

VAKOLAn tiedote

83/2000



Tapani Kivinen Jukka Pietilä

Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa III

Rakenteet, liitokset, rakennusesimerkit

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Agricultural Research Centre of Finland

VAKOLA

Maatalousteknologian tutkimus

Osoite
Vakolantie 55
03400 VIHTI

Puhelin
(09) 224 251
Telekopio
(09) 224 6210

Agricultural Engineering Research

Address
Vakolantie 55
FIN-03400 VIHTI
FINLAND

Telephone int.
+358 9 224 251
Telefax int.
+358 9 224 6210

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	TIIVISTELMÄ	4
3	PIENEN PYÖREÄN PUUN KÄYTTÖKOhteITA	4
3.1	Esimerkkejä pyöreästä puusta tehdyistä rakennuksista ja rakenteista	4
3.2	Ympäristörakenteet	6
3.3	Leikkikentät ja vapaa-ajan rakennukset	8
4	MATERIAALIT	9
4.1	Puulajit	9
4.2	Laatu	10
4.3	Puuvarat	10
4.4	Hakkuu	10
4.5	Mitallistaminen	12
4.6	Kuivaus	12
4.7	Varastointi	13
4.8	Käsittely ja maalaus	13
4.8.1	Kestopuu	13
4.8.2	Lämpökäsittely	14
4.8.3	Viimeistely	14
4.8.4	Puun suojaaminen säätä vastaan	15
5	RAKENNETEKNIikka	16
5.1	Rakenteiden toiminta	16
5.2	Pyöreän puun toiminta rakenteena	16
5.3	Rakennetyypit	18
5.4	Rakennusten jäykistäminen	21
5.5	Liitokset	22
5.5.1	Yleistä	22
5.5.2	Puikkoliittimet (naulat, pultit, tappivaarnat ja ruuvit)	22
5.5.3	Teräksiset muotokiinnikkeet	24
5.5.4	Kaksileikkeiset ohutlevy- ja vaneriliitokset	25
5.5.5	Kiristyspannalla vahvistetut pultti- ja tappivaarnaliitokset	26
5.5.6	Liimaliitokset	27
5.5.7	Palikkavaarnaliitokset	27
5.5.8	Metallipantaliitos	27
5.6	Rakennusten perustukset	28
5.7	Julkisivuverhoukset ja lämpöeristykset	30
5.7.1	Julkisivuverhoukset	30
5.7.2	Rakennusten eristäminen	31
6	ESIMERKKEJÄ PYÖREÄSTÄ PUUSTA TEHDYISTÄ RAKENNUKSISTA	32
6.1	Varastorakennus	32
6.2	Autokatos	33
6.3	Kioski, autotalli, varasto	34

1 JOHDANTO

Tämä opas perustuu kahdessa eri tutkimusprojektissa tehtyyn työhön, joista toinen oli Euroopan unionin ja eri osallistujien rahoittama ”Round Small Diameter Timber for Construction”. Toinen tutkimus oli Maa- ja metsätalousministeriön maatilatalouden kehittämisrahaston ja MTT/Vakolan rahoittama ”Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa”. Kumpaakin tutkimusta tehtiin samanaikaisesti, joten työt täydensivät toisiaan ja suomalainen pyöreää puuta käsittelevä tutkimus voitiin tehdä laajempaan kuin alun perin suunniteltiin. Tutkimushankkeissa kehitettiin harvennushakkuista saatavan puun käyttöä pyöreänä rakennuspuutavarana. Työssä keskityttiin tavallisimpiin havupuihin, joiden läpimitta on 100 - 150 mm.

Euroopan unionin rahoittamaa tutkimusta tehtiin vuosina 1996 - 98 eurooppalaisena yhteistyötutkimuksena. Tämä tutkimus oli Euroopan komission direktoraatin XIII alaisuudessa, jossa hankkeesta vastasi tohtori Alexandros Arabatzis. Hankkeen koordinaattori oli professori Alpo Ranta-Maunus VTT:sta. Yhteistutkimusta tekivät:

- Suomesta VTT Rakennustekniikka ja MTT/Vakola,
- Delftin Tekninen korkeakoulu Alankomaista,
- Surreyn Yliopisto Iso-Britanniasta,
- CTBA Ranskasta ja
- BOKU Itävallasta.

Hankkeista valmistuneista julkaisuista mainittakoot seuraavat:

- Round small-diameter timber for construction. Final report of project FAIR CT 95-0091. VTT:n julkaisu 383. Englanninkielinen julkaisu pyöreän puun tutkimusten tärkeimmistä tuloksista. Saatavana VTT Tietopalvelusta, puh. (09) 456 4404.
- Design Guidelines for Engineered Structures and Connections Using Small Diameter Round Timber. Englanninkielinen moniste, jossa käsitellään pyöreän puun liitoksia. Moniste sisältää pyöreästä puusta tehtävien rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja laskentaohjeet eurooppalaisen mitoitusohjeen (European code EC5, Design of Timber Structures), jonka perusteella pyöreän puun liitokset ja rakenteet voidaan mitoittaa. Saatavana MTT/Vakolasta.
- Pyöreän puun käyttö rakentamisessa I. Pyöreän puun lujuus, mänty ja kuusi. Pyöreän puun liitoskokeet. Vakolan tiedote 81/2000.
- Pyöreän puun käyttö rakentamisessa II. Suomen rakennuspuuvarat. Rakennuspuun korjuukustannukset. Rakennuspuun tuotantokustannukset. Vakolan tiedote 82/2000.

Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa tutkimusta johti valvojakunta, jonka jäseninä olivat Kjell Brännäs ja Jorma Jantunen maa- ja metsätalousministeriöstä. Tässä tutkimuksessa selvitettiin mm. pyöreän rakennuspuun raaka-aineen määrää, pyöreän rakennuspuun korjuuta, pyöreän puun lujuutta ja pyöreästä puusta tehtäviä rakennusratkaisuja ja liitoksia.

Edellä mainittujen tutkimusten tuloksia ja johtopäätöksiä sekä alan muita julkaisuja käyttäen tehtiin englanninkielinen opas, jonka nimi on ”Round small diameter timber for construction, non engineering guidelines”. Oppaan kokosivat Tapani Kivinen ja Jukka Pietilä MTT/Vakolasta, Margaretha Patzelt Itävallan maatalouskorkeakoulusta ja Robert Griffiths Surreyn yliopistosta.

Oppaan saattamiseksi useamman suomalaisen ulottuville alkuperäinen teos päätettiin kääntää ja julkaista Vakolan tiedotteena. Tämän suomensivat Tapani Kivinen ja Jukka Pietilä sekä Ari Kevarinmäki VTT Rakennustekniikasta, joka käänsi soveltaen luvun 3 osia. Tiedotteen taittoi ja viimeisteli Tuovi Laaksonen.

2 TIIVISTELMÄ

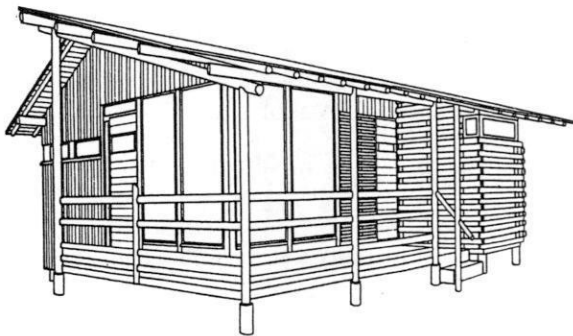
Tämä opas esittelee pyöreästä puusta tehtäviä rakenteita, joiden tekemiseen tarvitaan vain rakentamisen perustiedot ja -taidot. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi piha- ja maaseuturakennukset, kevyet maatalousrakennukset, leikkikenttäkalusteet ja ympäristörakenteet. Opas painottuu Englannissa, Itävallassa ja Suomessa käytettyihin puulajeihin ja rakennustekniikoihin. Lisäksi esitellään rakenteita, joiden toteuttaminen vaatii yksityiskohtaista rakennesuunnittelua.

Rakenteet esitellään kuvin, liitokset kuvaillaan samoin kuin rakenteiden yksityiskohdat ja tyypillisiä rakennemuotoja. Pyöreän puun kuormitustaulukko esitellään. Tässä tiedotteessa käsitellään lyhyesti myös puun korjuuta, mitallistamista, kuivausta ja varastointia sekä puun kyllästämistä ja maalausta.

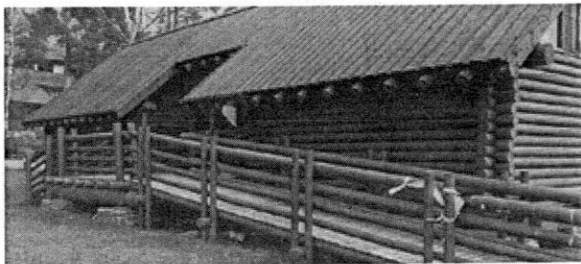
3 PIENEN PYÖREÄN PUUN KÄYTTÖKOHTTEITA

Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa -hankkeen alussa tehty markkinatutkimus osoitti, että pyöreän puun valmistamiseen on riittävästi raaka-ainetta, jonka arvoa voitaisiin lisätä käyttämällä sitä rakentamisessa. Pyöreä puu on lujaa ja kaunista, joten sitä voidaan käyttää monenlaisissa rakenteissa. Pyöreän puun käytön lisäämiseksi tarvitaan puun valinta- ja lajitteluohjeet, jotta rakenteiden lujuuteen voidaan luottaa. Rakenteiden ja liitosten suunnittelemiseksi tarvitaan tietoa puun ominaislujuudesta ja sen eroista samasta puulajista tehtyyn sahatavaraan.

Markkinatutkimukset osoittivat kuitenkin, että pyöreän puun suurin käyttömahdollisuus oli yksinkertaisissa rakenteissa, jotka tehdään rakennuspaikalla läheltä hankitusta puutavarasta ilman tarkempaa rakennesuunnittelua.



Kuva 1. Arkkitehdin suunnitelma pyöreästä puusta tehtäväksi rakennukseksi. Rakennusta voidaan käyttää joko pienenä asuntona tai kesämökinä. Pyöreää puuta käytetään sekä kantavina rakenteina että verhouksessa ja yksityiskohdissa. (Suomi).

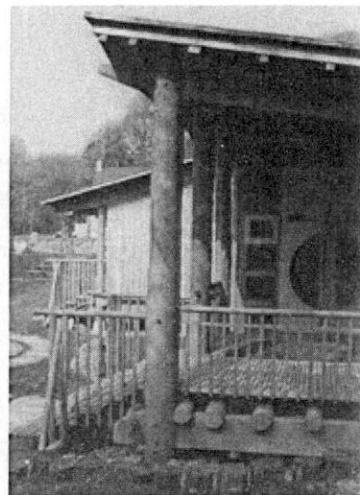
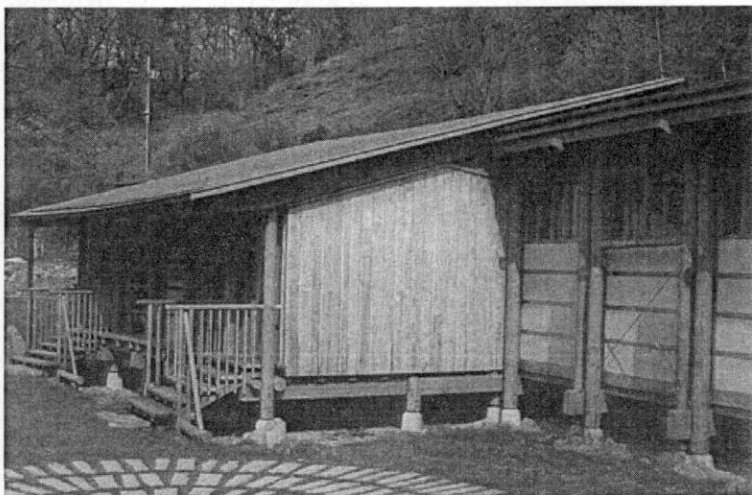


Kuva 2. Esimerkki taitavasta pyöreän puun käytöstä Iso-Britanniasta.

3.1 Esimerkkejä pyöreästä puusta tehdyistä rakennuksista ja rakenteista

Rakennuksissa pyöreää puuta voidaan käyttää sekä kantavissa rakenteissa että verhouksessa. Käytettävät rakenteet täytyy valita rakennuksen koon ja käyttötarkoituksen mukaan. Verhouksen tyyppiin ja toteutustapaan vaikuttavat sekä tavoiteltu ulkonäkö että muut tekijät, kuten eristys, tuuletus ja valoisuus.

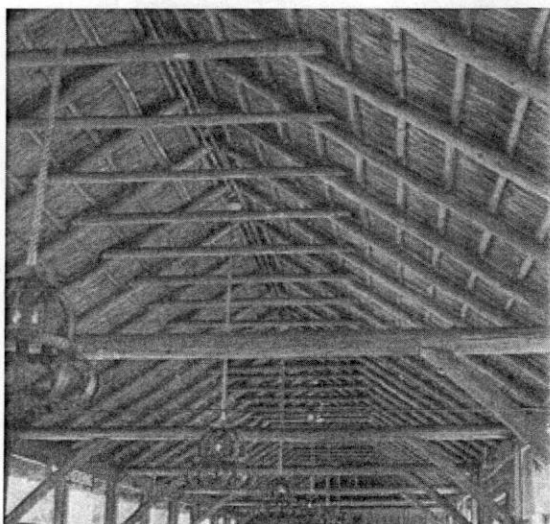
Pyöreästä puusta tehdyt yksinkertaiset rakennukset ovat tavallisesti pieniä eikä rakenteita ole suunniteltu tarkasti, ja niissä voi olla suurempia mittavaihteluita kuin mitoitetuissa rakenteissa. Pyöreän puun käyttömahdollisuudet ovat suuremmat maaseuturakentamisessa, jossa esimerkiksi hirsirakennuksia on perinteisesti käytetty. Pyöreästä puusta voidaan tehdä rakennuksia vapaa-ajan ja harrastuskäyttöön, puistojen huoltorakennuksia jne. Pyöreä puu sopii hyvin myös katosrakennelmiin. Maatalousrakentamisessa pyöreällä puulla on monia eri käyttökohteita alkaen vaajoista ja varastoista päätyen karjasuojiin.



Kuvat 3 ja 4. Pyöreää puuta on käytetty pylväinä, jotka kannattelevat sahatavarapalkkeja ja kaltevia katto-
tooleja. Pylväät ovat betoniperustuksilla ja pyöreää puuta on käytetty myös lattiakannakkeissa, katto-
tooleissa ja kaiteissa. Kuva Walesista Iso-Britanniasta.



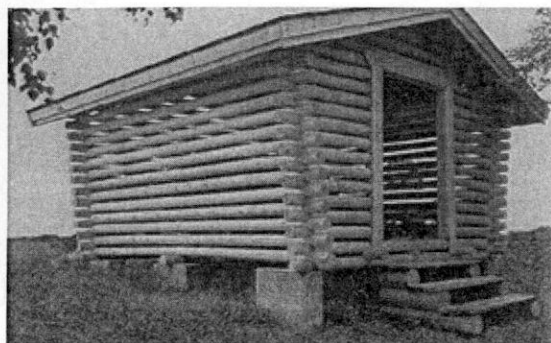
Kuva 5. Pyöreästä puusta tehty vaativa ja koris-
teellinen rakenne (Iso-Britannia).



Kuva 6. Esimerkki hollantilaisesta ravintolasta,
jossa pyöreän puun rakenne on jätetty tarkoituksella
näkyville asiakkaiden ihailtavaksi.

Kaupunkiympäristössä pyöreän puun käyttö-
mahdollisuudet ovat rajoitetummat. Pyöreä puu
sopii leikkikentille sekä puisto- ja opastusra-
kenteisiin. Pyöreästä puusta tehdyt jätehuoneet,
ulkoiluvälinevarastot ja autokatokset sopivat
kaupunkimaiselle asuntoalueelle pehmentää-
mään ympäristöä.

Pyöreän puun käytön voi olettaa lisääntyvän
eniten pienissä kohteissa maaseudulla, missä
pyöreää puuta on saatavilla ja missä on perin-
teistä kirvesmiestaitoa. Sitä voidaan käyttää
perustuksina, pylväinä, palkkeina ja verhoukse-
na. Siitä voidaan myös työstää yksinkertaisia
runko- ja kannatinrakenteita, mutta tällöin lä-
hestytään jo rakennesuunnittelua vaativia ra-
kenteita.

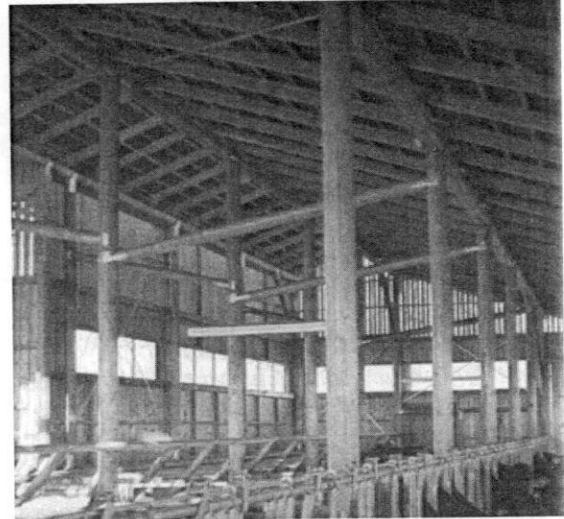


Kuva 7. Varastovaja, joka on tehty sorvatusta pyö-
reästä puusta. Puiden väliin on jätetty raot ilman-
vaihdon vuoksi. (Suomi)

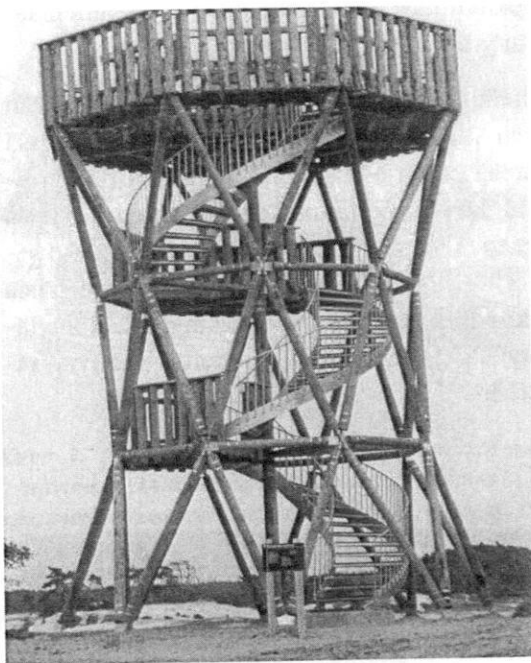
Pyöreän puun mitat (ohut läpimitta ja suhteellisen pieni pituus) rajoittavat erityisesti rakenteiden jänneväljää. Pyöreää puuta voidaan kuitenkin yhdistää varsinkin isompien pylväiden, sahatavaran ja liimapuun kanssa. Pyöreää puuta voidaan käyttää betoni- ja teräsrakenteiden kanssa siten, että jälkimmäisiä käytetään suuremmissa rakenteissa ja pyöreää puuta käytetään vain niissä kohdissa, joissa se on taloudellisinta tai lopputuloksen kannalta merkityksellistä.

