuu muutoksia, puun lujuus ja pinnan kovuus heikkenevät huomattavasti ja paino laskee. Puun kosteuden noustessa yli 20 % alkavat sinistäjä-, ja lahottajasienet tehdä tuhojaan puussa. Sinistäjäsienet käyttävät puun sokereita eivätkä mainittavasti vaikuta puun lujuuteen. Lahottajasienet hajottavat selluloosaa ja ligniinejä ja ovat hyvin haitallisia puun lujuusominaisuuksille. Molemmat vaativat kasvaakseen sopivan lämpötilan ja puun kosteuden sekä riittävästi happea. Sienille ihanteelliset olosuhteet ovat: lämpötila 25...30 °C (minimi 0 °C - maksimi 45 °C), kosteus 35 – 50 % (minimi 15 % - maksimia ei ole jos happea on saatavissa), pH-arvo 4,5 - 5,5 (minimi 2,0 - maksimi 8). (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

Ruskolaho on yleisin rakennuksia tuhoava laho, ja sitä esiintyy pääasiallisesti havupuissa. (Kuvio 18.) Ruskolahossa sienirihmat voivat kasvaa puun pinnalla tai puusolujen onteloissa erittäen entsyymejä, jotka hajottavat puun selluloosaa. Ligniinin se jättää yleensä koskemattomaksi ja ligniini värjää puun lahon jäljiltä rus-

keaksi. Lahon edistyessä puu pehmenee, kutistuu, haurastuu, halkeilee ja muuttuu ruskeaksi. Puun lujuus heikkenee nopeasti jo lahon alkuvaiheessa ja puu murenee lopuksi ruskeaksi jauheeksi. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

Valkolahoa esiintyy yleensä maakosketuksessa olevassa puussa. (Kuvio 19.) Se on yleisempää lehtipuissa kuin havupuissa. Valkolaho hajottaa sekä puun selluloosaa että ligniiniä. Lahoava puu vaalenee, kevenee, pehmenee ja halkeilee usein vuosirenkaita pitkin. Alkuvaiheessa sitä on vaikea havaita, eikä puun lujuus heikkene tällöin kovinkaan huomattavasti, mutta pitkälle edetessään puu hajoaa vaaleaksi kuitumaiseksi massaksi. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

Katkolahoa esiintyy lähinnä märässä, maahan tai veteen kosketuksessa olevassa puutavarassa. (Kuvio 20.) Sitä esiintyy sekä havu- että lehtipuissa. Katkolaho hajottaa sekä puun selluloosaa että ligniiniä ja se tulee toimeen vähällä hapella. Ei muodosta puun pinnalle näkyvää rihmastoa. Puun pintakerros harmaantuu ja pehmenee ja halkeilee kuivuessaan. Katkolahon vaikutuksesta puun lujuus heikkenee jo varsin varhaisessa vaiheessa, mutta puun kovuus heikkenee vasta erittäin voimakkaan lahoamisen jälkeen. Pinnan alta puu saattaa näyttää terveeltä, mutta kuormitettaessa katkeaa helposti. Kyllästysaineetkaan eivät välttämättä estä katkolahon vaikutusta. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

Sinistymäsieni on yleisempi havupuissa, etenkin männynssä. (Kuvio 21.) Sinistymäsienet eivät yleensä tuhoa puun rakenteita, vaan käyttävät puun ravintoaineet hyväkseen. Suurin haitta onkin sinistymäsienten värjäämän puutavaran visuaalisen laadun heikkeneminen. Sinistymäsieni tunkeutuu kosteaan pintapuuhun ja leviää siinä nopeasti. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

Ilman sisältämien bakteerien tai sateen levittämän lian vuoksi puun pinnalle voi muodostua homesienikasvustoa. Homeet kasvavat yleisesti puun pinnalla kosteissa olosuhteissa, mutta niiden puuta hajottava vaikutus on vähäinen. Ongelmaksi ne muodostuvat lähinnä vanhoilla maalipinnoilla, joista ne on poistettava ennen uusintamaalausta homeenpoistoaineella. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)



KUVIO 18. Ruskolaho.



KUVIO 19. Valkolaho.



KUVIO 20. Katkolaho.



KUVIO 21. Sinistymäsieni.

Auringon näkyvä valo ja ultraviolettisäteily aiheuttavat kemiallisia muutoksia suojaamattomassa puuaineksessa tuhoamalla sen ligniinin. Näiden reaktioiden vaikutuksesta puun väri ja kiilto muuttuvat, sen pinta halkeilee ja muuttuu karheammaksi. Auringon UV-säteily syö puun pinnan liima-aineen ligniinin, josta syystä puu halkeilee. Myös puun mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet heikenevät. Näkyvän valon ja UV-säteilyn osuus pinnan kulumisesta on suurin piirtein sama ollen suojaamattomalla puulla 5-12 mm sadassa vuodessa. Auringonvalon vaikutuksesta etenkin keväällä puun pinta saattaa kuumentua ja kuivua äkillisesti synnyttäen pintaan jännitteitä ja halkeamia. Auringon valon käytännön vaikutuksena pintakäsittelylle puulle on portin auringonpuoleisen pinnan tiheämpi uusintamaalaustarve. Lahonsuoja-aineilla ei pystytä ehkäisemään valon aiheuttamia vaurioita. (Kärkkäinen 2007.)

5.3 Puun suojaaminen tuhoutumiselta

Lahoaminen on puun perusominaisuus, jota pyritään keinotekoisesti estämään. Lahoamista ehkäistään ensisijaisesti rakenteellisilla ratkaisuilla. Puurakenteissa, joiden liiallista kostumista ei voida mitenkään välttää, pitää käyttää kemiallisesti suojattua puuta tai vaihtaa rakennusmateriaalia.

Puunsuojaus voidaan jakaa rakenteelliseen ja kemialliseen suojaukseen. Rakenteellisen suojauksen tavoitteena on estää veden tunkeutuminen puurakenteisiin sekä varmistaa niiden kuivuminen. Rakenteelliseksi puunsuojaukseksi luetaan myös puun pintakäsittely sekä huoltotoimenpiteet. Kemiallisin keinoin voidaan merkittävästi hidastaa puun lahoamista sekä mahdollistaa sen käyttö epäsuotuisissa olosuhteissa. Kemiallista puunsuojausta käytetään kun rakenteellinen suojaus on vaikeaa tai mahdotonta. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

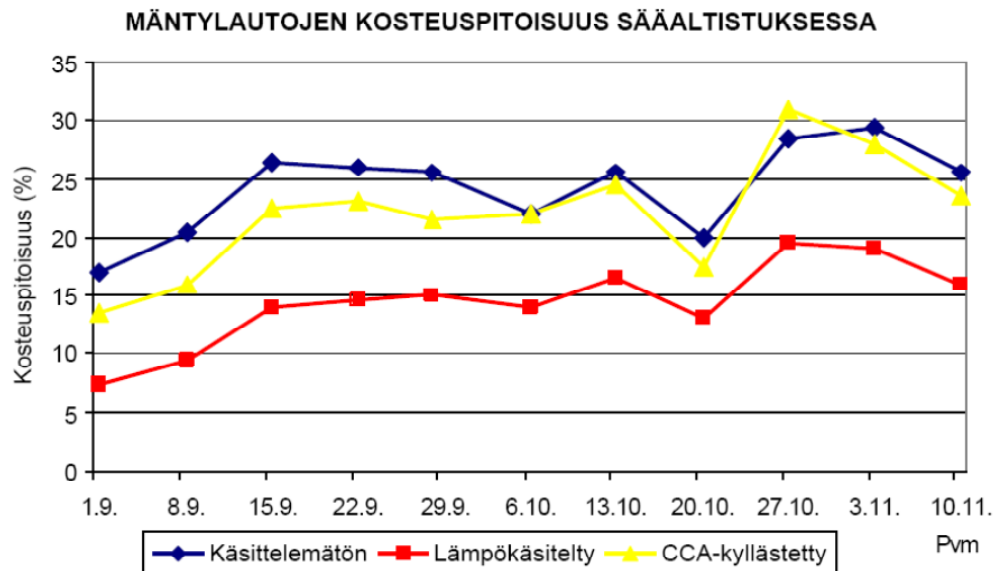
Käyttämällä riittävän kuivaa puutavaraa ja pitämällä se kuivana estetään sienten ja bakteerien kasvu ja leviäminen. Puu on se suojassa lahottajasieniltä, kun sen kosteuspitoisuus pysyy alle 20 %. (Kärkkäinen 2007.)

Sadeveden vaikutusta ei voida estää, mutta sitä voidaan vähentää huolellisella rakennesuunnittelulla ja puuosien muotoiluilla. Kaikki vettä imevät poikkileikkauspinnat suojataan ja vältetään vettä kerääviä rakennusdetaljeja. Liitoskohdat ja vaakapinnat muotoillaan niin, että sadevesi ja sulava lumi pääsevät valumaan tai haihtumaan nopeasti pois. Tarvittaessa yläpuoliset vaakapinnat suojapellitetään.

Puun maakosketus estetään ja puu eristetään betonista sekä muista kiviaineista kosteussuluilla. Portin on oltava riittävän korkealla maanpinnasta eikä kasvillisuutta saa olla portin puuosien läheisyydessä. Mikäli maakosketusta ei voida välttää, pitää käyttää painekyllästettyä puuta tai vaihtaa maaines karkeaan soraan.

Kaikki puupinnat pintakäsitellään asianmukaisesti, ja käsittely uusitaan aina tarvittaessa. Pintakäsittelyllä pyritään hidastamaan puun kosteusvaihteluita sekä suojaamaan puun pintaa sadevedeltä. (Kuvio 22.) Säilyttämällä kosteus mahdollisimman tasaisena vähennetään puun kosteuselämistä ja halkeilua. Halkeamat

puussa ja maalipinnassa mahdollistavat sadeveden ja homeitiöiden tunkeutumisen syvään puuhun. Pintakäsittely suojaa puuta myös auringon valolta sekä mekaaniselta kulutukselta. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

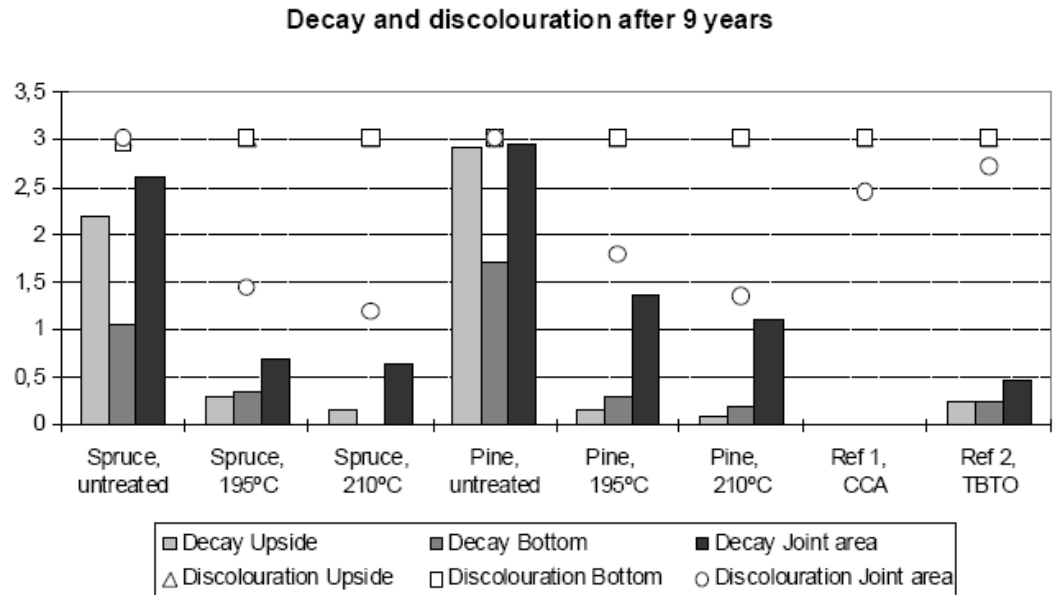


KUVIO 22. Mäntylautojen kosteuspitoisuus sääaltistuksessa. (Lämpöpuuyhdistys ry. 2004.)

Käytetään ruostumattomia metalliosia ja suojataan ne pintakäsittelyllä sekä välteään galvaanisen korroosioparin muodostavien metallien liittämistä yhteen.

Tiheäsyisen sydänpuun käytöllä voidaan hidastaa lahon kehittymistä. Koska pintalaudasta puuttuvat uuteaineet, se ei tiheäsyisenäkään vastaa lahon kestävyydeltään sydänpuusta sahattua lautaa.

Painekyllästyksessä suoja-aineet tunkeutuvat koko pintapuuhun antaen hyvän suojan lahoamiselle. Sydänpuuhun ne eivät kuitenkaan pysty tunkeutumaan. Lämpökäsitellyn puun käytöllä saavutetaan lähes vastaavia tuloksia. (Kuvio 23.) Kyllästystä pyritään nykyisin korvaamaan suojaamalla puu kosteudelta, valitsemalla kestävämpi puulaji tai käyttämällä lämpökäsiteltyä puuta.



KUVIO 23. Käsittelemättömän ja käsitellyn puun lahoamisnopeudet. (Metsä-Kortelainen 2011.)

Siveltävät kyllästysaineet sisältävät pieniä määriä sienille myrkyllisiä aineita. Ne tunkeutuvat puun pintaan ainoastaan 3-4 mm syvyyteen, josta ne haihtuvat ja liukenevat helposti. Kyllästysaineet estävät lähinnä home- ja sinistäjäsiementen pinnallisen kasvun ja hidastavat ainoastaan pinnan lahoamista. Ne muodostavat puun pinnalle osittain kosteutta läpäisemättömän kalvon. Mikäli tällainen kalvo levitetään valmiiksi kostean puun päälle niin se suorastaan aiheuttaa puun lahoamisen. Kastaminen (12 - 24 h) on tehokkain käsittelymenetelmä, ja se sopii erityisesti puun päihin. Puun haljetessa itiöt pääsevät tunkeutumaan suojakerroksen läpi heikentäen olennaisesti sivelykäsittelyn suojaa. Siveltävä puunsuoja-aine ei yksinään anna riittävää suojaa, ja se pitää uusia säännöllisesti. Ohuet laudat saadaan kuitenkin kohtalaisesti suojattua. (Lahontorjuntayhdistys ry. 1988.)

Kyllästämisen tavoitteena on hidastaa lahottajasiementen toimintaa myrkyttämällä puuta. Tervaamisen tavoitteena on sen sijaan torjua sienet estämällä puuta kastamasta. Tervaaminen täyttää puun solukkoa ja tekee sen vettä imemättömäksi. Se toimii parhaiten puun poikkileikkauspinnoilla hidastaen veden kapillaarista imey-

tymistä. Terva kuitenkin kuivuu, ja käsittely pitää uusia säännöllisesti. Terväkäsittely ei estä lahottajasieniä toimimasta. (Rakennusperinteen ystävät ry 2003.)

Puu voidaan suojata myös pellavaöljykäsittelyllä. Pellavaöljyä sivellään toistuvasti puun pintaan, kunnes se ei enää pysty imemään sitä sisäänsä. Leikkauspinnat voidaan myös upottaa pellavaöljyyn vuorokaudeksi, jolloin se imeytyy kapillaarisesti puuhun. Pellavaöljyn lämmittäminen 60 °C parantaa sen imeytyvyyttä. Myös poikkipintojen pellavaöljykittaus estää tehokkaasti vettä imeytymästä puun poikkileikkauksista. (Mikkola 2011.)

Poikkipintojen hiiltäminen estää kapillaarisen veden imeytymisen hyvin tehokkaasti, mutta hiilleyssä pinnassa maali ei enää pysy.

5.4 Metallien korroosio

Raudan korroosio alkaa, kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 60 %. Suhteellisen kosteuden ylittäessä 80 % muuttuu ruoste raudan pinnalla hygroskooppiseksi ja ruostuminen kiihtyy voimakkaasti. Suorassa vesikosketuksessa raudan korroosio alkaa välittömästi. Vesikalvon syövyttävyys riippuu ympäröivän ilman epäpuhtauksien määrästä ja laadusta. Pölyn ja likakerrostumien kasaantuminen metallipinnoille kiihdyttää korroosiota. (Aromaa 2005.)

Korroosion taustalla vaikuttaa kaksi ilmiötä: sekapotentialiteoria ja korroosiokennon muodostuminen sekä metallipintojen passivoituminen. Sekapotentialiteoria tarkastelee korroosiossa tapahtuvien reaktioiden nopeuksia ja niiden riippuvuutta toisistaan. Passivoituminen on ilmiö, jossa metallin pinnalle muodostuu suojaava reaktiotuotekerros. (Aromaa 2005.)

