



Puu maatilarakentamisessa

Tuotanto- ja varastorakennusten suunnitteluohje





Puu maatilarakentamisessa

Tuotanto- ja varastorakennusten
suunnitteluohje

2. päivitetty painos elokuu 2008

[Teksti] Tero Lahtela

[Copyright] Puuinfo, tekijä

[Kustantaja] Puuinfo

[Layout] Mikko Lahikainen

ALKUSANAT

Maatalouden tuotantotilojen rakentaminen edustaa suurta osaa hallimaisesta rakentamisesta. Vuonna 2000 maatalouden rakentamisen osuus oli yli 40 % hallimaisten rakennusten kerrosalasta.

EU:n aikana tilakokojen kasvu on merkinnyt maaseudun talousrakentamisen lisääntymistä ja samalla rakennusten koko on kasvanut. Rakennusten tilavuuden ja vaatimustason kasvaessa työ vaatii entistä suurempaa ammattitaitoa ja asiantuntemusta. Omatoimisen rakentamisen rinnalle on tullut muita kilpailukykyisiä toteutusvaihtoehtoja. Tässä tilanteessa korostuu elementti- ja valmisosarakentamisen merkitys ja sen osuus tulee todennäköisesti kasvamaan.

Puu on perinteinen ja hyvät ominaisuudet omaava maaseudun rakennusmateriaali. Se tarjoaa parhaat edellytykset omatoimiselle rakentamiselle ja siihen perustuvalle paikallisen yrittäjyyden kehittämiseksi. Nykyaikaisessa maatilarakentamisessa on hyvät mahdollisuudet myös teollisesti valmistettavien puutuotteiden käytölle. Rakennusten koon kasvu ja omatoimisen rakentamisen väheneminen tarjoavat laajenevia mahdollisuuksia teollisesti valmistettavien puutuotteiden käytölle maatilarakentamisessa.

Tämän ohjeen tavoitteena on esitellä puurakenneratkaisuja, joiden avulla voidaan toteuttaa nykyaikaiset maatalousrakennukset. Tämän lisäksi teoksessa esitetään asioita, jotka tulee ottaa huomioon maatalousrakennuksia suunniteltaessa, jotta rakennuksille saadaan mahdollisimman pitkä käyttöikä. Kirjan loppuosassa esitetään myös pienten maatalousrakennusten puurakenneratkaisuja, joissa voidaan hyödyntää omaa puutavaraa.

Tämä kirja oli yksi vuonna 2004 toteutetun Puu maatilojen talousrakentamisessa -hankkeen tuloksista. Hanke toteutettiin MMM / Maaseutupolitiikan yhteistyöryhmän, Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliiton (MTK), PuuSuomen ja Wood Focus Oy:n yhteistyönä. Kirjaan nyt tehdyt muutokset koskevat Eurokoodi 5 vaatimia päivityksiä puurakentamisen suunnitteluohjeisiin ja varsinkin palomitoitukseen. Tämä versio julkaistaan vain Puuinfon internet-sivuilla. Uuden painoversion tekeminen alkaa syksyllä 2008.

Kirjan käsikirjoituksen ja kuvituksen on laatinut RI Tero Lahtela. Kirjan julkaisuasusta vastaa Mikko Lahikainen. Kirjan toivotaan edistävän puurakentamista maatiloilla, tuotantoa palvelevaa suunnittelua ja taloudellisen lopputuloksen saavuttamista rakennushankkeissa.