Pylväsrakenteita käytetään yleisesti maaseudulla itse tehdyissä rakennuksissa. Pilareiden perustustavoissa on useita eri tekniikoita, joita selostetaan myöhemmin tässä tiedotteessa. Kuvassa 8 kuvattu pihatto on esimerkki pyöreän puun käytöstä maatalousrakennuksessa. Pyöreä puu sopii lyhytjännevälisiin rakennuksiin. Leveämissä rakennuksissa voidaan käyttää ristikoita ja laajoihin rakennuksiin avaruusristikoita (monimutkainen ja harvinainen).

Pyöreää puuta voidaan käyttää myös muissa rakenteissa kuin rakennuksissa. Tällaisia ovat esimerkiksi metsästyslavat, sillat ja näkötornit. Tällaisissa rakenteissa tarvitaan kuitenkin, aivan yksinkertaisimpia rakenteita lukuun ottamatta, joko suurempaa puuta tai rakennesuunnittelua.



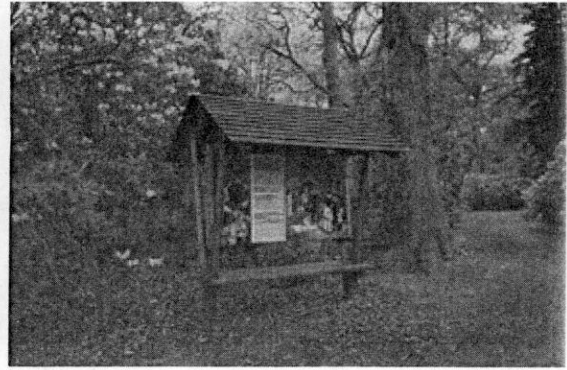
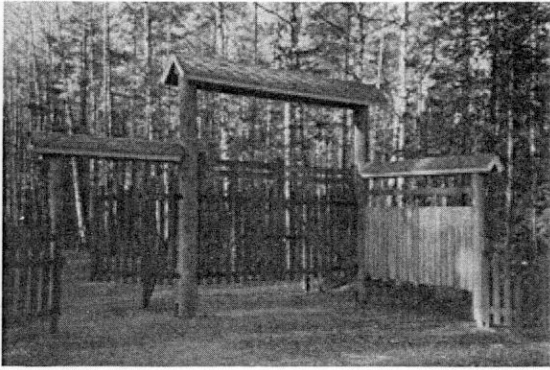
Kuva 8. Itävaltalainen pihatto, jossa pylväät ja kattotuolit ovat pyöreää puuta. Kattoruoteet ovat sahatavaraa ja vesikatteena on tiili.



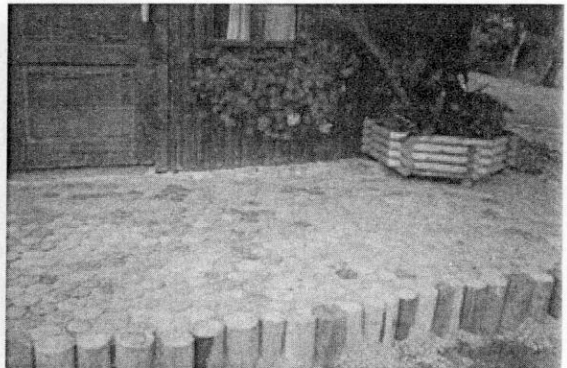
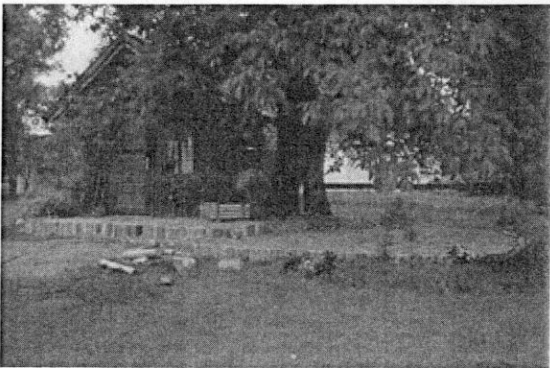
Kuvat 9 ja 10. Pyöreästä puusta rakennettu näkötorni, vasemmalla esimerkki Hollannista ja oikealla Suomesta.

3.2 Ympäristörakenteet

Pyöreästä puusta tehtäviksi rakenteiksi sopivat esimerkiksi meluaidat, tukipenkereet, liikennemerkkipylväät ja linja-autopysäkkien katokset. Maaseudulla pyöreää puuta voidaan käyttää myös teiden reunusteina, pysäköintiruutujen merkitsemiseen ja vaikkapa lumiaitoihin.



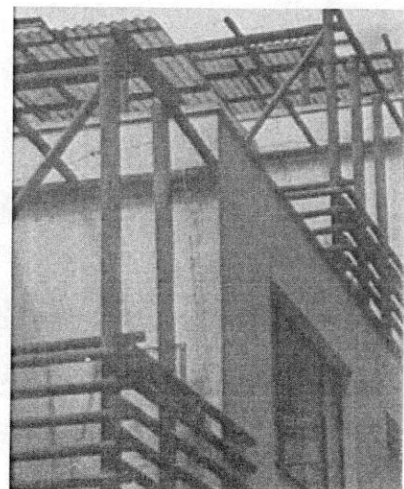
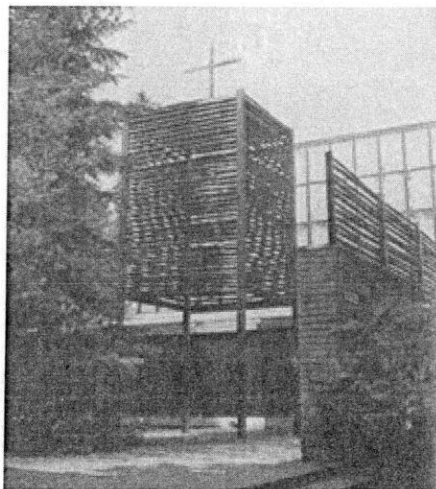
Kuvat 11 ja 12. Vasemmalla leirintäalueen portti (Suomi) ja oikealla ilmoitustaulun suojakatos (Englanti)

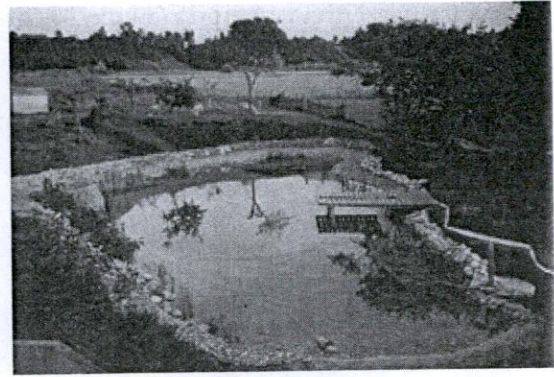
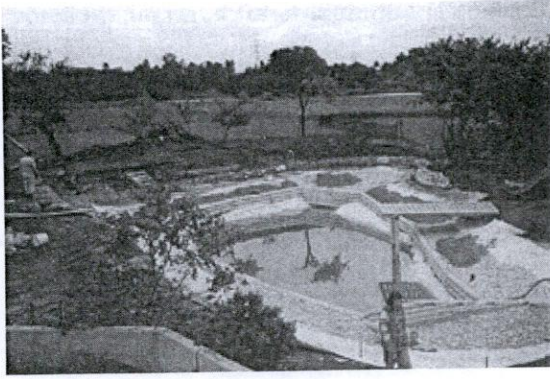


Kuvat 13 ja 14. Itävaltalainen puupatio, huomaa myös pyöreästä puusta tehdyt kukkalaatikot.

Puutarhoissa ympäristörakentaminen on vähäisempää mutta käyttökohteiden määrä on moninaisempi, koska kuormitus- ym. rasitukset ovat pienempiä. Pyöreä puu sopii erittäin hyvin rakennusten täydentäviin rakenteisiin. Puun luonne ja pyöreä muoto tuovat usein betoni- tai tiilirakenteisiin talomassoihin tarvittavaa pehmenystä ja luontevaa detaljirikkautta. Alla olevissa kuvissa on esimerkit Otaniemen kappelista Espoosta, missä arkkitehti professori Heikki Siren on käyttänyt pyöreää puuta innovatiivisesti kellotornin verhouksena ja piha-aitojen säleiköissä. Toisessa kuvassa on akateemikko Alvar Aallon suunnittelema terassitalo Kauttualla, missä parvekkeiden pyöreän puun kaiderakenteet luovat kontrastia suorakulmaiselle ja valkealle talomassalle. Alvar Aalto on käyttänyt pyöreää puuta myös Helsingin Munkkiniemessä sijaitsevan oman kotitalonsa kaiderakenteissa.

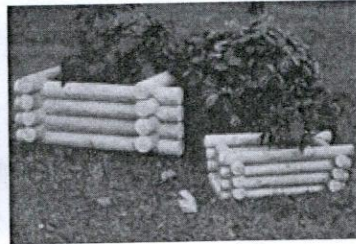
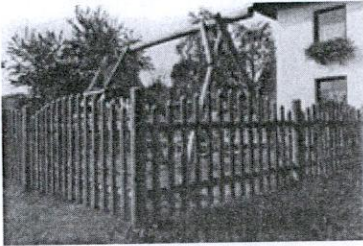
Kuvat 15 ja 16. Vasemmalla Otaniemen kappeli Epoossa, suunnittelija arkkitehti professori Heikki Siren. Oikella Alvar Aallon jo 1930-luvulla suunnittelema terassiasuintalo Kauttualla.





Kuvat 17 ja 18. Puutarhalampi keskeneräisenä ja valmiina. Pyöreää puuta on käytetty maaseinämässä siten, että se jää valmiissa rakenteessa veden alle. (Itävalta).

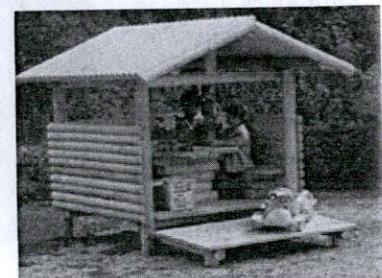
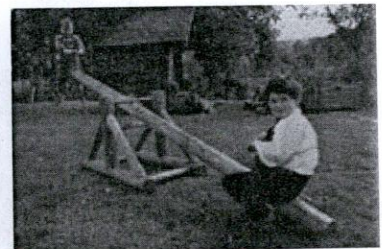
Pyöreää puuta voidaan käyttää askelmissa, maaseinämässä ja sitä on käytetty jopa lampien rakentamisessa. Kuvissa 17 - 18 on esitetty, miten lampi ja sen ympäristö on rakennettu käyttäen penkereiden rakentamisessa pyöreästä puusta tehtyä tukiaitaa. Puuta ei ole kyllästetty, koska se on aina veden pinnan alapuolella. Itävallassa on todettu, että kuusi sopii hyvin tällaiseen käyttöön.



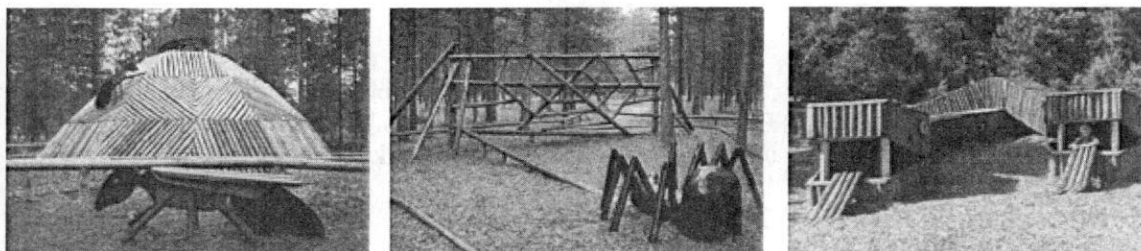
Kuvat 19, 20 ja 21. Sorvatusta pyöreästä puusta tehtyjä aitoja ja kukkalaatikoita (Itävalta) ja pyöreäksi sorvatusta puusta tehty grillikatos (Suomi).

3.3 Leikkikentät ja vapaa-aika

Pieniläpimittainen pyöreä puu sopii mainosti erilaisiin leikkikenttärakennelmiin. Puun pintakosketuksen ja turvallisuuden vuoksi sen tulee olla vähintään sorvattua paikoissa, jossa puu joutuu suoraan ihmiskontaktiin. Puun tulisi myös kestää, jolloin se täytyy kyllästää – mielellään B-luokan kyllästeellä – tai muuten käsitellä pitkäkestoisilla maaleilla tai käsittelyaineilla.



Kuvat 22, 23 ja 24. Leikkikenttä Walesissa, jossa pyöreää puuta on käytetty sekä kalusteissa että leikkialueen reunoissa. Viereisissä kuvissa leikkivälineitä (kaupallisessa tuotannossa Itävallassa)



Kuvat 25, 26 ja 27. Leikkikenttärakennelmissa suunnittelijan kekseliäisyys pääsee oikeuksiinsa. Oheiset eläinaiheiset rakennelmaesimerkit ovat Walesissa Iso-Britanniassa.



Kuva 28. Esimerkki pyöreän puun käytöstä ympäristörakenteista Englannista. Luonnonsuojelualan maapohjaa halutaan säästää kulutukselta, ja yleisölle on tehty "havaintopolku" noin 3 m korkeuteen maanpinnasta. Tällaiset rakenteet soveltuvat Suomeen vastaavanlaisiin tilanteisiin, eläinpuistoihin, luonnonsuojelualueille, lintuhavainnointipaikkoihin jne.

4 MATERIAALIT

4.1. Puulajit

Pyöreää rakennuspuuta saadaan metsän harvennushakkuiden yhteydessä. Sekä havu- että lehtipuut sopivat rakennuskäyttöön, mutta tässä tutkimuksessa rajoituttiin vain havupuiden käytön selvittämiseen, koska ne ovat yleisempiä ja lisäksi niiden laatu on sopii rakentamiseen paremmin.

Suomessa rakentamiseen sopivat mänty ja kuusi. Niitä on runsaasti saatavilla, niiden ominaisuudet sekä kuorinta- ja käsittelymenetelmät tunnetaan hyvin. Lehtikuusta voidaan myös käyttää, mutta tämä on harvinaisempaa eikä sen laatua ja ominaisuuksia kaikilta osin tunneta.

Itävallassa pyöröpuurakenteissa käytetään yleisimmin kuusta ja painekyllästettynä mäntyä. Itävallassa käytetään myös jossain määrin lehtikuusta ja lehtipuista pyökkiä, tammaa ja valekaasiaa. Lehtipuiden käyttöä vaikeuttaa näiden huono tekninen laatu, kuten runkojen vääryys.

4.2 Laatu

Laatuun vaikuttavat monet eri tekijät, joista tärkeimmät ovat puun lujuus ja suoruus. Nämä vaikuttavat rakentamiskustannuksiin ja rakentamisen helppouteen. Lujuutta tarvitaan kuormaa kantavissa rakenteissa, mutta kuormaa kantamattomissa rakenteissa voidaan käyttää myös heikompileaatuista puuta.

Puun lujuuteen vaikuttavat eniten puun tiheys ja oksakoko, tiheä ja pienioksaainen puu on kestävämpää. Puun kasvunopeus vaikuttaa oksakokoon, mitä paremmin puu on kasvanut sitä suuremmat oksat siinä on ja sitä pienempi sen tiheys on. Tiheyden arviointi metsässä on vaikeaa, mutta mitä leveämmät vuosilustot ovat, sitä pienempi tiheys on. Hyvä laatu on myös rungon suoruutta. Mutkat ja lenkous lisäävät rakentamiseen kuluva aikaa ja kustannuksia ja, jos puut sorvataan, sorvaushävikkiä. Puissa ei saa olla lahoa, vinosyisyyttä tai reaktioppuuta (lylyä) sillä nämä heikentävät puuta.

Tutkimustulosten perusteella laadittiin pyöreän männyn ja kuusen lujuusluokitusohje. Luokituksessa puut jaetaan kahteen luokkaan, A ja B. A vastaa lujuusluokkaa C30 ja B lujuusluokkaa C18. Alla olevassa taulukossa on esitetty muutamia lujuuteen vaikuttavia vähimmäismittoja, joita eri luokkien puun pitää täyttää:

	Luokka A	Luokka B
• suurimman oksan läpimitta, enintään % puun läpimitasta	25	30
• kiehkuran oksien halkaisijoiden summa, enintään % puun läpimitasta	75	100
• vuosiluston leveys, mm	3	5

Puun käyttökelpoisuuteen vaikuttavat myös sen mitat. Mikäli rakentamisessa tarvitaan joitain tiettyjä mittoja tai pituus-läpimitta-yhdistelmiä, puut kannattaa jo hakkuun yhteydessä katkoa näiden mukaisesti. Tällöin aikaa ja rahaa ei kulu sopimattomien puiden hakkuuseen ja käsittelyyn. Mitoituksessa tulee ottaa huomioon sorvauksen ja kuorinnan vaatima yliläpimitan, käsittelyvaran, tarve. Kuorittavassa puussa pitää olla ylimittaa 1 - 2 cm ja sorvattavassa 3 cm.

4.3 Puuvarat

Parhaiten pyöreää rakennuspuuta saadaan metsikön ensimmäisen tai toisen harvennushakkuun yhteydessä. Ensimmäisestä harvennuksesta saatavat puut ovat pieniä, ja rakennuspuupölkkyjä, joiden mitat ovat suurempia kuin 3 m/12 cm on vaikeaa saada. Isompia pölkkyjä saadaan toisesta harvennuksesta. Näistä saatavassa puussa on myös se etu, että poistettavien runkojen laatu on parempi, sillä heikommat rungot on poistettu aikaisemmassa harvennuksessa. Rakennuspuuta kannattaa hankkia leimikoista, joiden laatu on hyvä. Mitä enemmän rakennuspuuta hehtaarilta saadaan, sen kannattavampaa on sen korjuu. Puun laadun ja määrän varmistamiseksi kannattaa hakattavaksi aiotuilla leimikoilla tehdä inventointi, jossa selvitetään puun määrä ja laatu. Saatavia rakennuspuun mittoja voidaan arvioida rinnankorkeusläpimitan perusteella, kun tiedetään että runkojen kapeneminen on 0,5 - 1 cm/m.

Parhaiten rakennuspuuta saadaan rehevien maiden kuusikoista ja karujen maiden männiköistä. Näilläkin rakennuspuun kertymä ensiharvennuksissa on vaihdellut suuresti. Keskimäärin rakennuspuuksi sopii 10 % hakattavista rungoista, kun taas parhaassa leimikoiden neljänneksessä 35 % täyttää laatuvaatimukset, joten tämäkin puoltaa leimikon ennakoarviointia ainakin ennen suurempien puumäärien hankintaa.

4.4 Hakkuu

Harvennusleimikoista rakennuspuiksi valitaan poistettavista puista parhaat. Laadultaan hyviä, kasvatuskelpoisia puuta ei saa kaataa, jottei tuhota metsikön laatua ja tulevaisuuden hakkuutuloja.

