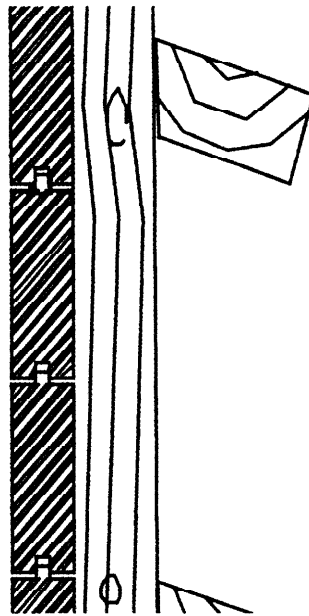


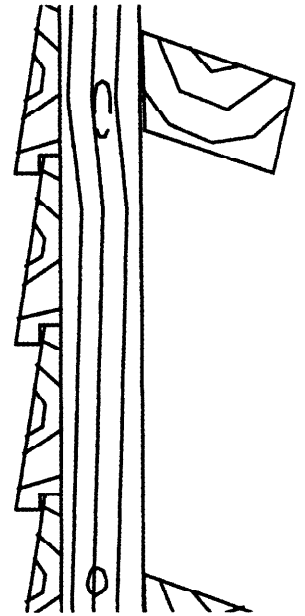


**Tielaitos**

# Puun käyttö melusteissa



**Rakenne**  
**Kestoikä**  
**CCA-kyllästys**  
**Maalaus**



Tietekniikka

Helsinki 1999

TIEHALLINTO  
Tie- ja  
liikennetekniikka

# **Puun käyttö melusteissa**

**Tielaitos**  
Tiehallinto

Helsinki 1999

ISBN 951-726-526-3  
TIEL 2140016

Oy Edita Ab  
Helsinki 1999

Julkaisua myy  
Tielaitos, painotuotepalvelut  
Telefax 0204 44 2652



**Tielaitos**  
TIEHALLINTO  
Tie- ja liikennetekniikka  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihte 0204 44 150



Tiepiirit

**Säädösperusta**  
TieL117 §

**Kohdistuvuus**  
Tielaitos

**Voimassa**  
28.5.1999 - TOISTAISEKSI

**Asiasanat**  
Melusteet, Puurakenteet

---

## PUUN KÄYTTÖ MELUESTEISSÄ, TIEL 2140016

Ohje sisältää puisten melusteiden suunnitteluperusteet ja puutavaran kestoian arvioinnin.

Painekyllästetyn puun käyttöä on rajoitettu Suomen ympäristökeskuksen päätöksellä. Kreosotilla tai CCA:lla kyllästettyä puuta saa käyttää vain pysyvästi maaperää koskettavissa rakenteissa. Melusteiden seinäelementeissä ei saa normaalisti käyttää em. aineilla kyllästettyä puuta.

Tässä julkaisussa on esitetty otaksumat vaihtoehdoisen puutavaran kestoiksi eri olosuhteissa. On myös esitetty keinoja, joilla heikommin kyllästetyn tai kyllästämättömän puun kestoikää voidaan pidentää. Keinoja ovat puun oikea asennus, räystäät, tuuletus sekä maalaus. Maaliksi suositellaan vesiohenteista alkydi-akryylimaalia.

Vaneriksi suositellaan SP-vaneria. Suojaisiin paikkoihin kelpaa myös mm. havupuuvaneri.

Julkaisua voidaan käyttää myös laatuvaatimuksena, kun seuraavat asiat on päätetty:

- ulkonäköä koskevat vaatimukset
- pilareiden kestoikävaatimus (oletus 30 v.)
- seinäelementtien kestoikävaatimus (oletus 15 v.)
- sallitaanko puiset pilarit ja sokkelit (kreosotti tai CCA)
- sallitaanko melusteen alle 150 mm rako
- vaaditaanko töhrimistä hillitsevä pinnan muoto.

Myös julkaisun malliratkaisuihin voidaan viitata.

Apulaisjohtaja  
Tie- ja liikennetekniikka

Pauli Velhonoja

Diplomi-insinööri

Kari Lehtonen

TIEDOKSI:

Hti  
Hte  
Hämäläinen (Hte)  
Lehtonen  
Tuotantoalueet  
Konsultointi  
Tiekonsultit  
Korkeakoulut  
Oppilaitokset

---

## SISÄLTÖ

1	KYLLÄSTYSAINHEET JA PUUN KESTOIKÄ	6
1.1	Kyllästeiden käyttörajoitukset	6
1.2	Kyllästetyn puutavaran kestävyysluokat	7
1.3	Rakenteellinen puunsuojaus	9
1.4	Kestoikävaatimus	9
2	MAALAUUS	10
2.1	Maalaamaton puu	10
2.2	Peittomaalit	10
2.3	Pintakäsittelyaineet	11
2.4	Maalausohje	11
2.5	Puualusta	12
3	VANERITYYPIT	12
3.1	Vanerikoot	13
3.2	Vanerin kiinnitys	13
4	ÄÄNIERISTÄVYYS	14
5	PUUSTA TEHTYJEN MELUSTEIDEN RAKENNEPIIRUSTUKSIA	16
5.1	Lähtökohdat	16
5.2	Vanerittomia malleja	17
5.3	Absorboivia malleja	17
5.4	Vanerirunkoisia malleja	18
5.4	Kiinnitykset ja pilarit	22
5.5	22	
6	KYLLÄSTYSAINEIDEN MERKITSEMINEN	22
7	ILKIVALTA	23

---

# 1 KYLLÄSTYSAINIET JA PUUN KESTOIKÄ

## 1.1 Kyllästeiden käyttörajoitukset

Suomen ympäristökeskuksen päätöksen mukaan kreosottiöljyllä tai kromi-, kupari- tai arseenipitoisella kyllästysaineella, kuten CCA:lla, kyllästettyä puutavaraa saa käyttää vain pysyvästi maaperää koskettavissa tai vesistöissä olevissa rakenteissa sekä silloissa, kaiteissa ja muissa rakenteissa, joilta vaaditaan turvallisuussyistä erityistä ja pitkäaikaista seoskestävyyttä. Lisäksi kreosottikyllästetyn puun käyttöä mm. virkistysalueilla (esim. leikkikentillä) ja ravinnon kanssa kosketuksiin joutuviissa kohteissa on rajoitettu valtioneuvoston päätöksellä.

Arseeni- ja kromivapailia Cu-tuotteilla kyllästetyn puun käyttöä ei ole rajoitettu määräyksin. Cu-tuotteissa tehoaineena on käytetty usein kuparia ja booria.

Koska CCA:lla kyllästetyn puutavaran sahaaminen, höyläminen ja muu työstö on sallittua vain poikkeustapauksissa, pitää se toimittaa käyttäjälle määrämittäisena. Tällöin käyttäjä altistuu mahdollisimman vähän herkistäville ja syöpävaarallisille aineille, eikä työöstöstä synny vaikeasti käsiteltävää kyllästettyä puujätettä.