Elokuussa 2008

Petri Heino
Toimitusjohtaja
Puuinfo Oy

Sisällys

ALKUSANAT.....	7
1. Historiaa	10
1.1 Maatalousrakennukset Suomessa	10
1.2 Maatalousrakennukset ulkomailla	10
2. Maatalousrakennusten kokoluokan muutos Suomessa.....	15
3. Säännökset ja normit.....	16
3.1 Eläintilat.....	16
3.2 Elintarvikkeiden käsittelytilat.....	16
4. Eläintilan sisäilmasto-olosuhteet.....	17
4.1 Eläintilan sisäilman laatu	17
4.2 Yläpohjan ullakon olosuhteet eläintilassa	18
4.3 NR-ristikoiden käyttö maatalousrakennuksissa.....	18
4.4 Puurakenteet eläintilassa.....	21
4.5 Eläintilan ilmankosteuden vähentäminen	22
5. Maatalousrakennusten mitat ja muoto	23
5.1 Lypsykarjapihaton mitat toiminnan perusteella	23
5.2 Lihakarjarakennuksen mitat toiminnan perusteella	24
5.3 Varastorakennuksen mitat toiminnan perusteella	25
5.4 Eläintilan ilmanvaihdon vaikutus rakennuksen muotoon	26
6. Maatalousrakennusten rungon rakennesuunnittelussa huomioitavia seikkoja	27
7. Maatalousrakennusten laajarunkoratkaisut	29
7.1 Karjarakennusten runkoratkaisut.....	29
7.2 Varastorakennusten runkoratkaisut	29
8. Tyypillisiä karjarakennusten laajarunkoratkaisuja	32
9. Tyypillisiä varastorakennusten laajarunkoratkaisuja	37

10. Rungon pituussuuntainen jäykistys	41
10.1 Kehärungot.....	41
10.2 NR-ristikkoyläpohjat.....	41
11. Runkorakenteiden liitoksia.....	43
12. Ulkovaipparakenteet	53
13. Pienet varastorakennukset	57
13.1 Normaalin sahatavaran hyödyntäminen	57
13.2 Järeän sahatavaran hyödyntäminen	57
14. Pyöreän puun käyttö maatalousrakentamisessa	59
14.1 Pyöreän puun lujuus	59
14.2 Pylväasperustukset	59
15. Puurakenteiset siilot	61
15.1 Viljasiilo järeästä sahatavarasta	61
15.3 Tuorerehun laakasiilo	62
16. Palotekniikka	63
16.1 Maatalousrakennusten palotekninen suunnittelu	63
16.2 Palotekninen mitoitus.....	63
Palomitoitus esimerkki 1	64
Palomitoitus esimerkki 2	68
17. Maatalousrakennuksiin kehitettyjä rakennustuotteita.....	76
17.1 Sisäverhousvaneri maatalousrakennuksiin	76
Lähdeluettelo.....	78
Maatalousrakentamiseen liittyviä julkaisuja	78

1. Historiaa

1.1 Maatalousrakennukset Suomessa

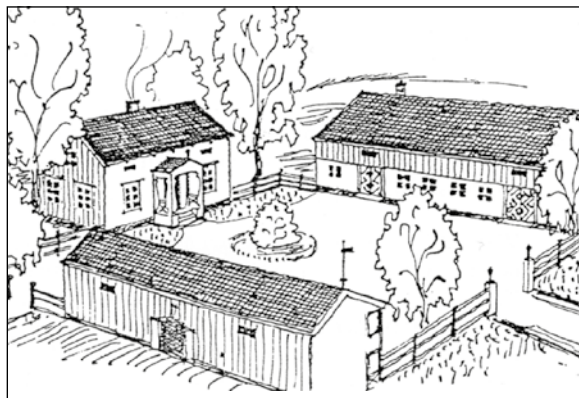
Suomessa puu on ollut perinteisesti pääsääntöinen rakennusmateriaali maatalousrakennuksissa. Tämä johtuu luonnollisesti siitä, että tiloilla on ollut käytettävissä omasta metsästä hankittua puutavaraa. Näin ollen omaa työvoimaa ja puutavaraa hyödyntämällä on pystytty rakentamaan kustannustehokkaasti tilalla tarvittavat rakennukset.