Rakennuspuu voidaan korjata kuitupuun korjuukalustolla ja –menetelmillä. Rakennuspuun hankinnassa on kaksi eri tapaa. Yksi tapa on se, että harvennushakkuun yhteydessä rakennuspuu hakataan yhdessä kuitupuun kanssa ja kasataan eri pinoihin. Metsäkuljetus tienvarteen tehdään eri kuormissa tai saman kuorman eri puolilla. Tällöin voidaan katkoa juuri sopivia mittoja rakentamista varten, mikäli nämä tiedetään.

Toinen mahdollisuus on erotella rakennuspuu kuitupuupinoista tien varressa. Tämä on kuitenkin vaikeaa, sillä puuta joudutaan siirtämään ehkä suuriakin määriä ja puiden laadun arviointi on vaikeaa. Myös puun mitat voivat olla vääriä, ne eivät mahdollisesti ole sopivia rakentamiseen tai syntyy runsaasti hukkapuuta.

Rakennuspuu voidaan hakata joko miestyönä tai hakkuukoneella. Miestyönä korjatun rakennuspuun laatu on parempi, koska hakkuumies pystyy näkemään ja arvioimaan rungon laadun paremmin. Miestyö on koneellista hakkuuta kalliimpaa, mutta jos otetaan huomioon työn parempi laatu, hintaero rakennuspuun hakkuun osalta häviää. Koneella hakatusta rakennuspuusta 20 % ei täyttänyt rakennuspuulle asetettuja laatuvaatimuksia. Miestyönä hakkuu kannattaa erityisesti metsiköissä, joista saadaan paljon rakennuspuuta tai jos puilta vaaditaan erityisen hyvää laatua.



Kuvat 29 ja 30. Vasemmalla korjuuta miestyönä Suomessa, oikealla konekorjuuta Iso-Britanniassa.



Kuva 31. Kuvassa on polttopuuta, kuitupuuta ja rakennuspuuta. Puut on lajiteltu jo hakkuun yhteydessä ja pidetty erillään kuljetuksen aikana.

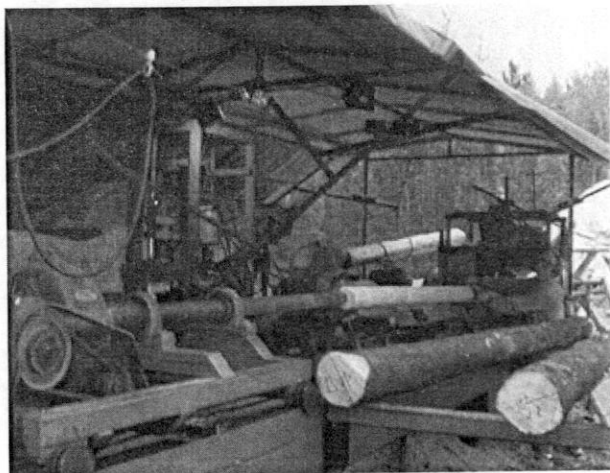
Rakennuspuut karsitaan pinnanmyötäisesti, jolloin niiden myöhempi käsittely on helpompaa. Metsäkuljetus pitää tehdä joko perävaunussa tai reessä. Jos rakennuspuuta vedetään maata pitkin, ne keräävät itseensä maata ja hiekkaa, joka haittaa kuorintaa ja sorvausta teriä tylsyttämällä.

Rakennuspuu kannattaa hakata talvella tai varhaiskevällä. Tällöin puut voidaan sorvata ja kuoria keväällä, ja alkukesällä puut voidaan kuivata ulkona, jolloin puut kuivuvat parhaiten.

4.5 Mitallistaminen

Puut pitää kuoria tai sorvata tuoreina, koska tällöin kuori irtoaa helposti. Samoin hyönteisten aiheuttamia vaurioita ja värvikoja estetään varastoimalla ja kuivaamalla kuoretonta puuta.

Rakennuspuun voi kuoria joko koneella tai käsin. Kuorinnassa puun kapeneminen säilyy eivätkä kaikki puun pinnan epätasaisuudet, kuten oksakyhmyt, häviä. Käsinkuorintaan sopivat sekä petkele että kuorintarauta. Kuorinnan laatu voi vaihdella tarpeen mukaan puolipuhaasta täyspuhtaaseen. Puolipuhaassa kuorinnassa puusta ei poisteta kaikkea jälttä. Tämä on nopeampaa, mutta toisaalta jälsi ruskettuu aikaa myöten, jolloin pinnasta tulee kirjava. Täyspuhtaaksi kuorittu puu säilyy vaaleampana. Koneellisessa kuorinnassa puusta poistetaan kaikki kuori ja lisäksi vielä muutama vuosilusto pinnasta. Käsinkuorinnalla saadaan puun pinnasta sileämpi kuin konekuorinnalla.



Kuva 32. Pyöreän puun sorvausta kenttäolosuhteissa

Vähäiset puumäärät kannattaa kuoria käsin, mikäli lähettyvillä ei ole kuorintakonetta. Käsinkuorinnassa kuoritaan tunnissa 20 - 40 metriä puuta. Määrään vaikuttaa puiden koko ja laatu. Konekuorinnassa tuotos on parempi mutta laitteisto on myös kalliimpi.

Pyöristämisessä puusta poistetaan kuoren lisäksi muutama ulompi vuosilusto. Näin puun pinnasta tulee tasaisempi ja puun lenkous vähenee. Jos puuta halutaan mitallistaa enemmän, pyöristämisen voi tehdä muutama kerran peräjälkeen. Tällöinkään mitoista ei saada aivan tasaisia.

Sorvaamalla puusta saadaan sylinterimäisiä, jolloin niissä ei ole lenkoutta eikä kapenemista. Sorvattu puu on tasapaksua ja sileäpintaista. Sorvauksessa puusta hukkaantuu noin puolet. Syynä on se, että sorvattavassa puussa pitää olla ylimittaa, jotta puun luontainen lenkous ja epäpyöreys saataisiin poistettua. Samoin puun luontaisen kapenemisen poistamisesta aiheutuu puuhukkaa. Nyrkkisäänöksi voidaan antaa, että ylimittaa tarvitaan 20 - 60 mm riippuen puun läpimitasta ja laadusta. Mitä suurempi ja parempilaatuinen puu on, sitä pienempi ylimitta tarvitaan. Sorvattaessa puun lujuus heikkenee, koska puun syyt katkeilevat ja nuorpuun osuus puun tilavuudesta lisääntyy.

Sorvaamalla puusta saadaan sylinterimäisiä, jolloin niissä ei ole lenkoutta eikä kapenemista.

4.6 Kuivaus

Kuorinnan tai sorvauksen jälkeen puut pitää kuivata. Näin estetään puiden sinistymisen ja myös puun mahdolliset muodonmuutokset tapahtuvat ennen rakentamista.

Helpointa ja halvinta on kuivata pyöreä puu ulkona, koska tällöin ei tarvita rakennelmia, tuuletusta eikä lisälämpöä. Tutkimusten perusteella ulkona kuivattu puu halkeilee vähemmän. Parasta kuivausaikaa on loppukevät ja alkukesä. Normaalina kesänä puut kuivuvat parissa kolmessa kuukaudessa.

Ulkokuivausta varten pitää valita paikka, joka on aurinkoinen ja tuulinen. Puut ladotaan ristikolle ja alimmaisten puiden pitäisi olla vähintään 30 cm:n korkeudella maasta. Tapuloinnissa pitää olla varovainen sekä tukea ja sitoa puita toisiinsa tarpeen mukaan, sillä tuoreista puista tehty tapuli sortuu helposti. Kesän aikana kasvit tulee niittää pois tapuleiden ympäriltä tuuletuksen varmistamiseksi. Aluksi tapuleita ei tarvitse peitellä, mikäli puun harmaantuminen ei haittaa, mutta kuivauksen loppuvaiheessa ne kannattaa suojata sateelta.

Pyöreän puun kuivausvikoja ovat halkeilu, vinosyisyys ja lenkoutuminen. Halkeilua ei voi välttää, mutta vinosyisyyden ja lenkouden syntyä voi estää tekemällä tapuli huolellisesti ja painotamalla se. Todettakoon kuitenkin, että halkeilu ei vaikuta pyöreän puun lujuteen.

Toinen mahdollisuus pyöreän puun kuivaamiseksi on koneellinen kuivaus. Tällöin puun halkeilua voidaan estää kuivausilman lämpötilalla ja kosteudella sekä ilmanvaihtoa säätelemällä. Koneellinen kuivaus on kalliimpaa kuin ulkoilmakuivaus, mutta mikäli kuivausajan lyhyys ja tuotteen ulkonäkö ovat tärkeitä, kannattaa sitä käyttää.



Kuva 33. Kuorittujen pyöreiden puiden kuivausta Itävallassa.

4.7 Varastointi

Kuivauksen jälkeen puut kannattaa säilyttää samassa ilmankosteudessa missä niitä käytetään. Puut pitää pinota huolella, jotteivät ne kieroutuisi ja lenkoutuisi. Välimoin varmistetaan ilmankierto puiden ympärillä.

4.8 Käsittely ja maalaus

Puu on luonnollinen materiaali ja sen käyttö on ympäristöllisesti kestävä. Puu kuitenkin lahoaa, jollei käytetä sopivaa rakennustekniikkaa tai kyllästysmenetelmiä. Tavallisin suoja on maali, jossa on kyllästysaine, ja maalaamalla voidaan myös parantaa tai muuttaa puun ulkonäköä. Myös kestokyllästystä käytetään ja sitä vaaditaan ulkokalusteisiin esimerkiksi leikkikentillä tai puistonpenkeissä.

Puuta voidaan käyttää myös kyllästämättömänä. Tällöin rakennukset pitää suunnitella ja tehdä sellaisiksi, ettei puu kosketa maata eikä kosteus pääse puuhun. Kyllästämätön puu on edullista puun jälkikäyttöä ajatellen. Puu voidaan polttaa tai kompostoida. Käsittelemätön puu on myös kyllästettyä halvempaa.

4.8.1 Kestopuu

Puuta voidaan kyllästä myös painekyllästysmenetelmällä, jolloin saadaan ns. kestopuuta. Painekyllästyksessä kyllästysaine puristetaan paineella puun sisään. Kyllästysaineet luokitellaan eurooppalaisen standardin EN 351 mukaisesti, sillä kyllästysaineesta riippuu puun lahonkestävyys. Kestokyllästys vaatii oman laitteistonsa. Kyllästyslaitokset kyllästävät myös asiakkaan omaa puuta.

Standardissa EN 351 kyllästetty puu jaetaan seuraaviin luokkiin:

Luokka A Puu, joka on suorassa maa- tai vesikosketuksessa.

Käyttökohteet Kantavat rakenteet, pylvää, kannatinpalkit, sillat, laiturit, aidanpylvää, kädensijat.

Kyllästysaineet Kupari-kromi-arseeni-yhdisteet, kupari-kromi-yhdisteet, kreosoottiöljy.

Luokka AB Puu, joka on epäsuorassa maa- tai vesikosketuksessa.

Käyttökohteet Ulkoverhoukset, puutarhakalusteet.

Kyllästysaineet Kupariyhdisteet, metallittomat yhdisteet, boori.

4.8.2 Lämpökäsittely

Lämpökäsittely on uusi tekniikka, jolla puun ominaisuuksia muokataan. Sahattua puuta kuumentaan uunissa useita tunteja 180 - 200 °C lämpötilassa. Käsittely muuttaa puun kemiallista koostumusta, jolloin puun kovuus kasvaa mutta puu kutistuu ja sen lujuus heikkenee. Lämpökäsittelyllä puuhun saadaan aikaiseksi ruskean eri sävyjä, jolloin se muistuttaa trooppista puuta ja on haasteellinen materiaali sisustuskäyttöön. Lämpökäsittelyn puun pitkäaikaisesta lahonkestosta ei vielä ole kokemuksia. Lämpökäsiteltyä puuta ei siksi suositella maakosketukseen tuleviin kohteisiin. Perinteisesti puisten aitapylväiden maahan upotettavia osia on poltettu siten, että pintaan jää selkeä hiilikerros, joka suojaa sydänpuuta lahoamiselta. Lämpökäsitelty puu voidaan hävittää polttamalla tai hautaamalla maahan.

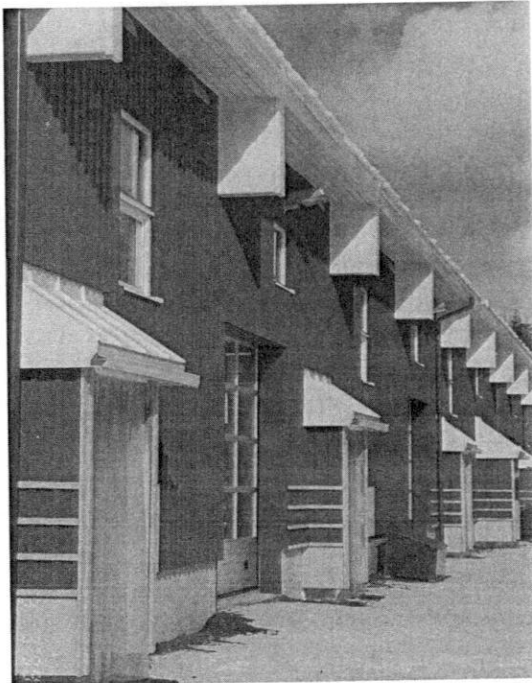
4.8.3 Viimeistely

Kyllästettyä, lämpökäsiteltyä tai käsittelemätöntä puuta voidaan käyttää yhdessä tai erikseen ilman lisäkäsittelyä. Jos rakenne on oikein tehty, puu kestää lahoamatta vuosikymmeniä. Esimerkkinä

puuverhous, jota tarpeeksi pitkät räystäät suojaavat. Samoin perustusten lähellä puun ympärillä pitää olla tilaa ilmakierrolle. Naulauksia ei saa tehdä lautojen päiden lähelle, jotta puun mahdollinen kosteuseläminen ei rikkoisi rakenteita ja kastunut puu kuivuisi nopeasti.

Maalaus antaa rakennukselle huolitellun ulkonäön. Oikein valituin värisävyin se niveltyy harmoniseksi osaksi ympäristöänsä. Maaleja on valittavissa erityyppisiä, ja niiden ryhmittelyt perustuvat raaka-aineisiin ja kuivumistapaan. Yleisesti käytetään vesipohjaisia lateksimaaleja. Öljymaalit edustavat perinteistä ja varmaa tekniikkaa. Perinteen mukaan: "Mitä kauemmin maali kuivuu sen kauemmin se kestää". Terva on perinteinen maali joka sopii hyvin puurakenteeseen. Värimuunnoksia saadaan aikaan sekoittamalla siihen 20 - 50 % tärpättiä, vernissaa tai polttoöljyä.

Puurakennusta ei välttämättä tarvitse maalata sillä puu vanhenee arvokkaasti. Auringon säteily syövyttää puuta ja muutaman vuoden kuluttua puun pinta on nukkainen. Uudet rakennukset voidaan keinotekoisesti vanhentaa rautavihtrillikäsittelyllä.



Kuva 34. Maatalouden tutkimuskeskuksen uusi tutkimuspihatto Minkiössä Jokioisissa on maalattu perinteisellä punamultamaalilla.

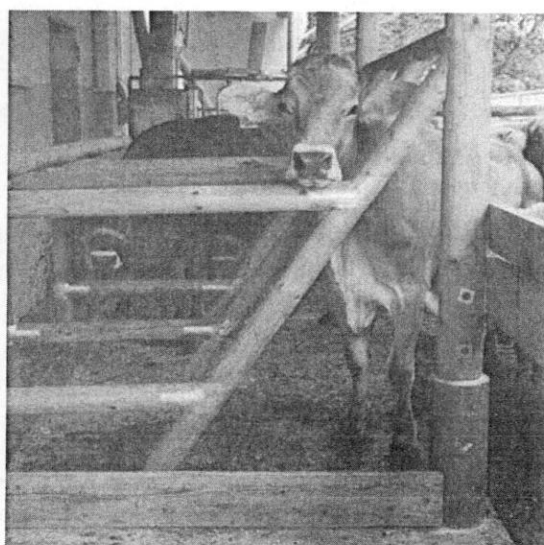
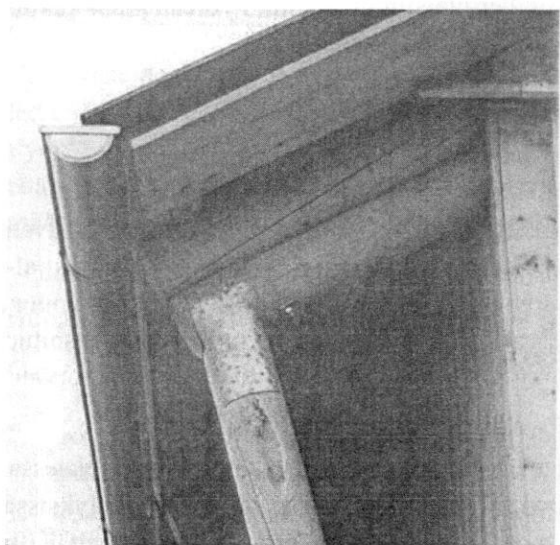
Punamultamaali on perinteinen ja suositeltava käsittely silloin kun puuhun halutaan väri. Punamulta on helppo ja halpa itse valmistettuna. Markkinoilla on myös teollisesti valmistettuja keittomaaleja, joiden värivalikoima ei rajoitu pelkästään punaiseen.

4.8.4 Puun suojaaminen säästä vastaan

Kyllästysaineita voi korvata hyvällä rakennustekniikalla kuten rakentamalla niin, ettei puu kosketa maata ja että se on suojattuna säältä esimerkiksi seinää suojaavilla leveillä räystäillä. Tästä ovat esimerkkeinä satoja vuosia vanhat puurakennukset. Näissä on yleensä korkeat kivistä tehdyt perustukset. Korkea perustus estää sen, ettei katolta valuvan veden roiskeet kostuta seinää. Kivinen perustus estää myös veden nousun maasta puuhun.



Kuvat 35 ja 36. Vasemmalla puupilari on perustettu betoniin pultattuun teräslevyyn naulauslevyjen väliyksellä, puun kostuminen on minimoitu rakenteellisin toimenpitein. Oikealla painekyllästetty pilari on upotettu suoraan maahan. Tässä tapauksessa pilarin ympärystä on tiivistetty karkealla, vettä hyvin läpäisevällä soralla.