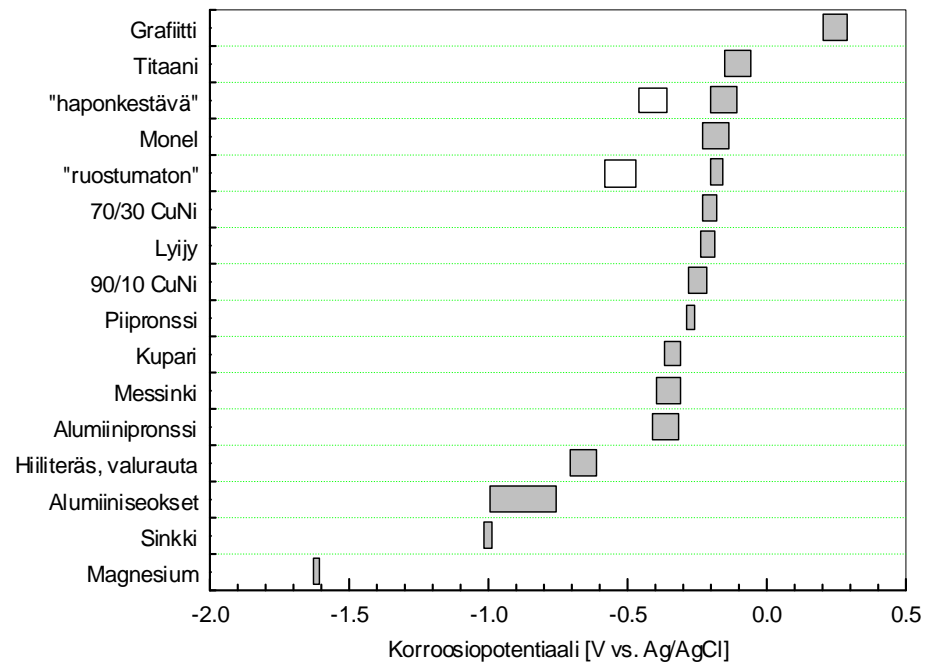
Ruostumattoman teräksen, sinkin, kuparin ja alumiinin käyttö suojaamattomana perustuu niiden pinnan passivoitumiseen. Passivoitumisella tarkoitetaan metallin kykyä muodostaa pinnalleen korroosiolta suojaava ja itsensä korjaava reaktiotuotekerros. Passivoituvilla metalleilla yleisen korroosion nopeus laskee muodostuvan reaktiotuotekerroksen ansiosta. Passiivisessa tilassa saattaa kuitenkin

esiintyä pistekorrosiota. Olosuhteet, jotka estävät metallin passivoitumisen tai aiheuttavat sen rikkoutumisen, johtavat myös korroosiokestävyyden häviämiseen. (Aromaa 2005.)

Korroosion lopputuote ruoste (rautaoksidi $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ ja rautahydroksidi $[\text{Fe}_2(\text{OH})_3]$), on huokoista ja huonosti kiinni metallin pinnassa. Se ei kykene suojaamaan alla olevaa metallia passiivikalvojen tavoin. Kosteuden läsnä ollessa korroosioprosessi jatkuu, kunnes metalli tuhoutuu kokonaan. (Aromaa 2005.)

Yleisessä korroosiossa sähkökemialliset reaktiot tapahtuvat tasaisesti koko metallin pinnalla. Metallin pintaan muodostuu anodi- ja katodialueita, joista anodipinnat syöpyvät. Koska anodi- ja katodialueet vaihtavat säännöllisesti paikkaa on korroosio näennäisen tasaista koko metallin pinnalla. Pölyn ja likakerrostumien kasaantuminen metallipinnoille kiihdyttää erityisesti yleistä korrosiota. Yleistä korrosiota esiintyy etenkin suojaamattomilla metallipinnoilla. (Aromaa 2005.)

Galvaanista korrosiota esiintyy kun samassa elektrolyytissä (sähköä johtava neste) on kaksi erilaista metallia sähköisessä yhteydessä keskenään. (Kuvio 24.) Alhaisemman elektrodipotentiaalilin omavasta epäjalommasta metallista tulee anodi, ja se syöpyy. Jalommasta metallista muodostuu katodi, ja sen syöpyminen hidastuu tai loppuu kokonaan. Mitä suurempi on metallien jalousero sen todennäköisempää ja nopeampaa korroosio on. Korroosionopeus riippuu myös metallien suhteellisista pinta-ala eroista. Mitä suurempi katodin pinta-ala on suhteessa anodin alaan, sitä suurempi on anodin syöpymisnopeus. (Aromaa 2005.)



KUVIO 24. Metallien korroosiopotentiaali (Aromaa 2005.)

Galvaaninen korrosio rajoittuu metallien kosketuspintojen läheisyyteen. Elektrolyytin johtokyky vaikuttaa kuinka laajalla alalla galvaanista syöpymistä tapahtuu. Luonnonveden johtokyky on heikko, joten galvaaninen korrosio keskittyy liitospinnoille aiheuttaen niihin syviä syöpymiä. Kuivissa olosuhteissa galvaanista korroosiota ei tapahdu. (Aromaa 2005.)

Piste- ja rakokorrosio ovat ruostumattoman teräksen yleisimmät korroosiomuodot, ja niiden ovat syntymekanismiltaan samantapaisia. Pistekorrosio alkaa passiivikalvon virheistä tai paikallisesti tavallista syövyttävämmässä ympäristössä. Rakokorrosion syitä ovat elektrolyytin happamuuserot sekä hapen- tai muiden haitallisten ionien konsentraatioerot. Koska vaurioitunut passivaatiokerros ei pysty korjautumaan happiköyhässä raossa, se ei enää pysty suojaamaan pintaa korroosiolta. Korroosion alettua liuos syöpyvässä pisteessä tai raossa alkaa väkevöityä, jolloin korrosio kiihtyy entisestään. (Aromaa 2005.)

Pistekorroosiossa metallin syöpyminen keskittyy pienille alueille metallin pinnalle synnyttäen kuoppamaisia syvänteitä aiheuttaen saranoissa lähinnä ulkonäköhaittaa. Pistesyöpyminen on tyypillinen korroosiomuoto metalleilla, joiden kor-

roosionkestävyys perustuu pintaa suojaavaan passiivikerrokseen tai perusmetallia jalompaan pinnoitteeseen. (Aromaa 2005.)

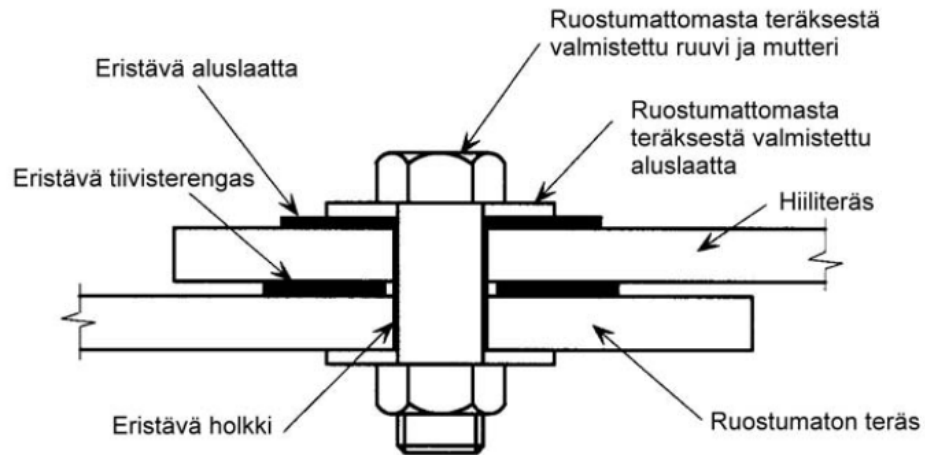
Rakokorroosiota esiintyy kohdissa, joissa vesi pääsee tunkeutumaan rakoon ja muodostaa sinne seisovan liuoksen. Liuokseen happiköyhempi alue muodostuu anodiksi ja aiheuttaa raossa korroosion. Puu metallipintaa vasten sekä pultti- ja hitsausliitokset ovat tyypillisiä rakokorroosiokohtia. (Aromaa 2005.)

5.5 Metallien suojaaminen korroosiolta

Metallien korroosio on hallittavissa huolellisella materiaalien valinnalla ja pinnoitteiden käytöllä. Korroosion estämiseksi tulee pyrkiä tilanteeseen, jossa korroosio ei pääse edes alkamaan. (Aromaa 2005.)

Yleistä korroosiota voidaan estää käyttämällä ruostumattomia metalleja tai pinnoittamalla ruostuva metalli. Paras tapa suojata hiiliteräs korroosiolta on kuumasinkitys. Maalipinta kuumasinkityn teräksen päällä kaksinkertaistaa korroosiosuojan. Sähkösinkitys ei anna riittävää suojaa pitkäaikaisissa käyttöolosuhteissa. Kupari ja messinki muodostavat luonnostaan suojaavan passiivikerroksen pinnalleen, joten ne eivät ruostu eivätkä tarvitse pinnoitusta. Metallipinnat on pidettävä puhtaana likakerrostumilta, koska ne kiihdyttävät yleistä korroosiota. (Aromaa 2005.)

Galvaanisen korroosion välttämiseksi on valittava yhteen liitettävät metallit galvaanisessa sarjassa mahdollisimman läheltä toisiaan tai eristettävä ne sähköisesti toisistaan. (Kuvio 25.) Eristäminen voidaan tehdä katkaisemalla metallien välinen kosketus tai estämällä elektrolyytin kosketus metalleihin. Sadeveden tunkeutumista metallipintojen väliin ei porteissa voida estää, mutta metallit voidaan eristää toisistaan tiivisteillä tai maalaamalla. Liitosten ympärille riittävä eristys saadaan aikaan muovi- ja kumitiivisteillä tai käyttämällä nylon- ja teflon-aluslevyjä tai -holkkeja. Galvaanista korroosiota voidaan vähentää pienentämällä katodin pinta-alaa suhteessa anodin pinta-alaan. (Aromaa 2005.)



Tyypillinen yksityiskohta erilaisten aineiden liittämiseksi (metalliparikorroosion välttäminen)

KUVIO 25. Ruostumattoman ja ruostuvan teräksen liitos. (Yli-Koski 2005.)

Kuumasinkittyjä teräspultteja ruostumattomissa terässaranoissa tulee välttää, koska ruostumattoman teräksen pinta-ala suhteessa kuumasinkittyyn teräkseen on suuri ja pultit joutuvat alttiiksi aggressiiviselle syöpymiselle. Vastaavan kuumasinkityn terässaranan syöpyminen ruostumattoman teräspultin rinnalla on paljon hitaampaa. (Kuvio 26.)

Liitin Perusaine	Sinkki / sinkitty teräs	Alumiini	Seostamaton teräs	Kupa- riprons- si- Monel	Martensiittinen- ruostumaton, 1.4000	Austeniittinen ruostumaton, 1.4301,1.4401
Sinkki /sinkitty teräs	A	B	B	C	C	C
Alumiini	A	A	B	C	Ei suositella	B
Seostamaton teräs	AD	A	A	C	C	B
Kupari, pronssi, Monel	ADE	AE	AE	A	A	B
Ferriittinen 1.4016	ADE	AE	AE	A	A	A
Austeniittinen 1.4301,1.4401	ADE	AE	AE	AE	A	A
A. Liitin ei aiheuta korroosiota perusmetallissa. B. Liitin lisää hieman korroosiota perusmetallissa. C. Liitin voi lisätä korroosiota huomattavasti perusmetallissa.				E. Perusmetalli lisää korroosiota liittimessä. D. Liittimen pinnoite poistuu ensin ja jättää liittimen metallin paljaaksi.		
HUOMAA: Metallipinnankäsittely ja olosuhteet voivat muuttaa korroosioaktiivisuutta.						

KUVIO 26. Galvaanisen korroosion vaikutus liitososiin. (Yli-Koski 2005.)

Rakokorroosiota voidaan ehkäistä samoilla keinoilla kuin galvaanista korroosiotakin. Rakokorroosiota porttien metallipinnoilla esiintyy lähinnä saranoiden pultti- ja naulaliitoksissa. Puu/metalliliitoksissa sitä esiintyy takosaranan ja ovi-lehden liitospinnassa sekä puun sisällä naulan tai pultin ja puun rajapinnoissa. (Aromaa 2005.)

Metallien hitsausaumojen korroosionkestävyys varmistetaan oikealla hitsaustavalla ja sopivalla lisäaineella. (Kuvio 27.) Hitsisaumaan ei saa jäädä rakokorroosiolle alttiita kohtia ja käytettävän lisäaineen korroosionkestävyyden pitää vastata hitsattavan aineen korroosionkestävyyttä.

Yhteensopivat teräslajit ja hitsausaineet

Perusaine Numero	Hitsausaineet Hitsauspuikot EN 1600	Hitsauslangat ja hitsaussauvat EN 12072	Ydintäytelangat EN 12073
1.4301	E 19 9	G 19 9 L	T 19 9 L
1.4306	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L
1.4307	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L
1.4318	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L
1.4541	E 19 9 Nb	G 19 9 Nb	T 19 9 Nb
1.4401	E 19 12 2	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L
1.4404	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L
1.4571	E 19 12 3 Nb	G 19 12 3 Nb	T 19 12 3 Nb
1.4362	E 25 7 2 N L	G 25 7 2 L	T 22 9 3 N L
1.4462	E 25 7 2 N L	G 25 7 2 L	T 22 9 3 N L

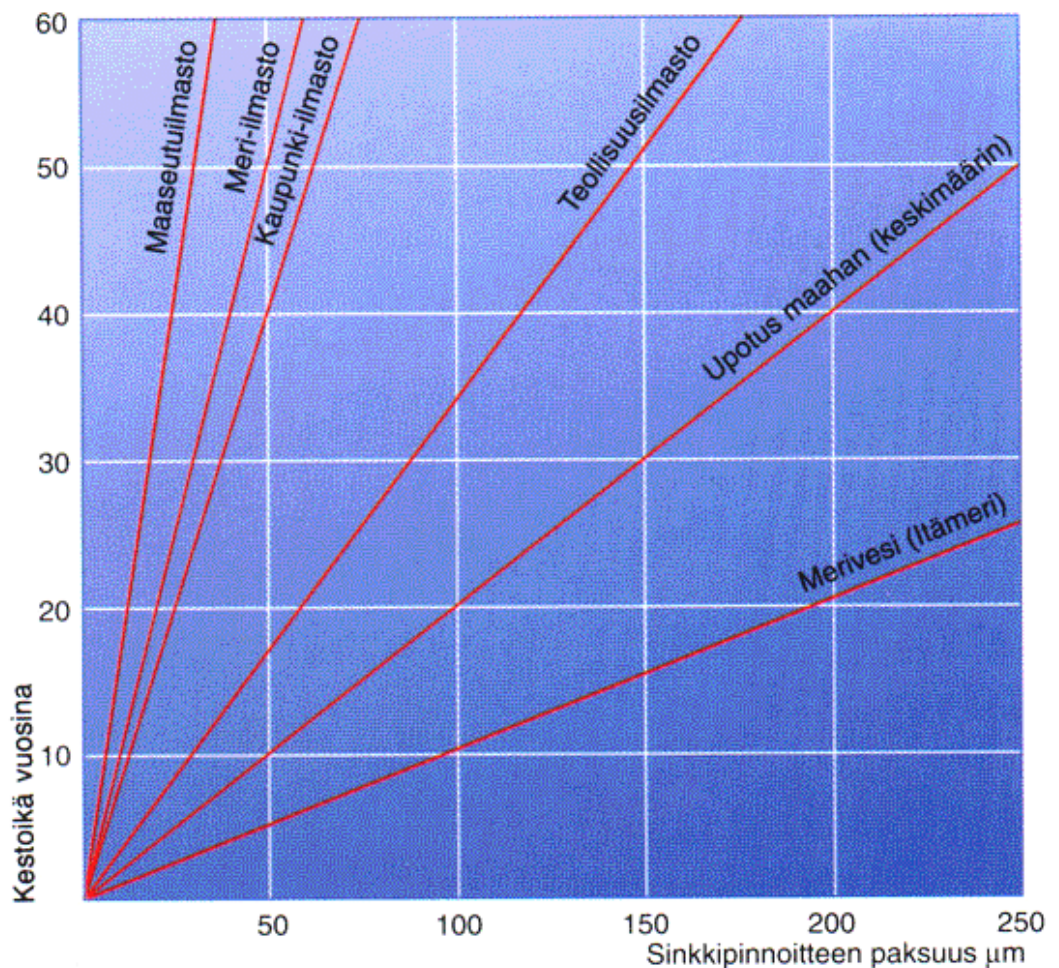
KUVIO 27. Teräslajien ja hitsausaineiden yhteensopivuus. (Aromaa 2005.)

Kuumasinkitystä käytetään yleisesti terästen korroosiosuojaukseen. Kuumasinkityllä pinnoitteella on hyvä korroosion- ja kulutuksenkestävyys, kiinnipysyvyys ja katodinen suojaus. Sinkki syöpyy epäjalompana metallina teräksen pinnalla epäsuotuisissa olosuhteissa ja muodostaen samalla korroosiota hyvin kestäviä sinkki-karbonaattiyhdisteitä. Normaaliolosuhteissa sinkillä on suhteellisen hyvä korroosionkestävyys, ja yhdessä alhaisen elektronipotentiaalin kanssa tekee siitä erinomaisen suojan teräksen pinnalle. (Koivisto 2010.)