Ennen karjarakennukset olivat yleensä kaksikerroksisia (kuva 3). Tällaisessa rakennuksessa harjakorkeus oli 8–9 m, mutta siitä huolimatta rakennusten kantavissa rakenteissa käytettiin normaalia sahatavaraa ilman lujustechnisiä ongelmia. Tämän ovat mahdollistaneet pienet jännevälit ja se, että rakennuksen runkojärjestelmä oli valittu viisaasti. Itse eläintila oli tavallisesti kivirakenteinen, jolloin ensimmäisestä kerroksesta syntyi luonnostaan jäykkä ”laatikko”. Eläintilan päällä oleva puurakenteinen toinen kerros toimi yleensä heinävarastona, joten suuren hyötykorkeuden aikaan saamiseksi runko toteutettiin yleensä kehärakennetta muistuttavalla rakenteella. Tällaisella rakenteella saatiin pitkä jänneväli hoikalla sahatavaralla ja rakenne oli luonnostaan jäykkä rakennuksen poikittais-suunnassa.

Tuorerehuvarastona käytettiin pyöreää rehusiiloa ”rehutornia”, joka sekin oli lujustechnisesti optimaalinen pyöreän muotonsa ansiosta. Pyöreitä rehusiiloja toteutettiin myös puurakenteisena, jolloin siilon runkona oli laudasta tehdyt ”vanheet” ja niiden välissä olevat pystytolpat. Siilon sisäverhous tehtiin filmipintaisesta vanerista ja ulkoverhous sinkitystä kattopelistä. Tällaisella runkojärjestelmällä saatiin toteutettua jopa 10 metriä korkea rehusiilo hoikalla sahatavaralla.



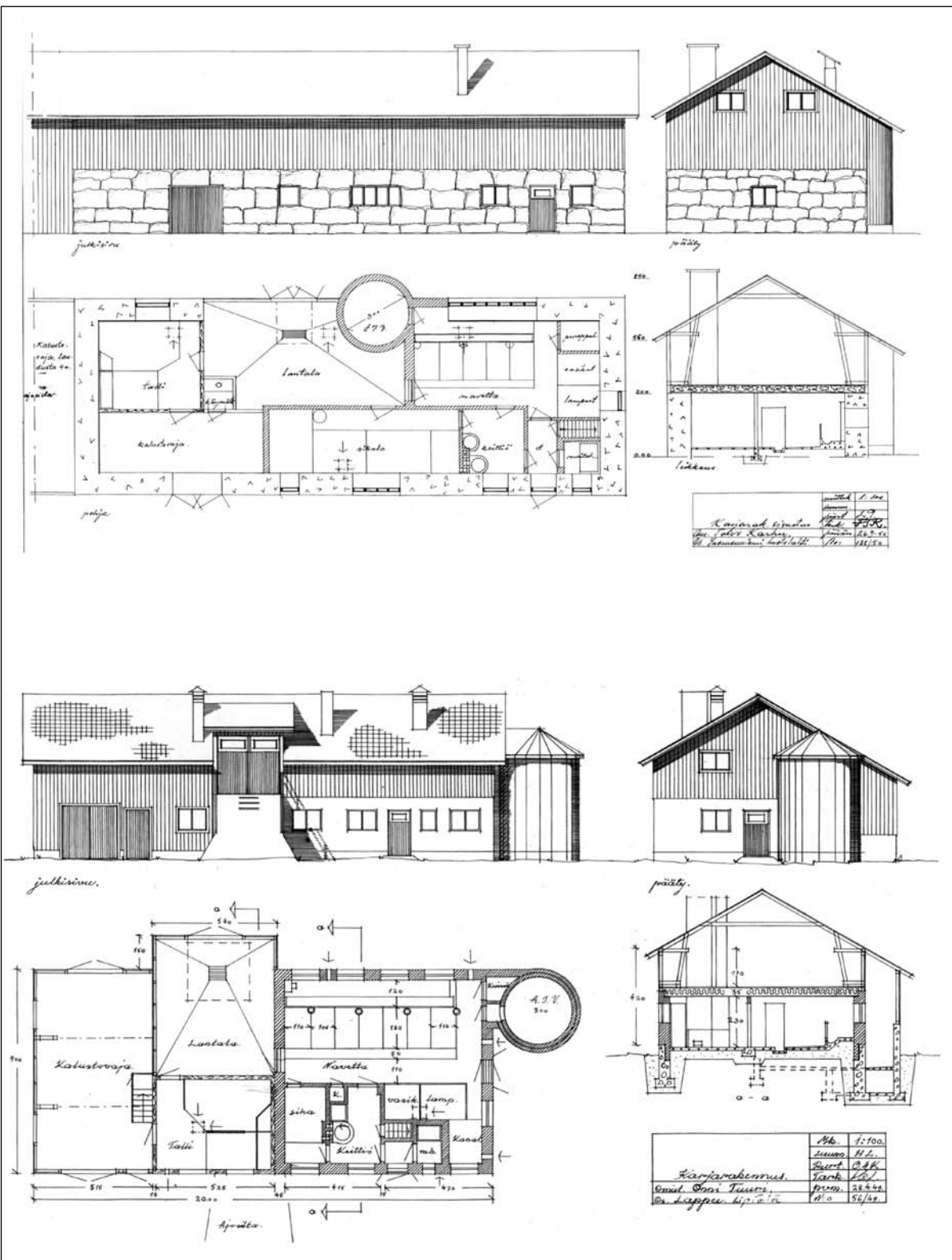
Kuva 1. Maaseutumaisema
(Kuva Kotikontu kuntoon)