Jos M-, A- tai AB-luokan puutavaran katkaisu, reiitys ja muu vähäinen työstäminen on välttämätöntä, työstetyt pinnat käsitellään soveltuvalla puunsuoja-aineella. Muulla tavoin työstetty puutavara ei täytä kyseisen luokan vaatimuksia ilman että puu kyllästetään uudelleen. Maa- ja vesikosketukseen joutuviissa runkorakenteissa voidaan käyttää kreosottiöljyllä tai CCA:lla kyllästettyä puuta

### Tielaitoksen soveltamisohje

Melusteiden seinäelementeissa käytetään normaalisti joko kyllästämätöntä rakenteellisesti suojattua tai, ilman arseenia, kromia ja kreosottia, kyllästettyä puuta. Poikkeuksellisesti tiehallinto rakennuttajana voi kuitenkin erikseen päättää, että tiettyssä melusteessa saa käyttää kreosotti-, kromi- ja arseenipitoista puuta silloin, kun muut suojaustavat eivät estä riittävästi melusteiden romahtamisvaaraa esimerkiksi tukimuurin päällä, tai kun pilarit ovat puuta. Näistä päätöksistä tulisi ilmoittaa Tielaitoksen keskushallinnolle ympäristöraportointia varten. Sekarakenteissa (osa puusta 'vaarallista') ongelmana on puun laadun osoittaminen purkajalle.

## 1.2 Kyllästetyn puutavaran kestävyysluokat

Pohjoismaissa kyllästetty puutavara luokitellaan neljään luokkaan: M, A, AB ja B. Luokissa M, A ja AB tunkeumavaatimus on standardin EN 351-1 mukainen P8, jolloin kyllästysaine tunkeutuu pintapuun läpi sydänpuuhun asti. Luokassa B tunkeumavaatimus on P5, jolloin kyllästysaine tunkeutuu pintapuuhun vähintään 6 mm sivusuunnassa ja 50 mm päätysuunnassa. Suomessa tuotetaan myyntiin kahden luokkavaatimuksen, A ja AB, mukaisesti kyllästettyä puutavaraa. Luokkia M ja B käytetään Suomessa hyvin harvoin.

Vaadittava pitoisuus riippuu kyllästysaineesta. Luokan A kestävyden voi saavuttaa kreosotilla, CCA:lla sekä kupari-boori- ja kupari-fosforiyhdisteillä. Viimeksi mainituista ei ole kuitenkaan pitkäaikaisia kokemuksia ja niiden kyllästeinemäärät nousevat niin suuriksi, että puutavaran hinta nousee korkeaksi. Luokan AB kestävyden voi saavuttaa kreosotilla, CCA:lla sekä useilla muilla aineilla, mutta Suomessa luokan AB tuotteita ei saa kyllästää kreosotilla, CCA:lla eikä muillakaan arseenia tai kromia sisältävillä aineilla. Jos puutuotteita tuodaan ulkomailta, meluesteen toimittajan on selvitettävä saako puutavaraa käyttää myös Suomessa, koska tuontimaan kyllästysainneiden käyttömääräykset saattavat erota suomalaisista (esim. Norjassa CCA:ta saa käyttää myös AB-luokassa).



*Taulukko 1: Puurakenteiden keski-ikäotaksumat melusteissa.*

**Rakenteellisesti suojattu puu :**

- puu on pellin alla
- vaneri on molemmin puolin lomalaudoituksen tai (puoli)ponttilaudoituksen alla ja väleissä on tuuletusrako
- seinä on räystäään alla, kun räystäään leveys on vähintään 0,14 kertaa suojattavan seinän korkeus

**Vettä kerääviä rakenteita ovat :**

- vettä keräävät kolot
- vaakasuorat pinnat (kaltevuus alle 10 astetta eli 1:7)
- vaakasuorien pintojen vieressä olevat kohdat
- kosteutta pidättävän kankaan tai eristeen vieressä olevat kohdat
- betoniin koskettavat kohdat

**Osittain suojattu puu :**

- muut tapaukset

Puumateriaali	Rakenteellisesti suojattu (v.)	Osittain suojattu (v)	Vettä keräävä (v.)	Massiivipuun <sup>3)</sup> maakosketuksessa	Sahatturimaa- kosketuksessa
1. A-luokan kreosoottikyll. mäntypinta <sup>1)</sup>	130 (130-180)	110	90 (90-130)	40 (30-60) <sup>4)</sup>	22 (22-45)
2. A-luokan CCA-kyll. mäntypinta <sup>1)</sup>	120 (120-160)	100	80 (80-120)	35 (30-50) <sup>4)</sup>	20 (20-40)
3. A-luokan kreosoottikyll. mäntysydän <sup>1)</sup>	105 (105-145)	85	70 (70-105)	30 (25-38)	18 (18-38)
4. A-lk, CCA-kyllästetty mäntysydän <sup>1)</sup>	90 (90-120)	75	60 (60-90)	20 (20-28)	14 (14-28)
5. A-luokan mukaan muulla aineella kyllästetty mäntypinta <sup>2)</sup>	70(70-120)	55	40 (40-90)	15(10-30) <sup>4)</sup>	10 (5-30)
6. AB-lk, mäntypinta	50 (50-65)	40	30 (30-50)	10 (10-20)	7 (5-20)
7. Pinnoitettu reunasuojattu vaneri	30 (30-45)	26	22 (22-30)	6 (6-9)	5 (5-9)
8. Lehtikuusi					
9. Mänty sydänpuu					
10. Lämpökäsittely puu <sup>2)</sup>	25 (15-40)	20, 12	15 (10-30)	5 (3-10)	3 (1,5-10)
11. Maalattu kuusi	15 (15-30)	12	10 (10-15)	3 (1,5-4)	1,5 (1,5-4)
12. Maal. Havupuuvaneri					
13. Maalattu mäntypinta	13 (13-20)	11	9 (9-13)	4 (2-5)	2 (2-5)
14. Maalattu lehtipuu	8 (5-10)	6	5 (3-7)	2 (1-2)	1 (1-2)

1) saa käyttää vain pysyvästi maaperään koskettavissa rakenteissa

2) ei pitkäaikaisia kokeita tai kokemuksia

3) massiivi puu = 200x200 mm tai Ø 180mm

4) pyöreä puu

Kestoiät on merkitty vuosina, lähinnä kuormituskestävyyden kannalta.

Suluissa on mahdollinen vaihteluväli puutavaran kestoiässä ja sulkujen edessä oleva luku on Tielaitoksen kestoiälle antama oletusarvo. Lihavoidut vuosiluvut perustuvat kokemuksiin, kun normaalilla painetut luvut on jouduttu arvioimaan tutkimusten ja kokemusten puutteessa.

### 1.3 Rakenteellinen puunsuojaus

Rakenteellisen puunsuojauksen pääasiallinen tarkoitus on estää veden kertyminen vaakasuorille puupinnoille ja liitossaumoihin, siksi meluste suojataan sateelta katoksella. Sadeveden lisäksi on huomioitava roiskevesi, joka on ohjattava ulos rakenteista erilaisilla kallistuksilla, katteilla tai raoilla. Halkeilun takia pellittämätön puu asennetaan tilanteesta riippuen joko sydänpuoli ylöspäin tai aidasta ulospäin (*kuva 5*), poikkeuksena kuitenkin lomalaudoitus (*kuva 7*).

### 1.4 Kestoikävaatimus

Melustetta tilatessaan tilaajan on ilmoitettava kestoikävaatimus, yleensä 30 tai 15 vuotta. Muuten oletus kestoikäksi on 30 vuotta pilareille ja 15 vuotta vaihdettaville seinäelementeille.