Teräs puhdistetaan ennen sinkkikäsittelyä peittaamalla se ensin suola- tai rikkihappossa, jolloin sen pinnasta irtoaa ruoste ja valssihilse. Vesihuuhtelun jälkeen kap-

paleet upotetaan juoksutekylpyyn, jossa pintaan tulee hapettumista estävä suola-kerros. Lopuksi teräkset upotetaan sulaan noin 450 °C:een sinkkiin, jossa sinkki ja teräs reagoivat keskenään muodostaen sinkkipinnoitteen.

Sinkkipinnoitteen kestoikä on riippuvainen kerrospaksuudesta. (Kuvio 28.) Kuumasinkityksessä kerrospaksuudet vaihtelevat teräksen Si-pitoisuudesta ja upotusajasta riippuen 60 - 150 µm. Korroosiokokeiden mukaan sinkki syöpyy maaseutuilmastossa 1 µm/vuosi ja kaupunki-ilmastossa esim. pääkaupunkiseudulla noin 2-3 µm / vuosi. Vertailun vuoksi teräksen syöpymisnopeus kaupunki-ilmastossa on 20 – 35 µm/vuosi. (Suomen korroosioyhdistys ry 2004.)



KUVIO 28. Sinkkipinnoitteen kestoikä. (Suomen kuumasinkitsijät ry. 2007.)

Metalliosien pintakäsittely maalaamalla on aiheellista tehdä, vaikka metalli ei sitä vaatisikaan. Maalaamattomat metallipinnat eivät kuulu Vanhaan Raumaan. Teräk-

sen ja ruostumattoman teräksen liitoksessa on maalattava molemmat pinnat tai ainoastaan ruostumaton teräs. Mikäli pelkästään teräksen pinta on maalattu, ja se vaurioituu, syntyy erittäin voimakas galvaaninen korroosio (pieni anodi – suuri katodi). Maalatuissa rakenteissa korroosio ei pääse etenemään niin pitkään kun maalikalvo on riittävän hyvässä kunnossa eristämään metallin ympäristöstä. (Aromaa 2005.)

Takonaulat on perinteisesti suojattu ruostumiselta tervakarkaisulla. Menetelmässä takonaulat kuumennetaan lähes hehkuviksi ja kastetaan tervaan tai pellavaöljyyn. Tervakarkaisun yhteydessä teräksen pinta oksidoituu ja palanut terva muodostaa tiiviin pintakerroksen. Teräksen lämpötilan pitää olla noin 300 °C, jotta polttoterveus onnistuu. Liian kuumassa teräksessä terva palaa pois ja liian kylmässä tervaus ei pysy naulan pinnassa sitä puuhun lyötäessä. Kunnolla teräkseen kiinni palanut terva muodostaa lähes galvanointia vastaavan suojakerroksen. Ulkokäytössä karkaistut metalliosat on aiheellista vielä maalata, puuhun lyötynä karkaisun suoja on riittävä. (Koivusalo 1996.)

Betonin antama fyysinen suoja hidastaa teräksen korroosiota estämällä korroosioita aiheuttavien veden ja hapen sekä sitä kiihdyttävien kloridien pääsyn teräksen läheisyyteen. Rakokorroosion vaara betonista ulos työntyvissä portin kehikon metallikiinnikkeissä on huomattava. Betoni voimakkaasti emäksenä aineena antaa suojaa myös passivoimalla teräksen pinnan. Betonin emäksisyys kuitenkin vähenee ajan myötä ja samalla sen suojavaikutus poistuu. Kuumasinkitys teräksen suojana riittää portin perustuksissa. (Suomen korroosioyhdistys ry. 2004.)

5.6 Metallin ja puun väliset reaktiot

Metallin ja puun välinen korroosio aiheutuu niiden rajapintaan kerääntyvän kosteuden ja ilman yhteisvaikutuksesta. Metalliosien ruostuminen kiihdyttää puun lahoamista ja puun lahoaminen metallin ruostumista. Tämän tyyppinen korroosio on erityisen ongelmallista meriympäristössä, jossa suolavesi kiihdyttää sähkökemiallista korroosiota. Korroosio ja laho vaativat samankaltaiset olosuhteet menestyäkseen (kosteus/ilma/lämpötila).

Koska metalliosien tehtävänä on myös tukea portin puuosia ja liitoksia, niiden ruostuminen romahduttaa portin rakenteen nopeammin kuin puuosien lahoaminen. Tavallisesti pultit ja naulat ruostuvat puun sisällä aina vaan ohuemmiksi kunnes ne lopulta ruostuvat puhki tai katkeavat rasituksesta. Samalla kun rautanaula ruostuessaan ohenee se kadottaa otteensa samanaikaisesti lahoavaan puuhun.

Varmin keino tarkastaa pulttien kunto on irrottaa ne puusta. Monesti tämä ei kuitenkaan onnistu ja etenkin naulojen kohdalla pitää tarkastella ympäröivää puurakennetta. Lahonneeseen puuhun piikki uppoaa helposti ja koputtaessa ääni eroaa terveestä puusta.

Merkittävää korroosiota teräksessä ilmenee, kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 80 % ja lämpötila 0 °C. Vertaamalla näitä arvoja puun kosteustasapainotaulukkoon saadaan tulokseksi 17 % puun kosteus. Puu kuitenkin muuttuu syövyttäväksi, ja metalliosat alkavat ruostua siinä vasta, kun puun kosteusprosentti ylittää 18 %. Erotus selittynee puun ja teräksen rajapinnan lievällä hapen puutteella. Puun kosteuden lisääntyminen kasvattaa korroosion riskiä, mutta korroosio hidastuu hapen puutteen johdosta puun syiden kyllästymispisteen yläpuolella. Korroosio on pahimmillaan ruostuvalla teräksellä yhteen liitetyissä eri puulajien liitospinnoissa, joiden väliin pääse tunkeutumaan ulkopuolista vettä. Kosteissa olosuhteissa puusta vapautuu myös korroosiota aiheuttavia aineita, kuten etikkahappoa, muurahaishappoa ja formaldehydiä. Uunikuivatussa puussa on myös enemmän etikkahappoa kuin ulkokuivatussa. (Kubler 1992.)

Teräsosien korroosio alkaa yleisenä korroosiona puun kosteuden reagoidessa kemiallisesti teräksen kanssa vapauttaen siitä rauta-ioneja. Rauta-ionit ovat aktiivisia katalyytteja, jotka kiihdyttävät kemiallisia reaktioita heikentäen puun soluseinämiä. Korroosion edetessä rakokorroosiovaiheeseen metalliin muodostuu heikko elektrolyyttinen kenno, jossa on hapen pää (anodi) ja emäksinen pää (katodi). Syynä korroosioparin muodostumiselle ovat puun ja metallin rajapintojen happipitoisuuserot; happiköyhempi alue eli syvemmillä puussa oleva metallinosa muodostuu anodiksi ja muodostaa lisää rauta-ioneja. Katodireaktiot eivät vaurioita puuta, mutta lisääntynyt happamuus anodilla aiheuttaa vakavaa selluloosan hydro-

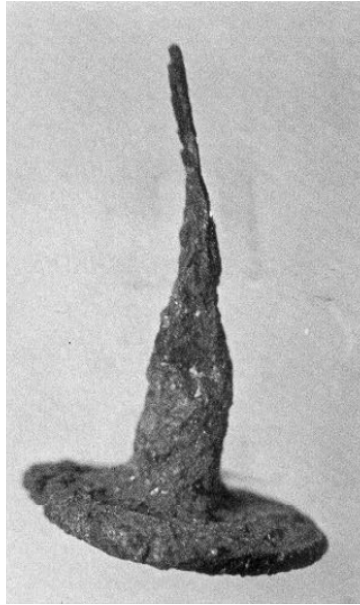
lyysiä ja heikentää puuta lisää rakenteellisesti. Tämä ilmenee suurentuneina naulanreikinä (ns. nail sickness), joita ympäröi murentunut ja mustunut puu. Myös puun luonnollinen happamuus edesauttaa raudan ruostumista. Metallin korroosion aiheuttama puun heikentyminen riittävän kosteuden kanssa aiheuttaa lopulta varsinaisen lahon kehittymisen ympäröivään puuhun. Ruskolahon heikentämä taas puu on huokoista, ja se imee runsaasti vettä sisäänsä kiihdyttäen metalliosien korroosiota. Korroosion edetessä riittävän pitkälle metalli-ionien toksisuus ja alhainen pH lopulta tappavat lahon metalliosan ympäriltä. Tosin vahinko on jo tapahtunut ja lahoaminen jatkuu vapaasti ympäröivässä puussa. (Ritter 1990; Baker 1980.)

Kuparimetalleilla korroosiomekanismi puussa on hieman erilainen. Kuparin ja puun rajapintaan muodostuvat kupari-ionit huuhtoutuvat pois katodilta muodostuksen jäljelle jääneistä kupari-ioneista korroosioparin. Tällöin korkeamman ionipitoisuuden omaavasta naulan varresta tulee katodi ja kannasta anodi. Katodissa muodostuvat hydroksyyli-ionit tuhoavat emäksisellä reaktiolla ympäröivän puun.

Lämpökäsitellyssä puussa teräksen ruostuminen nopeutuu puun kohonneen happamuuden vuoksi. Paineekyllästetyn puun sisältämät kuparisuolat aiheuttavat lisäksi galvaanisen korroosion teräsosien kanssa.

5.7 Metallin ja puun välisten reaktioiden estäminen

Metallin ja puun välisen korroosion riskiä kasvattavat aika, käyttöolosuhteet, metallin korroosion kestävyys, puun syövyttävyyys, lahonkestävyys ja painekyllästys. (Kuvio 29.) (Kuvio 30.) Koska portin oletettu käyttöikä on jopa 50 vuotta, on metallin ja puun välisen korroosion riski suuri. (Smith 1982.)



KUVIO 29. Puun sisällä ruostunut naula.

2A Risk of corrosion				
Conditions		Risk of Corrosion		
		Low	Medium	High
Life of structure	semi-permanent permanent		X	X
Exposure	indoor, heated covered, unheated open	X	X	X
Corrosivity of wood (Table 1)	high or fairly high moderate		X	X
Situation	within 1 km of coast 1-5km from coast inland	X	X	X
Wood treatments	salt seasoning fire retardant inorganic preservative, fresh inorganic preservative, aged organic preservative	X X	X	XX X

KUVIO 30. Korroosio alttius eri ympäristöissä. (National Physical Laboratory 2003.)

Korroosiota voidaan parhaiten välttää pitämällä puu kuivana, käyttämällä ruostumattomia metalliosia sekä pintakäsittelyillä. Kaikki toimenpiteet, jotka vähentävät puun lahoamista tai teräksen korroosiota, yleensä myös vähentävät puun ja metallin välisiä reaktioita.

Puulajin valinnalla voidaan hieman vaikuttaa metallin korroosioon. Puulajit joiden pH on alle 5, muuttuvat syövyttäväksi puun kosteuden ylittäessä 18 %. (Kuvio 31.)

PUULAJI	SYÖVYTTÄVYYS	pH-ARVO
Tammi	Hyvin syövyttävä	3,35 – 3,9
Oregonmänty	Kohtalaisen syövyttävä	3,45 – 4,2
Lehtikuusi	Kohtalaisen syövyttävä	3,45 – 4,2
Mänty	Kohtalaisen syövyttävä	3,45 – 4,2
Tiikki	Kohtalaisen syövyttävä	4
Kuusi	Ei kovin syövyttävä	4,65 – 5,45
Jalava	Ei kovin syövyttävä	4
Afr. mahonki	Ei kovin syövyttävä	5,1 – 6,65
Iroko	Ei kovin syövyttävä	5,4 – 7,25

KUVIO 31. Eri puulajien syövyttävyys. (Broch 1995.)

Kuumagalvanoidut teräkset soveltuvat vähemmän syövyttävälle männylle ja kuuselle, mutta hyvin hapan tammi vaatii ruostumattoman teräksen tai kuparin käyttöä. Toisaalta teräskiinnikkeet voivat kestää pitkäänkin tammen kaltaisissa tiiviissä, huonosti hengittävissä puulajeissa. Hapen puute ja hiilidioksidi hajottavat niissä alkavan korroosion tuotteita vähentäen merkittävästi haitallisen etikkahapon vaikutusta.

Käsittlemättömässä puussa voidaan käyttää ruostumattomasta, haponkestävästä tai kuumasinkitystä teräksestä (sinkikerros 90 µm), valmistettuja metalliosia. (Kuvio 32.) Myös kupari, messinki ja alumiini kestävät puussa normaaliolosuhteissa hyvin. Tervakarkaistua terästä on käytetty puussa menestyksekkäästi jo vuosisatoja mutta sen kestävydestä ei löydy mitään tutkimustuloksia. Tammessa voi kosteissa olosuhteissa esiintyä korroosiota A2- luokan (EN 1.4301) ruostumattomassa teräksessä. Pintakäsittelyllä voidaan metallien korroosionkestävyys jopa kaksinkertaistaa.

2B Corrosion behaviour of metals in wood				
Metal		Corrosion behaviour		
		Poor	Medium	Good
Steel	uncoated	X		
	zinc coated		X	
	zinc coated plus paint			X
	plastic coated			X
Aluminium			X	
Copper alloy			X	
Stainless steel				X
Monel				X
Insulation, plastic or bituminised				X

KUVIO 32. Metallien korroosion alttius puussa. (National Physical Laboratory 2003.)

Kosteissa olosuhteissa tai kyllästysaineille altistuen sinkittyjen tuotteiden pitkäaikaiskestävyys ei ole riittävä. Sähkösinkityt ruuvit ja naulat (sinkkikerros 5-12 µm) ovat sinkkikerrokseltaan aivan liian ohuita pitkäaikaiseen ulkokäyttöön. Kupariset koristenaulat voivat aiheuttaa galvaanisen korroosion puussa teräsosien läheisyydessä. (Yli-Koski 2005.)

Ulko-olosuhteissa tulee kaikissa kantavien ja muiden henkilöturvallisuuteen liittyvien rakenteiden kyllästetyn puutavaran liitoksissa käyttää ruostumattomasta teräksestä valmistettuja liitososia ja liittimiä. Ruostumattomat teräslaadut A2 (EN1.4301) ja A4 (EN 1.4401) kestävät erittäin hyvin korroosiota painekyllästetyssä puussa. Ruostumattomien terästen kestävyys puusta haihtuvia aineita vastaan on myös erittäin hyvä. Pitkäaikaisessa käytössä kosteissa olosuhteissa sinkityt naulat eivät kestä painekyllästetyssä puussa. (Baker 1992.)

Kyllästysaineen kupari muodostaa galvaanisen parin ruostumattoman teräksen ja alumiinin kanssa, eikä niitä saa käyttää painekyllästetyssä puussa.

Lämpökäsitelty puu on normaalia happamampaa, ja myös siihen suositellaan ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kiinnittimiä. Kuumagalvanoituja kiinnikkeitä voidaan kuitenkin käyttää peittomaalauksen alla.

6 SUUNNITTELU- JA VALMISTUSOHJEITA

6.1 Yleistä

Vaurioiden välttämiseksi portit on suunniteltava, rakennettava ja huollettava niin että kaikki puuosat pysyvät kuivina tai pääsevät kostuttuaan kuivumaan nopeasti. Rakenteellisilla ratkaisuilla pyritään sekä estämään veden pääsy sisälle portin rakenteeseen että takaamaan sen pääsy pois rakenteista mahdollisimman nopeasti. Varminta on suunnitella portin rakenne niin, että se tarvittaessa kestäisi ulkokäytössä ilman pintakäsittelyäkin.

Uusi portti rakennetaan mikäli vanhaa ei ole, se ei sovi kaupunkikuvaan tai sen ollessa korjauskelvoton. Uudet portit rakennetaan aina entistäen vanhan portin, valokuvien tai piirustusten perusteella tai muuten rakennusten tyylin sopivasti.

Nämä ohjeet perustuvat läpikäytyihin faktoihin ja vanhoissa porteissa havaittuihin valmistusvirheisiin. Ohjeilla pyritään takaamaan portille mahdollisimman pitkä käyttöikä. Puu portin materiaalina kestää satoja vuosia, mutta se voidaan helposti tuhota väärillä valmistusmenetelmillä ja huollon puutteella.

6.2 Koko ja mittasuhteet

Portin mittasuhteet ja koko ovat olennaisia tekijöitä portin kestävyuden kannalta. Liian suuri ja raskas rakenne hajottaa portin rakenteet ennen aikaisesti. Portin kokoa ja mittasuhteita suunniteltaessa pitää myös miettiä niiden sopivuus viereisiin rakennuksiin. Vanhassa Raumassa on joitakin hyvin raskasrakenteisia portteja, joita on turhan hankala käyttää. Yleensä niitä pidetäänkin avoinna, vaikka porttien pitäisi ulkonäöllistä syistä olla aina suljettuina. Toisaalta kaupungilta löytyy myös liian kevytrakenteisiä ovilehtiä, jotka notkuvat pahasti käytettäessä. Mikäli porttiin pitää tehdä teräskehikko, se on yleensä liian suuri Vanhaan Raumaan.