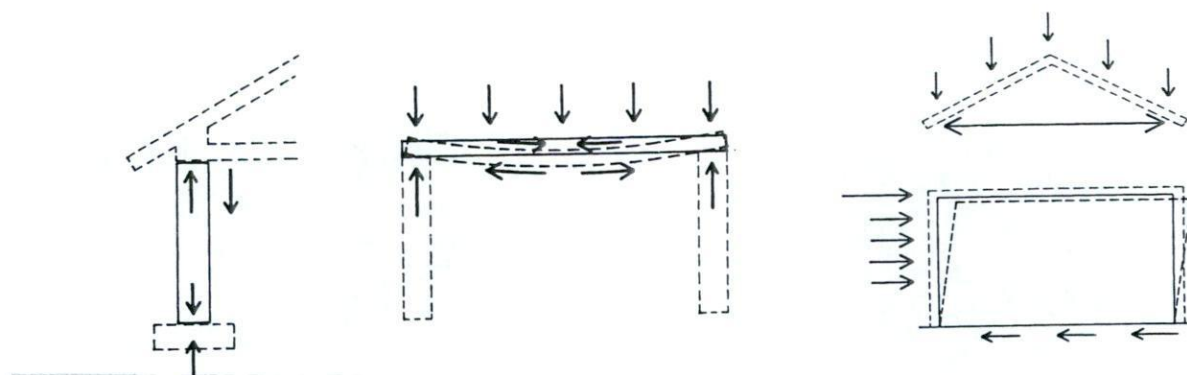


Kuvat 37 ja 38. Leveät räystäät pienentävät voimakkaankin viistosateen vaikutukset ja pidentävät julkisivuverhousten ja rakenteiden ikää. Tilannetta parantavat edelleen räystäskourut, jotka johtavat kattosadevedet tehokkaasti pois. Oikealla esimerkki pyöreästä puusta tehdyistä karjan parsirakenteista. Pääpilari on perustettu betonisten pilarianturoiden varaan pulttiliitoksien avulla.

5 RAKENNETEKNIikka

5.1 Rakenteiden toiminta

Kantavien rakenteiden tehtävänä on pitää rakennus liikkumatta pystyssä. Ne kantavat oman painonsa lisäksi täydentävien rakenteiden, toiminnan aiheuttamien koneiden ja ihmisten oleskelukuormat sekä lumen ja tuulen aiheuttamat kuormat. Rakennus tulee myös perustaa siten, etteivät maan liikkeet pääse vaurioittamaan rakennusta.



Kuva 39. Vasemmalla pilarirakenne, joka on jatkuvassa puristustilassa. Keskellä palkki kantaa vaakakuormaan ja siirtää sen pilareille. Kun palkki taipuu, sen yläpinta puristuu ja alapinta joutuu vetojännitykseen. Oikealla pystykuormat – etupäässä omapaino ja lumi – aiheuttavat kattotuoleissa ja ristikoissa sekä veto- että puristusjännityksiä. Tuulikuormat pyrkivät “kaatamaan” rakennuksen, joten rakenteet tulee jäykistää näitä voimia vastaan.

Perinteiset maaseudun tuotanto- ja varastorakennukset on rakennettu kokemusperäisellä paikallisosaamisella. Rakenteet ovat yleensä kestäneet käytössä vaikka insinöörilaskelmia ei olisikaan laadittu. Kantavuusongelmat syntyvät yleensä kattorakenteiden jännevälien kasvaessa. Pieniläpimitaisen pyöreän puun käyttö rajaa jännevälit totuttuihin perinteisiin mittoihin. Pyöreän puun käyttö soveltuu siten hyvin kotitarverakentajalle ilman tarkkoja mitoituslaskelmia.

5.2 Pyöreän puun toiminta rakenteena

Yleisesti voidaan todeta, että pyöreän puun rakenteelliset ominaisuudet eivät eroa vastaavan sahatavaran ominaisuuksista. Pyöreässä puussa nuorpuun osuus on suuri, sillä suurin osa halkaisijaltaan 10–15 cm paksuista puista on korkeintaan 25 vuotta vanhoja korjuuhetkellä. Normaalisti puun lujuus olisi tämän perusteella pienempi, mutta pyöreässä poikkileikkauksessa lujuus kompensoituu sillä että kaikki syyt ovat tallella. Kuorinta ei vaikuta pyöreän puun lujuuteen, mutta sorvaus heikentää sitä hieman ja sahaus selvästi enemmän.

Pyöreätä puuta käytetään pilareina puristuskuormituksessa ja palkkeina taivutuskuormituksessa. Kyseeseen voivat tulla myös erilaiset vetojännitysrakenteet lähinnä ristikoissa tai jäykistyksissä. Pilarirakenteita suunniteltaessa on hyvä laskea rakennuksen kokonaiskuormat, jotta yksittäisille pilareille tulevat kuormitukset voitaisiin arvioida. Puu kestää puristusta suuriakin määriä, mutta tieto on oleellinen valittaessa tarvittavaa pilareiden paksuutta suhteessa pilarin pituuteen, jotta vältetään rakenteen nurjahtamiselta. Taulukko 1 osoittaa yksittäisten pilareitten suositeltavat enimmäiskuormat.

Taulukko 1. Pyöreiden puupilareiden enimmäiskuormat.

PILARIN SUURIN PURISTUSKUORMITUS Keskeiskuorma (kg)	Pilarin halkaisijamitta (mm)			
	175	150	125	100
4500	5000	3000	1500	---
4000	6000	3500	1750	---
3500	8000	4000	2000	1000
3000	11000	6000	3000	1250
2500	13500	8500	4500	1500

Huomautuksia taulukkoon 1:

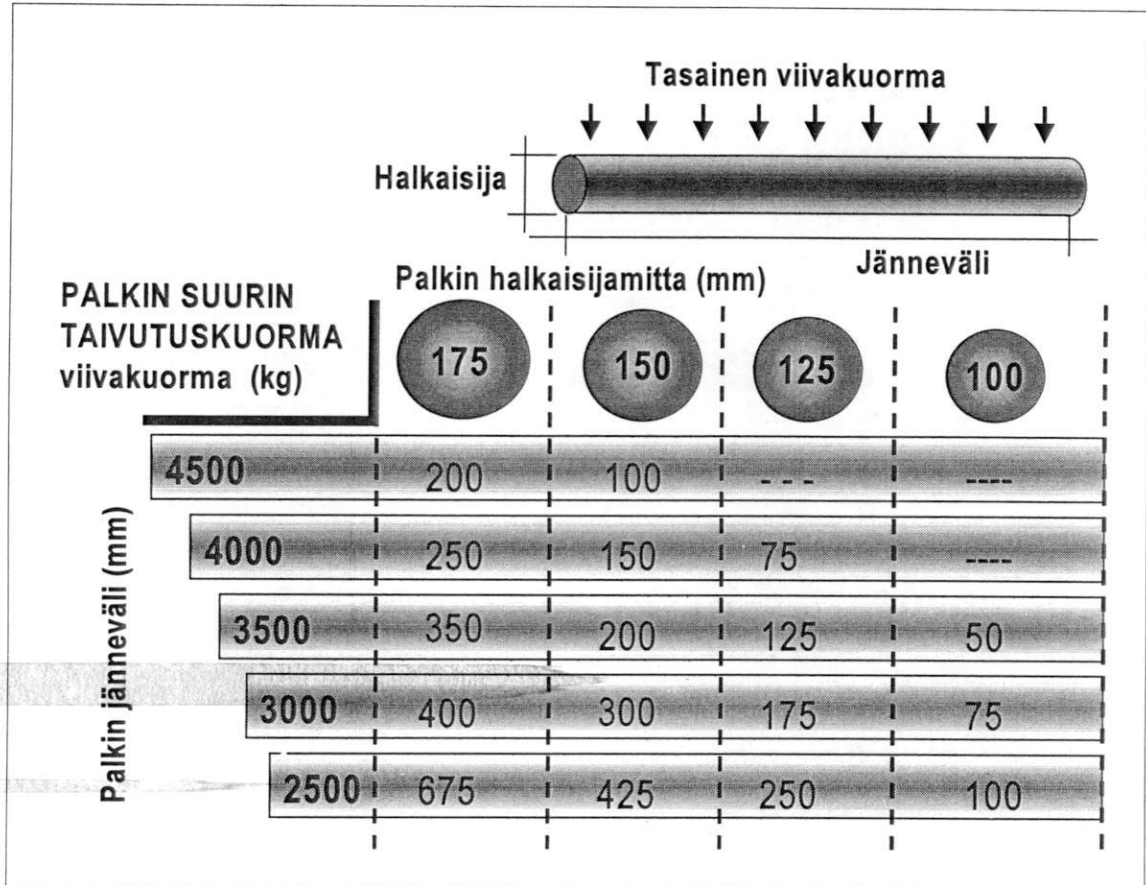
1. Taulukossa on esitetty suurimmat sallitut kuormitukset pyöreälle poikkileikkaukselle puristustilanteessa.
2. Kuormat on ilmaistu kilogrammoina (kg) ja perustuvat pilarin keskeiseen rasitukseen.
3. Lukuja on pienennettävä, jos tilanteessa on epäkeskeinen tai taivutusta aiheuttava kuormitus.
4. Kuormat ovat pitkäaikaisesti vaikuttavia.
5. Puupilarin rakennekosteuden oletetaan olevan enintään 18 %.
6. Taulukon arvot soveltuvat kuuselle ja männylle.

Vaakarakenteiden palkeissa pyöreä poikkileikkausmuoto ei ole tehokkaimmillaan. Palkin rakenteellinen teho perustuu palkin rakennekorkeuden maksimointiin ja leveys synnyttää poikittaisjäykkyyttä. Pyöreässä poikkileikkausmuodossa leveys on sama kuin korkeus. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että pyöreän puun lujuus voi olla 50 % suurempi kuin samankorkuisen sahapalkin vaikka puumateriaalin määrä voi olla kaksinkertainen sahatavaraan verrattuna.

Huomautukset taulukkoon 2 (seuraavalla sivulla):

1. Taulukossa on esitetty suurimmat sallitut kuormitukset pyöreälle poikkileikkaukselle taivutus-tilanteessa.
2. Kuormat on esitetty kilogrammoina (kg) ja perustuvat kuorman tasaiseen jakaumaan koko palkin pituudelle.
3. Jos kuorma kohdistuu pistemäisenä, taulukon luvut on puolitettava.
4. Kuormat ovat pitkäaikaisesti vaikuttavia.
5. Puupalkin rakennekosteuden oletetaan olevan enintään 18 %.
6. Taulukon arvot soveltuvat kuuselle ja männylle.

Taulukko 2. Pyöreiden vaakapalkkien enimmäiskuormat.



Tasainen viivakuorma

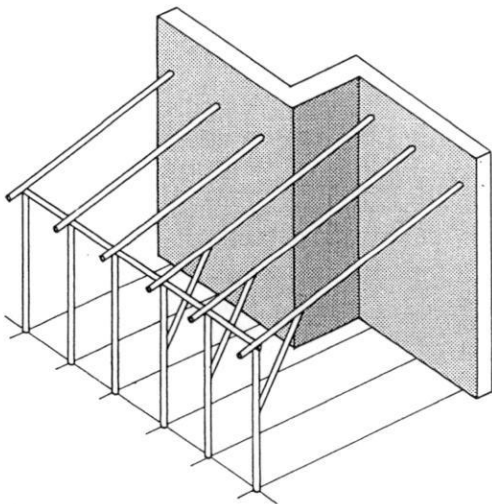
↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

Halkaisija

Palkin halkaisijamitta (mm) Jänneväli

PALKIN SUURIN TAIVUTUSKUORMA viivakuorma (kg)	Palkin halkaisijamitta (mm)			
	175	150	125	100
4500	200	100	---	---
4000	250	150	75	---
3500	350	200	125	50
3000	400	300	175	75
2500	675	425	250	100

Palkin jänneväli (mm)



Kuva 40. Täydennysrakenteen periaate: ulkolinjalla pilarit ja palkki. Kattopalkit tukeutuvat päärakennuksen kantaviin rakennuksiin ja räystäspalkkiin.

sestä hoidetaan myös kattotuolien kantavuutta parantavilla vinotuilla. Runkosyvyyden kasvaessa yli pieniläpimittaisen pyöreän puun maksimipituuden on pilari-palkkilinjoja lisättävä rungon keskialueelle. Tällöin syntyy kaksi- tai useampiaukkoisia rakenteita. Kattopalkkien lukumäärä on syytä valita siten, että joku kerrannainen osuu pilarin kohdalle, pilarijaoista riippuen esimerkiksi joka toinen tai kolmas.

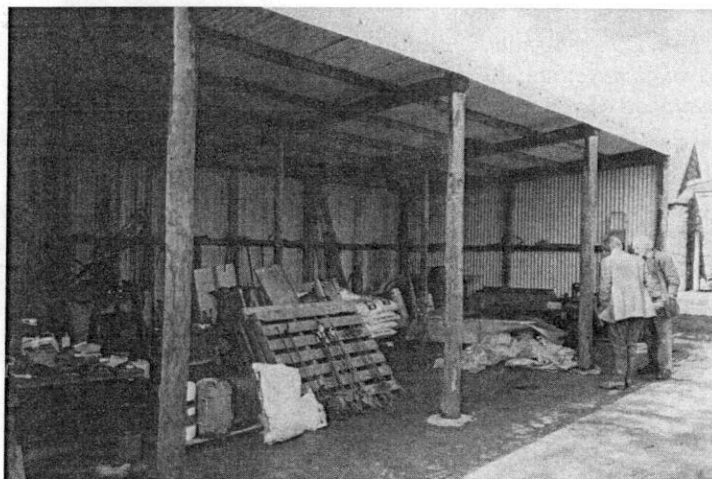
5.3 Rakennetyypit

Pieniläpimittaisesta pyöreästä puusta voidaan yksinkertaisimmillaan rakentaa olemassa oleviin rakennuksiin täydentäviä rakennelmia. Kyseessä ovat tällöin erilaiset varastokatokset ja sadesuojat esimerkiksi maatalous- ja teollisuusrakennuksiin. Tällainen rakennetyyppi on ankkuroitu päärakennuksen kantaviin seinärakenteisiin. Katon jännevälit ovat yleensä 2 – 4 m.

Kun rakenteella on vähintään kaksi itsenäistä pilari-linjaa, syntyy normaali tasa- tai pulpettikattoinen runko. Tällöin puhutaan yksiaukkoisesta rakenteesta. Pilarien perustustavasta riippuen runko täytyy jäykistää sekä pituus- että poikittaissuunnassa. Tavallisesti jäykistys hoidetaan nurkkiin sijoitetuilla vinotuilla. Jänneväliden kasvaessa osa jäykistyk-

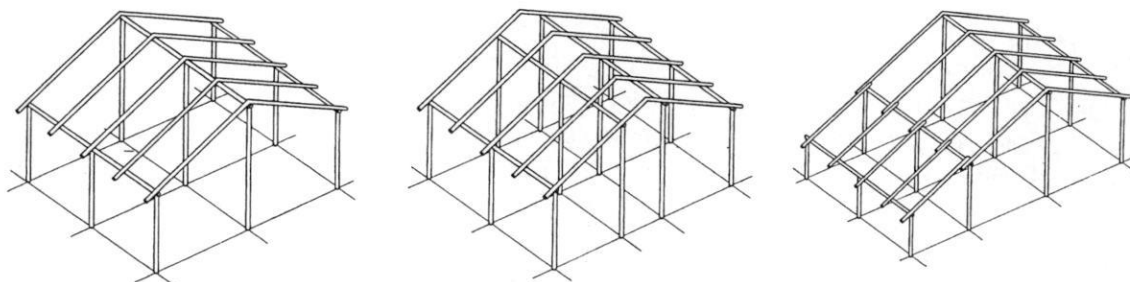
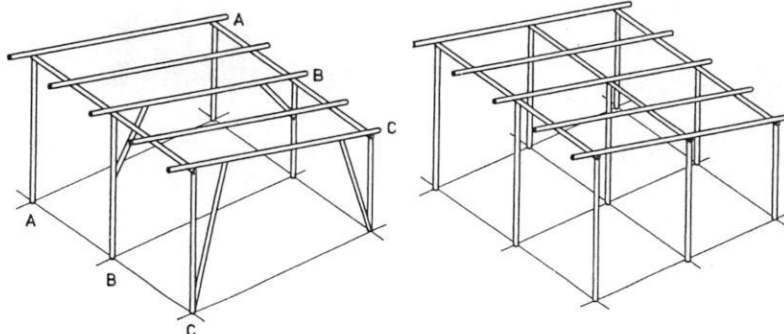
Yksilapaiset rakenteet voivat periaatteessa olla tasakattoisia, mutta sade- ja sulamisvesien poisjohtamiseksi on syytä valita sopiva kattokulma. Pulpettikatto sopii pienehköihin katoksiin, mutta yleisesti perinteinen harjakatto on ollut maaseudulla suosittu ja maisemaan sopiva ratkaisu. Rakennuksen pilarijako on valittava käyttötarkoituksen mukaan. Pitkien seinien suuntaiset jaot valitaan normaalisti täysinä metreinä (1000 / 2000 / 3000 mm jne) tai 60 cm moduliin perustuvilla mitoilla (1200 / 1800 / 2400 / 3000 mm jne). Rakennuksen poikittaisuuntainen pilarijako riippuu toiminnan vaatimuksista sekä käytettävien palkkien järeydestä. Yleensä joudutaan primääripalkkien lisäksi rakentamaan vesikatetta varten toisiokannattajat rakennuksen pituussuuntaan. Toisiokannattajat voidaan tehdä pyöreästä puusta, mutta vesikatteen tasaisuusvaatimusten vuoksi ne on tavallisesti rakennettu sahatavarasta. Jännevälistä riippuen eristämättömissä rakenteissa voi riittää itsekantava profiilipelti, joka on tuettu harja- ja räystäspalkkilinjoihin.

Rakennuksen toiminnalliset vaatimukset saattavat edellyttää mahdollisimman vapaata sisätilaa. Tällöin ristikkorakenne on paras ratkaisu. Ristikoiita voidaan rakentaa myös pyöreästä puusta, mutta ne ovat hankalia tehdä monimutkaisten liitosten ja liitoskappaleiden vuoksi. Ristikot on perinteisesti tehty itse sahatavarasta naulaamalla tai ostettu tehdasvalmisteisena. Tehdasristikot ovat tarkasti mitoitettu kohteeseensa.

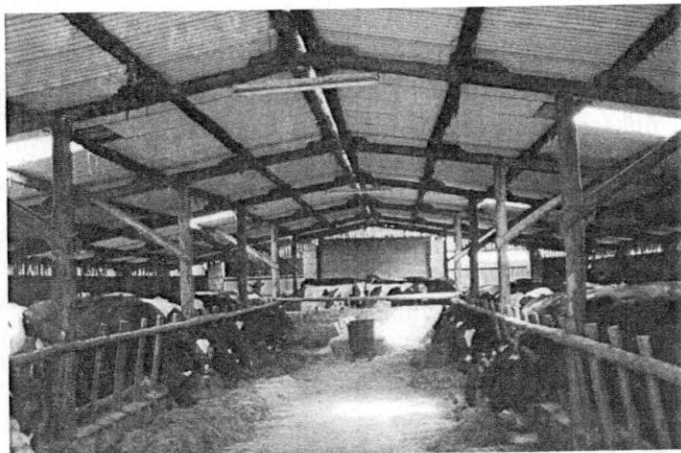


Kuva 41. Esimerkki varastokatoksesta.

Kuva 42. Pilari-palkkirungon periaate: vasemmalla yksinkertainen pilari-palkkikehä (A). Jännevälän kasvaessa kattotuolien kantavuutta ja rungon jäykistystä voidaan lisätä vinotuilla (B ja C). Oikealla esimerkki tilanteesta, jossa yksittäisen kattotuolin jänneväli ei riitä, vaan runko on jaettava useampaan pilaripalkkilinjaan.