Kestoikä arvioidaan *taulukon 1* perusteella. Jos pilareilta vaaditaan vähintään 30 vuoden kestoikää ja seinäosilta 15 vuoden kestoä, taulukosta selviää, että pilareiksi kelpaa A-luokan CCA:lla kyllästetty mäntypinta tai kreosootilla kyllästetty mäntypinta ja -sydän. Rakenteellisesti suojattuun seinään kelpaa A-luokan muilla kuin kreosoottiöljyllä, CCA:lla, kromilla tai arseenilla kyllästetty mäntypinta, AB-luokan mäntypinta, pinnoitettu tai maalattu havupuuvaneri, lehtikuusi, männyn sydänpuu, lämpökäsitelty puu ja maalattu kuusi. Rakenteellisesti osittain suojattuun melusteeseen kelpaavat lämpökäsiteltyä puuta, maalattua kuusta ja maalattua havupuuvaneria lukuun ottamatta samat puutavarat kuin suojattuunkin.

Kun rakenteellisesti suojattuun SP-pinnoitettuun vaneriin kiinnitetään vaakasuora vettä keräävä runkopuu katsotaan vanerikin tämän jälkeen vettä kerääväksi.

## 2 MAALAUS

### 2.1 Maalaamaton puu

Maalaamaton kyllästetty tai kyllästämätön puu harmaantuu ja muuttuu vähitellen pinnaltaan selluloosaksi auringonvalon ja sienten yhteisvaikutuksesta. Lisäksi kyllästämätön puu tai vain vähän öljy- tai alkydisideainetta sisältävällä suoja-aineella kyllästetty puu halkeilee ajan mittaan kostumisen ja kuivumisen seurauksena.

Jos meluaita on ollut pitempään pintakäsittelmättä ja pintakäsitellään myöhemmin, huoltovälit ovat lyhyempiä kuin, jos pintakäsittely olisi suoritettu viivytyksettä, koska säälle altistuneen puun pinta on huonontunut.

### 2.2 Peittomaalit

Peittomaalit suojaavat puuta auringonvalolta, kosteusvaihteluilta ja homeitiöiltä. Peittomaaleja ovat öljy- ja alkydimaalit sekä vesiohenteiset dispersiomaalit (lateksit, akryylit) ja lietemaalit (mm. punamulta). Peittomaalien huoltoväli on 7 - 15 vuotta. Lyhin huoltoväli on auringonpaisteisella puolella.

Huoltomaalaus on ongelmallista, jos peittomaali on alkanut hilseillä, koska esityöt vievät aikaa ja ovat kalliita. Tällainen hilseily voi ilmaantua hyvinkin nopeasti. Seuraavat maalikalvot hilseilevät todennäköisesti samasta kohdin. Hilseily johtuu useimmiten seuraavista syistä: kosteus pääsee puuhun syvästä naulauksesta tai käsittelemättömistä päätypinnoista, puu on ollut säälle alttiina tai on maalattu esim. kuultavilla puunsuojilla käsiteltyä huonokuntoista puun pintaa. Kosteus imeytyy tehokkaimmin juuri puun leikkauspintoista. Paras tapa estää kosteuden imeytyminen päätypinnoista on maalata ne öljy- tai alkydimaalilla.

Vesiohenteisten **alkydi-akryylimaalien** etuina ovat niiden erittäin joustava maalipinta, hyvä säänkestävyys ja tehokkaat puunsuoja-aineet. Lisäksi näistä maaleista ei synny liuotinpäästöjä ja niiden huoltomaalaus on helppoa kaikilla alkydi-, öljy ja vesiohenteisillä maaleilla.

**Akryylimaalit** vaihtelevat hyvin paljon merkkikohtaisesti.

**Alkydimaalit** ovat ominaisuuksiltaan hyvin paljon samanlaisia kuin öljymaalit ja ne saattavatkin sisältää jopa 80 % öljyä.

**Öljymaalien** ongelmana on niiden pitkä kuivumisaika ja liuotinpäästöt. Lisäksi se liituaa ajan kuluessa, ja kuivuttuaan lopulliseen muotoonsa maalikalvo on hauras ja halkeileva.

**Polyuretaanimaali** on kova ja suhteellisen joustava maalipinta. Siitä irtoaa kuitenkin liuotinpäästöjä ja sen huoltomaalaus on vaikeaa.

**Kuultomaalit** sopivat muuten hyvin melusteisiin, mutta ne suojaavat huonosti UV-valoa vastaan, joka aiheuttaa huoltomaalauksen tarpeen lähes vuosittain. Kuultomaaleista on kuitenkin jo muutamia aika hyvin kestäviä merkkejä.

**Lietemaalit** (punamulta) eivät hilseile vaan kuluvat pois, ja huoltomaalaus lietemaalilla on helppoa. Lietemaali soveltuu vain sahatulle pinnalle. Lietemaali ei anna puualustalle kosteussuojaa, joten puu halkeilee kuten pintakäsittelemätön. Vesi pääsee maalin läpi paremmin kuin muissa maaleissa, mikä lisää homeen vaaraa kosteissa kohdissa.

### 2.3 Pintakäsittelyaineet

Kuultavat pintakäsittelyaineet suojaavat auringonvalolta, kosteusvaihteluilta ja homeilta vähemmän kuin peittomaalit. Kuultavia käsittelyjä ovat mm. liuotinhenteiset kalvoa muodostavat ja kalvoa muodostamattomat puunsuojat, vesiohenteiset puunsuojat, jotka yleensä ovat kalvoa muodostavia, ja öljytervaseokset. Kalvoa muodostamattomien kuultavien pintojen huoltokäsittelyväliä ovat melko lyhyet, 2-4 vuotta, koska kuullotettu pinta kuluu ja haalistuu. Huoltoväli riippuu rasitusoloista (auringonvalo) ja pinnan laadun vaatimustasosta. Huoltomaalaus samantyyppisellä tuotteella on helppoa, koska varsinaista vanhan pinnan esikäsittelyä ei tarvita. Kalvoa muodostavan kuullotteen huoltoväli on pitempi, noin 5 vuotta. Ongelmaksi saattaa muodostua joidenkin kuultavimpien kalvoa muodostavien tuotteiden hilseily puun pinnasta, mikä johtuu puun hajoamisesta pinnoitteen alla. Jos hilseilyä ei esiinny, on huoltokäsittely suhteellisen vaivatonta. Jos aikaisempi pintakäsittely hilseilee runsaasti, joudutaan huonosti tarttuva pintakäsittelyaine irtottamaan ennen uusintakäsittelyä.

Pigmentoimattomat eli värittömät pintakäsittelyaineet, eivät suojaa auringonvalolta mutta suojaavat jonkin verran kosteudelta ja pintasieniltä. Suojausaika on kuitenkin lyhyt ja pinta homehtuu ja sinistyy ajanmittaan. Huoltokäsittely on helppoa pigmentoimattomia tuotteita käytettäessä, mutta puun väri muuttuu ja puu halkeilee huolimatta vuosittaisesta huollosta. Joissain pigmentoimattomissa puunsuoja-aineissa on kalvoa muodostavia öljyjä, niitä ei tulisi käyttää, koska ne hilseilevät puun pinnasta, huoltovälit ovat lyhyet ja huoltotoimenpiteet hilseilyn takia työläitä.