Yleisten suunnitteluohjeiden mukaan sopiva portin leveys jalankulkijalle on 900 – 1200 mm, henkilöautolle 2500 mm ja kuorma-autolle 3000 mm. Portin kehikon

mittasuhteet voivat vaihdella välillä 1/1 - 2/3 (leveys/korkeus). 1/1- mittasuhte on Vanhassa Raumassa yleisin ja se sopusuhtaisena rakenteena miellyttää useimpien silmää. Portin korkeuden on kuitenkin sovittava viereisten talojen arkkitehtuuriin. Määräviä tekijöitä ovat rakennusten lista-, räystääs- ja ikkunalinjat.

Nykyään harvaan rakennukseen pitää päästä kuorma-autolla. Mikäli portista kuitenkin on mahdollista kuorma-autolla, lienee parempi jättää yläpuu kokonaan pois kuin tehdä liian korkea portti. Yläpuusta voi tosin tehdä tarvittaessa irrotettavan, mutta sitä on painavana hyvin vaikea saada pois paikaltaan. Jätettäessä yläpuu jätetään pois pitää portin perustukset valaa yhtenäiseksi, jotta rakenteesta saadaan riittävän tukeva. Kannattaa myös miettiä vaihtoehtoa, jossa portin yläpuun ja portinlehtien väliin jätetään reilusti tyhjää tilaa.

Portin maavaraksi riittää kivipohjalla 10 cm. Maapohjalla sen pitää olla vähintään 20 cm, jotta maaperän kosteus ei pääse portin rakenteisiin. Porttia vasten kinostunut lumi pahentaa kosteuden imeytymisongelmaa. Liian korkea maavara mahdollistaa kuitenkin varkaiden pääsyn portin alta pihaan.

6.3 Materiaalit

Mänty on perinteisesti ollut porttien rakennusmateriaali Vanhassa Raumassa. Tiheäsyisen männyn sydänpuu on riittävän lahonkestävää ulkokäyttöön mutta pintapuun käyttöä pitää välttää. Mäntyä käytettäessä valikoidaan tiheäsyistä ja vähäoksaista laatuluokkien A1-A2 puuta. Hyvin lahoa kestävä tammi on erinomainen materiaali portteihin mutta valitettavan kallis. Kuusi ja lehtikuusi ovat molemmat käyttökelpoisia, tosin riittävän oksattoman materiaalin löytäminen on hyvin haastavaa. Mikäli portin rakenne on suunniteltu oikein, ei painekyllästetyn puun käyttö tarjoa mitään etuja. Lämpökäsitelty puu on hyvin lupaava materiaali, mutta siitä ei ole toistaiseksi tehty portteja. Kaikki em. materiaalit ovat helppoja työstää ja niiden liimaus ja pintakäsittely on vaivatonta. Ainoastaan painekyllästetty puu tuottaa ongelmia, jotka on käsitelty painekyllästetty puu- kappaleen yhteydessä. Painekyllästetyn puun käyttö on joka tapauksessa aiheellista rajoittaa kohteisiin, jotka

ovat alttiita vakavalle lahovauriolle. Lopullinen materiaalivalinta on käytännössä suunnittelijan ja asiakkaan päätös.

Käytettävän puun on ehdottomasti oltava ulko-kuivaa, sopiva kosteus lienee noin 15 %. Kosteamman puun käyttö vaikeuttaa liimausta ja pintakäsittelyä. Puusepänkuivan (6 -12 %) puun käyttö taas aiheuttaa ongelmia puun turpoamisen ja muodonmuutosten johdosta.

Männyn pintapuusta höylätyt laudat eivät kestä portin tavoiteltua 50 vuoden käyttöikä. Jos niitä kuitenkin joutuu käyttämään, pitää ne ehdottomasti painekyllästää. Vaihtoehtoisesti portin rakenne on suunniteltava niin että lahonneet laudat ovat helposti vaihdettavissa. Siveltävät suoja-aineet saattavat suojata pinnan joskin aikaa mutta lauta lahoaa silti sisältä. Erityisen ongelmallisia ja vältettäviä tapauksia ovat rakenteet, joissa lautojen alapääät ovat portin alapinnan tasolla lähellä maanpintaa.

Kosteuselämisen vähentämisessä laminointi on erinomainen keino. Tavanomaisen liimapuulevyn kosteuselämisen hallinta onkin hankalampaa kuin vanerin. Vaneri ei myöskään halkea läpi kuten vastaava liimapuulevy saattaa tehdä. Vanerin liimauksen pettäessä tuloksena on kuitenkin ruman näköinen pullistuma. Mikäli vastaavan puupinta halkeaa, niin lopputulos sopii silti Vanhaan Raumaan.

Suurin osa suomalaisista ristiinliimatuista vanerituotteista on valmistettu käyttäen fenoliformaldehydiliimaa. Tämä liimausmenetelmä mahdollistaa tuotteiden käyttämisen märissäkin ulko-olosuhteissa (käyttöluokka 3). Vanerien reunat voidaan lisäksi käsitellä kosteutta eristävillä aineilla, mutta ne ainoastaan hidastavat, eivät estä kosteuden tunkeutumista vanerin sisäosiin.

Vanerilla saadaan siisti puupinta, ja samalla se jäykistää portin rakennetta. Se on kuitenkin porteissa varsin ongelmallinen materiaali. Ulkonäöllisesti vaneripinta eroaa aina puupinnasta, mikä korostuu portin vanhetessa. Vanerin pinnan mikrohalkeilua ei pysty ulkokäytössä millään estämään ja pinnasta tulee vanhetessaan ruman näköinen. Vanerin halkeilu johtuu viilujen sorvauksen yhteydestä syntyvistä vaurioista, ja kosteuseläminen pahentaa niiden aiheuttamia halkeamia. Vaneriin

on myös vaikeaa löytää maalia, joka kestäisi sen pinnan mikrohalkeilun. Maalin pysyvyyttä saadaan parannettua hiomalla vanerin pintaa karkealla hiomapaperilla.

Toinen ongelma on vanerin helppo lahoavuus. (Kuvio 33.) Vanerin lahonkestävyys on yhtä hyvä kuin puumateriaalin, josta se on valmistettu. Etenkin koivu- vaneri lahoaa helposti eikä havuvaneri ole juurikaan kestävämpää. Vanerin pintaviilu on yleensä tukin pinnasta sorvattua pintapuuta, joka lahoaa erityisen herkästi.



KUVIO 33. Puu on edelleen hyvässä kunnossa mutta vaneri on jo täysin lahonnut.

Mikäli vaneria käytetään näkyvissä pinnoissa, sen pitää olla leikattua tammivaneria. Teak-vanerin lahonkestävyys on vielä parempi mutta sen pinnassa pella-vaöljymaali ei pysy kiinni. Tammivaneria ei kuitenkaan ole saatavissa riittävän paksuina dimensioina (20 mm), joten sitä pitää valmistaa itse liimaamalla useita vanereita yhteen. Tavallista vaneria ei pidä käyttää näkyvissä pinnoissa lainkaan sen halkeilun ja lahoamisherkkyyden vuoksi. Mikäli lautaporteissa käytetään tukivaneria, sen pitää olla lahonkestävää tammivaneria tai painekyllästettyä vaneria. Vesivanerin käytöstä ei ole mainittavaa hyötyä, koska sen reunasuojaus joudutaan

sahaamaan pois ja pinta lyödään täyteen naulanreikiä. Vesivanerin käyttö saattaa lautaportin tapauksessa jopa nopeuttaa sen lahoamista.

Painekyllästetyn vanerin saatavuus on hyvin rajoitettua mutta vaneria voi painekyllästä itse toimittamalla sen kyllästämöön. Kyllästettävän vanerin pitää olla mäntyvaneria. Kylläste ei tunkeudu kunnolla kuusiviiluun ja koivuvanerin lahonkestävyys ei olennaisesti parane kyllästämällä. Fenoliliima kestää hyvin kyllästysprosessin mutta vaneria pitää varautua kuivattamaan pitkään kyllästyksen jälkeen. Vanerin pinnan halkeilemiseen ja vanhenemiseen painekyllästys ei vaikuta.

Paras vaihtoehto porteissa lienee sekä rakenteellisesti että ulkonäöllisesti puusepän valmistama vaneria vastaava puurakenne. Kolme ristikkäin liimattua puulevyä estävät sekä halkeamisen että vähentävät kosteuselämistä. Ristiinliimattu liimalevy ei halkea eikä pullistele mutta on työläs tehdä. Erikoisvanerit tai ristiinliimattu liimapuurakenne maksavat, mutta niillä saattaa saada porttiin 20 vuotta lisää käyttöikä.

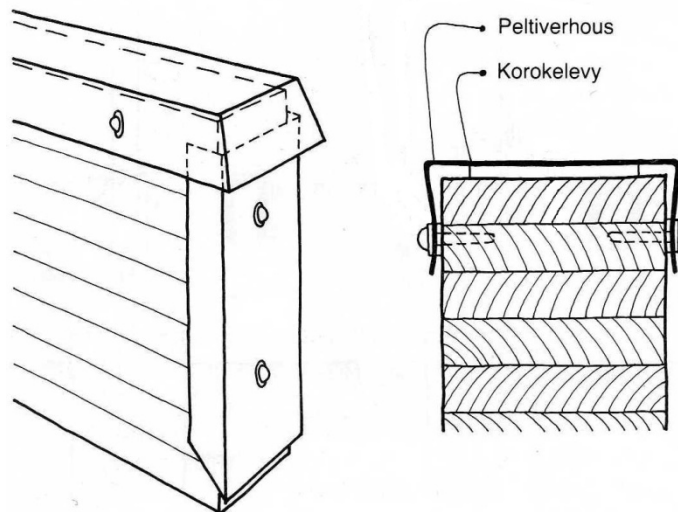
Porteissa käytetyt saranat ja muut metalliosat ovat yleensä tavallista rakenneterästä. Ruostumattomasta teräksestä taottuja saranoita on tosin saatavissa. Rakenneteräksiset osat pitää kuumasinkitä tai muuten pintakäsitellä huolellisesti niiden käyttöiän pidentämiseksi. Erityisesti kosteaan puuhun upotettavat metalliosat on käsiteltävä asianmukaisesti tai käytettävä ruostumatonta terästä. Saranoiden, pulttien ym. toisiinsa liitettävien metalliosien pitää olla samaa metalliseosta. Eri seosmetallien käyttöä pitää ehdottomasti välttää tai ne pitää eristää toisistaan aluslevyillä.

6.4 Rakenneratkaisut

Vaikka sadeveden vaikutusta portin puuosiin ei voida kokonaan estää, sitä voidaan huomattavasti vähentää rakenteiden oikealla suunnittelulla ja puuosien muotoilulla. Kaikki vettä imevät poikkileikkauspinnat suojataan ja rakenteessa välteetään vettä kerääviä detaljeja. Liitoskohdat ja vaakapinnat muotoillaan, niin että sadevesi ja sulava lumi pääsevät valumaan tai haihtumaan niistä nopeasti pois.

Portin yläpuoliset rakenteet suojataan pellittämällä tai erillisellä paanu- tai tiilikatteella. (Kuvio 34.) Tasaisille pinnoille kertyvä vesi johdetaan pois reunoja viistämällä tai kallistamalla puupintaa. Mikäli portinlehtiä pidetään auki, on niiden yläpinta ehdottomasti pellitettävä.

Ympäröivien rakennusten puutteelliset räystäät ja vesikourut ohjaavat pahimmillaan sadeveden suoraan portin päälle. Normaalisti rakennuksissa on 500 mm räystäät, mutta porteissa riittävät huomattavasti lyhyemmät.



KUVIO 34. Yläpintojen pellitys.

Portin kehikko voidaan valmistaa joko massiivipuusta tai liimapuupalkkina. Massiivipuuisen tolpan pinta halkeilee mutta sen halkeamat sopivat hyvin portin ulkonäköön. Lujuuteen halkeamilla ei juuri ole vaikutusta ja niiden lahovaikutus massiivisissa tolmissa on vähäinen. Käyttämällä liimapuupalkkeja puun pinnan halkeilu saadaan lähes eliminoitua. Liimapuupalkit voidaan joko ostaa alihankintana tai ne liimataan itse. Palkkien valmistaminen on työlästä, mutta tällöin voidaan samalla varmistua raaka-aineen laadusta. Mikäli perustuksissa käytetään tolpan sisään upotettavia teräskiinnikkeitä, on niiden vaatima kolo helpointa tehdä liimauksen yhteydessä. Puutolppien pitää olla kooltaan vähintään 150 * 150 mm, sillä ohuemmat ovat liian kevytrakenteisia. Portin kehikko valmistetaan liimapuupalkkeista niin, etteivät liimasaumat tule näkyviin portin julkisivuilla.

Puutolppia ei saa koskaan asentaa suoraan betonin päälle, sillä se voi aiheuttaa pahan kapillaari-ilmion. Puu on aina erotettava betonista joko teräsholkilla, bitumikermillä, kumimatolla tai perustus on tehtävä ilman suoraa kosketusta. Betoniperustuksen on hyvä olla pinta-alaltaan hieman tolppaa pienempi, jotta sadevesi ei kulkeutuisi liitospintaan. Perustustavasta huolimatta tolpan alapinnan pitää olla hieman maanpinnan ylempänä.

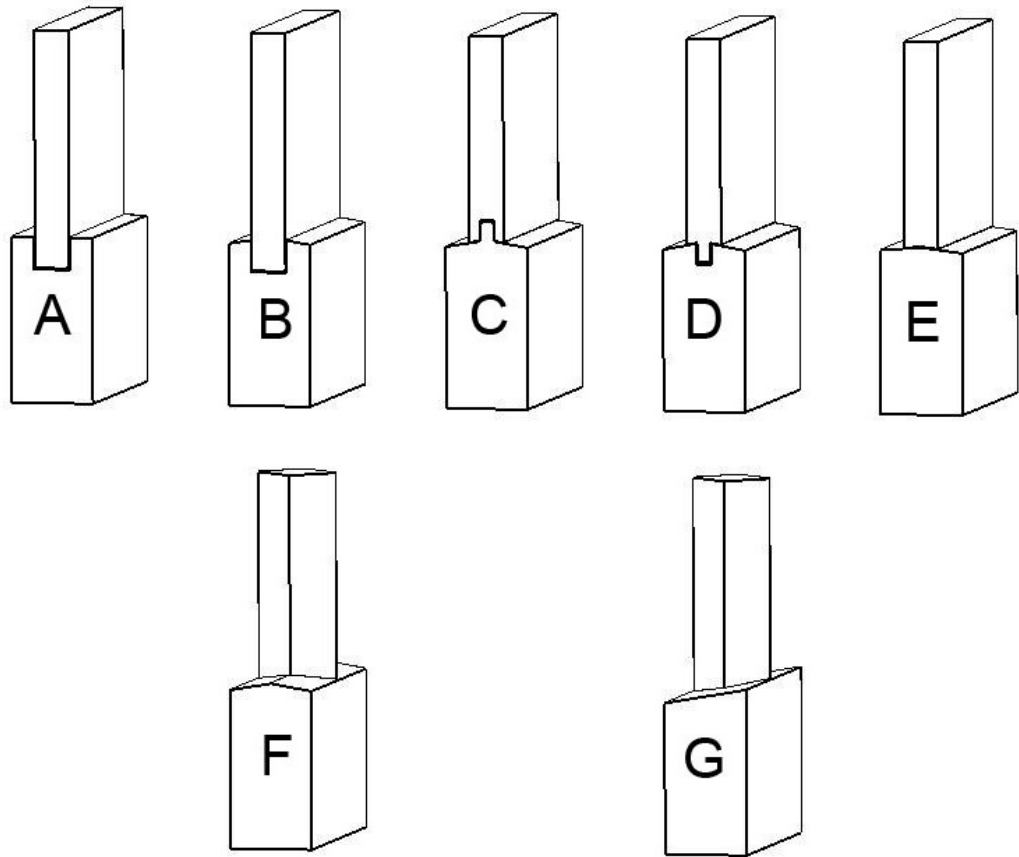
Porteissa voidaan käyttää ainoastaan tappiliitoksia, ja liitokset on liimattava täysin säänkestävällä liimalla. Poratappiliitosten lujuus ja kestävyys eivät riitä rankoissa ulko-olosuhteissa. Toistuvasta kosteuselämisestä johtuen portin tappiliitokset liimauksesta huolimatta löystyvät. Kaikki tärkeät liitokset pitää varmistaa liitoksen läpiporatulla esim. 10 mm:n radiaalisuuntaisella tapilla. Läpiporauksen voi jättää hieman vajaaksi portin julkisivulta, jolloin esteettinen haitta on vähäisempi. Varmistustapit kannattaa mahdollisuuksin mukaan sijoittaa kohtiin, joissa ne jäävät saranan alle peittoon. Näkyvimmissä paikoissa puutapin voi vielä peittää normaalilla puupaikalla, jolloin paikan kosteuseläminen on sama kuin muunkin portin. Tappiliitokset on tehtävä niin, ettei vesitaskuja pääse muodostumaan, tai liitokset on suojattava pellittämällä. Kaikki liitokset ja liimaukset pyritään tekemään mahdollisimman lähellä loppukäyttökosteutta

Perinteistä läpitaipitusta ei voi käyttää porttien ovilehdissä tai kehikossa. Läpitaipituksessa muodostuisi vesitaskuja ja vesi pääsisi samalla tunkeutumaan suoraan vaakapuiden poikkipintoihin.