Kuva 43. Harjakattoisia pilari-palkkirunkoja. Vasemmalla kaksiaukkoinen harjapalkilla varustettu runko, Keskellä kolmiaukkoinen runko, jossa kattotuolien yläpäävät ovat ulokkeita ja sidottu toisiinsa harjapisteessä. Oikealla muunnos kaksiaukkoisesta rungosta, johon on lisätty epäsymmetrinen lisäosa.

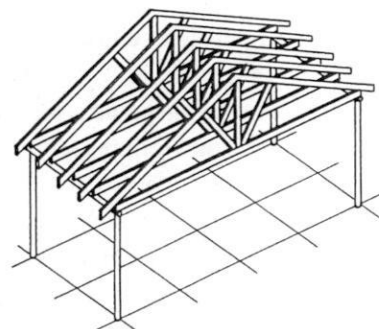


Kuva 44. Esimerkki kolmiaukkoisesta pilaripalkkirakennuksesta, joka toimii navettana. Keskialueelle on saatu riittävä leveysmitta rehunjakoa varten. Pyöreätä puuta on käytetty myös rehuusteessä.

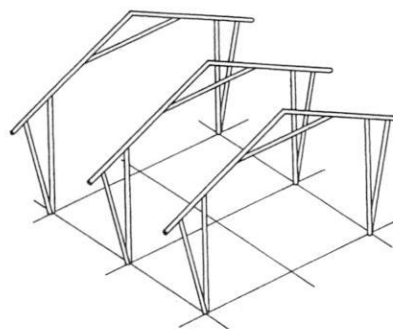
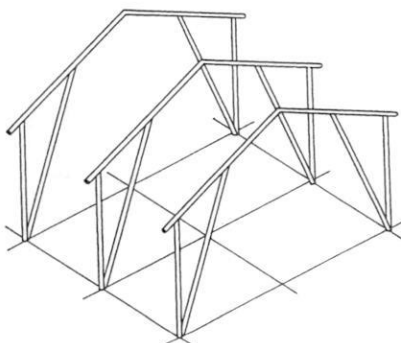
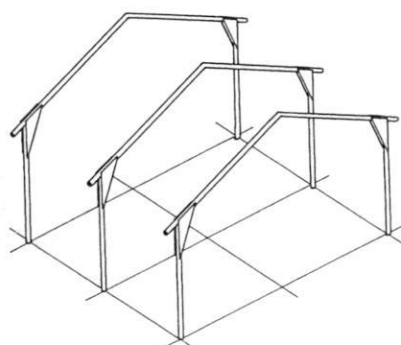


Kuva 46. Esimerkki kevyestä kolminivelkehä-katoksesta: kehän nurkkavahvikkeet on tehty sahalaudasta, harjaliitos on varmistettu kitapuulla (sahalautaa).

Kolminivelkehät ovat käyttökelpoisia rakenneratkaisuja silloin, kun tarvitaan pitkää jänneväliä ja esteetöntä käyttötilaa rakennuksessa. Teräksinen nivelkehä on tavallinen teollisuushallin rakenneratkaisu, mutta omatoimisesti rakennetut puukehät ovat erittäin kilpailukykyisiä maatalouden varasto- ja tuotantorakennuksiin. Kolminivelkehän voi tehdä sahatavaran lisäksi myös pyöreästä puusta. Kehän seinäosuus ja lape muodostavat yhtenäisen jäykän rakennusosan. Kun kaksi osaa asennetaan vastakkain syntyy kaari, jossa on kolme nivelpistettä, kaksi sokkelissa ja yksi harjapisteessä. Seinän ja lappeen jäykkä liitos syntyy sisäisillä tai ulkoisilla vinotuilla tai vahvikelevyillä, jollaisina voidaan käyttää vaneria, sahalautaa tai jopa teräslevyjä.



Kuva 45. Kattorakenne toteutettuna ristikoilla, jotka tukeutuvat kantaviin ulkoseinälinjoihin



Kuva 47. Esimerkkejä kolminivelkehästä. Ylhäällä vanerilevyin vahvistettu nurkkaliitos, keskellä vinotuin vahvistettu kehä ja alhaalla harvinaisempi ulkoisella vinotuella ja kitapuulla vahvistettu kehä.

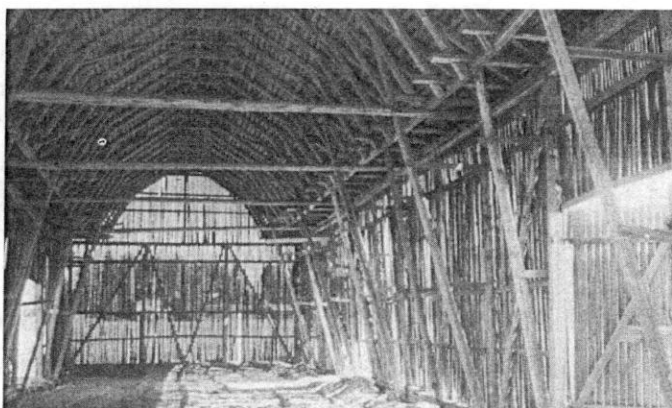
5.4 Rakennusten jäykistäminen

Kantavan rakennusrungon pystytys ei yksin takaa sen pystyssä pysymistä. Rakennus on vielä jäykistettävä vaakasuuntaisia voimia sekä tiettyjä pystykuormia ja nurjahduksia vastaan. Jäykistysrakenteet ohjaavat nämä kuormat rakennuksen perustuksiin, joiden tulee niinkään olla liikkumattomat.

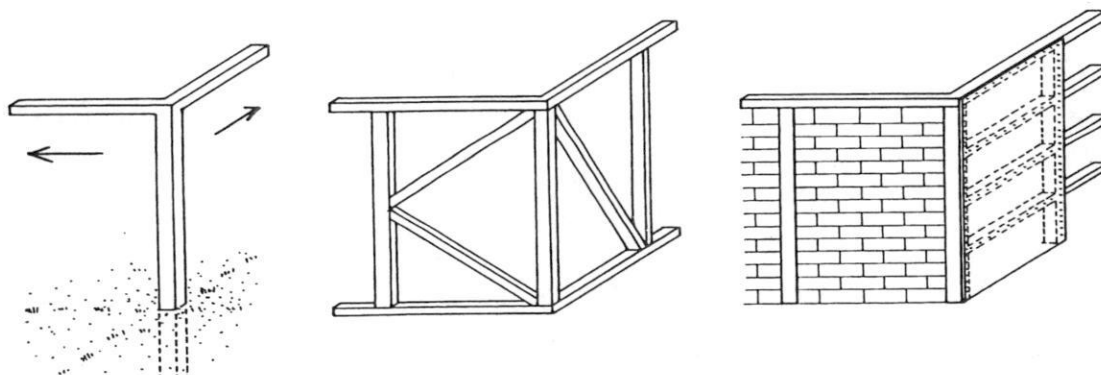
Jäykistäminen voidaan hoitaa mm. seuraavilla periaatteilla:

1. Pilarit kiinnitetään perustuksiin jäykästi, jolloin ei synny nivelpistettä. Tällöin puhutaan mastojäykistyksestä. Pilari on maasta nouseva liikkumaton uloke.
2. Pilarit, seinät tai muut kantavat pystyosat vino- tai ristituetaan diagonaalisilla jäykisteillä, jotka mielellään sijoitetaan rakennuksen nurkkaosille. Rakennuksen verhousmateriaaleja kuten sisälevytystä, tuulensuojalevytystä tai julkisivulaudoitusta voidaan käyttää jäykistävänä rakennusosana.
3. Tiili- tai harkkomuoraus muodostaa jäykän täyteseinän, joka tukee ja jäykistää rakennuksen muun rungon.

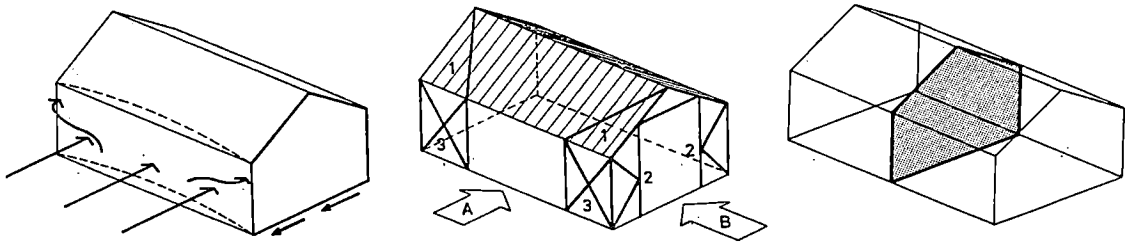
Pieniläpimittaisesta pyöreästä puusta rakennetut rakennukset ja rakenteet ovat yleensä mitoiltaan normaalia pienempiä ja vaatimattomampia rakennuksia, joille ei pidä asettaa tiukoja liikkumattomuusvaatimuksia. Puumateriaalin ja liitosten luonne sallivat pieniä muodonmuutoksia, joita syntyy kosteuselämisestä tai maan liikkeistä erityisesti matalaperusteisissa rakennuksissa. Pienistä liikkeistä ei yleensä ole haittaa rakennuksen toiminnallisuudelle. Etusijalla on rakennuksen ulkoisen ryhdin säilyttäminen. Tärkeää on myös se, että rakennus voidaan tarvittaessa helposti korjata.



Kuva 48. Esimerkki harkiten korjatusta vanhasta suomalaisesta ladosta. Runkorakenne perustuu pääosin pyöreään puun käyttöön. Rakenne on kolminivelkehän paikalla rakennettu sovellus. Lato on isokokoinen, mutta rakenteet ovat siroja. Perustuskivet on oikaistu ja rakennus nostettu ryhtiinsä. Ulkokuoraus on vaihdettu vain lahonneilta osiltaan.



Kuva 49. Rakennuksen jäykistysperiaatteet. Vasemmalla maahan tai sokkeliin mastojäykistetty pilari, joka kestää eri suunnista vaikuttavia vaakakuormia. Keskellä tyypillinen pilari-palkki runko, jossa liitokset eivät ole jäykkiä vaan luonteeltaan liikkuvia niveliä. Rakenne jäykistyy vinotuilla, jotka on sijoitettu nurkkaan, koska vaakavoimien rasitus on suurimmillaan juuri nurkissa. Oikealla edessä jäykistys on tehty täytemuurauksella, joka lukitsee pilari-palkkirakenteen liikkumattomaksi. Oikealla sivulla jäykisteenä on käytetty vaneria, tuulensuojalevyä tms. jäykkää rakennuslevyä.



Kuva 50. Vasemmalla esimerkki tuulikuorman vaikutuksesta rakennuksen vaippaan. Keskellä rakennusrunko on jäykistetty nurkista pituus- ja poikittaisuuntaan ristituennalla ja lisäksi lape on varustettu omalla ristijäykisteellä. Oikealla esimerkki pitkistä rakennusrungosta, jossa tarvittava stabiliteetti edellyttää jäykistävien väliseinien käyttöä. Sellaisiksi valitaan pohjaratkaisun mukaiset sopivat poikittaisseinät.

5.5 Liitokset

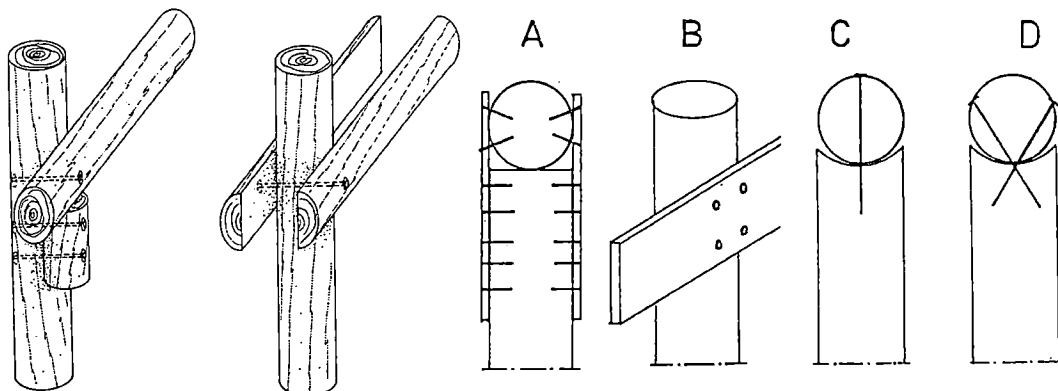
5.5.1 Yleistä

Kantavissa rakenteissa käytettävän pienen pyöreän puun liitoksissa voidaan käyttää normaaleja puikkoliitoksia (naulat, pultit, tappivaarnat ja ruuvit). Liitosten suunnittelussa tulee kuitenkin ottaa huomioon puun pyöreä muoto; puun säteensuuntainen kutistuminen ja pituussuuntaiset halkeamat, joko käyttämällä alennettuja lujuuksia tarerillisiä liitosten vahvistusratkaisuja. Ennen liitosten tekemistä pyöreä puu tulisi kuivata lopullisen käyttöpaikan tasapainokosteuteen jotta edellä kuvatuilta halkeamisilta vältyttäisiin.

5.5.2 Puikkoliittimet (naulat, pultit, tappivaarnat ja ruuvit)

Puun pyöreä muoto ja säteen suuntainen kutistuminen saattavat aiheuttaa liitettävien osien välille raon, joka alentaa selvästi leikkausliitoksen lujuutta ja jäykkyyttä. Tämä voidaan ottaa suunnittelussa huomioon redusoimalla (pienentämällä) liitoslujuutta, mutta yleensä pyöreän puun leikkausliitospinnat kannattaa tasoittaa suoriksi.

Pituussuuntaiset halkeamat saattavat aiheuttaa vakavan turvallisuusrisikin, mikäli ne sijaitsevat liittimen tai liitinrivin kohdalla. Asennuksessa pyöreä puu tulee kääntää siten, että pituussuuntaisia halkeamia ei tule liittimien kohdalle. Vaikka liitoskohdassa ei olisikaan alkuhalkeamaa, pyöreä liitospuu halkeaa kuormitettuna selvästi helpommin – eli alhaisemmalla kuormalla kuin vastaava



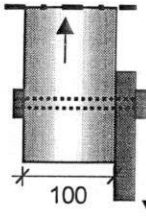
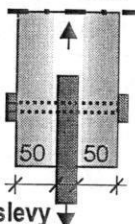
Kuva 51. Vasemmalla pulttiliitoksia, joissa pyöreästä muodosta johtuen liitettävien osien kontaktipinta on vähäinen. Oikealla erilaisia nauлаustilanteita. Nauloja tulee käyttää runsaasti. Puun läpi menevät pitkät nailat eivät ole suositeltavia (C ja D).

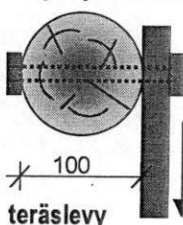
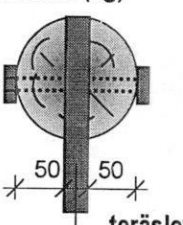
suorakaidepoikkileikkaus. Tämä voidaan ottaa liitossuunnittelussa huomioon alentamalla pyöreän puun syysuuntaista reunapuristuslujuutta tai sijoittamalla liittimet kauemmas puun päädyistä ja suurentamalla peräkkäisten liittimien välejä.

Jos pyöreän puun leikkausliitoksessa leikkauspintaa ei tasoiteta, liitoskapasiteetille suositellaan redusointikerrointa 0,65. Kahden pyöreän puun välistä liitosta tai kaksileikkeistä liitosta, jossa sisin osa on pyöreä puu, ei pitäisi käyttää voimia siirtävänä liitoksena, ellei liitospintoja tasoiteta. Pinnoiltaan tasoitetuissakin liitoksessa pyöreän puun syysuuntaista liitoslujuutta suositellaan redusoitavaksi kertoimella 0,7, mikäli käytetään vain yhtä pulttia tai yhtä syysuuntaan sijoitettua liitinriiviä.

Halkeilun estämiseksi liitosten nauhojen keskipisteiden välisen etäisyyden pitää olla vähintään 7 kertaa nauhojen halkaisija. Mikäli nauloille porataan ensin reikä, nauhojen väliseksi etäisyydeksi riittää 3 kertaa halkaisija. Naulat voidaan korvata saman paksuisilla ruuveilla. Ruuvit sopivat paremmin kohteisiin, joissa kiinnityksen pitää olla viimeistellyn näköinen, kuten esimerkiksi rakenteiden viimeistelyssä ja verhouksen kiinnittämisessä. Mikäli rakenteen kuorma on raskas, liitoksissa voidaan käyttää neliökantaisia puuruuveja, jotka kierretään puuhun ruuviavaimella.

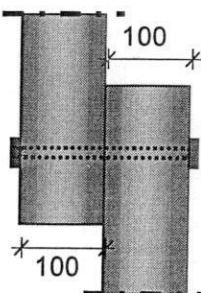
Taulukko 3. Pulttien kuormitustaulukko.

Kuormitus syiden suunnassa			
Epäsymmetrinen kuorma (kg)	Pulttikoko	Symmetrinen kuorma (kg)	
	280	470	
	M12	690	
	M16	980	
	M20	1120	
	M24		

Kuormitus kohtisuoraan syitä vastaan			
Epäsymmetrinen kuorma (kg)	pulttikoko	Symmetrinen kuorma (kg)	
	240	430	
	M12	690	
	M16	790	
	M20	870	
	M24		

Huomautuksia:

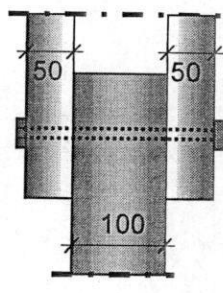
- Luvut ovat pitkäaikaisia kuormituksia puussa, jonka rakennekosteus ei ylitä 18 %.
- Luvut perustuvat brittiläiseen C16 / 18 / 22 puustandardiin BS5268 osa 2:1996.
- Pyöreän puun minimipaksuus esitetyille pulttikuormille on 100 mm.
- Kun liitoskappaleena on puun sijasta teräslevy, sen minimipaksuuden on oltava vähintään 2 mm.



100

100

Halkaistu puu



50

50

100

Pyöreä puu

Taulukko 4. Aluslevyjen mitoitus taulukko.

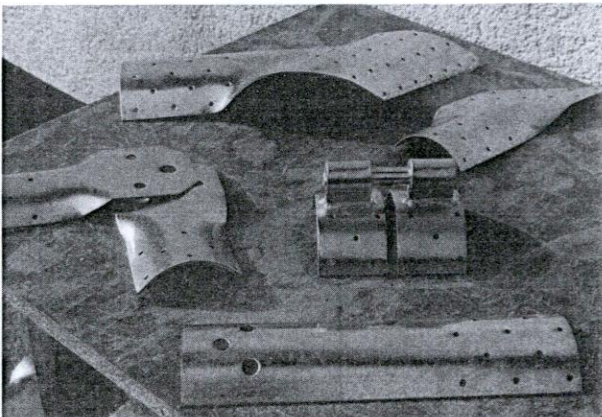
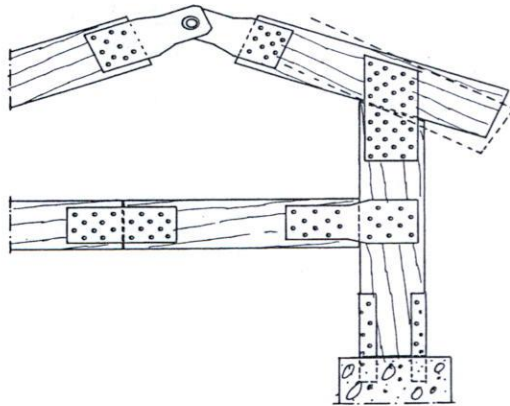
Aluslevyn koko	3/2 d	2 d	5/2 d	3 d
Pulttikoko	Aluslevyn vastaanottama kuorma (kg)			
M12	124	299	522	795
M16	221	531	929	1414
M20	346	829	1451	2209
M24	498	1194	2088	3182

Huomautuksia:

1. Puun rakennekosteus enintään 18 % pitkäaikaisessa kuormituksessa.
2. Lukuja voi käyttää myös neliömäisten aluslevyjen kanssa.
3. Aluslevyn paksuuden on oltava vähintään 1/10 halkaisijasta.