### 2.4 Maalausohje

Maaliksi suositellaan vesiohenteisiä alkydi-akryylimaaaleja. Maali levitetään pinnoille kolmeen kertaan, kertaalleen ennen asennusta ja kaksi kertaa

asennuksen jälkeen. Kunkin kerroksen paksuus on 0,1 mm märkänä. Ennen viimeisiä maalikerroksia kuumasinkittyjen naulojen kannat maalataan ruosteestomaalilla ja päätypinnat voidaan maalata öljy- tai alkydimaalilla. Lautojen säältä suojattua puolta ei kannata maalata liian paksusti vaan veden tulisi päästä haihtumaan laudasta. Puu saa olla alttiina auringonvalolle ennen maalausta enintään 2 viikkoa, ja sen kosteus maalattaessa saa olla enintään 18 %.

## 2.5 Puualusta

Kuusi on parempi maalausala kuin pintapuuvaltainen mänty, koska kuusi halkeilee vähemmän, ja pintasieniä esiintyy jonkin verran vähemmän. Männyksen sydänpuulla on vielä paremmat kosteus- ja kestävyysominaisuudet kuin kuusella. Lämpökäsitellyn puun pintakäsittely ja huolto tehdään kuten lämpökäsittelmättömäänkin puuhun.

Suolakyllästettyä puuta voidaan käyttää maalausalaustana kuten kyllästämättömää, kun on varmistettu ennen maalausta, että puun kosteus on alle 18 %.

Jos kyllästykseen on käytetty kreosootti- tms. öljyä, joka ei ole sitoutunut puuhun, pintakäsittelyyn ei todennäköisesti sovi peittomaali eikä muu kalvoa muodostava tuote hilseily- ja kuplimisongelmien takia. Jos tällaista puualustaa halutaan pintakäsitellä, siihen soveltuvat kalvoa muodostamattomat pigmentoidut puunsuojat. Töhrittyjen pintojen peittomaalausta ei voi tehdä puuhun, jossa öljy ei ole kunnolla sitoutunut, vaan ainoa tapa puhdistaa pinnat on liuottimilla tai hiekkapuhalluksella.

## 3 VANERITYYPIT

Vaneria on neljää eri tyyppiä: seka-, twin-, koivu- ja havupuuvaneri. Sekavanerilla tarkoitetaan vaneria, jonka kaksi ensimmäistä viilua pinnasta ovat koivua ja sisäviilut vuorotellen koivua ja havupuuta. Twinvanerissa vain pintaviilut ovat koivua ja muut havupuuta. Koivuvanerissa kaikki viilut ovat koivua ja havupuuvanerissa havupuuta. Viiluja levyssä on aina pariton määrä, joten pintaviilujen syysuunta on sama. Vanerin liimaus ja puu säilyttävät lujuutensa märkänäkin mutta kosteusvaihtelut aiheuttavat dimensiomuutoksia, käyrityksiä ja halkeiluvaaraa sekä lisäävät pinnoitteeseen ja kiinnityksiin kohdistuvia rasituksia. Tämän takia vanerin rakenteellinen suojaus on ensisijaisen tärkeää.

Ulkopintoihin sopii parhaiten maalattu SP-vaneri. SP-vaneri on fenoliliimattu sään- ja keitonkestävästi. Lisäksi se on ulkokäyttöön tarkoitettulla maalaus-pohjapaperilla pinnoitettu ja reunasuojattu. SP-vanerin pinnoitteena oleva säänkestävä maalaus-pohjapaperi on varma ja halkeilematon maalausala. Maalaukskalvo voi olla vanerin molemmin puolin tai vain toisella puolella, jol-

loin tausta on pinnoitettu fenolihartsifilmillä. SP-vaneri on muita vanereita kalliimpaa.

Filmipintavanerin kestoikä on suurin piirtein sama kuin SP-vanerilla, mutta se ei kestä auringon UV-säteilyä aivan yhtä hyvin. Filmipintavaneria käytettäessä on melusteeseen tehtävä lautaverhous, joka estää auringon valon pääsemisen vaneriin. Filmipintavaneria ei voi maalata.

Muita sään ja keitonkestävästi liimattuja havupuuvanereita voidaan käyttää lähinnä maalattuna laudoituksen alla. Ulkopintoihin ne käyvät hyvin maalattuina ja rakenteellisesti suojattuina. Hyvästä maalipinnasta huolimatta pinnoittamaton vaneri ei yllä SP-vanerin kestoikään.

Vanerin valmistajalta vaaditaan jatkuvaa omaa ja ulkopuolisen suorittamaa kansainvälisesti hyväksyttyä laadunvalvontaa. Lisäksi vanerit pitää pystyä tunnistamaan vuosienkin jälkeen, esim. reklamaatiotilanteessa on pystyttävä osoittamaan mikä tehdas ko. levyt on tehnyt. Tähän on todettu hyväksi keinoksi jokaisen vaneritehtaan oma väritunniste, joka sekoitetaan vanerin liimaan ja jonka VTT pystyy selvittämään UV-valon avulla.

### 3.1 Vanerikoot

Vanerilevyjen koot ovat:

1200x 1200/1800/2400/2500/2650/2700/3000/3600 mm

1220x 1220/2440/3050 mm

1250x 1250/2500 mm

1500x 1500/2400/2500/2700/3000 mm

1525x 1525/2440/3050 mm

Vanerin mitoissa ensimmäinen mitta osoittaa pintaviilun syyn suunnan eli lujemman suunnan. Vakiopaksuudet ovat 6.5...30 mm.

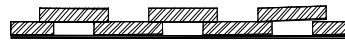
### 3.2 Vanerin kiinnitys

Kiinnityksessä on otettava huomioon vanerin kosteuseläminen, joka on tason suunnassa noin 1 mm/ m ja paksuussuunnassa 1...2 mm tavanomaisissa käyttöolosuhteissa. Vanerit kiinnitetään meluesteen runkopuihin. Naulojen ja ruuvien tulee olla kuumasinkittyjä. Käytettävien naulojen pituuksien tulisi olla kolme kertaa levyn paksuus, ei kuitenkaan alle 30 mm ja ruuvien 2,5 kertaa levyn paksuus, ei kuitenkaan alle 25 mm. Piilokiinnitys on suositeltavaa.

## 4 ÄÄNIERISTÄVYYS

Tavallisimmin eristävyyslukuvaatimukseksi valitaan 25 dB.

Useimmilla materiaaleilla tuulikuorma edellyttää niin paksut materiaalit, että 25 dB saavutetaan helposti, jos raot vältetään. Yksinkertaisilla lautaraken-teilla (ilman vaneria) ei kuitenkaan yleensä päästä pysyvästi 25 dB eristä-vyyteen. Eristävyyden vaikutus todellisessa kohteessa havaittavaan vai-mennukseen on melko pieni (Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 3. Melusteet, TIEL 2140013, 1997).



Kuva 1: Eristävyydsmittauksen tulokset (EN 1793-2): Lomalaudoitus ilman vane-ria. Rakoja sisältävät vaihtoehdot kuvaavat kuivumisen kutistamia ja käyristämiä lautoja.

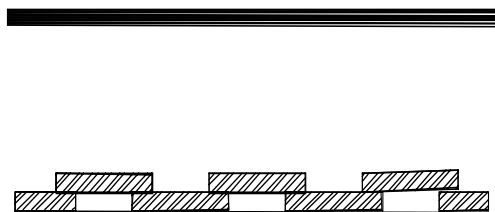
Seuraavat tulokset on saatu EN 1793-2 mukaisin mittauksin, kun seinän ja pilarin tai seinän ja sokkelin välissä ei ole rakoa eikä selvästi kevyempää rakennetta.