Leveitä jiiriliitoksia ovilehden kehyksissä pitää välttää. Puun syysuuntien erisuuruisen kosteuselämisen vuoksi jiirisaumat poikkeuksetta aukeavat. Jiiriliitos voidaan tarvittaessa tehdä jyrsimällä, jolloin lautojen lapepinnat saadaan liimattua yhteen. Varmistamalla liitos vielä puutapeilla taustapuolelta saadaan kohtalainen lopputulos. Rakenteellisissa liitoksissa jiiriliitosta ei voi käyttää.

Kuvan A- liitostapaa kuviossa 35 pitää ehdottomasti välttää vaakaliitosten yläpinnoilla. Valitettavasti se on ollut yleisin porteissa käytetty peilirakenteen liitostapa. Kosteus pääsee tunkeutumaan siinä suoraan liitoksen väliin eikä sadevesi myös-

kään ohjaudu pois vaakapinnalta. Liitoksia suunniteltaessa pitää muistaa että vesi imeytyy kaikkiin alle 4 mm rakoihin kapillaarisesti. Liitokset voi tietysti tiivistää käyttämällä elastisia saumamassoja mutta ratkaisu ei ole pysyvä eikä myöskään esteettinen. Parhaiten tiivistykseen soveltuvat 2-K venesaumamassat. Liitoksella on kuitenkin huomattavia etuja: se on helppo tehdä ja se tukee portinlehden rakennetta. Se on ainoa käyttökelpoinen liitostapa peilirakenteen ylä- ja pystypinnoilla, koska muuten portin rakenteesta tulee liian vaikea toteuttaa. B- liitostapa on jo rakenteellisesti parempi sillä se ohjaa sadeveden pois vaakapinnoilta. Vesi pääsee edelleen suoraan tunkeutumaan liitospintojen kautta rakenteeseen. C- liitostapa on suositeltavin useimmissa tapauksissa. Pontti pitää tehdä hieman löysäksi, jotta se ei turvotessaan halkaise liimalevyn pintaa. D on vaihtoehtoinen liitostapa, joka toimii paremmin ohuissa peilirakenteissa. Samoin sitä pitää soveltaa pystypaneelien alapintojen liitoksissa. Paneelin alapintaan jyrsitään paneelia ohuempi ja kapeampi tappi. Kehikkoon ei jyrsitä yhtenäistä asennusuraa, jotta vältytään ylimääräisiltä vesitaskuilta paneelien pystysaumojen kohdalla. Tappien kohdille porataan leveyssuunnassa löysät kolot, jotka sallivat paneelin kosteuselämisen. Liitosta ei saa liimata! Paneeliliitosten ylä- ja pystyliitokset tehdään A-liitostavan mukaisesti. Yksinkertaistettu liitos E soveltuu kapeisiin peilirakenteisiin, joissa peili ei pääse pullistumaan pois urastaan.



KUVIO 35. Liitosmalleja.

Ristikkorakenteiden pystyliitoksiin soveltuvat kuvan F ja G liitostavat. Liitostavat vaativat pyöreän, lahonkestävän poratapin käyttämistä viistettyjen alapintojen liitoksiin. Liitokset tasaisiin yläpintoihin tehdään tapittamalla, jolloin ne estävät ristikkopuun pyörimisliikkeen.

Vanhan Rauman porteissa on lähes poikkeuksetta aivan liian pienet välykset. Saranoiden virheellinen asennus ja ovien roikkuminen vielä pahentavat tätä ongelmaa. Sopiva välys oven ja tolpan välillä on 5 - 10 mm ja ovilehtien välillä 10 - 15 mm. Portin ovilehti turpoaa noin 1 mm kosteus % kohti ja tämä pitää ottaa huomioon jo porttia valmistettaessa. Ovilehtien välinen välys saattaa hävitä syksyisin kokonaan, ellei turpoamista ole ennakoitu. Koska saranat sitovat ovilehden rakennetta tasaisesti koko sen leveydeltä, myös ovilehden ja tolpan välinen välys poikkeuksellisesti pienenee ovilehden turvotessa.

Saranoiden pitää olla riittävän vankkatekoiset ja tarpeeksi pitkät, jotta ne toimisivat kunnolla ja tukisivat ovilehden rakennetta. 8 mm lattaraudasta valmistetut saranat ovat riittävän tukevia isoonkin porttiin. Saranan pituuden tulee olla vähintään 2/3 portinlehden kokonaisleveydestä.

Portin saranoiden ensisijainen funktio on toimia portin avausmekanismina ja toissijaisesti tukea portin rakennetta. Laattaraudasta hitsatuista saranoista ei saa tehdä mitään koristerakennetta porttiin. Koristeelliset takosaranat sen sijaan sopivat hyvin arvokkaampiin portteihin. Vanhojen porttien sepän takomat saranat, kahvat ja salvat otetaan talteen ja hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan uudessa portissa.

Saranat kiinnitetään portinlehteen yleensä kansiruuveilla. Läpimeneviä lukkopultteja saranan naaraskappaleen kiinnityksessä kannattaa välttää. Pulttien reiät eivät välttämättä osu julkisivun puolella sopiviin paikkoihin ja lopputulos voi olla todella pahan näköinen. Suurimmat portit kuitenkin vaativat läpiporatun lukkopultin niiden suuremman lujuuden ja saranoiden kiinni pysyvyyden varmistamiseksi. Tällaisessakin tapauksessa kannattaa kansipultteja käyttää kohdissa, jotka rikkosivat julkisivun pintarakenteen. Uroskappale vaatii tolpan lävistävän pultin käyttöä, jotta saranan kiinnitys olisi riittävän luja. Kansiruuveilla kiinnitettynä se saattaa repeytyä irti tuulen paiskoessa ovilehteä. Saranoinnista tarkemmin työseloituksen yhteydessä. Pienenpien ruuvien käyttöä pitää ulkonäöllisistä syistä välttää mutta esim. säpin kiinnityksessä ne ovat paikallaan. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää kotkattuja takonauvoja.

Porttien lautaovissa käytetään usein vaakatasossa kiristyskiiloja tukemaan oven rakennetta. Perinteisesti sekä rakenteellisesti oikein tehty kiila ylettyy lähes koko ovilevyn mitalle. Sen on lievän kiilan muotoinen sekä pituus, korkeus että oven pinnan suuntaisena. Kiila lyödään saranapuolelta oven pintaan jyrstyyn noin 10 mm syvään koloon. Oikein tehty kiila sekä sitoo oven kasaan että pitää sen ryhdissä. Ovilehden pintaan naulatut suorakulmaiset palkit ovat pelkästään epäonistuneita koristeita.

Portinlehden poikkileikkauksen symmetrisyys pitää ottaa huomioon, erityisesti jos sen pintaan liimataan vaneria. Vain toiselle puolelle liimattu vanerilevy pullistaa portinlehden varmasti.

Peilien pintaan liimattavia puuosia ei tarvitse varmistaa ruuviliitoksilla, sillä PFR-liimalla saadaan erittäin kestävä liimasauma. Osat pitää kuitenkin tehdä hieman vajaiksi, jotta ne eivät turvotessaan avaisi portinlehden liimaliitoksia. Liimauksen aikana osien paikallaan pysyminen voidaan varmistaa esim. puutapein. Ruuvit tulevat kittauksesta huolimatta aina esiin maalin alta ellei niitä peitetä kokonaan puupaikoilla.

Irrallisten, nauloilla kiinnitettyjen listojen käyttöä pitää ehdottomasti välttää. Mikäli listoja käytetään, ne pitää aina liimata kiinni portinlehden runkoon. Peilirakenteeseen niitä ei saa millään tavalla kiinnittää, koska sidottu peili halkeaa kosteuseläessään. Kourulistat kehikoissa peilin ympärillä muodostavat vesitaskuja. Portinlehtien väliseen saumaan ei saa asentaa peitelistää. Listoituksesta ei ole mitään hyötyä eikä se myöskään pysy paikallaan.

Erillinen käyntiovi portinlehdessä rikkoo portin rakenteen ja sitä on käytännössä vaikea saada hyvin toimivaksi. Rakennetta pitää välttää, mutta joissakin tapauksissa käyntiovi on mahdollista toteuttaa joko portinlehden reunassa tai sen keskellä. Portin rakennetta pitää tällöin vahvistaa poikittaistuilla ja/tai järeämmillä sarakkeilla.

Käytettävien ristikkorakenteiden pitää olla riittävän tukevarakenteisia, jotta ne eivät vääntyilisi. Kevytrakenteiset koristeristikkorakenteet eivät sovi portteihin. Upotettavat ristikkorakenteet voidaan tehdä muuta porttia kuivemmasta puusta, jolloin puu turvotessaan tiivistää tappiliitokset.

6.5 Liimaus

Portin valmistuksessa voi käyttää ainoastaan täysin säänkestäviä liimaa, jonka hyvät lujuusominaisuudet säilyvät myös pitkäaikaiskuormituksessa.

Ensisijainen liima kosteiden tilojen ja säälle alttiiden kohteiden liimaukseen on fenoliresorsinoliliima. Se kestää erittäin hyvin sekä toistuvaa puun kosteuselämistä että jatkuvaa altistumista kosteudelle. PRF kovettuu huoneenlämmössä ja sen tumman ruskeanpunaisesta liimasaumasta tulee täysin säänkestävä. Liima on sekä lujuudeltaan että kemiakaaliselta kestävyydeltään puuta parempi. Insinööriyönä tehdyn portin aihoiden liimaukseen käytettiin Cascon 1711 PFR- liimaa 2520-kovetteella. PFR- liimaa voidaan käyttää myös kasaustiimaukseen, tosin 4 tunnin puristusaika 20 °C lämpötilassa rajoittaa sen käyttökelpoisuutta.

Kemiallisesti kovettuvat mutta silti joustavuutensa säilyttävät PUR – liimat ovat kestäviä rakenneliimoja. PFR- liiman pitkäaikaiskestävyyteen ne eivät kuitenkaan yllä. Porteissa PUR-liimat sopivat kasaustiimaukseen, jossa vaaditaan liimalta joustavuutta tapin ja kolotun puun erilaisen kosteuselämisen johdosta. Insinööriyönä tehdyn portin aihoiden kasaukseen käytettiin Kleiberit 501 PUR- liimaa. Käytettäessä PUR-liimaa portin kasaukseen pitää liiman antaa kovettua kunnolla ennen jatkokäsittelyä. 1- komponenttisen PUR-liiman puristusaika 20 °C lämpötilassa noin 1 h ja jatkokäsittely voidaan tehdä 2- 3 h kuluttua. Koska porttien kasaukseen menee helposti puolikin tuntia, on liiman pitkä kuivumisaika pelkästään eduksi. Liimapintoja kostuttamalla saadaan nopeutettua PUR-liiman kovettumista.

Portin ovilehden puuosat pitää ehdottomasti liimata 2 tai 3 osasta, jotta ne eivät kosteuseläessään kieroutuisi. Liimasaumojen portin näkyvillä pinnoilla pitää välttää kaikissa puuosissa. Liimasaumat näkyvät maalipinnan alta ja auetessaan ne ovat erittäin ruman näköisiä. Liimaamalla aihiot esim. kolmesta 22 *150 mm laudasta saadaan ovilehdissä yleisesti käytetty 55 - 60 mm rakennepaksuus. Rakenteesta tulee tällöin huomattavan jäykkä, sen kieroutumisriski vähenee ja liimapinnat ovat vähemmän näkyvillä pinnoilla. Käytettävän laudan pitää olla sydänpuuta ja helpoiten sen saa tehtyä halkaisemalla 50 mm lankusta. Liimaamalla vastaava aihio 60 *50 mm soiroista tulevat liimasaumat näkyviin ja se on myös rakenteellisesti löysempi. Peilirakenteissa liimasaumat tulevat aina näkyviin.

Liimapuorakenteissa pyritään aina liimaamaan lautojen pintapuolet yhteen ja sydänpuolet ulospäin. Pintapuolet yhteen liimaamalla saadaan kestävämpi lii-

masauma. Lisäksi puu on yleensä sydänpuolelta vähäoksisempaa ja sen pinta halkeilee vähemmän, jolloin pintakäsittely helpottuu. Portin peilien liimalevyissä syysuuntaa pitää kuitenkin vaihdella, jotta levy pysyy suorana.

6.6 Muut tekijät

Mikäli portin päälle rakennetaan paanukatto, sen pitää olla perinteisesti tehty tervattu puupaanukatto. Paanukoristeiset bitumihuopakatot eivät kuulu Vanhaan Raumaan. Tiilirakenteisia katteita voidaan myös käyttää mutta yleisimmin portin yläosat pelkästään pellitetään.

Vanhan Rauman porttien lukkopultit ja jopa aluslevyt ovat lähes poikkeuksetta uponneet syväälle puuhun. (Kuvio 36.) Pultit ovat kesällä kiristetty kuivaan puuhun ja syksyllä ne ovat puun turvotessa uponneet sisään. Uponnut pultti murtaa puun pinnan aiheuttaen siihen vesitaskun ja paikallisen lahon. Esteettinen haitta on myös melkoinen.



KUVIO 36. Pulttien kantojen uppoaminen puuhun.

Puun turpoamisen aiheuttamat puristusmurtumat palautuvat vain osittain takaisin puun kuivuessa. Ongelma on kuitenkin ratkaistavissa poraamalla pulteille noin 2 mm esiupotus, jolloin ne eivät enää riko puun pintarakennetta sen turvotessa. Pultteja kiristettäessä on kosteuseläminen luonnollisesti otettava huomioon ja jätettävä ne asennettaessa hieman löysään. Saranoiden uroskappaleen läpiporattu pultti muttereineen voidaan upottaa kokonaan puun sisään ja peittää pyöreällä paikalla. Vaihtoehtoisesti upotusreikä voidaan peittää sorvatulla koristetulpalla.

Lämpökäsitellyn puun lujuus on syitä vastaan kohtisuoraan puristettaessa 30 % parempi kuin käsittelemättömän puun (Lämpöpuuyhdistys ry 2004). Parempi puristuslujuus ja huomattavasti pienempi kosteuseläminen vähentävät kosteuseläminen aiheuttamaa pulttien uppoamista puuhun.

Nykyaikaiset Abloy-lukot ja helat eivät sovi portteihin. Erityisesti kromattuja heloja pitää ehdottomasti välttää! Mikäli portti pitää saada lukkoon, on riippulukko sopivin vaihtoehto.

Varsinaisia nauloja Vanhassa Raumassa käytetään lähinnä lautaportteissa. Takonauloilla kiinnitetään porttien saranoita ja muita metalliosia. Takonaulojen kiinnitys tavallisesti varmistetaan kotkaamalla naulat takapuolelta. Ilman kotkausta puun kosteuseläminen ajaa naulat ajan myötä ulos puusta ja myös säpin ja hakojen käyttö löystyttää naulauksen. Konenaulaus ei sovi Vanhaan Raumaan, vaan naulat pitää aina lyödä vasaralla puuhun. Vasaralla lyödessä saattaa naulan kannan galvanointi tosin kärsiä. Nauloja ei saa lyödä sisälle puuhun vaan niiden kanta jätetään puun pinnan tasalle. Konenaulat ovat yleensä liian syvällä, jolloin naulan ympärille muodostuu vesitasku. Alumiini-, messinki-, kupari-, galvanoitu- tai rosteri naula sekä polttotervattu takonaula eivät ruostu puun sisällä eivätkä myöskään lahota sitä.

Portissa käytettävää naulatyyppejä kannattaa harkita tarkkaan. Tavallinen naula sopii yksinkertaisimpiin portteihin mutta ne pilaavat monesti arvokkaampien porttien ulkonäön. Koristeellisimpiin portteihin sopivimpia lienevät kupariset ja messinkiset koristenaulat tai sepän takomat naulat. Myös venenauloista löytyy hyviä vaihtoehtoja.

Portin laudoituksessa käytetään usein samaa paneelimalia kuin julkisivussakin. Porteissa käytettävien lautatyyppien pitää sopia sekä portin tyyliin että sen edustamaan aikakauteen. Uusimpien paneelimalien käyttöä porteissa pitää välttää. Vaakalaidoituksissa urosponntti asetetaan ylöspäin, pystylaidoituksissa keskisaumaan päin. Pystylautojen näkyviin jäävät alapinnat viistetään noin 15 ° kulmaan, jotta laudan pintaa valuva sadevesi pisaroituisi ja tippuisi alas.