Taulukko 5. Reikien mitoitus ja naulatiheys.

d = pultin tai naulan halkaisija	a	b	c
Pultit	7d	7d	4d
Naulat ilman esiporattuja reikiä	15d	10d	10d
Naulat ja ruuvit esiporatuilla reijillä	12d	7d	7d

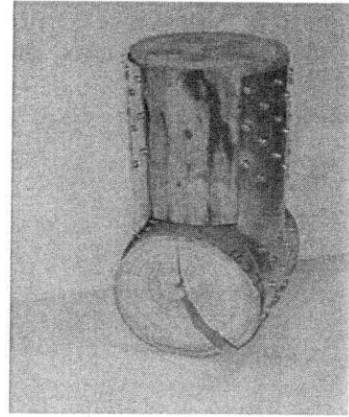


5.5.3 Teräksiset muotokiinnikkeet

Saksalainen Rudolf Feicht GmbH Metallverarbeitung valmistaa pyöreän puun liitoksiin naulauslevyjä, jotka on muotoiltu pyöreiden puusauvojen jatkos-, risti- ja T-liitoksiin. Muotolevykiinnikkeet on valmistettu 1,5 - 2,5 mm paksusta teräslevystä, ne on taivutettu pyöreän pinnan mukaisiksi ja liittiminä käytettäville 4,0 x 40 - 80 mm:n kampanauloille on levyihin porattu reiät. Naulapituus valitaan puun paksuuden mukaan. Muotokiinnikkeitä valmistetaan viittä eri taivutussädetä siten, että kaikille pyöreän puun 70 - 300 mm:n halkaisijamitoille on sopivat kiinnikkeet.

Kuva 52. Esimerkkejä Saksassa yleisesti käytössä olevista muototeräslevyistä. Erilaisia osia voi käyttää pilarien sokkeli-, harja- ja räystäslitostekappaleina. Valikoimissa on useampia kattakulmavaihtoehtoja ja kattokulmaa voi vielä säätää tarkemmin.

Vedetyissä T-liitoksissa (ripustusliitos) tulee kiinnittää erityistä huomiota puun pituussuuntaiseen halkeamiseen (kuva vieressä). Tämän pyöreälle puulle ominaisen murtotavan käsittelyyn on EU-FAIR projektin suunnitteluohje-ehdotuksessa annettu erilliset laskentaohjeet. Muotokiinnikenaulan leikkauslujuus voidaan laskea normaalisti naulaliitoksen mitoituskaavoilla. Teräs-puuliitoksessa käytettävän 4,0 mm:n paksuisen kampanaulan sallittujen jännitysten mukainen leikkauslujuus on aikaluokassa B (lumikuorma) noin 0,7 kN (70 kg).

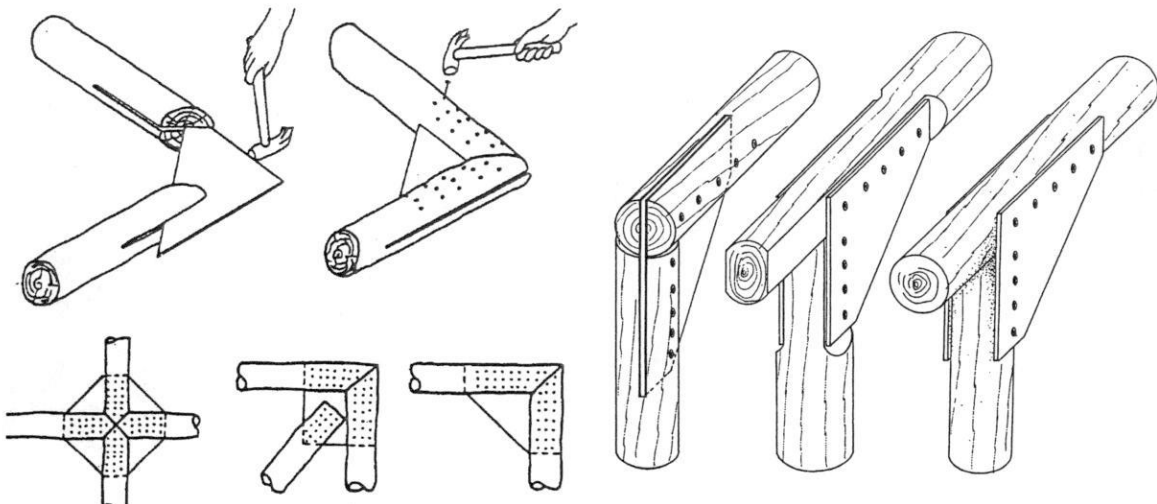


5.5.4 Kaksileikkeiset ohutlevy- ja vaneriliitokset

Kahden tai useamman pyöreän puun välisissä liitoksissa voidaan käyttää naulaamalla koottavia kaksileikkeisiä ohutlevy- tai vaneriliitoksia. Liitosalueelle puupoikkileikkauksen keskelle sahataan ura, johon 1 - 2 mm paksu teräsohutlevy tai 9 - 18 mm paksu koivuvaneri asennetaan. Koivuvanerin paksuuden tulisi olla vähintään 0,1D. Sahatun uran poikkileikkausta heikentävä vaikutus tulee ottaa huomioon. Liitos koetaan läpinaulauksella.

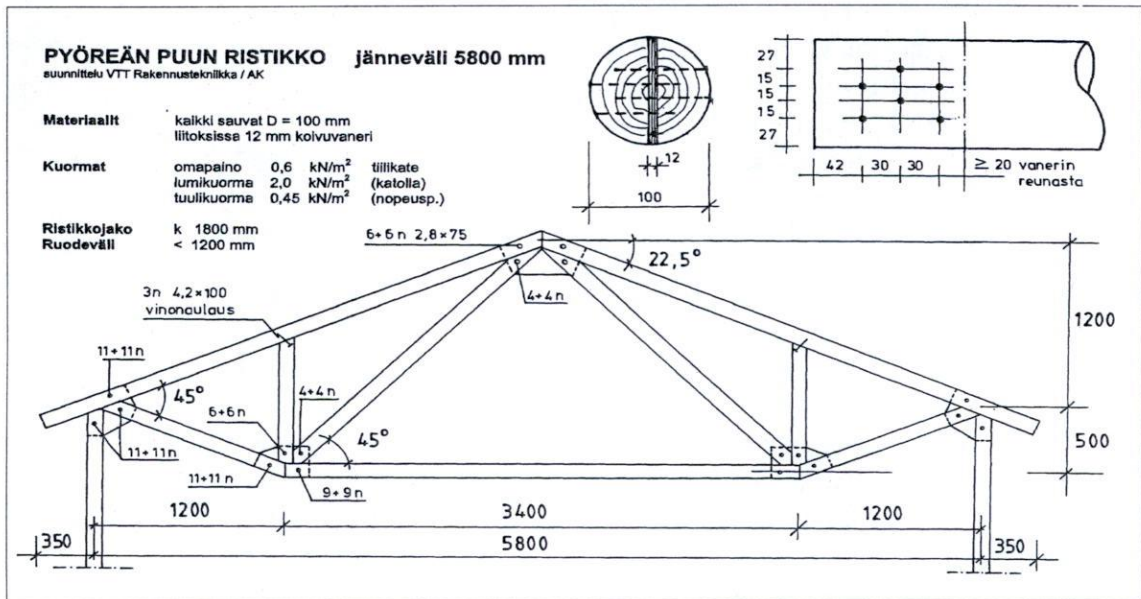
Kuva 53. Vetokokeessa T-liitosta rasiettiin, kunnes puupalkki halkesi. Muototeräslevyt ja naulaukset pitivät, mikä osoittaa liitostavan kelpoisuuden. Huomaa, että naulat on lyöty muotolevyn jokaiseen reikään

Naulanreiät voidaan esiporata. Naulaliitos voidaan mitoittaa kaksileikkeisenä laitoksena, kun kaikkien nauhojen kapasiteetiksi valitaan epäedullisinta naulasijaintia vastaava tapaus: naulan kärki- ja kantapuolen tunkeutumasyvyudet puussa vaihtelevat naulan sijainnin mukaan.



Kuva 54. Kulmalevyliitoksia vanerin avulla.

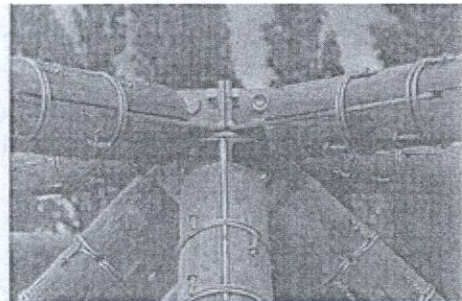
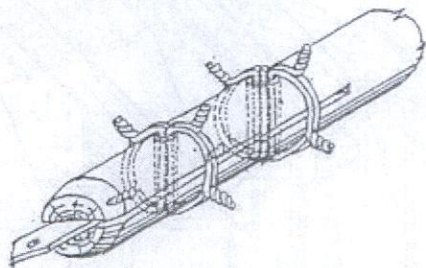
Vasemmallä kuvassa 54 liitoslevyyn on sahattu ura, johon vaneri on upotettu. Näin saadaan siisti liitos, mutta liitoksen vääntökapasiteetti voi olla pieni, koska liitoksessa on vain yksi levy ja urasta poistetaan puuta. Myös vääntöjäykkyys on pieni, koska urasta pitää tehdä hieman ylileveä halkeilun estämiseksi. Keskellä liitettävät puut on tasoitettu samanpaksuisiksi, jolloin liitoksesta saadaan jäykkä ja siisti, mutta toisaalta tasaus ohentaa puuta vyöhykkeellä, johon kohdistuu suuri raskuus. Oikealla liitettävien puiden halkaisija on sama, ja voidaan käyttää yksinkertaista levyliitosta, vaikka se ei olekaan erityisen viimeistellyn näköinen.



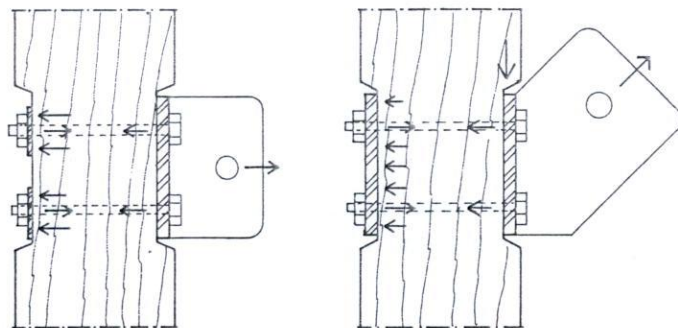
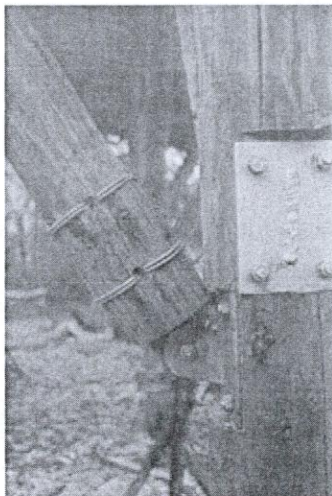
Kuva 55. Mitoitettu pyöreän puun kattoristikko 5800 mm jännevälille.

5.5.5 Kiristyspannalla vahvistetut pultti- ja tappivaarnaliitokset

Pyöreän puun liitosalueen halkeamista voidaan estää puun ympäri kiristettävillä rautalangoilla tai teräsvalteilla. Kiristysvahvistusta tarvitaan erityisesti sauvanpäälliitoksissa, joissa teräslevy sijoitetaan sauvan keskelle sahattuun uraan ja liittiminä käytetään sauvan keskilinjalle sijoitettua yhtä tai useampaa peräkkäistä pulttia tai tappivaarnaa. Kiristämällä vahvistetuissa pyöreän puun liitoksissa saavutetaan liittimen myötäämisestä tai puun reunapuristumisesta tai molemmista riippuva puikkoliitoksen täysi lujuus.



Kuva 56. Vasemmalla halkeilua estävän pantasidonna periaatekuva ja oikealla käytännön esimerkki.



Kuva 57. Esimerkki nivelöidystä liitoksesta, jossa kuormat siirtyvät teräslevyjen ja pulttien kautta tasoitetuille puupinnoille.

Tappivaarnoina voidaan käyttää teräsputkea, jolloin rautalankakiristys tehdään putken läpi. Rautalankakiristykseen on kehitetty erityinen työkalu. Rautalangan paksuus on noin 4 mm. Vahvistetut liitokset soveltuvat erityisesti pyöreän puun avaruusrakenteiden laitoksiin, joissa sauvanpäiden teräslevyt kiinnitetään toisiinsa erillisillä liitossolmukiinnikkeillä (kuva 56).

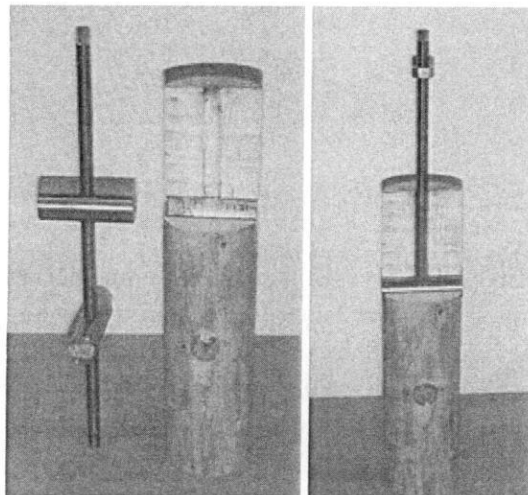
Pyöreitä puuosia voidaan liittää toisiinsa metallisin liitoskappalein, jotka normaalisti pultataan tai ruuvataan puuhun. Puuta joudutaan useasti muotoilemaan tasaisen kontaktipinnan aikaansaamiseksi. Erityistä huomiota on kiinnitettävä läpivientien varmentamiseen aluslevyin. Kuvassa 44 on esimerkki vinotuen liitoksesta nivelöityyn metallilevyyn. Vinotuen pää on halkaistu ja sijoitettu keskeisesti metallilevyyn. Rakenteen toimivuus on varmennettu teräslankapunoksella, joka sallii puun halkeilun, mutta estää liitoksen murtumisen.

5.5.6 Liimaliitokset

Liimaliitoksia ei suositella paikallarakennettaviin rakenteisiin. Tämä johtuu etupäässä kahdesta seikasta. Liitosten tarkkuus on puutteellinen ja liimapinnat eivät toimi rakenteellisesti oikein. Puutavara ei välttämättä ole riittävän kuivunutta, jolloin puun eläminen ja halkeilu jatkuu rakennustyön jälkeenkin ja aiheuttaa epävarmuutta liitoksissa.

5.5.7 Palikkavaarnaliitos

Pyöreän puun sauvanpäälliitoksiin on kehitetty palikkavaarnaliitos, jossa puuhun poikittain tehtyyn reikään sijoitetaan "mutterina" toimiva suorakaide- tai pyörötankovaarna. Puun päätyyn porattuun pituussuuntaiseen reikään sijoitetaan kierretanko, joka ruuvataan vaarnan kierteisiin. Vaarvoja voi olla myös kaksi, jolloin ne sijoitetaan toisiaan vastaan kohtisuoraan suuntaan. Liitostyyppi soveltuu sauvarakenteisiin, joissa liitosvoimat ovat sauvan suuntaisia (vetoa tai puristusta) ja joissa kierretankojen päät kiinnitetään muttereilla erillisiin liitossolmuosiin.



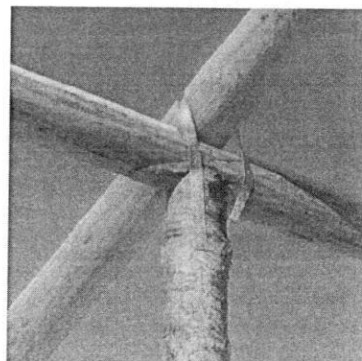
Kuva 58. Palikkavaarnaliitoksen rakenne.

Palikkavaarnaliitos voidaan mitoittaa puun reunapuristuslujuuden mukaan, mikäli puun halkeaminen estetään pantakiristyksellä ja vaarnan päätyetäisyys on niin suuri, että puun leikkauskapasiteetti on riittävä, jolloin estetään puupalikan lohkeaminen vedossa. Vaarnojen reijät (jopa 40 mm) aiheuttavat merkittävän vähennyksen sauvan poikkileikkauspintaan, mikä täytyy ottaa huomioon sauvan vetokapasiteetin laskennassa.

5.5.8 Metallipantaliitos

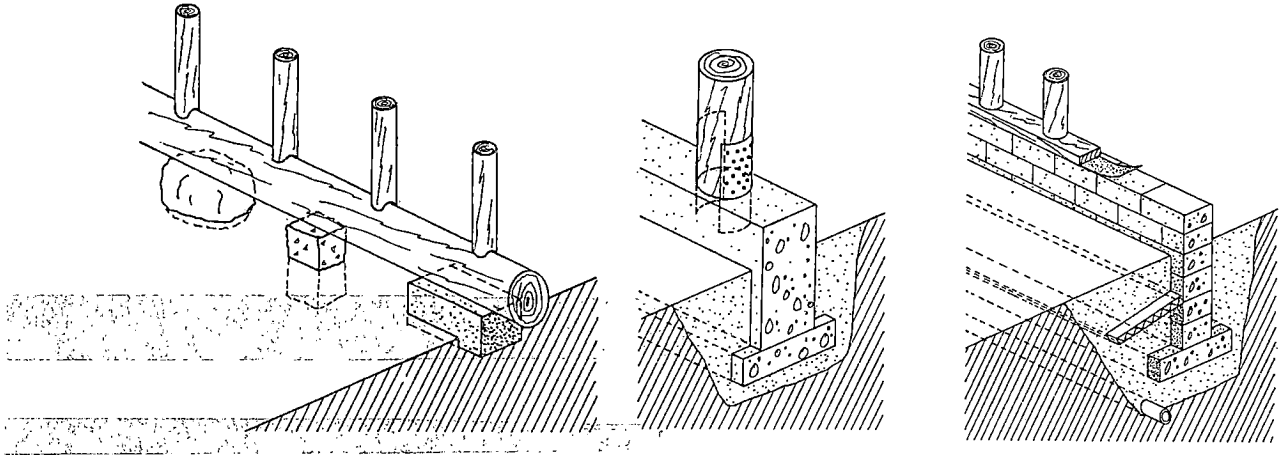
Liitoksissa voidaan käyttää rei'itettyjä metallipantoja sitomaan rakenneosia toisiinsa. Nauloja on syytä käyttää runsaasti. Pantaliitos saattaa löystyä jos rakennuspuut eivät ole riittävästi kuivuneet.