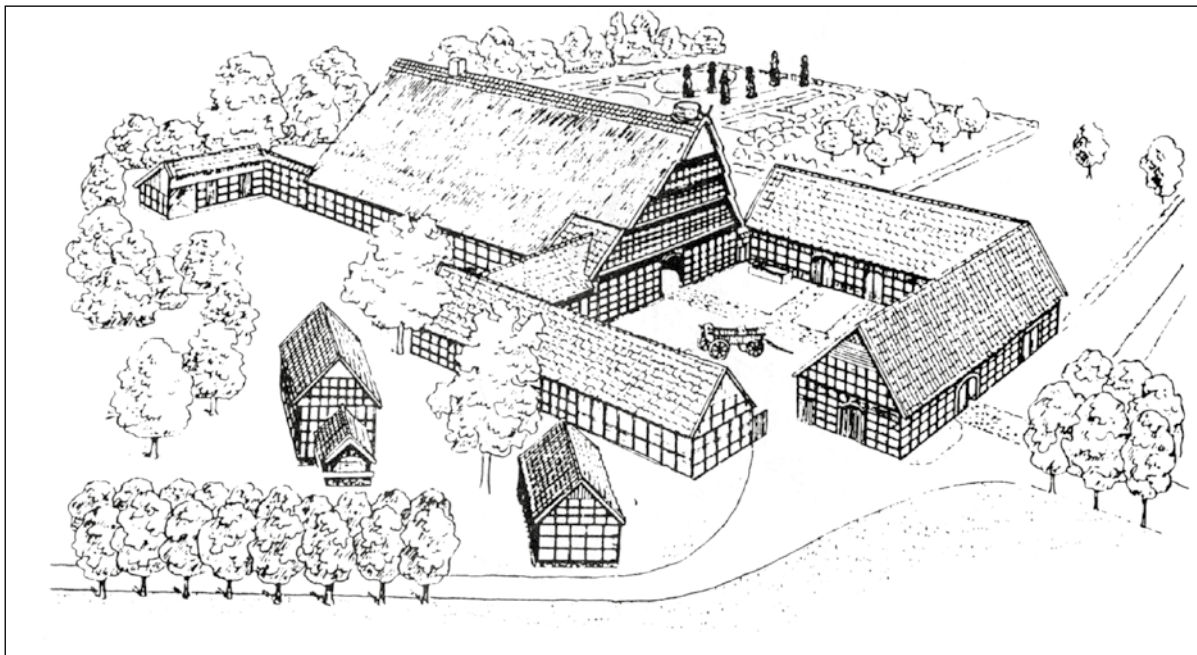
Kuva 2. Suomalaisen maatilan pihapiiri
(Kuva Kotikontu kuntoon)