LOMALAUTA, 22 mm	(DL <sub>R</sub> )dB
Joka kolmas pystysauma auki: 6 mm	16
Joka kolmas pystysauma auki: 4 mm	18
Joka kolmas pystysauma auki: 2 mm	19
Pystysaumat tiivistetty kitillä	26



PONTTILAUTA, 20 mm	(DL <sub>R</sub> )dB
Lautojen välinen rako: 4 mm	23
Vaakasaumat tiivistetty teipillä	25
Puoliponttilauta, 28 mm, rako 4 mm	17

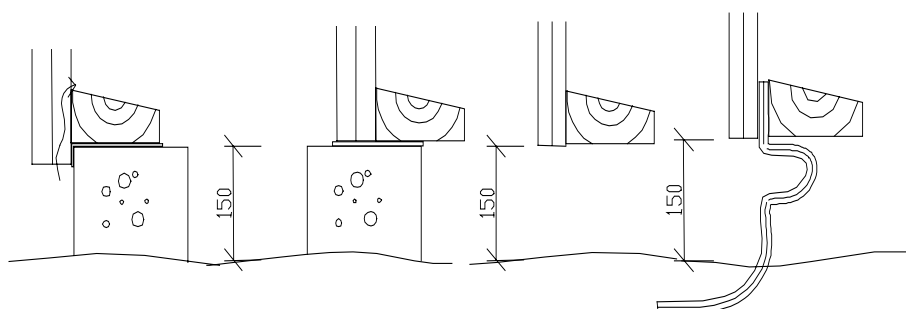
Kuva 2: Eristävyydsmittauksen tulokset (EN 1793-2): Pontti- ja puoliponttilaudoi-tus ilman vaneria. Vaikka laudat asennetaan tarkasti toisiaan vasten, syntyy kuivumisen takia rakoja. Rakojen koko kasvaa jos käytetään leveämpää lautaa. 4 mm rako syntyy jos 100 mm leveä lauta kutistuu 3 %, kun alun perin rako on keskimäärin 1 mm. Pontti ulottuu koko pituudelle.



Vaneri 20mm	27 dB
Lomalaudoitus ja 6 mm vaneri	26 dB

Kuva 3: Eristävyysmittauksen tulokset (EN 1793-2): lomalaudoitus ja 6 mm vaneri ja pelkästään 20 mm vaneri.

Jos puun ja maanpinnan väliin jätetään 150 mm rako, tämä laskee esteen vaimennusta aivan esteen takana 1-2 dB, mutta kauempana yleensä vain noin 0,5 dB. Sama asia laskee esteen ääneneristävyyden lähes olemattomaan. Rako tukitaan esim. kuvan 4 mukaisesti kumimatolla, ellei alueen akustisessa mitoituksessa ole todettu, että rako voidaan sallia.



Lomalaudoitus sokkeliä vasten	26 dB
Lomalaudoitus sokkelin etupuolella	22 dB
Lomalaudoitus ilman sokkeliä, rako 150 mm	≅ 0 dB
Lomalaudoitus ja kumimatto	25 dB

Kuva 4: Eristävyysmittauksen tulos, kun a) lomalaudoituksen pää on betonisokkeliä vasten tai b) lomalaudoitus on betonisokkelin etupuolella, jolloin ylhäältä katsottaessa näkyy 22x60 mm reikä joka toisen laudan kohdalla (lautojen välit kitattu) tai c) betonisokkeli on jätetty pois tai d) betonisokkeli on korvattu kumimatolla, jonka eristävyys on 25 dB.

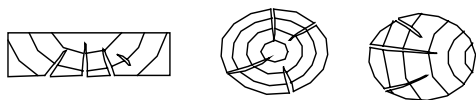


## 5 PUUSTA TEHTYJEN MELUSTEIDEN RAKENNEPIIRUSTUKSIA

### 5.1 Lähtökohdat

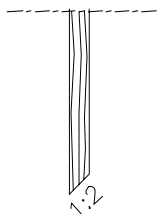
Seuraavassa on esitetty mahdollisia rakenneratkaisuja puisiin melusteisiin. Esimerkkitapauksissa on pyritty minimoimaan vettä keräävät vaakapinnat sekä pienet raot joista vesi ei pääse pois. Lisäksi esteet on suojattu katoksilla siten, että vesi ei pääse sisään, mutta kosteus pääsee haihtumaan ulos.

Esimerkeissä on vaatimuksena ollut 25 dB eristävyys, jos joissain tapauksissa eristävyysluku on pienempi kuin 25 dB, niin siitä on erikseen mainittu.



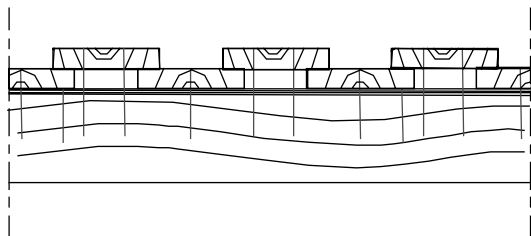
Kuva 5: Puun sydänpuolen suunta.

Puun halkeilun takia laudat ja rimat on asennettava tilanteesta riippuen joko sydänpuoli ylöspäin tai aidasta ulospäin. Halkaistu pyöreä puu kestää parhaiten, kun käytetään sorvattua puuta niin, että sydänpuoli saadaan pintaan.



Kuva 6: Laudan alareuna.

Pystylaudoituksessa on lautojen alapäävät viistettävä 1:2.

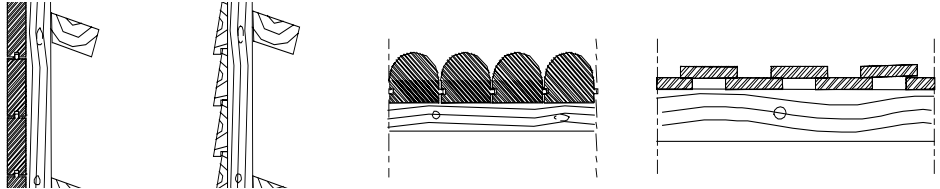


Kuva 7: Lomalaudoituksen asennus.

Lomalaudoituksen naulaus tapahtuu kuvan mukaisesti. Lomalaudoituksen ulommat laudat asennetaan sydänpuoli aidasta poispäin ja sisemmät sydänpuoli aitaan päin, koska laudat taipuvat.

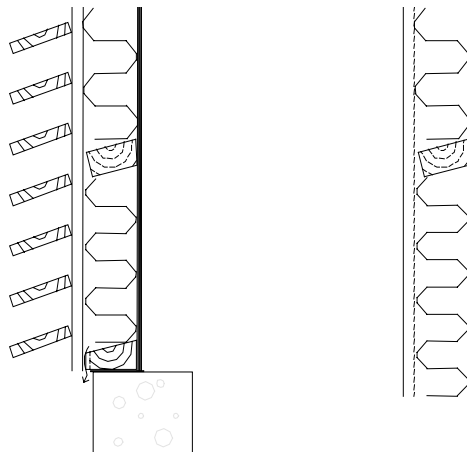
## 5.2 Vanerittomia malleja

Rakojen syntyminen estetään riittävän syvällä pontilla. Asennettaessa pontin tulee upota uraan syvyyteen, joka on 10 % laudan hyötyleveydestä. Lomalaudan limitys on 25 mm.



Kuva 8: Melusteitä, joissa ei ole vaneria eikä muutakaan levyä.