Porteissa käytetään aina höylättyä lautta ja laudat pyritään naulaamaan puuhun sydänpuoli ulospäin. Leveimmissä laudoissa voidaan käyttää ”tappouraa” taustapuolella köyristymisen vähentämiseksi.

Tervattuihin lautaportteihin on aiheellista käyttää puusepänkuivaa lautta ja tappouraa taustapuolella. Musta terva kuivattaa puuta tehokkaasti etenkin auringonpaisteessa.

Kaikkien metalliosien ruostesuojauksesta on huolehdittava ja puuhun ei asenneta käsittelemättömiä eikä sähkösinkittyjä osia. Ruuviliitoksissa, jotka ovat alttiit korroosiolle, hiiliteräs ja ruostumaton teräs tulee eristää toisistaan sähköisen kosketuksen välttämiseksi. Eristäminen tehdään käyttämällä eristäviä aluslaattoja ja holkkeja.

Mikäli portissa käytetään maasalpaa, on ainoa toimiva tapa upottaa halkaisijaltaan suurempi putki maahan ja käyttää tämän sisällä irrallista, laipallista umpiputkea. Sisäputken täytyttyä hiekasta tms. se voidaan nostaa ylös ja tyhjentää.

Metalliportit ja betonitolpat eivät kuulu Vanhaan Raumaan! Kivitolppia käytetään usein aidanporteissa eli klinkkereissä.

Vanhassa Raumassa harva seinä on pystysuora, joten verrattuna viereisiin rakennuksiin suoraan asennettu portti näyttää usein olevan vinossa. Portit on kuitenkin aina asennettava pystysuoraan, jotta portinlehdet toimisivat kunnolla.

Koristekaiverrukset tehdään kaiverrustaltalla eikä käsijyrsimellä. Usein talon numero on kaiverrettu portin kehikon yläpuuhun. Talon nimi on yleensä liian pitkä kaiverrettavaksi. Porteissa käytetään yleisesti jyrsittyjä koristeviisteitä. Niiden syvyys vaihtelee puun koon mukaan, mutta niiden on päätyttävä noin 10 – 50 mm ennen poikittaista liitosta. Tapituksen liitossaumoissa ei saa käyttää viisteitä.

Porttiin ei jälkikäteen kannata lisätä mitään eikä myöskään poistaa siitä osia. Usein niihin on kuitenkin lisätty koiraverkkoja yms. Mahdollista muutoksista kannattaa ensin kysyä vinkkejä neuvonta-arkkitehdiltä.

6.7 Porttien perustukset

Oikein tehdyt perustukset ovat portin kestävyuden ja pitkäikäisyyden lähtökohta. Tärkeintä on varmistaa portin pysyminen suorassa ja eristää puutolpat lahottavista materiaaleista ja maa-aineksesta.

Perustukset on valettava routimattomaan maahan tai roudan vaikutukset eliminoitava routaeristein ja salaojituksin. Anturan ympäröivä maa-aines saattaa nostaa kapillaarisesti vettä ylöspäin ja routiessaan vaurioittaa portin perustuksia. Vesi saattaa päästä tunkeutumaan myös portin pylväisiin. Kapillaarisen vedennousun suuruus riippuu ympäröivän maalajin karkeusasteesta. (Kuvio 37.) Pylväiden alapuolinen routiva maa onkin poistettava ja korvattava karkealla soralla. Oikeaoppinen maarakenne portin ympärillä pidättää valumavedet maan pintakerroksessa ja johtaa ne kallistuksen avulla pois. (Pasanen 2002.)

Maalaji	Rakeiden läpimitta (mm)	Kapillaarisuus (mm)
Sora	2...20	0...30
Hiekka	0,2...2	30...300
Hieta	0,02...0,2	300...3000
Hiesu	0,002...0,02	3000...30000
Savi	alle 0,002	yli 30000

KUVIO 37. Maalajien kapillaarisuus. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 1991.)

Yläosattomissa porteissa perustukset on valettava yhtenäisenä tai pystytolpat kiinnitettävä viereisiin rakennuksiin. Kiinnittämällä portit seinärakenteisiin voidaan yleensä portin perustuksia hieman keventää.

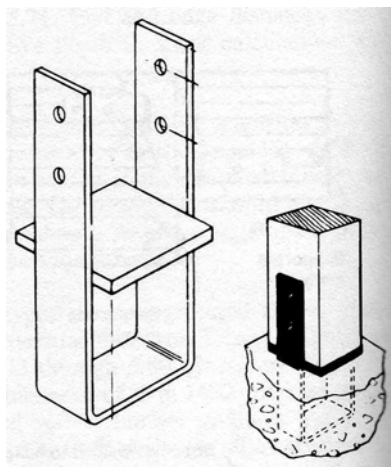
Asennettaessa portin perustuksia kallioon porattuun reikään on pilarikengät valettava siihen juotosbetonilla. (Pasanen 2002.)

Ennen perustustöitä kannattaa selvittää mahdollisten maakaapeleiden ja viemäreiden sijainti, etteivät ne vahingoitu perustuksia kaivettaessa.

6.7.1 Betoniantura

Portin keikkojen pylväät kiinnitetään betonianturaan valettuihin teräsjalkoihin. (Kuvio 38.) Teräsjalkoja on monen mallisia mutta yhteistä niille kaikille on tolpan hankala asennettavuus. Avohahlomallisissa teräsjaloissa asennus on hieman helpompaa mutta toisaalta tolpan sisään sijoitettavat kiinnikkeet ovat esteettisesti vähemmän häiritseviä.

Puu pitää kapillaari-ilmiön vuoksi suojata suoralta kosketukselta betoniin. Betoni sisältää runsaasti kosteutta, ja se on aina eristettävä puusta joko kumi- tai bitumikermikerroksella tai teräksisellä holkillilla (Suomen korroosioyhdistys ry 2004.)



KUVIO 38. Tolppakenkiä.

Betoniin valettu tolppakenkä on asennettava pystysuoraan sillä suuret portit aukeavat tai sulkeutuvat itsekseen mikäli tolpat ovat kallellaan. Teräsholkkia käytettäessä myös betoniantura on valettava tasaiseksi ja vaakasuoraan, sillä jo pieni kallistuma tuntuu korkeassa portissa. Betoniperustukset mitoitetaan portin painon ja maaperän routivuuden perusteella. 1000 mm syvä ja halkaisijaltaan 300 mm antura on riittävä useampiin portteihin. (Pasanen 2002.)

Pienemmissä porteissa eli ns. klinkkereissä voidaan käyttää ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tolppajalkoja, jotka upotetaan suoraan maahan.

6.7.2 Hiilletyn puun upotus maahan

Hiiltäminen antaa puulle pitkäaikaisen suojan lahoamista vastaan. Sitä käytettiin aikaisemmin yleisesti maahan asennettavien tolppien ja pystyseipäiden lahon suojaamiseen. Seipäiden kärjet teroitettiin veistämällä asennuksen helpottamiseksi ja hiillettiin nuotiolla. (Rakennusperinteen ystävät ry 2003.)

Hiiltämisen vaikutus on suurin tolpan ja maan rajapinnassa, jossa on runsain bakteerikanta ja muuta lahoamista aiheuttavaa pieneliöstöä. Tolpat yleensä katkeavatkin juuri maan pinnasta. Poikkipintojen hiiltäminen estää kapillaarisen veden imeytymisen puuhun hyvin tehokkaasti, mutta hiilleyssä pinnassa ei maali enää pysy. Mikäli portin pylväiden yläpinta pellitetään näkymättömiin ja alapinta asennetaan suoraan teräsanturaa vastaan, voidaan niidenkin pinnat hiiltää.

Hiiltäminen tehdään noin 5 - 10 mm:n syvyyteen puun pinnasta. Puuta ei saa kuitenkaan polttaa hiilleyksen yhteydessä. Käsittely sulkee puun pintasolukon, eikä kosteus pääse enää imeytymään puuhun. Suojavaikutusta voidaan lisätä tervaaamalla hiilletty pinta. Hiiltäminen voidaan tehdä sekä kuivaan että kosteaan puuhun. (Rakennusperinteen ystävät ry 2003.)

Maa-aines hiilletyn tolpan ympärille on portin tapauksessa aiheellista vaihtaa. Karkeaa soraa tai sepeliä käyttämällä sadevesi imeytyy nopeammin maahan ja samalla estetään pohjaveden kapillaarinen nousu maasta. Maahan upotetun tolpan

perustukset pitää tehdä routarajan alapuolelle jopa 1,2 -1,5 m syvyyteen. Jos portti saadaan tuettua ympäröiviin seinärakenteisiin, niin 1 m perustussyvyys riittää. Sopiva sorastus tolpan ympärille on noin 600*600 mm suuruinen kuoppa. Portin tolppia ei teroiteta veistämällä, vaan niiden alle asetetaan laakeat tukikivet estämään painumista. (Saarinen 2012.)

6.8 Maalaus

”Portin osat tulee maalata peittomaalein siten, että ne sopivat rakennusten kanssa tonttikokonaisuuteen” (Vanhan Rauman rakentamistapaohje). Porttien maalausten tulee muodostaa ehjä kokonaisuus. Porttityyppien kirjavuuden vuoksi väri- valikoimasta ja värien ryhmittelystä ei voi antaa yleissuositusta. Porttien värien tulee kuitenkin sopia ympäröiviin rakennuksiin. Pääsääntöisesti porttien kehikoiden tulee olla rakennusten listoitusten värisiä ja käyntiosien niitä tummempia. Liian samankaltaisten tai räikeiden värien käyttöä tulee välttää. Julkisivultaan yksinkertainen portti maalataan yksinkertaisesti ja koristeellinen portti värikämmmin. Musta on luonnollinen väri portin metalliosissa. Mikäli musta väri erottautuu liian voimakkaasti portin värityksestä, voidaan metalliosat maalata portin väriseksi. Salpalaitteet ja haat ovat yleensä mustia. (Saarinen 2012.) Pellavaöljy-maalin uutena kiiltävä pinta muuttuu vanhetessaan himmeäksi ja myös metalliosien maalipinnan pitää olla himmeä tai puolikiiltävä.

Vanhan Rauman porteissa on runsaasti rakenteellisia yksityiskohtia, joista sadevesi pääsee tunkeutumaan portin rakenteisiin. Myös maalin halkeamista puuhun pääsee runsaasti kosteutta. Yleensä tämä kosteus ei kuitenkaan pääse haihtumaan samaa reittiä, vaan sen pitää poistua puusta hengittävän maalipinnan läpi. Porttien pitää vastata alkuperäisiä esikuviaan mahdollisimman tarkasti, joten rakennesuunnittelun keinot poistaa näitä ongelmaketjuja ovat rajalliset. Mikäli yksityiskohtia muutetaan liian paljon, koko portin ulkonäkö muuttuu. Porteissa käytettävän pintakäsittelyn on siis ehdottomasti läpäistävä sekä vesihöyryä että tiivistynyttä kosteutta eli vettä.

Porteissa käytettävän maalin tärkein ominaisuus on siis sen hengittävyys. Ja koska maalipinta luonnollisesti kuluu, se pitää pystyä uusimaan kohtuullisin kustannuksin. Säänkestävyys on vasta kolmanneksi tärkein ominaisuus maalille.

Portit ovat Vanhassa Raumassa perinteisesti peittomaalattu öljymaaleilla. Tervamaaleja käytetään lähinnä lautaporttien pintakäsittelyyn ja punamultaa sahapintoihin. Mikäli muita maalityyppejä käytetään, on Vanhan Rauman säätiöllä mahdollisuus evätä porttiavustus. Pensselimaalaus on ainoa suositeltava maalausmenetelmä. (Saarinen 2012.)

Porttien pohja- ja välimaalaus on helpointa suorittaa verstaalla, mutta pintamaalaus vasta portin asennuksen jälkeen. Pellavaöljymaali kuivuu hitaasti ja eri maalisyvävyjä ei pysty maalaamaan samanaikaisesti. Yleensä tummemmat värisävyt maalataan ensin ja vasta niiden kuivuttua vaaleammat. Monivärisen portin maalaamiseen pellavaöljymaalilla alusta alkaen asennuspaikalla menisi helposti kaksikin viikkoa. Maalaus tulisi kalliiksi maalarin joutuessa toistuvasti käymään asennuspaikalla ja telinevuokrauskin maksaisi melkoisesti. Painavien porttien maalipintaan tulee kuitenkin helposti vaurioita kuljetuksen ja asennuksen aikana, joten pintamaalauksen joutuu joka tapauksessa tekemään asennuksen jälkeen.

Mikäli saranat pintamaalataan pellavaöljymaalilla, on ne paras maalata vasta asennuksen jälkeen. Pellavaöljymaali kuivuu metallipinnoilla pitkään ja saattaa hiertyä irti asennuksen aikana. Saranoiden taustapuoli vaatii vähintään pohjamaalauksen. Ruostumattomasta tai galvanoidusta teräksestä valmistetut kiinnikkeet ja pultit on ulkonäkösyistä aiheellista maalata portin väreihin. Rosterit ja galvanoidut metalliosat on pohjamaalattava metallipohjamaalilla pintamaalin tarttuvuuden parantamiseksi. Ruostuville rakenneteräksille pohjamaalaus ruosteensuoja-aineella on välttämätöntä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää perinteistä tervakarvaisia.

Terva kuivuu kunnolla vain ulkona auringonpaisteessa, joten tervaus pitää ehdottomasti tehdä vasta porttien asennuksen jälkeen. Tervan lämmittäminen helpottaa sen levitystä ja imeytymistä. Tervalla tai tervamaaleilla maalatessa on aiheellista käyttää valmiiksi puusepänkuivaa puutavaraa, koska puu kuivuu auringossa tum-

man tervan alla rutikuivaksi. Ulkokuivasta puutavarasta valmistettujen lautojen pontit aukeavat ja samalla laudat köyristyvät/pullistuvat pahasti. Tervauksen joutuu uusimaan muutaman vuoden kuluttua.

Hengittämättömillä muovimaaleilla ei portteja siis voi maalata. Niillä maalattu portti saattaa tuhoutua jopa 10 vuodessa. Paineekyllästetyllä ja lämpökäsitellyllä puulla tilanne on toinen. Paineekyllästetty puu kestää korkeita kosteusprosentteja lahoamatta ja se on täynnä lahoa tappavia aineita. Lämpökäsitellyn puun tasapainokosteus taas tuskin ylittää 20 %, ja lisäksi siitä puuttuvat lahon vaatimat ravinteet. Paineekyllästetyllä puulla ongelmaksi muodostuu maalin kiinnipysyvyys. Maalipinnan sisäpuolelle kertyy kosteutta ja lopulta se irrottaa maalin puun pinnasta. Paineekyllästetyn puun suuri kosteuseläminen saattaa myös halkaista maalipinnan. Paineekyllästetyt portit pitää kuitenkin maalata, koska se tarvitsee suojaa auringolta ja säältä. Uusintamaalaus muovimaaleilla on hyvin työlästä, koska vanha maali pitää ainakin osittain poistaa ennen uuden pinnan levitystä. Muuten maalipinnasta tulee liian tiivis ja täysin hengittämätön. Varminta lienee maalata painekyllästetty- ja lämpökäsitelty puukin pellavaöljymaalilla.

Pintakäsittelyn toimivuuden varmistamiseksi ja vaurioiden välttämiseksi pinnat tarkistetaan vuosittain. Samalla maalipinnat puhdistetaan ja esiintyvät vauriot korjataan.

6.9 Vaurioituneen portin korjaaminen.



KUVIO 39. Pahasti vaurioitunut portti.

Suurin osa Vanhan Rauman porteista on tehty 80-luvulla. Vajaa neljännes niistä on pahoin tuhoutuneita, ja muiden kunto vaihtelee korjauskelpoisesta hyväkuntoisiin. (Kuvio 39.) Vaikka vanhin säilynyt portti on 1600-luvulta, ne eivät yleensä ole riittävän pitkäikäisiä. Tähän ovat syynä sekä huonot rakenneratkaisut, väärät rakennusmateriaalit että huollon puute.

Vanhassa Raumassa periaatteena on että korjataan vaan välttämätön. Kuluminen jäljet hyväksytään ja vain vauriot korjataan. Porteissa on kuitenkin usein kyseessä rakenteellinen ongelma, joka vaatii perusteellisempaa korjausta. Yleensä koko vaurioitunut osa vaihtaa, jotta se tukisi portin rakennetta alkuperäistä vastaavasti.

Restaurointi pyritään tekemään niin, ettei korjausta huomata ja lopputulos on alkuperäisen veroinen. Korjauksen yhteydessä rakenteelliset puutteet pyritään mahdollisuuksien mukaan poistamaan. (Museoviraston korjauskortisto.)

Vaurioiden laatu, syyt ja laajuus selvitetään ennen korjaustoimenpiteitä ja portille tehdään korjaussuunnitelma. Siinä selvitetään portin vauriot ja kuluminen sekä muutosta vaativat rakenteelliset puutteet.