1.2 Maatalousrakennukset ulkomailla

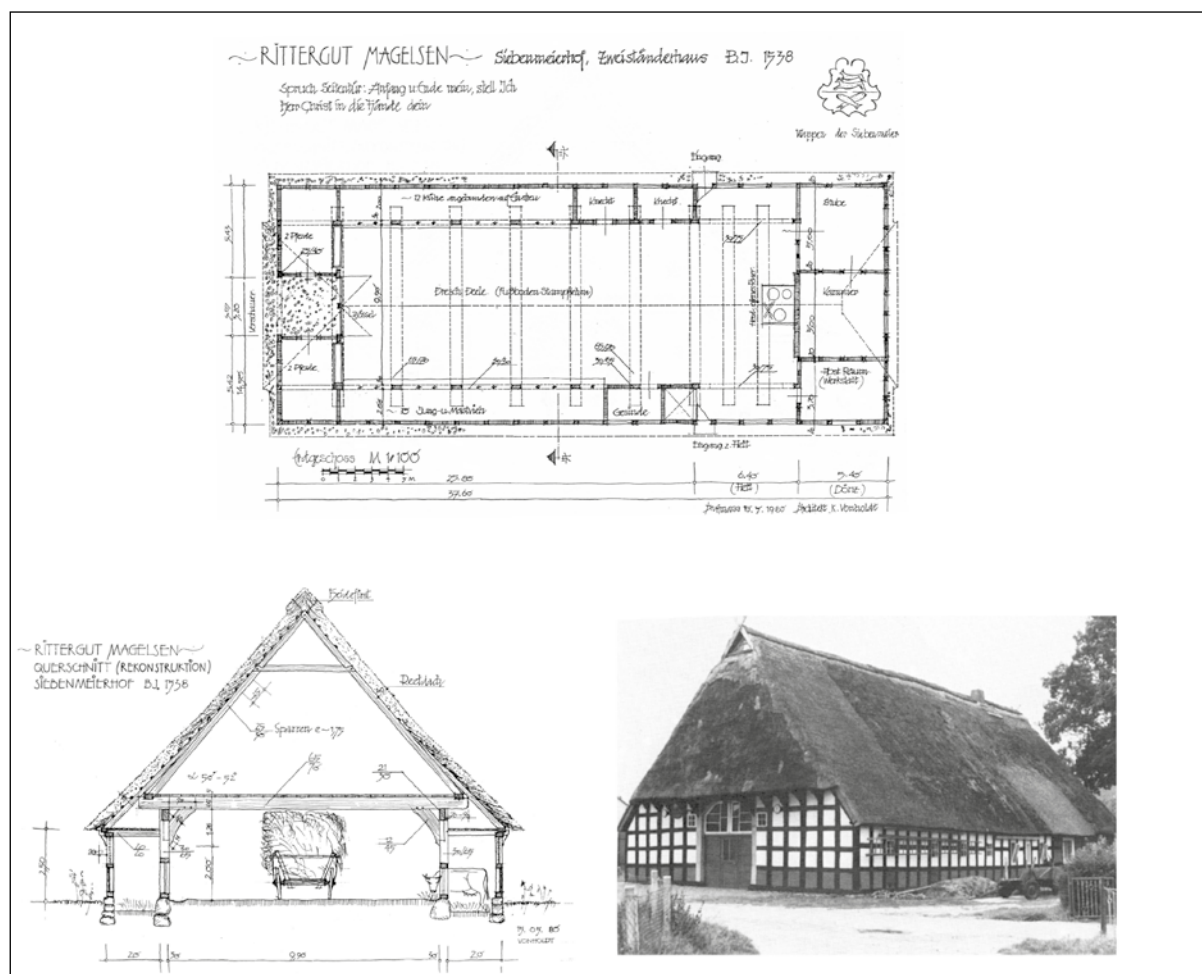
Luonnonmateriaalit ovat perinteisesti olleet maatalousrakennusten rakennusmateriaali myös ulkomailla. Kuvissa 4–8 on esimerkkejä saksalaisista maatalousrakennuksista, joissa puun ja kiven lisäksi rakennusmateriaalina on käytetty mm. olkea.