- A. Täyspontti vaakasuorassa, 20x100, oletus  $DL_R$  23 dB
- B. Puolipontti vaakasuorassa, 28x100, oletus  $DL_R$  17 dB
- C. Täyspontti pystysuorassa, 20x100, oletus  $DL_R$  23 dB
- D. Lomalauta pystysuorassa, 22x150, oletus  $DL_R$  18 dB



Kuva 9: Ääntä absorboivia melusteitä.

- A. Lautaritiä villan edessä. Toisella puolella vaneri.
- B. Rimointu ja teräsverkko villan edessä. Toisella puolella vaneri.

## 5.3 Absorboivia malleja

Jokaisen tuotteen äänen absorptio mitataan erikseen. Absorptio riippuu näkyvän villan osuudesta. Kiinnitysyksityiskohdat puuttuvat kuvasta. Muodostuviin koteloihin ei saa jäädä vettä kokoavia tasojia tai koloja.

Kiinnitykseen käytetään kuumasinkittyjä nautoja tai ruuveja. Ensin kiinnitetään kuvan 9 vasemman puolen pystyrauditus vanerin läpi runkopuihin ja sitten vastakkaiselta puolelta vaaka- tai pystyrimointu vanerin läpi pystyrauditukseen. Riittävän vetolujuuden saavuttamiseksi tulee kiinnitykseen käyttää ruuveja, jos vanerin takana ei ole muuta puuta.

Veden kertymisen estämiseksi vanerin ja vaakarimojen väliin asennetaan noin 10 mm paksuiset korokepalat 600 mm välein. Korokepalat voivat olla muoviputkea, jota on helposti saatavilla. Rimat kiinnitetään kuumasinkityillä ruuveilla tapauskohtaisesti joko vanerista korokepalan läpi rimaan tai päin-

vastoin. Erityisesti niissä tapauksissa, joissa vaneri ei näy, voidaan vanerin ja laudoituksen välissä käyttää pystylistaa (noin 6 mm paksu ja 30 mm leveä vaneri). Myös vanerilistat on maalattava huolellisesti.

Melusteeseen mahdollisesti kerääntyvän kosteuden ulospääsy on varmistettava katokseen jätettävillä ilmaraoilla. Tämä tapahtuu joko jatkamalla pystyrimoitusta katoksen reunan alle, jolloin ilma pääsee kiertämään rimoituksen väleistä, tai asentamalla katoksen reunan ja meluidan väliin korokelista k 600. Korokelistat ovat vaneria tai muovia, ja niiden mitat ovat noin 10 mm paksu, 20 mm leveä ja 300 mm pitkä.

#### 5.4 Vanerirunkoisia malleja

*Kuva 10: Meluste sivulta.*

Tähän runkoon voidaan liittää *kuvien 9-12* sovellukset. Vanerirungon etuina on, ettei se vääntyile eikä siihen tule ajan myötä rakoja. Vaakarunkopuut (esim. 50x100 k 600-1000) mitoitetaan kuormien ja jännevälin mukaan taupauskohtaisesti. Vanerin tai runkopuiden sijaan voidaan käyttää muitakin materiaaleja, esim. muovitettua teräslevyä ja teräsprofiilia.

*Kuva 11: Katokset.*

A. Jäykkä n. 3 mm teräs- tai alumiinilevystä tehty kateprofiili. Profiili muodostaa räystäät ja jäykistää seinää sekä suojaa puuosien yläreunaa. Ellei pystyrimoitusta tai lomalaudoitusta saa sopivasti vanerin ja profiilin väliin, on väliin asennettava korokelistat ( $\geq 10$  mm x 20 mm x 300 mm k 600mm) tuulelta varten.

B. Teräs- tai alumiinilevystä tehty kate, joka on tuettu teräskehikoiden (k 0.5-1 m) varaan. Muunnelma A:sta.

C. Lautakatos. Lauta (38 x 250) on noin 15° kulmassa puisen tukilistan (n. 40mmx40mm) avulla. Valumaveden estämiseksi laudan alapinnassa on kuvan mukainen lovi.

D. Sama kuin kohdassa C, mutta pellitettynä.

*Kuva 12: Runkopuut.*

Runkopuut luokitellaan suojatuiksi pellitettynä, osittain suojatuiksi kallistettuna ja vettä kerääviksi vaakasuorina, jolloin myös runkopuussa kiinni oleva vaneri luokitellaan vettä kerääväksi. Tässä runkopuut suojaavat alapuolista pinnoitetta, ja varsinkin mahdollisten pystyrimojen yläpäitä.

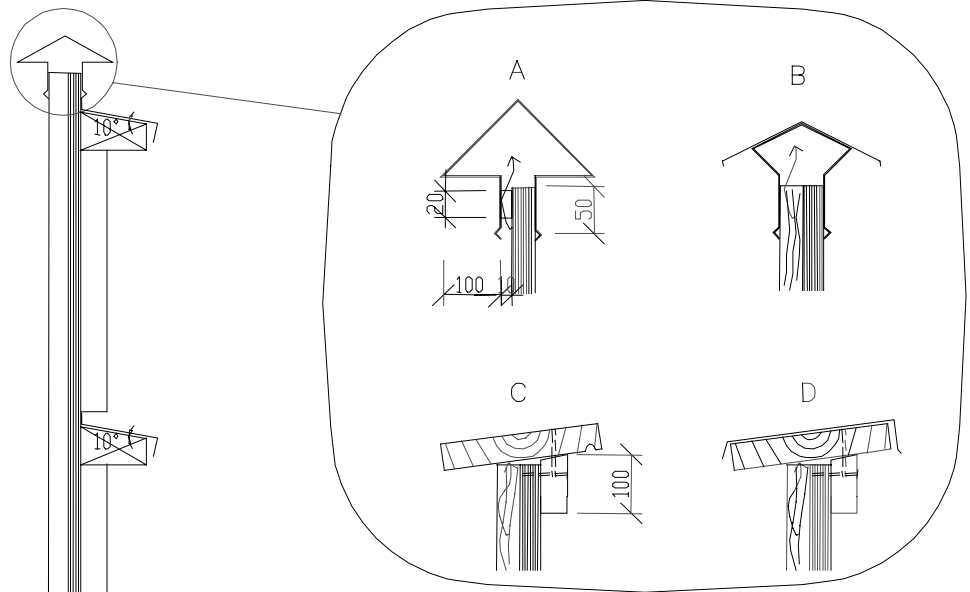
A. Vanerin jäykisteeksi asennettu pellitetty runkopuu 50x100 k 1000. Runkopuu on viistetty vanerin puolelta siten että puun kaltevuus on vähintään 10°. Pelti on taitettu yläpuolisen rimoituksen alle. Pelti kiinnitetään kuumasinkityillä ruuveilla tai nauloilla, joissa kumi tiiviste. Katteen tippanokka ulottuu juuri runkopuun alapuolelle. Vaneri ja toisen puolen pystyruudoitus kiinnitetään runkopuihin kuumasinkityillä ruuveilla tai nauloilla.