Kuva 59. Esimerkki pilari-palkkiliitoksen pantasidonnasta, joka täydentää rakenteen keskelle upotettua kierretankotapitusta.



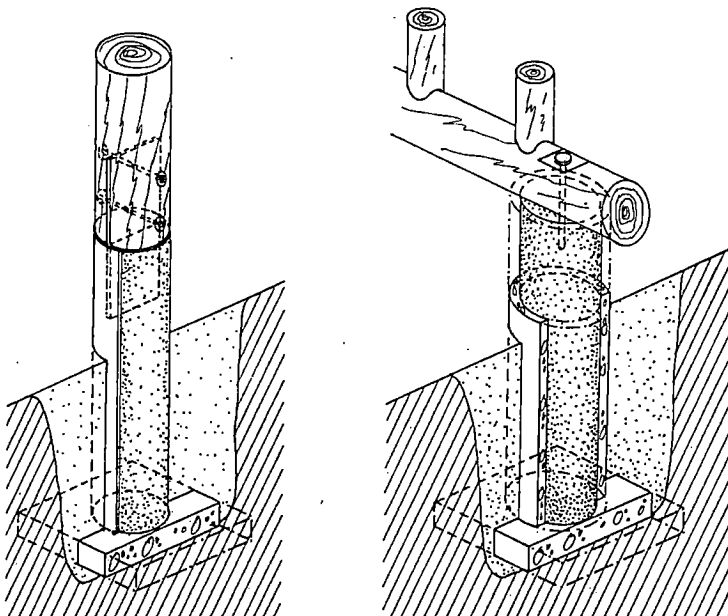
5.6 Rakennusten perustukset

Pyöröpuun luonteesta johtuen rakennukset ovat pienehköjä ja kevyitä. Lisäksi ne ovat useasti eristämättömiä ja lämmittämättömiä rakennuksia. Suomessa maaperä ja sen routimisolosuhteet määrittelevät perustussyvyyden. Puu rakennusaineena on joustava materiaali ja pienille rakennuksille voidaan sallia lieviä liikkeitä. Perustustekniikoiksi voidaan valita perinteisiin tapoihin verrattuna yksinkertaisempia ja edullisempia ratkaisuja.



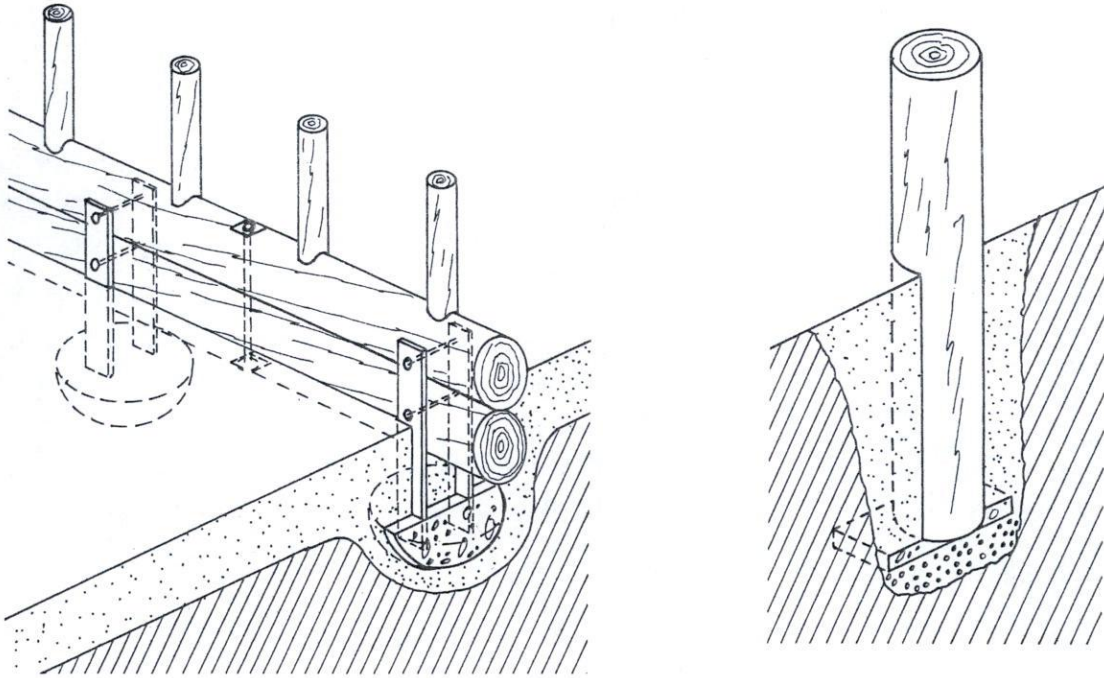
Kuva 60. Kivi- ja muuriperustukset

Kuvassa 60 vasemmalla valikoima perinteisiä kiviperustuksia. Kivenä voi olla luonnonkivi, muotoiltu kivi tai erilaiset betoni- tai kevytsoraharkot. Keskellä paikalla valettu massiivinen betonisokkeli, johon pyöreän puun runkotolppa on kiinnitetty naulauslevyn avulla. Oikealla betonianturan päälle muurattu jatkuva betoni- tai kevytsorahakkomuuri, perustusrakenne on salaojitettu ja routasuojattu.



Kuvassa 61 vasemmalla kevyt-
muottiin valettu betoninen pila-
riperustus, johon puupilari on
liitetty kosteusriskirajan yläpuo-
lella teräslevyn ja pulttien avul-
la. Pilariliitos on luonteeltaan
nivelliitos ja siksi runkorakenne
on jäykistettävä hyvin. Kevyt-
muottina voi olla pahvihylsy,
peltinen ilmastointikanava tai
muovinen viemäriputki. Oikeal-
la muottina on käytetty betonista
viemäriputkea. Betonivaluun on
upotettu harjateräs tai kierretan-
ko, johon puinen vaakarakenne
voidaan sitoa.

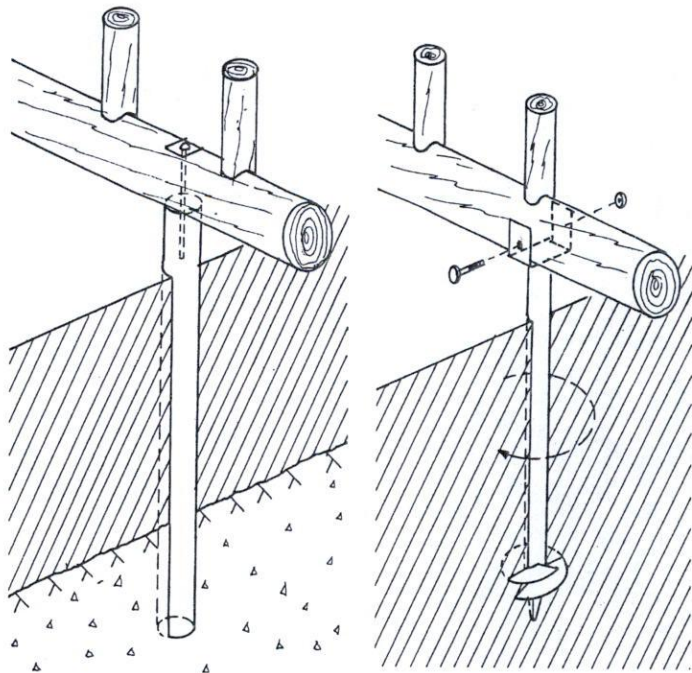
Kuva 61. Kiviaineiset pilariperus-
tukset



Kuva 62. Paineekyllästetyt puuperustukset

Kuvassa 62 vasemmalla salaajitetun ja vettä läpäisevän sorapatjan varaan rakennettu puhelintolppaperustus. Puhelintolpat on vaarnattu keskenään pulttauksin ja koko rakenne on sidottu maahan määräväleihin valettujen betonikakkujen avulla. Puurakenne on yhdistetty lattarautasitein. Oikealla puupilari on perustettu suoraan maahan betonilaatan tai kiviladelman päälle. Tässä tapauksessa tolpan on aina oltava A-luokan kyllästettyä puutavaraa. Suositeltava perustussyvyys on noin 2 m, jolloin routa ei pääse liikuttamaan perustuksia. Samalla varmistetaan pilarirungon riittävä jäykistys.

Kuvassa 63 vasemmalla teräspuutkiperustus, joka toteutetaan pora-kaivon rakennusperiaatteella. Perustus soveltuu kohteisiin, jossa kallio on suhteellisen lähellä maanpintaa. Kaivoporalla lävistetään maakerros ja porataan noin 50 cm kalliioon, jonka jälkeen reikään asetetaan halkaisijaltaan 150 mm teräsputki. Putki voidaan haluttaessa betonoida umpeen. Puurakenne voidaan liittää teräspilariin monipuolisoin laippa/pulttiliitoksin. Oikealla maaperään kierrettävä teräspuutkiperustus, joka soveltuu aitarakenteisiin, lipputankoihin ja kokonaisiin rossipohjarakennuksiin.



Kuva 63. Teräspuutkiperustukset

Jos puuta käytetään suorassa maakontaktissa, sen on oltava A-luokan painekyllästettyä puutavaraa. Tällöin sen kesto on olosuhteista riippuen 20 – 30 vuotta. Rakennuksen suunnittelussa on otettava huomioon puuosan helppo korjattavuus ja vaihdettavuus vastaavaan uuteen osaan. Teräsputkipierustukset on syytä aina tehdä sinkitystä teräksestä.

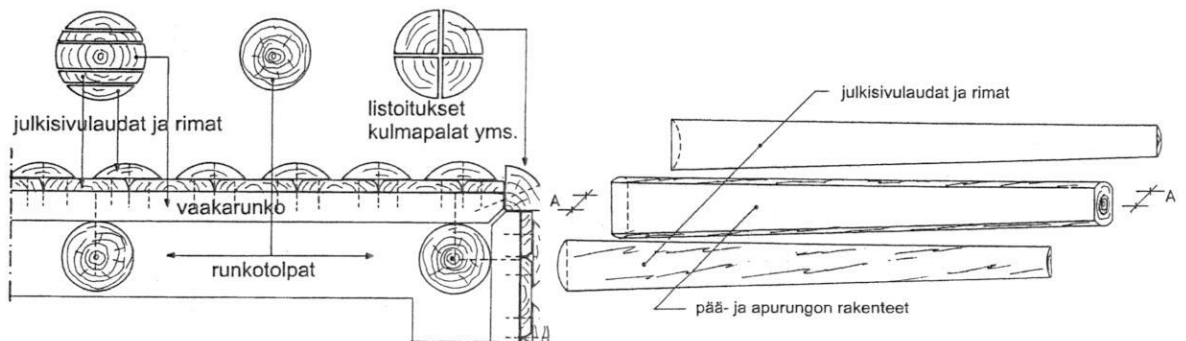
Edellä esitettyjä perustustapoja voidaan soveltaa myös lämpöeristettyihin rossipohjallisiin rakennuksiin. Jos rakennus on tarkoitettu pitkäikäiseksi, on syytä valita routarajan alapuolelle perustettu lämpöeristetty antura- ja sokkeliratkaisu. Jos pyöröpuuta käytetään runkorakenteissa, se liitetään sokkeliin tavanomaisin kiinnikkein ja rakennedetaljein.

5.7 Julkisivuverhoukset ja lämpöeristykset

5.7.1 Julkisivuverhoukset

Pyöröpuiset rakennukset voidaan tehdä hirsitalotekniikalla massiiviseinäisinä, jolloin niillä on salvotun hirsirakennuksen yleisilme. Pyöröpuun käyttö ei rajoitu pelkästään runkorakenteisiin vaan siitä voidaan tehdä monipuolisia julkisivuverhouksia. Pyöreän puun muotoa hyväksi käyttäen julkisivuihin saadaan aikaan vaihtelua ja moni-ilmeisyyttä.

Sorvatusta tai kuoritusta puusta saadaan kuvan 64 osoittamalla tavalla ainakin 4 – 6 lautaa ja vaihtoehtoisesti keskiosa voidaan käyttää naulauskoolauksen korvikkeena. Kun puu sahataan ristiin neljään osaan, saadaan erilaisia vuorilistoja, nurkkia, ovenpieliä tai ikkunoita varten. Pyöröpuun kaventuvia ja pyöreäpintaisia lautoja voidaan yhdistellä keskenään tai rytmittää perinteisen sahalaudan kanssa vaihteleviksi julkisivurakenteiksi. Silloin kun pyöreä pintalauta on peräisin kuoritusta puusta (ei sorvatusta), on kaventuva lauta syytä asentaa kaventuva pää alaspäin seinään jotta viistosade ei kerääntyisi pystysaumoihin.



Kuva 64. Erilaisia pyöreästä puusta sahattuja rakennusosia.



Kuvat 65 ja 66.

Vasemmalla halkaistua pyöröpuuta vaakasuuntaisena verhouksena, oikealla rimalaudoitusta, jossa pyöröpuu toimii rimana.

Sorvaamattoman pyöreän puun paksuus ohenee latvaa kohti. Tästä ja puun mahdollisesta lenkoudesta syntyy tarve oikaista ja kiilata syntyviä epätasaisuuksia, jotta julkisivupinnat saadaan suoriksi. Pyöreän puun luonne antaa tietyssä määrin epätasaisuuksia anteeksi, mutta erityisen tärkeätä suoruus on vesikatolla, missä katemateriaalit edellyttävät hyvää alustan tasaisuutta.

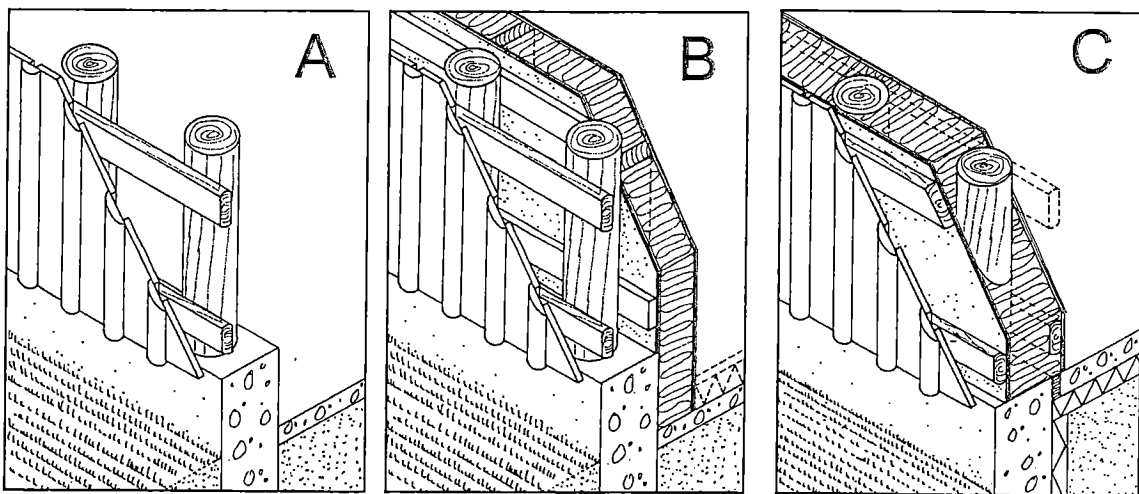
5.7.2 Rakennusten eristäminen

Pieniläpimittainen pyöreä puu sopii parhaiten pienehköihin rakennuksiin ja rakennelmiin, jotka luontaisesti ovat eristämättömiä rakenteita. Tällaisia ovat maatalouden konevarastot, tuotevarastot ja eristämättömät kotieläinsuojat. Lämpöeristettyjä rakennustyyppejä voivat olla esimerkiksi kesämökit, maatilamatkailun rakennukset ja kioskit.

Kuva 67 A esittää tavanomaisen eristämättömän rakennuksen seinäleikkaustilannetta. Betonisokkeli (paikalla valettu tai betoni- tai kevytsorahakoista muurattu) on ulotettu routimattomaan syvyyteen. Pyöreän puun runkorakenne liitetään sokkeliin aikaisemmin esitetyin detaljein. Rakennuksen lattia rakennetaan käyttötarkoituksen vaatimalla tavalla.

Kuva 67 B esittää seinäleikkaustilannetta, jossa eristämättömään rakennukseen tehdään jälkepäin eristys tai eristetty rakennuksen osa. Esimerkkinä tällaisesta tilasta käy maatalon konehallin konekorjaamo. Eristetty osa on teknisesti helpoin tehdä talo-taloon -periaatteella. Eristetyt seinät muodostavat itsenäisen rakenteen alkuperäisen rakennuksen sisäpuolelle. Tärkeätä on varmistaa alkuperäisrakenteen ja eristetyn seinän välitilan tuulettuvuus kosteusvaurioiden välttämiseksi. Kuvassa lattian eristys on toteutettu vanhan betonilaatan päälle uutena rakenteena.

Kuva 67 C esittää eristetyn rakennuksen seinäleikkaustilannetta, jossa kantavana runkona on käytetty pyöreätä puuta. Riittävän eristepaksuuden saavuttamiseksi pystyrunkoon on naulattu sisäpuolinen vaakakoolaus sisälevytyksen kiinnitystä varten. Samalla vaakakoolauksella voidaan oikaista pystyrungossa esiintyvät mahdolliset mittavirheet tai pystypoikkeamat. Runko voi tietenkin olla myös sahatavaraa tai kokonaan muista materiaaleista. Eristetyssä seinärakenteessa sokkeli on tyypillisesti halkaistu eristekerroksella. Kuvassa lämpöeriste on sokkelinmuurin ja lattialaatan liitoskohdassa.