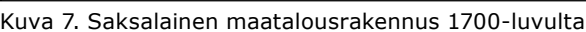
Kuva 3. Tyypillisiä suomalaisia karjarakennuksia 40- ja 50-luvun vaihteesta (Kuva EK-Maaseutukeskus)

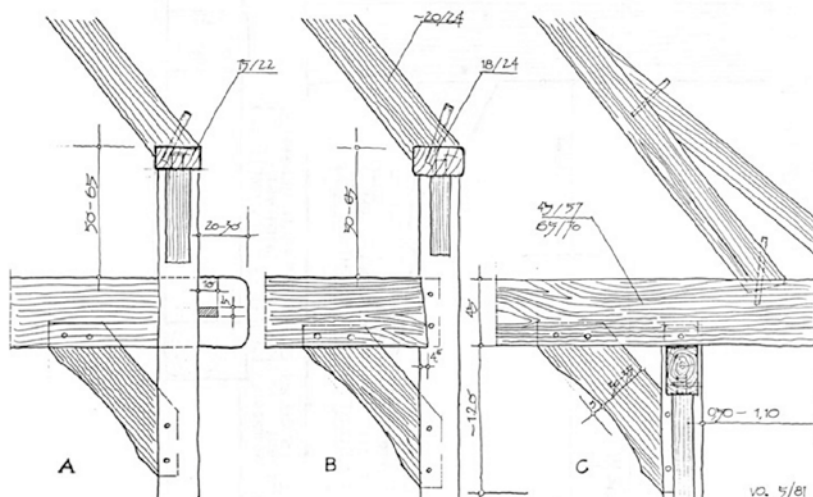
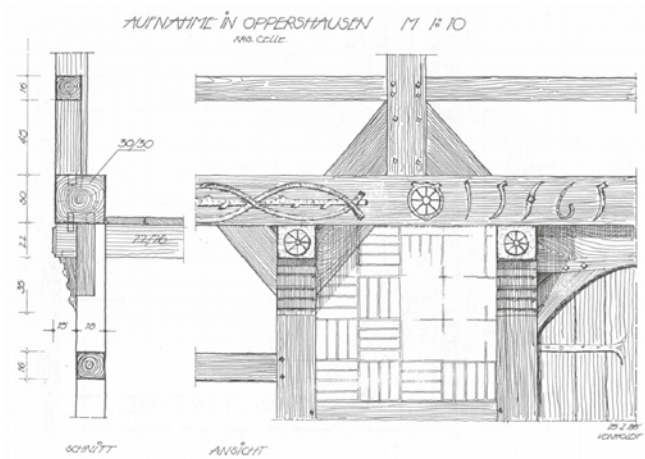
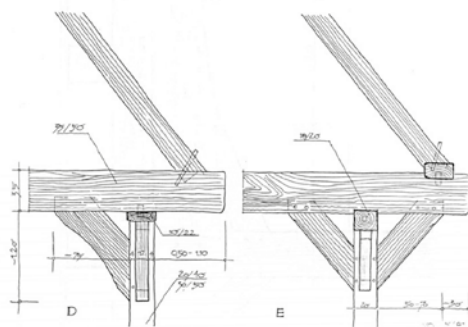