Porttien kunnon tutkiminen:

- puuosien kunto; halkeamat, laho
- lahon laajuus ja paikat
- ovilehtien toiminta
- ovilehtien välykset, suorakulmuus ja kierous
- harottavatko ovilehdet toisiinsa nähden?
- puuliitosten kunto
- perustusten kunto
- onko portti kallistunut johonkin suuntaan?
- saranoiden ja säpin toiminta
- metalliosien ruoste ja kuluminen
- puuttuuko nauloja tai muita helojen osia?
- maalipintojen kunto ja käytetty maalityyppi
- puun kosteus maalipinnan alla
- suojapellitysten kunto
- mekaaniset vauriot

Lahon testaaminen käy helpoiten terävällä piikillä kokeilemalla. Ehjänkin maalipinnan alla voi olla lahoa puuta. Koska pahin ruostuminen tapahtuu puun sisällä, pitää pulttien kuntoa arvioidessa irrottaa vähintään yksi pultti portista. Puun kosteus mitataan kosteusmittarilla. Muuten kuntoarviointi tehdään silmämääräisesti.

Lopuksi on aiheellista arvioida kannattaako vaurioitunutta porttia korjata vaan tehdä kokonaan uusi. Huonosti tehtyä ja osittain lahonnutta porttia on hyvin vaikea korjata edes tyydyttävästi.

Porttia uusittaessa vanhoja piirustuksia voidaan käyttää, mikäli ne ovat riittävän yksityiskohtaiset ja asianmukaiset. Vanhat piirustukset pitää kuitenkin hyväksyttää neuvonta-arkkitehdillä, joka samalla tarkistaa niiden ajan mukaisuuden. Jos porttiin halutaan huomattavia muutoksia, pitää niistä tehdä muutospäätös ja hakea rakennusmuutoslupa. Rakennuslupa on voimassa aina 5 vuotta kerrallaan, joten porttia uusittaessa sekin pitää uusua. Pelkkien ovilehtien uusimiseen ei tarvita rakennuslupaa, mutta siitäkin pitää ilmoittaa viranomaisille. (Saarinen 2012.)

Mikäli portti roikkuu pahasti ja sen liitokset ovat auenneet se pitää purkaa ja liimata uudelleen. Auenneet liimasaumat imevät tehokkaasti vettä sisäänsä nopeuttaen portin lahoamista. Vanhat liimasaumat aukeavat parhaiten terävällä vasaraniskulla ja liitoksia heiluttamalla. Mikäli portin purkaminen ei onnistu ja puuosissa on runsaasti lahoa, on uuden portin teko järkevämpää. Tällöin saadaan myös muutettua portin detaljeja, jotka ovat aiheuttaneet lahoamisen.

Portin roikkuminen saattaa johtua myös väärin asennetuista saranoista. Väärin asennettujen takosaranoitten alta pitää puu vaihtaa pulttien kohdalta, jotta kiinnitys saadaan oikeaan kohtaan. Saranan naaraskappaleen pulttien rei'istä voi myös tehdä soikean, jolloin lievä säätö on mahdollinen. Suurennetun reiän pitää kuitenkin peittyä kokonaan pultin aluslevyn alle. Tolppien ollessa erisuuntiin kallellaan, pystyy ovilehtien harotusta hieman säätämään syvyysuunnassa. Säätö tehdään käyttämällä aluslevyjä saranan uroskappaleen alla.

Kallistuneen portin perustukset kaivetaan esiin, portti oikaistaan suoraan ja perustukset tuetaan kunnolla. Samalla voi maa-aineksen vaihto ja/tai lisäbetonin valaminen anturaksi olla aiheellista.

Jos lahovaurion on alun perin aiheuttanut portin rakennevirhe tai väärä rakennustapa on ne mahdollisuuksien mukaan korjattava. Kosteuden lähde on aina selvitet-

tävä, jotta vaurion uusiutuminen voidaan estää. Mikäli rakenteita ei saada korjattua, pitää portin korjauksessa käyttää painekyllästettyä puuta.

Säilyttävässä korjauksessa voidaan lievästi lahovikaista puutavaraa jättää porttiin, jos sen kuivana säilymisestä voidaan varmistua. On kuitenkin muistettava, että useimmat lahottajasienet säilyvät pitkiä aikoja hengissä kuivassa puussa, ja lahoaminen alkaa nopeasti puun kostuttua uudelleen.

Eteläsivulla puu halkeilee enemmän auringon vaikutuksesta. Yleinen vaurio onkin auringon aiheuttamasta nopeasta kosteus- ja lämpövaihtelusta johtuva puun halkeilu ja säilytyminen sekä siitä johtuva laho. Vaurioita esiintyy yleisesti pystytolppien, lautojen ja ovilehtien alaosissa sekä vaakapinnoilla, joissa vesi pääsee makaamaan.

Puun hyvä ominaisuus on, että sitä voidaan korjata vaihtamalla tuhoutuneet osat. Vanhan puun uuteaineet ovat hapettuneet jonka vuoksi sen kosteuseläminen on vähäisempää kuin uuden puun. Puuta paikattaessa pitääkin käyttää vanhaa puuta, jonka eläminen ja kosteusprosentti vastaavat korjattavaa puuosaa. Olennaista korjauksen onnistumiselle on että liimapinnoista tulee riittävän suuret ja tasaiset lujan liitoksen aikaansaamiseksi. Uutta, ylivuotista puuta voidaan käyttää, mikäli koko puuosa vaihdetaan uuteen.

Puun suuntaiset pitkät paikat pysyvät puussa parhaiten ja ne myös häviävät maalin alle lähes huomaamattomiin. Salmiakin muotoiset ja pyöreät paikat pysyvät puussa hyvin paikallaan. Vanhat naulojen kolot täytetään pyöreillä puutapeilla, jolloin uusien kiinnitys saadaan tukevaksi. Suuret halkeamat täytetään puusuikaleilla ja ainoastaan pienemmät kolot kitataan. (Mikkola 2011.)

Ovilehtien ala- ja yläpuut voidaan vaihtaa porttia purkamatta. Lahonnut vanha osa sahataan pois paloina ja uusi vaakapuu valmistetaan liimaamalla kolmesta osasta. Tapin paksuinen keskimäinen lauta, tehdään kahdesta osasta, jolloin se saadaan asennettua vanhoihin tapin reikiin. Pintalaudat liimataan keskilaudan päälle täysimittaisina. Samaa menetelmää voidaan käyttää muidenkin osien vaihtoon, mutta

se ei välttämättä onnistu portin rakenteen ja liimasaumaan tarvittavan puristuspaikkeen vuoksi.

Ruostuneet pultit pitää poistaa ja vaihtaa ne ruostumattomiin pultteihin. Usein puuaines ruostuneen pultin tai naulan ympärillä on täysin laho ja se joudutaan korjaamaan tai pahimmassa tapauksessa uusimaan koko puuosa. Kaikki sähkönsiirteet osat vaihdetaan kuumasinkittyihin tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuihin.

Tuuli saattaa paiskoa rikkoa avoimia portteja aiheuttaen niihin mekaanisia vaurioita. Autojen törmäykset aiheuttavat samankaltaisia vahinkoja. Tällaiset vauriot on korjattava aina tapauskohtaisesti.

Vanhan puun liimaus on hankalaa, koska sen solut ovat sulkeutuneet ja vanhaa liimaa voi olla jäljellä uudessa liimapinnassa. Käytettävän liiman on oltava täysin säänkestävää ja sen pitää kuivua hitaasti, jotta portti ehditään kasaamaan. 1-K PUR-liima on käytännöllisin portin korjausliimauksessa. Koska se kuivuu kemiallisesti, se tarttuu vanhaan puuhun ja liimapintaan lähes yhtä hyvin kuin uuteenkin. Tappiliitosten pysyvyys on kuitenkin aiheellista varmistaa poikittaisilla puutapeilla. Lujan liimaliitoksen muodostumiseksi sekä portin että siihen liimattavan puun kosteusprosentin pitäisi vastata toisiaan ja olla korkeintaan 15 %.

Pullistuneet vanerit on mahdollista korjata poraamalla viilun pintaan pieni reikä ja ruiskuttamalla siitä epoksi- tai uretaaniliimaa vanerin sisään. Jotta korjaus onnistuisi, on pullistunut kohta saatava puristuksiin ja vanerin pitää olla riittävän kuivaa. (Broch 1995.)

Portin laudoitusta uusittaessa kannattaa kääntyä neuvonta-arkkitehtiin puoleen. Portissa käytetty lautatyyppejä saattaa olla täysin sopimatonta portin tyyliin ja sen edustamaan aikakauteen. Uusimpia paneelimalleja ei saisi käyttää porteissa lainkaan.

Helojen vauriot eivät yleensä ole vakavia. Vanhat saranat ovat yleensä hyvälaatuista terästä, joka ei ruostu helpolla. Ruostuneen helan korjaukseksi riittää te-

räsharjaus, ruosteensuojaus ja maalaus. Helpoiten ruoste ja vanha maali irtoavat kuitenkin suihkupuhdistuksella tai perinteisesti upottamalla ne pariiksi päivää pellavaöljysuopaan. Kuluneen tai vaurioituneen saranan tilalle teetetään uusi tai vanha korjautetaan sepällä.

Rakenneteräkselle tehdään pohjamaalaus ruosteenestomaalilla ja pintamaalaus kahteen kertaan alkydimaalilla. Mikäli saranat siirretään uuteen porttiin, on ne aiheellista kuumasinkitä käyttöiän pidentämiseksi. Kuumasinkityt metalliosat pohja- ja pintamaalataan kertaalleen alkydimaalilla. Ruostesuojaus voidaan tehdä myös perinteisesti lyijy-, tai rautamönjällä tai tervakarkaisulla. Pellavaöljymaali pysyy hyvin kiinni tällaisella pinnalla. (Mikkola 2011.)

Perinteinen käsittely takaa portin metalliosille kestävyuden, joka vastaa hyvinkin puuosien jäljellä olevaa käyttöikä. Pidempiaikaisempaa suojauksta tarvittaessa menetellään kuten uusien metalliosien maalauksessa.

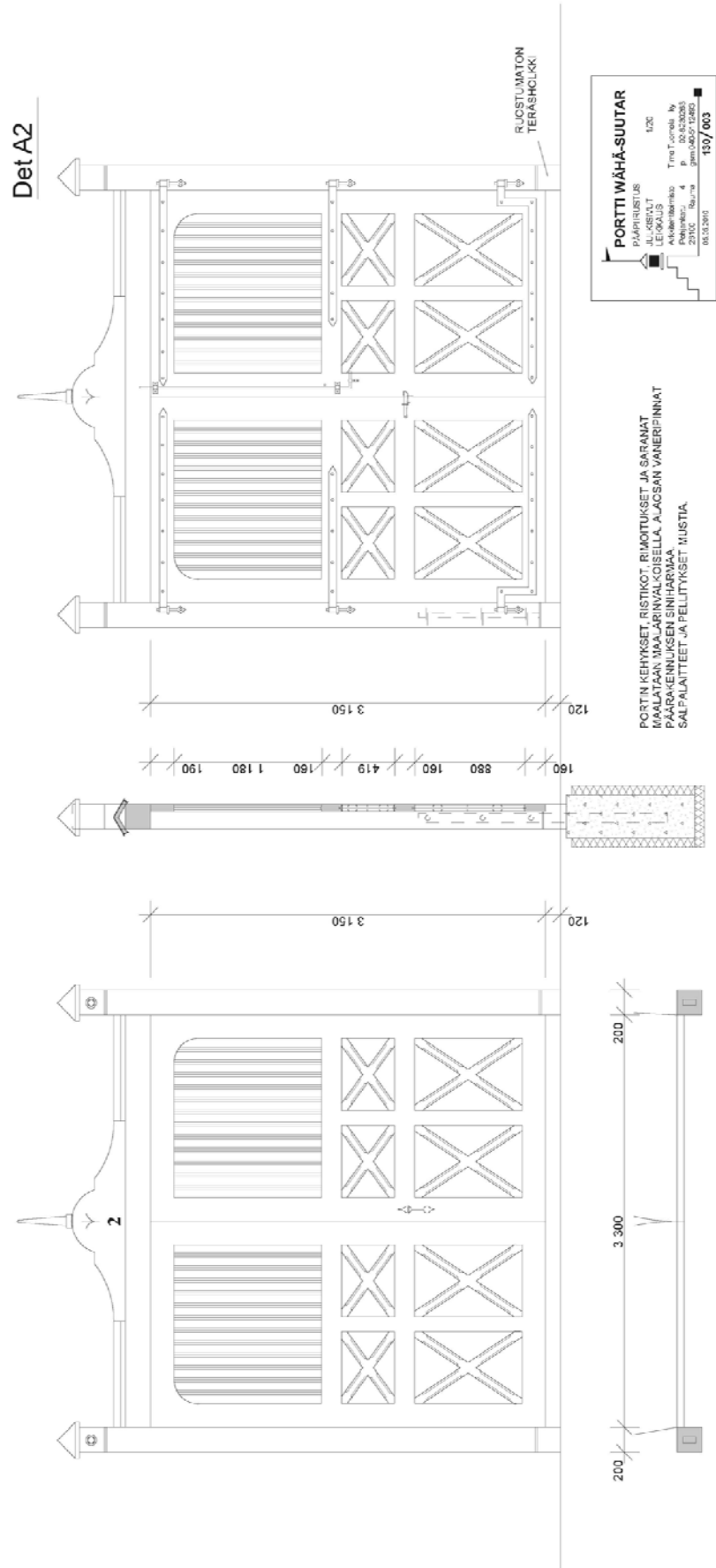
Perinteiset öljymaalit kuluvat vanhetessaan ja liituuntuessaan ne voidaan uusintamaalauksen yhteydessä poistaa kevyesti teräsharjaamalla tai hiomalla. Muovipohjaisilla maaleilla pinta sen sijaan voi olla osittain repeytynyt ja lohkeillut, mutta toisaalla maali voi olla edelleen tiukasti kiinni pinnassa. Muovipohjaisten maalien poistaminen on erittäin työlästä mutta välttämätöntä uusintamaalauksen onnistumiseksi. Vanha maali poistetaan mekaanisesti kaapimalla. Työn helpottamiseksi pintaa voidaan pehmittää infrapuna-, tai kuumailmalämmittimellä sekä kemiallisilla maalipoistoaineilla. Kaavittu maalipinta viimeistellään hiomalla maalin tarttuvuuden parantamiseksi. Kemialliset maalipoistoaineet on pestävä pois puupinnoilta, koska ne saattavat estää maalin tarttumisen. Harmaantunut puun pinta kaavitaan tai hiotaan kiinteäksi ja nukattomaksi. Homepesu tehdään tarvittaessa 2 % hypokloriittiliuoksella tai kaupallisilla homepesuaineilla. (Koskela 2003; Mikkola 2011.)

Kaavittu puupinta pohjamaalataan halkeamien pohjia myöten ja kitataan. Suurissa halkeamissa kitti ei pysy ulko-olosuhteissa ja ne on paikattava puusuikaleilla. Puhdistetulla vanhalla maalipinnalla ei tarvita sinkkivalkeispohjamaalia eikä homeenestoaineita. (Mikkola 2011.)

Hiotun maalipinnan alla olevan puun kosteus mitataan ja sen annetaan tarvittaessa kuivua alle 15 % kosteusasteeseen ennen huoltomaalausta. Varminta on antaa portin kuivua rauhassa ulko-olosuhteissa, sillä liian nopea kuivuminen sisätiloissa saattaa kierouttaa portin.

7 INSINÖÖRITYÖN OHESSA TEHTY PORTTI

7.1 Piirustukset



7.2 Työselostukset

Portin valmistus oli periaatteessa peruspuusepäntäytötä mutta sen koko ja paino asettivat runsaasti haasteita valmistukseen.

Portin valmistuksessa käytetty puutavara lajiteltiin huolellisesti ja vähäoksisimmat osat käytettiin keuhkon ja lehden pintaosiin. Puutavara oli ylivuotista tiheäsyistä mäntyä.

Portin pylväät liimattiin viidestä höylästä 50 * 200 mm lankusta, jolloin valmiin pylvään kooksi tuli 190*190 mm. Pylväät liimattiin Cascon 1711 PFR- liimalla ja 2520- kovetteella. Pystytolpaan tapituksen reikä tehtiin normaalisti pystyporakoneella mutta vaakapuun tapitus piti tehdä sirkkelillä. Tapin liimapinnasta tuli normaalia karkeampi mutta liitoksena täysin toimiva. Yläpuolisen koristeosan liimauksessa huolehdittiin erityisesti vaakasuuntaisten liimapintojen sijoittumisesta eri kohtiin. Koristeen profiili sahattiin vannesahalla ja sen liimaliitos vaakapuuhun varmistettiin kolmella 22 mm puutapilla. Koristekuvio tehtiin koristetaltalla ja viisteet ajettiin käsijyrsimellä. Koristenupit ja pellitykset tulivat alihankkijalta.