B. Samanlainen puu kuin kuvassa A, mutta ilman katetta. Puun sydänpuoli on ylöspäin.

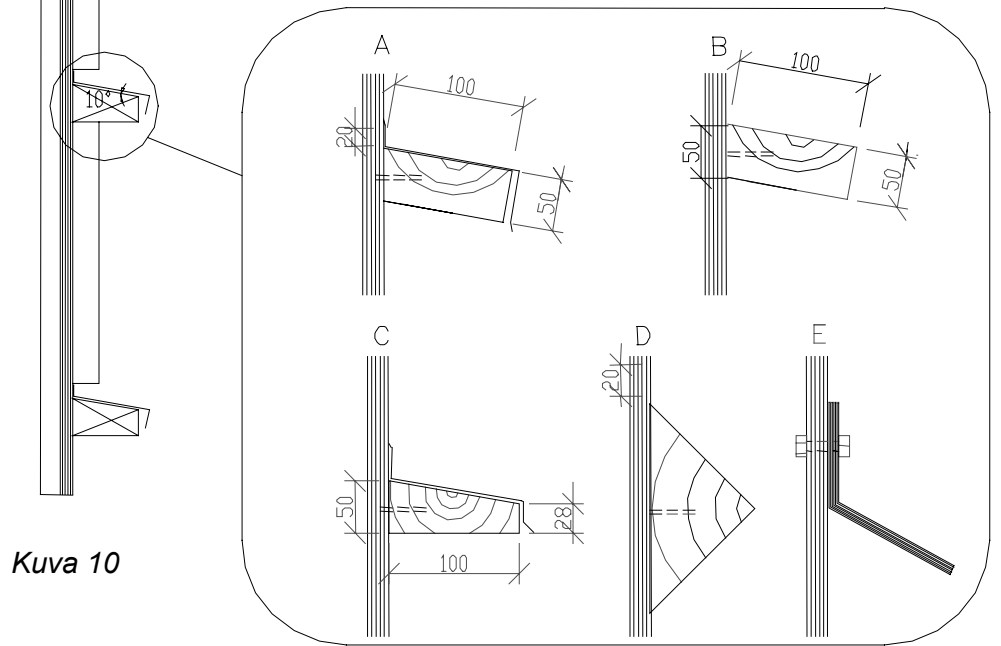
C. Pellitetty päältä viistetty runkopuu 50x100. Asennus kuten kohdassa A.

D. Kolmikulmion muotoinen runkopuu  $\geq (70 \times 70 \times 100)$  mm. Asennus kuten kohdassa A.

E. Teräsrunko



Kuva 11



Kuva 10

Kuva 12

*Kuva 13: Vaakarimat tai laudat.*

Vaakarimoja ja lautoja käytettäessä vastakkaiselle puolelle tarvitaan kiinnitystä varten suunnitellut pystypuut tai pystyrimoitus naulausalustaksi. Pelkkä vaneriin kiinnitys riittää vain jos kiinnitykseen käytetään ruuveja. Kallistetut tai viistetyt vaakalaudat luokitellaan osittain suojaetuiksi, kun veden kertyminen laudan ja vanerin väliin estetään tuuletusraolla.

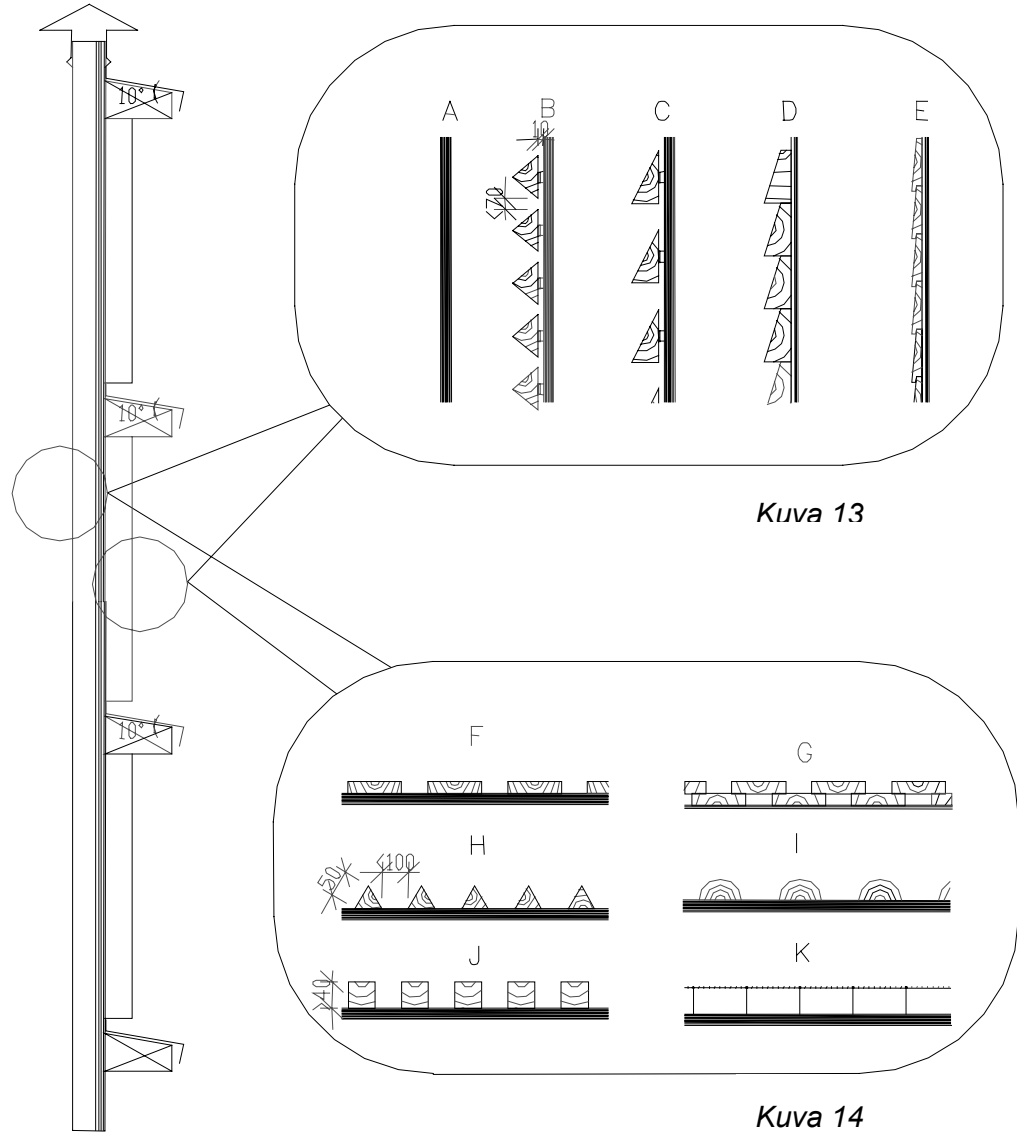
- A. Maalattu vaneri. Ei sovellu töhrimisaltille paikoille.
- B. Kolmiorimat 50 x 50 x 70, puun sydänpuoli ylöspäin. Rimat on irrotettu 10 mm vanerista muovisilla korokepaloilla 600 mm välein.
- C. Kolmiolaudat 50 x 100, höyläämätön sydänpuoli ulospäin. Veden valumisen kannalta hyvä ratkaisu, vesi valuu suoraan ulos esteestä eikä alla olevan riman päälle. Ei sovi töhrimisaltille paikoille.
- D. Sama kuin edellä mutta laudat on asennettu siten ettei lautojen välistä näy vaneria. Silloin riman ja vanerin välille tehdään tuuletusrako kapeilla pystysuorilla vanerilistoilla, tai rimoilla.
- E. Puoliponttilaudoitus ja 6 mm vaneri. Laudoitus on irroitettu vanerista vähintään 6 mm paksuilla pysty listoilla. Ei sovellu töhrimisaltille paikoille.