Kuva 4. Saksalaisen maatilan pihapiiri

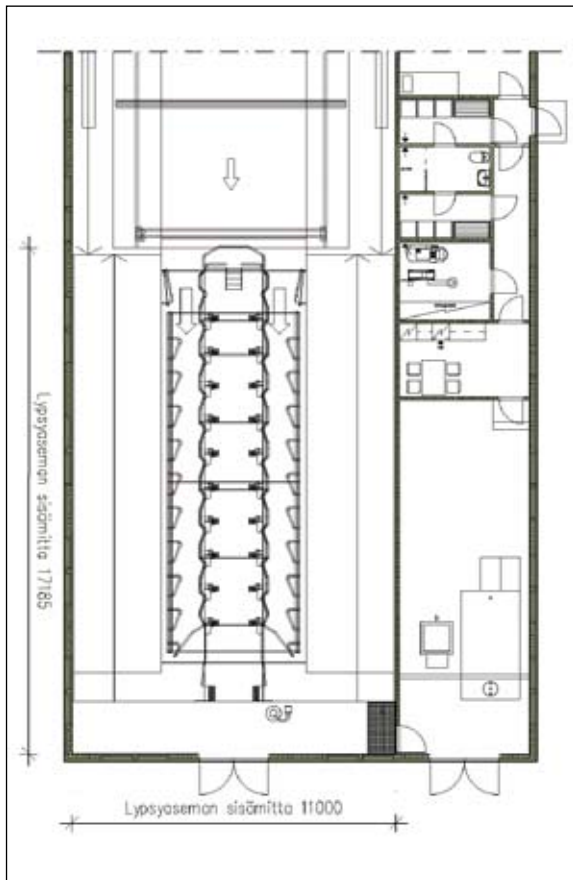


Kuva 5. Saksalainen karjarakennus 1500-luvulta

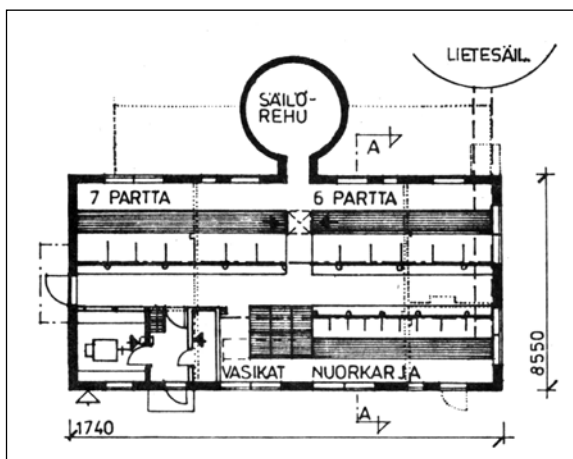




Kuva 8. Saksalaisten maatalousrakennusten puurakenteiden detaljeja



Kuva 9. Pihattonavetan lypsyasema vuodelta 2002 (Suunnittelija Reijo Mustonen)



Kuva 10. Lypsykarjanavetta 1980-luvulta (Kuva EK-Maaseutukeskus)

2. Maatalousrakennusten kokoluokan muutos Suomessa

Suomessa maatalous on ollut perinteisesti pientilavaltaista. Nykyisin Suomen maatalous on ajautunut siihen, että maataloustuotannon kannattavuuden takia tilan karjamäärän tulee olla monikertainen aikaisempaan verrattuna. Tästä johtuen pienet tilat ovat lopettaneet toimintansa ja tuotanto on keskittynyt suurille tiloille.

Tilojen suurenevista karjamääristä johtuen tuotanto- ja varastorakennuksien kokoluokka on kasvanut 90-luvulta alkaen voimakkaasti. Esimerkiksi nykyaikaisen pihattonavetan leveys voi olla jopa 26 m. Ennen tämä mitta oli suuren navetan pituusmitta. Karjamäärän kasvun mukana tuotantorakennuksiin on tullut paljon erilaista ruokinta- ja lypsytekniikkaa, joka vaatii myös oman tilansa. Esimerkiksi nykyaikaisen pihattonavetan lypsyaseman tilantarvetta voidaan havainnollistaa kuvilla 9 ja 10.

3. Säännökset ja normit

Maatalousrakennuksia koskevat samat rakentamismääräykset kuin muitakin rakennuksia. Lisäksi maatalousrakennuksissa, joissa on eläimiä ja elintarvikkeiden tuotantoa, tulee huomioida eläinten hyvinvointiin ja tuotantotilojen hygieniaan liittyvät seikat.

3.1 Eläintilat

Eläintilat suunnitellaan maa- ja metsätalousministeriön voimassa olevien asetusten mukaan. Erilaisille rakennusmateriaaleille ei ole asetettu käyttörajoituksia eläintiloissa, mutta rakenteiden suunnittelussa tulee huomioida eri materiaalien kestävyys niiden käyttöolosuhteissa. Myöskään painekyllästettyä puuta ei ole yksiselitteisesti kielletty käyttämästä tilassa, jossa eläimet pääsevät sen kanssa kosketuksiin. Suomalainen kestopuu kyllästetään turvallisilla kupariyhdisteillä, tuote ei sisällä arseenia ja kromia. Kuparikyllästetyllä kestopuulla ei ole käytönrajoituksia ulkotiloissa.