Lehtiosan keuhko liimattiin kolmesta 50 * 200 mm lankusta halkaistusta laudasta. Valmiin ulkokehikon kooksi tuli 180 * 60 mm ja sisäosien 160/130 * 60 mm. Peiliosat sahattiin 28 mm vanerista ja niille jätettiin noin 10 mm liikkumavaraa. Vanerin pintaan liimatut koristeet tehtiin 16 * 75 mm höylästä laudasta ja pystysuuntainen koristeristikko 40 * 40 mm puusta. Kaikki lehden liitokset tehtiin tappiliitoksina ja rakenteellisesti tärkeimmät varmistettiin 15 mm poikittaisella puutapilla. Vanerin pintaan liimatuille koristeille jätettiin 1-2 mm liikkumavara peilin ulkoreunoihin, jotta ne eivät turvotessaan avaisi portinlehden liitoksia. Koristeet liimattiin vanerin pintaan vasta kasauksen jälkeen. Kasausliimaukseen käytettiin Kleiberit 501 PUR- liimaa.

Portin keuhko kasattiin asennuspaikalla ja tappiliitokset liimattiin Kleiberit 501 PUR- liimalla ja varmistettiin kahdella poikittaisella 22 mm puutapilla kuvion 42 mukaisesti.



KUVIO 42. Portin pylvään liitoksen varmistus puutapeilla.

Kasattu kehikko nostettiin paikalleen trukilla. Koska trukin saatavuudesta ei ollut valmistusvaiheessa varmuutta, tehtiin liimauksen yhteydessä tolpan alapäähän kuvion 43 mukainen asennusta helpottava kolo. Asennuksen jälkeen kolo peitettiin puulla ja peittomaalattiin.



KUVIO 43. Portin pylvään ja anturan liitos.



KUVIO 44. Saranan asennus.

Saranoiden oikeaa asennustapa on erittäin tärkeää portin toimivuuden kannalta. (Kuvio 44.) Porttien saranat ovat yksilöitä eikä niiden asennuspaikkaa pysty mitenkään luotettavasti arvioimaan. Lähes kaikissa Vanhan Rauman porteissa on saranoiden asennusvirheitä tai vaihtoehtoisesti portinlehtien välykset on mitoitettu väärin. Seuraavalla menetelmällä asennus todennäköisesti onnistuu.

Portinlehti nostetaan paikalleen, kiinnitetään pystyolppaan remmisiteillä ja tuetaan alapuolelta oikeaan asennuskorkeuteen. Pylvään ja lehden väliin laitetaan yläosaan noin 8 mm ja alaosaan noin 11 mm asennussuikale ja remmisiteet kiristetään. Sarananoille haetaan oikea asennuskorkeus portinlehdestä siten että saranat tulevat keskelle vaakakehikkoa tai muuta rakennetta. Läpiporattuja pultteja käytettäessä pitää tarkistaa myös niiden sopivuus julkisivun rakenteeseen. Saranoiden

uros-kappaleet kiinnitetään lopullisesti kiinni tolppaan mutta saranoiden naaras-kappaleet vain parilla kansiruuvilla. Remmit irroitetaan ja tarkistetaan roikkuuko ovi ja arvioidaan mittaamalla ovatko välykset oikeat ovilehtien välillä. Oven roikkuessa käyttämättömillä ruuveilla voidaan vielä korjata asennusta. Mikäli kaikki on kunnossa, voidaan loput ruuvit kiinnittää ja asentaa toinen portinlehti vastavalla tavalla. Lopuksi asennettiin pellit ja muut portin helat. Kuviossa 45 on valmis portti. Porttien pohja- ja välimaalaukset tehtiin verstaalla, mutta pintamaalaus vasta portin asennuksen jälkeen.



KUVIO 45. Valmis portti

8 HUOLTO-OHJEET

Porttien huolto on yksinkertaista:

1. Portit on pidettävä puhtaana liasta ja maatuviasta kasvijätteistä.
2. Portin päällä ja sitä vasten makaava lumi ja jää on poistettava viimeistään niiden alkaessa sulaa.
3. Portit pidetään suljettuina ainakin myrskyjen aikana.
4. Porttien mekaaniset vauriot jätetään puusepän korjattavaksi, lievemmät kolhut peittomaalataan välittömästi niiden synnyttyä.
5. Pellavaöljymaalauus uusitaan sen pinnan kuluessa tai liituuntuessa häiritsevästi.

9 YHTEENVETO

Insinööriyössä perehdyttiin vanhojen porttien valmistuksessa tehtyihin virheisiin ja haettiin valmistusmenetelmiä, joilla uusien porttien elinikä saadaan maksimoitua. Puu portin materiaalina kestää tarvittaessa satoja vuosia, mutta se voi epäotollisissa olosuhteissa lahota hyvinkin nopeasti. Porttien tuhoutuminen johtuu pääasiallisesti rakenteellisista ja valmistuksellisista virheistä sekä huollon puutteesta. Jotta portista saadaan kestävä ja pitkäikäinen, on sen valmistukseen liittyvien osatekijöiden hallinta olennaista. Yksittäinenkin virhe saattaa nopeuttaa portin tuhoutumista jopa vuosikymmenillä. Erityisen haitalliseksi kestävyuden kannalta osoitautuivat väärät materiaalivalinnat, puun ja metallin välinen korroosio sekä virheellisen pintakäsittelyn aiheuttama puun lahoaminen.

Tiheäsyisen männyn sydänpuu on riittävän lahonkestävää ulkokäyttöön. Hyvin lahoa kestävä puuna tammi olisi erinomainen materiaali portteihin, tosin valitettavan kallis. Lämpökäsitelty puu on lupaava vaihtoehto, mutta toistaiseksi ei ole tehty yhtään porttia siitä. Vanerin lahonkestävyys on niin heikkoa, että sen käyttöä porteissa pitää täysin välttää. Männyllä vuosiluston leveyden ollessa 0,8 – 1,2 mm puuainees on tiheimmillään ja sen lujuus- sekä lahonkesto-ominaisuudet ovat parhaimmillaan. Porteissa käytettävän puun on oltava ulko-kuivaa, sopiva kosteus lienee noin 15 %. Kosteamman puun käyttö vaikeuttaa liimausta ja pintakäsittelyä, kun taas puusepäнкуivan (6 -12 %) puun käyttö aiheuttaa ongelmia puun turpoamisen ja muodonmuutosten johdosta.

Aidon takoraudan vaikean saatavuuden vuoksi porttien saranat taotaan nykyisin seostamattomasta rakenneteräksestä S235/Fe 37. Hitsatut saranat sekä muut metalliosat valmistetaan ruostumattomasta teräksestä A2 (EN 1.4301) tai A4 (1.4401).

Ensisijainen liima porttien liimaukseen on fenoliresorsinoliima (PFR). PUR-liimat sopivat kasaustiitoksiin, joissa vaaditaan liimalta joustavuutta tapin ja kolotun puun erilaisen kosteuselämisen johdosta.

Puuosien pintakäsittelyyn soveltuu parhaiten pellavaöljy- ja tervamaalit. Metalliosissa vinyyli- ja PUR- maalit antavat parhaan suojan teollisuusilmastoa vastaan. Metalliosat voidaan myös maalata samalla pellavaöljymaalilla kuin muukin portti. Pintakäsittelyt on tehtävä Vanhassa Raumassa aina pensselimaalauksena.

Lahovaurioiden syynä on aina liiallinen kosteus puussa. Asianmukaisesti pintakäsittely sekä rakenteisiin tunkeutuvalta sadevedeltä että maakosteudelta suojattu portti on laholle alttiina ainoastaan syys- ja lokakuussa. Kosteus saattaa kuitenkin olla jakaantunut portissa hyvinkin epätasaisesti. Tällöin jotkin portin osat voivat olla alttiina vakavalle lahovauriolle. Lahoaminen alkaa ilman kosteuden ylittäessä pitkäaikaisesti 85 %, jolloin puun tasapainokosteudeksi tulee 20 %. Alle +10 °C:n lämpötiloissa lahon kehittyminen on hidasta kosteissakin olosuhteissa.

Metallit ovat ulko-olosuhteissa käytännössä aina alttiina korroosiolle. Raudan korroosio alkaa, kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 60 %. Suhteellisen kosteuden ylittäessä 80 % muuttuu ruoste raudan pinnalla hygroskooppiseksi ja ruostuminen kiihtyy voimakkaasti. Korroosiota voidaan estää käyttämällä ruostumattomia metalleja tai pinnoittamalla ruostuva metalli. Paras tapa suojata hiiliteräs korroosiolta on kuumasinkitys. Maalipinta kuumasinkityn teräksen päällä kaksinkertaistaa korroosiosuojan. Takonaulat ja -saranat ovat perinteisesti suojattu ruostumiselta tervakarkaisulla. Alumiini-, messinki- ja kuparinaulat eivät ruostu puun sisällä eivätkä myöskään lahota sitä. Saranoiden, pulttien ym. toisiinsa liitettävien metalliosien pitää olla samaa metalliseosta tai ne pitää eristää sähköisesti toisistaan.

Metallin ja puun välinen korroosio aiheutuu niiden rajapintaan kerääntyvän kosteuden ja ilman yhteisvaikutuksesta. Korroosio ja laho vaativat samankaltaiset olosuhteet menestyäkseen (kosteus/ilma/lämpötila). Metalliosien ruostuminen kiihdyttää puun lahoamista ja puun lahoaminen metallin ruostumista. Korroosion ja lahon yhteisvaikutusta voidaan parhaiten välttää pitämällä puu kuivana, käyttämällä ruostumattomia metalliosia sekä pintakäsittelyillä.

Portit on suunniteltava, rakennettava ja huollettava niin että kaikki puuosat pysyvät kuivina tai pääsevät kostuttuaan kuivumaan nopeasti. Rakenteellisilla ratkaisuilla pyritään sekä estämään veden pääsy sisälle portin rakenteeseen että takaamaan sen pääsy pois rakenteista mahdollisimman nopeasti. Portin mittasuhteet ja koko ovat olennaisia tekijöitä portin kestävyuden kannalta. Liian suuri ja raskas rakenne hajottavat portin rakenteet ennen aikaisesti.

10 LÄHTEET

- Ahonen, T. 2008. Maalaustyöt: Pintakäsittelyn perusteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Aromaa, J. 2005. Korroosiotekniikan perusteet. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu.
- Aromaa, J., Klarin, A. 1999. Materials, corrosion prevention and maintenance. Helsinki: Fabet Oy
- Baker, A. J. 1980. Corrosion of Metal In Wood Products. Durability of Building Materials and Components. p. 981-993.
- Broch, O-L. 1995. Puuvene. Helsinki: Opetushallitus
- Carling, O. 2002. Liimapuu käsikirja. Helsinki: Wood Focus Oy/Suomen Liimapuuyhdistys ry
- Emery, J. Schröde, H. 1974. Iron-catalyzed oxidation of wood carbohydrates. Wood Science and Technology. Vol 8 p 123-137.
- Faherty, H., Williamson, T. 1999. Wood engineering and construction handbook. N.Y: McGraw-Hill
- Jansson, T. 1990. Muumilaakson tarinoita: Talon maalausta. Helsinki: Jansson, T.
- Järvinen, K. 1999. Puurakennusten ulkomaalaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Jääskeläinen, A-S., Sundqvist, H. 2007. Puun rakenne ja kemia. Helsinki: Otatieto
- Isomäki, O., Koponen, H., Nummela, A. & Suomi-Lindberg, L. 2011. Raaka-aineet ja aihiot. Helsinki: Opetushallitus.

Kaila, P. 2008. Kesällä töitä teki maalari: Perinteinen ulkomaalaus tänään. Helsinki: Multikustannus Oy

Kaila, P. 2003. Talotohtori. Helsinki: Werner Söderström osakeyhtiö.

Kaila, P., Vihavainen, T. & Ekblom Pehr. 1987. Rakennuskonservointi: Museo-kohteena säilytettävien rakennusten korjausopas. Toinen uudistettu painos. Joensuu: Suomen museoliiton julkaisuja.

Kestopuuteollisuus ry. 2012. Paineekyllästetty puu: opas ammattilaisille. [viitattu 19.02.2012]. Saatavissa: http://www.kestopuu.fi/opas_ammattilaisille.html

Koivisto, K., Laitinen, E. & Niinimäki, M. 2010. Konetekniikan materiaalioppi. Helsinki: EDITA.

Koivula, J. 2012. Arkkitehti. Haastattelut 2012.

Koivula, J., Nurmi-Nielsen, A., Saarinen, K. & Tyllilä, I. 1992. Vanha Rauma. Rauma: Rauman museo.

Koivusalo, F. 1996. Rus-projekti: Yritys ymmärtää viikinkiajan laivanrakentajaa ja merenkulkijaa. Vaasa: Fredrik Koivusalo

Korkeamäki, T. Rakennusfysiikan perusteet. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. Rakennuslaboratorio [viitattu 7.12.2012]. Saatavissa: <http://www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf>

Koskela, K. 2003. Perinnemaalit ja puutalon rakenteellinen suojaus. Saarijärvi: Gummerus kirjapaino Oy.

Kubler, H. 1992. Corrosion of nails in wood construction interfaces. Forest products journal. Vol 42 p. 47-49.

Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki: Metsäkustannus

Oy.

Lahontorjuntayhdistys ry. 1988. Puunsuojaus. Helsinki: Rakennuskirja Oy.

Lämpöpuuyhdistys ry. 2004. Thermowood käsikirja. [viitattu 13.02.2012]. Saatavissa:

http://www.thermowood.fi/data.php/200401/914711200401161255_TWkasikirja.pdf

Metsäteollisuus ry. 2006. Vanerikäsikirja. [viitattu 18.02.2012]. Saatavissa:

http://www.wisaplywood.com/en/downloads/brochures/general-brochures/Documents/Handbook_FI.pdf

Mikkola, J., Böök, N. 2011. Ikkunakäsikirja: Perinteisen puuikkunan kunnostaminen. Vantaa: Kustannusosakeyhtiö Moreeni

Mustikkamaa, J. Järvinen, S. 2010. Rakennuspeltityön ammattilaiseksi. Helsinki: Opetushallitus.

National Physical Laboratory. 2003. Corrosion of metals by wood. Teddington: National Physical Laboratory. Saatavissa:

http://www.npl.co.uk/upload/pdf/corrosion_of_metals_by_wood.pdf

Parkinson, P. 2001. The artist blacksmith. Marlborough: The Crowood Press Ltd

Pasanen S. 2002. Aidat ja portit. Helsinki: Viherympäristöliitto ry.

Puuinfo Oy. 2012. Vaneri. [viitattu 22.02.2012] Saatavissa:

<http://www.puuinfo.fi/vaneri>

Pro puu ry. 2012. [viitattu 10.02.2012]. Saatavissa: <http://www.puuproffa.fi>

Rakennusperinteen ystävät ry. 2003. Suomalainen hautaterva. Turku: Rakennusperinteen ystävät ry.

Ritter, M. 1990. Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance. Washington, DC: United States Department of Agriculture

Roselli, H. Mehtonen, I. 1997. Sepän taidot. Helsinki: Opetushallitus

RT- ohjekortti. RT 21-10880. 2006. Kyllästetty puutavara. Helsinki: Rakennustietosäätiö.

Saarinen, K. 2012. Neuvonta-arkkitehti. Korjausrakennuskeskus Tammela. Haastattelut 2012.

Seppälä, A-L. Museoviraston korjauskortisto: Puukaupunkien pihat ja aidat. Helsinki: Museovirasto.

Suomen korroosioyhdistys ry. 2004. Korroosiokäsikirja. Rajamäki: KP – Media Oy.

Suomen kuumasinkitsijät ry. 2007. Yleisohje: Kuumasinkityksen toimintaketju.

Kokkola: Suomen kuumasinkitsijät ry. [viitattu 06.03.2012] Saatavissa:

http://www.kuumasinkitys.fi/kuumasinkityksen_toimintaketju_yleisohje_1_2007.pdf

Suomen Rakennusinsinöörien liitto. 2001. Puurakenteiden suunnitteluohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto.

Suomen Rakennusinsinöörien liitto. 1991. Rakennusmateriaalien ja osien kestävyys. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto.

Sunset Publishing Staff. 1996. Complete deck book. Menlo Park CA: Sunset publishing Co.

U.S. Department of Agriculture. 2007. The encyclopedia of wood. New York: Skyhorse Publishing Inc.

Vihavainen, T. 1978. Puurakenteiden lahintorjunta. Helsinki: Rakentajain kustannus Oy.

VTT. 2006. Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa. Helsinki: Euro Inox ja The Steel Construction Institute. Saatavissa: <http://www.steel-stainless.org/designmanual/Docs/Fi/Finnish.pdf>

Williamson, T. 2002. APA engineered wood handbook. N. Y: McGraw-Hill.

Yli-Koski, R. Kevarinmäki, A. 2005. Ruostumattomien terästen mitoitusperusteet puurakenteiden liitoksissa. Espoo: VTT