*Kuva 14: Pystyrimat tai laudat*

Pystyrimoja on hiukan vaikeampi töhriä kuin vaakarimoja eikä niihin kerry yhtä helposti vettä ja likaa. Kuvassa vasemman pinnan pysty laudat ja rimat on helppo kiinnittää vaakasuorien runkopuiden kohdalta. Runkopuiden puoleiset pystyrimat kiinnitetään silloin vanerin läpi vastapuolen pystyrimojen kohdalta.

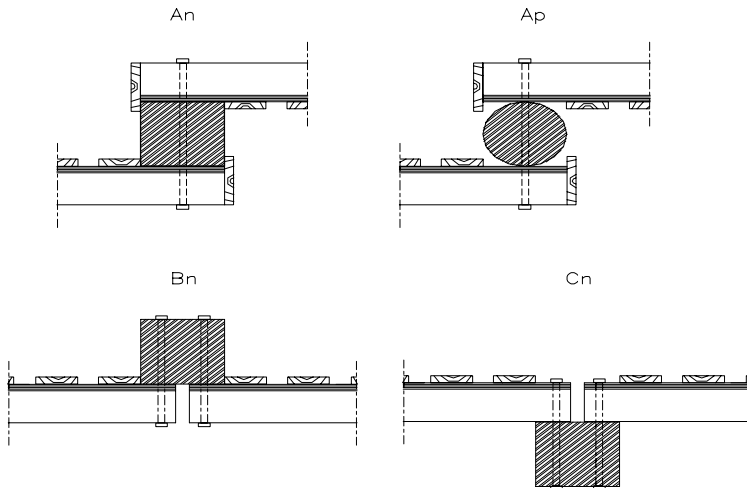
- F. Harva pysty laudoitus 22x150 k 200 ja 20 mm vaneri, näyttää lomalaudoituksesta kun se maalataan.
- G. Lomalaudoitus 22x150 k 200 ja 6 mm vaneri. Lomalaudoitus suojaa vaneria paremmin kuin harva pysty laudoitus.
- H. Kolmionmuotoinen pystyrimoitus 50x50x70. Vaikea töhriä.
- I. Pyöreästä halkaistusta puusta (40 mm – 80 mm) tehty pystyrimoitus. Pyöreästä pienpuusta tehdyt rimat halkeavat enemmän kuin sydänpuu ulospäin asennetut sorvatut rimat (*kuva 5*). Vaikea töhriä.
- J. Pystyrimoitus 40x40. Rimat on asennettu sydänpuoli aidasta ulospäin. Vaikea töhriä.
- K. 50 mm vanerista irti oleva teräsverkko. Verkko kiinnitetään vaneriin esim. pystysuorilla z-kiskoilla (k 600). Teräsverkon silmän koko saa olla korkeintaan 40mm kiipeilyn estämiseksi. Vanerin on oltava sään ja valon kestävä.

Kaikissa kuvien 13 ja 14 kohdissa, paitsi kohdissa E ja G, on käytetty runkona 20 mm paksua vaneria.



## 5.5 Kiinnitykset ja pilarit

Pilarit voivat olla betonista, teräksestä tai puusta. Pilarin liitokset tiivistetään säänkestävällä kumilistalla.



Kuva 15: Puiset pilarit.

Kohdissa An, Bn ja Cn ( $n =$  nelikulmio) on pilarina käytetty kreosoottikyllästettyä parrua 200x200. Kohdassa Ap ( $p =$  pyöreä) parru on pyöreä  $d=200$  ja siinä kylästyksen voidaan käyttää myös CCA:ta. Kiinnityksen kannalta hiukan vaikeampia olisivat vaihtoehdot Bp, ja Cp. Kiinnitykseen käytetään kuumasinkittyä pulttia tai ruostumatonta teräspulttia M 16. Pultti laitetaan valmiiksi porattuun reikään, jossa on muoviputki pitämässä pultin ja kyllästetyn puun toisistaan erillään, koska kuparilla kyllästetty puu syövyttää sinkkiä ja terästä. Jänneväli on esimerkissä 4000 mm. Pyöreiksi pilareiksi käyvät hyvin puhelinpylväät, joiden upotussyvyys on mitoitettu ympäristäyttömaalajin mukaan. Liitoksista tai puun käyryydestä johtuvien rakojen on oltava alle 20 mm.

## 6 KYLLÄSTYSAINEIDEN MERKITSEMINEN

Meluesteen molempiin päihin on asennettava muovi- tai metallilaatat, joista selviää mitä kyllästysaineita esteessä on käytetty mihinkin kohtaan. Tärkeintä on tunnistaa melusteet, joissa ei ole käytetty kreosoottia, kromia tai arseenia. Silloin este voidaan käytön jälkeen hävittää normaalisti polttamalla, ellei sitä ole muuten erikseen kielletty.

Laattaan painetaan aidan eri osissa käytettyjen materiaalien kyllästysluokat ja niissä käytetyt kyllästysaineet sekä muutkin aineet, jotka luokitellaan hävittämisen yhteydessä ongelmajätteiksi. Laatat kiinnitetään esteeseen siten, että toinen niistä on tekstipuoli seinään päin. Tämä siksi ettei tekstejä maalattaisi ajan kuluessa yli. Laattapari kiinnitetään meluesteen molempiin päihin ja 100 m välein keskiosiin.

## 7 ILKIVALTA

Yleisimmät ilkvallan muodot ovat töhriminen ja rikkominen. Paikallisesti ilkvallaa esiintyy eniten koulujen, bussipysäkkien ja asemien lähellä.

Töhrimistä voidaan vähentää seuraavin keinoin:

- Peitetään meluste sen edustalle tiheästi istutetuilla puilla, joissa on oksia alhaallakin, kasvit hidastavat puun kuivumista erityisesti pohjoissivulla.
- Peitetään melusteen takapinta pensailta.
- Käytetään meluvallia.
- Puhdistetaan meluste nopeasti, mikä edellyttää helposti puhdistettavaa (sileää maaleja hylkiväksi käsiteltyä) tai helposti vaihdettavaa pintaa.
- Peitetään töhry maalilla, mikä edellyttää alun perin peittomaalattua pintaa ja lämmintä säätä. Läpikuultavalla aineella suojatussa puussa töhryjä ei peitetä peittomaalilla.
- Vaikeutetaan pääsyä melusteen luokse tihein piikkisin pensain (jo uute-na) tai kaivannon avulla.
- Vaikeutetaan piirtämistä käyttämällä uritettuja tai ritilämäisiä pintoja tai sijoittamalla verkko tai ritilä melusteen eteen.
- Lisätään kiinnijäämisriskiä välttämällä pimeitä tai suojaisia soppeja ja välttämällä katuvalojen yösammutusta.

Jos vaaditaan että meluste on vaikeasti töhrittävä, on siihen silloin tehtävä vähintään 40 mm syvyinen pysty- tai vaakasuuntainen uritus tai ritilä. Vaakasuuntaisissa urissa, ritilöissä tai niiden välissä ei saa olla yli 70 mm korkeista piirtämiskelpoista pintaa, eikä pystysuorissa yli 100 mm levyistä pintaa. Vaihtoehtoisesti meluste pinnoitetaan tukevalla verkolla, joka estää töhrimistä. Verkko voi toimia myös köynnösten kiinnitysmiskohtana.