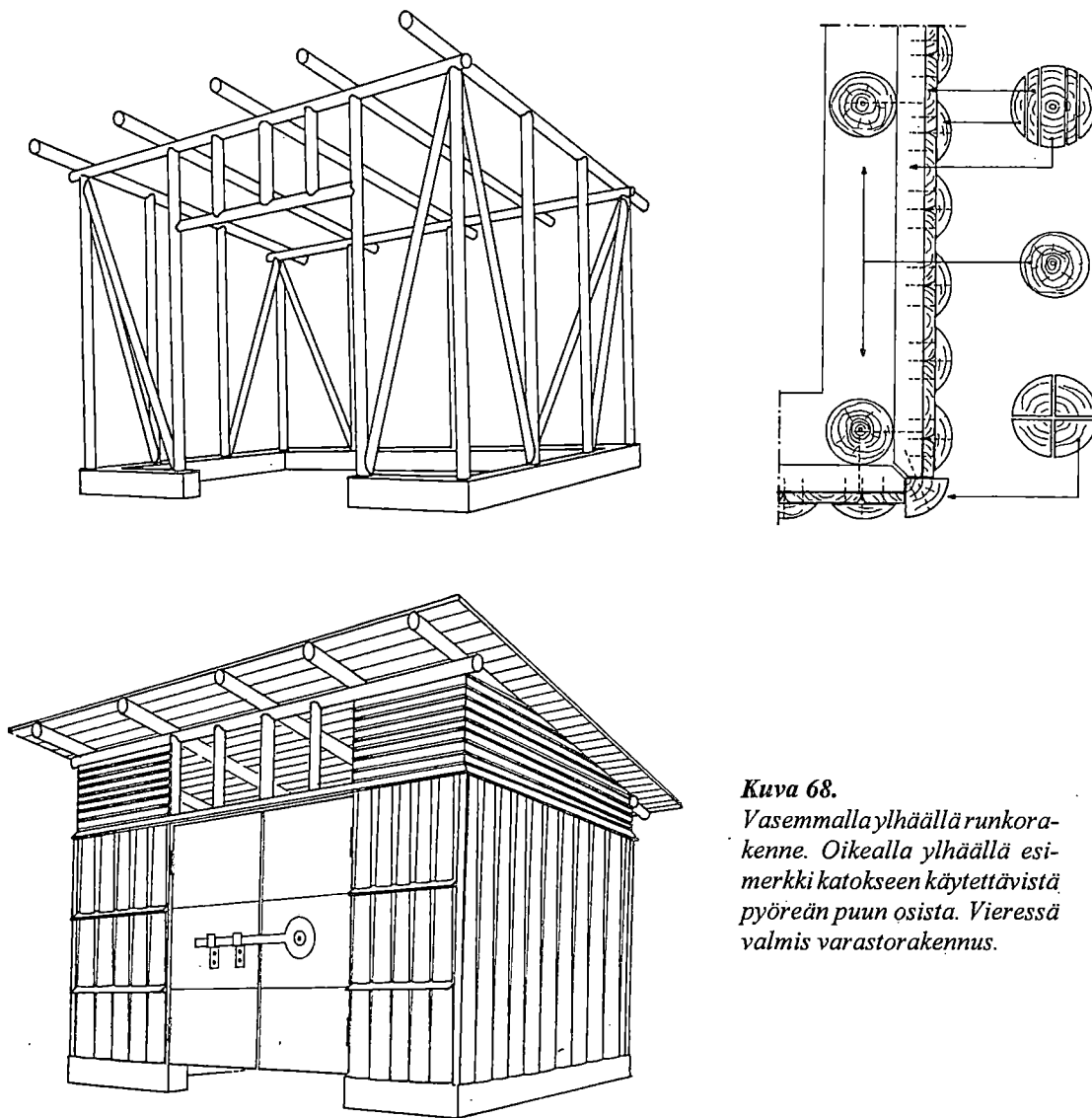
Kuva 67. Erilaisia seinärakenteita.

6 ESIMERKKEJÄ PYÖREÄSTÄ PUUSTA TEHDYISTÄ RAKENNUKSISTA

6.1 Varastorakennus

Alla oleva varastorakennus on kooltaan 3 x 4 m eli 12 m². Katto on pulpettimallinen, korkeus etureunassa 3 m ja takareunassa 2,5 m. Se soveltuu niin maaseudulle kuin maaseutumaisiin taajamiin esimerkiksi polkupyörä- tai jätevarastoksi tai polttopuuvarastoksi.

Perustukset tehdään betoniharkoista maaperästä riippuen joko routimattomaan syvyyteen tai matalaperustuksiin routaeristettynä. Lattia valetaan betonista. Runko tehdään sorvatuista tai kuorituista $\varnothing 120 - 150$ mm puista. Rakennus jäykistetään vinotuilla nurkista. Kattotuolit ovat $\varnothing 150 - 180$ mm puuta. Pyöreän pun liitokset tehdään naulauslevyillä sekä metallivanteilla. Katto tehdään pontatusta sahalaudasta ja vesikatteeksi kiinnitetään bitumihuopa. Julkisivut tehdään ovikorkeuteen asti pyöreästä puusta sahatuista pintalautoista. Ovikorkeuden yläpuoliset osat ovat vaakasuuntaista kolmiorimaa ilmankierron parantamiseksi ja rikkaamman arkkitehtuurin luomiseksi. Ovilevyt ovat vaneria.



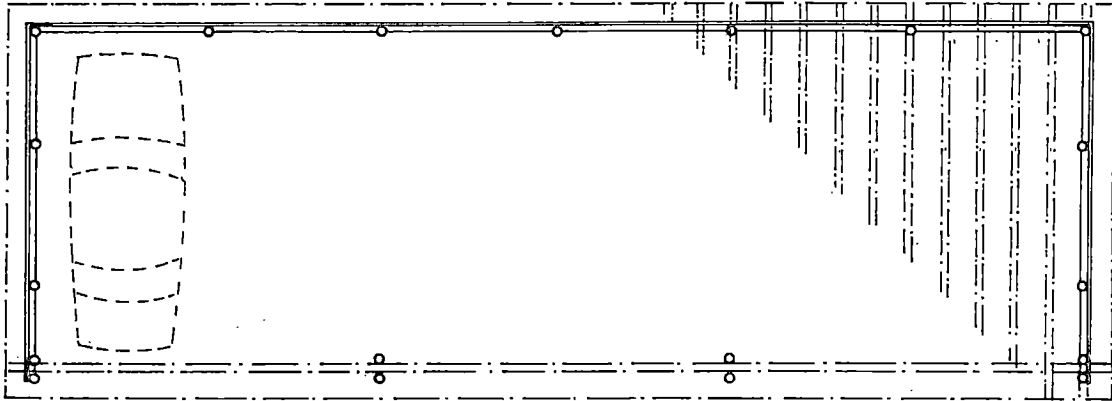
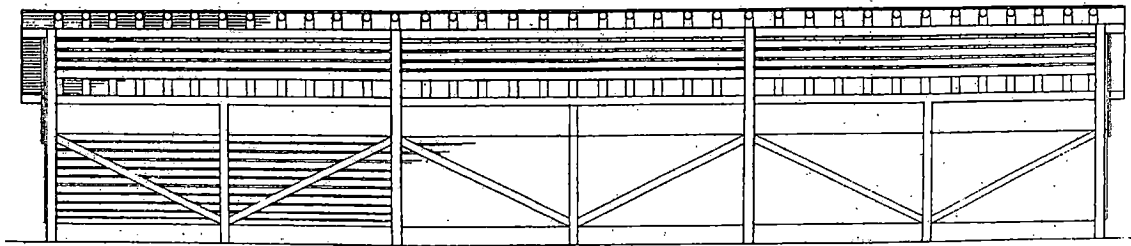
Kuva 68.

Vasemmallaylhäällä runkorakenne. Oikealla ylhäällä esimerkki katokseen käytettävistä pyöreän puun osista. Vieressä valmis varastorakennus.

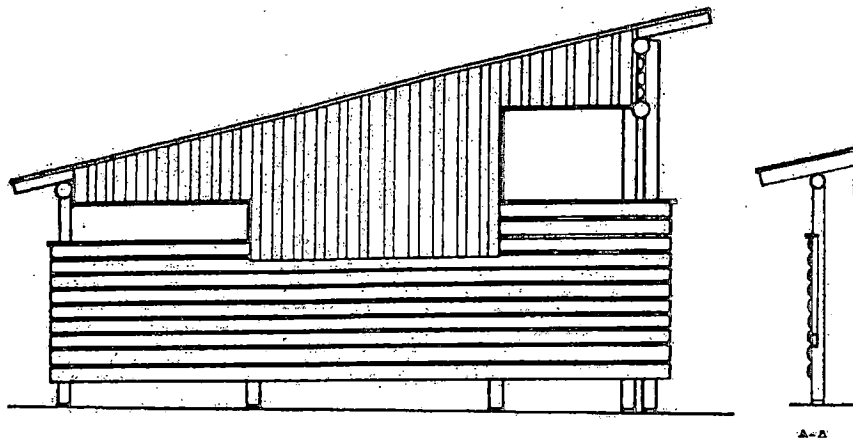
6.2 Autokatos

Alla oleva 6 autopaikan katos on kooltaan 5 x 15 m eli 75 m². Katto on pulpettimallinen, korkeus etureunassa 3 m ja takareunassa 2,2 m. Se soveltuu niin maaseudulle kuin maaseutumaisiin taajamiin puurakenteisten pien- ja rivitaloyhtiöiden autosuojaksi.

Paineekyllästetyt puupilarit on perustettu 2 m syvyyteen, minkä lisäksi rakennus on jäykistetty pituussuuntaan takaseinän vinotuilla sekä poikkitaissuuntaan päätyjen vinotuilla. Lattia voi olla sepeliä, betonia tai asfalttia. Runko tehdään sorvatuista \varnothing 150 mm puista. Kattotuolit ovat \varnothing 180 mm puuta. Etureunassa käytetään kaksoispilareita, joiden välitilaan tehdään vaarnattu yläpalkki kattotuolien kannatusta varten. Pyöreän puun liitokset tehdään läpipulttauksin. Katto tehdään pontatusta sahalaudasta ja vesikatteeksi kiinnitetään bitumihuopa. Julkisivujen alaosat ovat vaakasuuntaista sahalaudaa ja päätyjen yläosissa esiintyy pyöreän puun kaarevia pintalautoja.

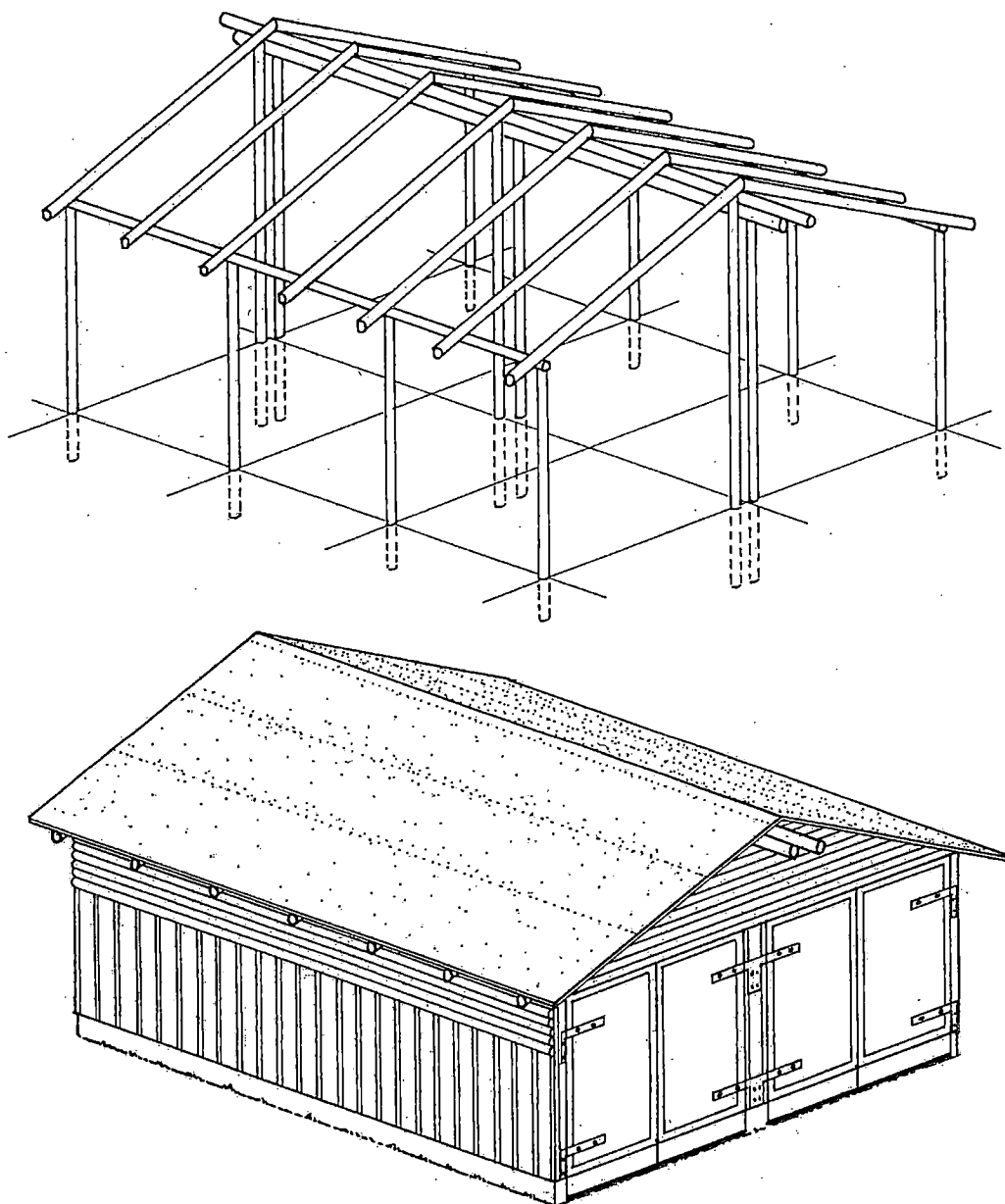


Kuva 69. Autokatoksen pohja sekä etu- ja päätyjulkisivu.



6.3 Kioski, autotalli, varasto

Alla oleva runkorakenne on kooltaan 6 x 5 m eli 30 m². Paineekyllästetyt puupilarit on perustettu maahan jäykiksi mastoiksi routimisen edellyttämään syvyyteen. Ulkoseinillä pilarijako on 2 m välein. Keskilinjalla on käytetty tuplapilareita 3 m välein ja vaarnattu tuplaharjapalkki on asennettu tuplapilarien väliin. Kattotuolit ovat 1 m jaolla. Mastojäykistykseen lisäksi seinät ja lappeet on syytä lisäjäykistää vinotuin. Rakennus voidaan verhota useilla eri tavoilla ja materiaaleilla. Kuvassa 70 esitetty runkoratkaisu oli esillä Lappeenrannan asunomessuilla kesällä 1999. Messujen ajan rakennus toimi kahvilakioskina, jonka seinät olivat vain osittain lautaverhotut ja kattona oli valoa läpäisevä muovikate. Alakuvassa rakennus on autotallina, jonka sivut ja toinen pääty ovat sahalautaa ja osin pyöreätä ja halkaistua puuta. Autotalliovet voidaan tehdä itse vanerista tai ostaa tehdasvalmisteisina.



Kuva 70. Harjakattoisen autotallin runkorakenteen periaatekuva ja valmis rakennus. Julkisivujen laudoitukset ja rimoitukset ovat pyöreästä puusta sahattuja osia kuvan 68 mukaisesti.

VAKOLAn tutkimuseloituksia

44. Alipaineilmanvaihto kotieläinsuojissa. 1986.
45. Kompostoinnin vaikutus lietalannan laatuun ja käsiteltävyyteen. 1987.
46. Käyttökokeuksia 80-luvulla rakennetuista kalustovajoista, varastokuivureista ja pihatoista. 1987.
47. Lannoitteenlevityksen tasaisuus. 1987
48. Jauhatuksen tilantarve ja pölyhaittojen vähentäminen
49. Maatalouskoneiden tietokanta. 1988.
50. Lannanpoistolaitteiden toiminta ja kestävyys. 1988.
51. Pienten pihatoiden ilmanvaihdon erityisvaatimukset. 1988.
52. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. 1988.
53. Hellävarainen perunankorjuu. 1989.
54. Syyskyntöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätvehnän satoon 1975-1988. Pitkäaikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hiesusaven rakenteeseen ja viljavuuteen 1989.
55. Ei julkaisua.
56. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989.
57. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990.
58. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990.
59. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990.
60. Heinän varastokuivaus. 1991.
61. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992.
62. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991.
63. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset. 1992.
64. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.
65. Hellävarainen perunan kauppakunnostus. 1993.
66. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993.
67. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1993.
68. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. 1994.
69. The effect of ground profile and plough gauge wheel on ploughing work with a mounted plough. 1994.
70. Järeän sahatavaran mekaaniset ominaisuudet. 1995.
71. Järeän sahatavaran käyttö rakennuksissa, rakennejärjestelmät ja liitokset. 1997.
72. Lannan levitys kasvustoon. 1996. Osa 1. Lietelannan sijoituslaitteen rakenteelliset vaatimukset suomalaisissa olosuhteissa.
73. Lannan levitys kasvustoon. 1996. Osa 2. Lietelannan levitysmahdollisuudet kasvavaan viljanoraaseen.
74. Kylmäkasvattamoiden kuivikepohjien toimivat vaihtoehdot. 1996.
75. Konetöiden turvallisuuden ja tehokkuuden parantaminen. 1996.
76. Laboratorioiden työn ja työympäristön kehittäminen. 1996.
77. Pienmoottoreiden päästöt. 1997. (Mobile 210T).

VAKOLAn rakennusratkaisuja

- 1/1994 Kylmä osakuivikepohjainen emolehmäkasvattamo.
- 2/1995 Rehtijärven keinokosteikko.
- 3/1995 Puurakenteiset ruokinta-aidat ja parrenerottimet.
- 4/1996 Perustamistapojen hintavertailu.
- 5/1997 Havaintoja kylmäpihattojen lannankäsittelystä.
- 6/1997 Kalustohallista toimiva sikala
- 7/1999 Lypsyasema parsinavetassa

VAKOLAn tiedotteita

- 55/93 Pyöröpaalisäilörehun korjuu, varastointi ja laatu
- 56/93 Maaseuturakentamisen ideakilpailu
- 57/93 Syyskylvöjen varmentaminen
- 58/93 Maatilan ja maatilamatkailun jätehuolto
- 59/93 Maatilamyymälätoiminta vanhassa maatilan asuinrakennuksessa
- 60/93 Tyhjien maatarakennusten uusi käyttö
- 61/94 Lietelannan varastointi ja levitys
- 62/94 Tuotantorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita
- 63/94 Turvallinen puunpilkonta
- 64/94 Itkupinta-tuloilmalaitteen vaikutus eläinsuojassa
- 65/94 Oksainen hake pienpolttimissa
- 66/94 Pako- ja savukaasujen analysointi
- 67/94 Käyttökokeuksia jyräkylvölannoittimista
- 67S/94 Brukserefarenheter av vältkombisåmaskiner
- 68/94 Käsikäyttöisten liekittimien käyttöominaisuuksia
- 69/95 Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen
- 70/95 Hakkeen kuivaus imuilmalla
- 71/95 Klapiattiloiden käyttöominaisuudet
- 72/96 EPS-rakeet ja EPS-rouhe sikalan lietesäiliön katteena
- 73/96 Kevytsaviharkkojen kuivuminen ja lujuus
- 74/97 Rikkakasvien torjunta viljoista rivivälisarauksella
- 75/97 Öljypellavan leikkuupuinti
- 76/97 Tilasäiliöopas
- 77/98 Yrttikuivurin suunnittelu ja käyttö
- 78/98 Väkilannoitteen sijoituslaitteet nurmiviljelyssä
- 79/98 Lietelannan ilmastus
- 80/00 Lannan aumavarastointi
- 81/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa I Pyöreän puun lujuus, mänty ja kuusi Pyöreän puun liitokset
- 82/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa II Suomen rakennuspuuvarat Rakennuspuun korjuukustannukset Rakennuspuun tuotantokustannukset
- 83/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa III Rakenteet, liitokset, rakennusesimerkit
- 84/00 Perunaviljelmän edullisin koko Suomessa Sään rajoittama viljelytöiden aika Viljelmien nykytilanne kyselyn perusteella