Kestopuuta kyllästetään A- ja AB-luokkiin: A-luokan kestopuuta käytetään suorassa maa- ja vesikosketuksessa, sekä kantavissa ja muutoin vaikeasti korjattavissa rakenteissa.

Kaikki 50 mm paksu ja sitä paksumpi kestopuu kyllästetään A-luokkaan. A-luokan kestopuu merkitään kappalekohtaisesti valkoisilla merkintälipukkeilla.

AB-luokan kestopuu on tarkoitettu maanpinnan yläpuolisiin rakenteisiin. Alle 50 mm paksu kestopuu kyllästetään AB-luokkaan ja merkitään keltaisilla nippulipukkeilla.

Kohde	Pintamateriaali
Lattia	-haponkestävät kaksikomponenttiset "kivirakenteiden" pinnoitteet -keraamiset laatat (laatta ja sauma haponkestäviä)
Seinät	-"kivipinnoilla" maalaus tms. pölyämisen estävä pinnoitus -keraamiset laatat -tehdasmaalattu alumiinipelti -filmipintavaneri
Katto	-"kivipinnoilla" maalaus tms. pölyämisen estävä pinnoitus -puupaneeli -filmipintavaneri -tehdasmaalattu alumiinipelti

Taulukko 1. Maidonkäsittelytilojen pintamateriaalit

3.2 Elintarvikkeiden käsittelytilat

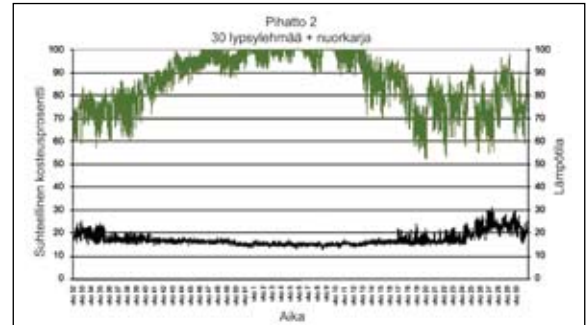
Maidonkäsittelytilan (tila, jossa on maitosäiliö, lypsien pesupaikka yms.) lattia-, seinä ja kattopinnoille on hygienian ja puhdistettavuuden kannalta asetettu vaatimuksia. Tarkat vaatimukset maidonkäsittelytilan suunnittelua varten on esitetty lähteessä /1/. Taulukossa 1 on esitetty materiaaleja, joita voidaan käyttää maidonkäsittelytilan pintamateriaaleina. Elintarvikkeiden valmistus ja pakkaustiloille sekä teurastamoille on määritelty omat viranomaismääräykset.

4. Eläintilan sisäilmasto-olosuhteet

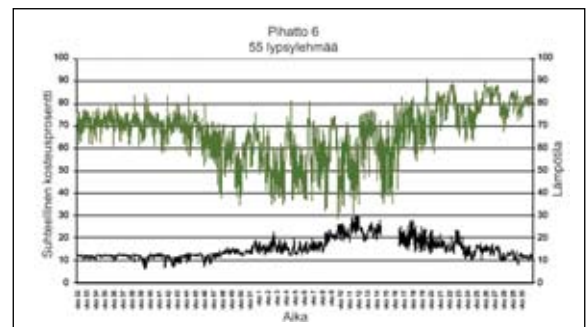
Eläintilassa kaikki rakennusmateriaalit joutuvat äärimmäisiin olosuhteisiin, koska rakennusmateriaaleihin kohdistuu useiden rasitusten yhteisvaikutus. Eläintilan sisäilmassa on paljon erilaisia kaasupitoisuuksia, kuten ammoniakki, hiilidioksidi, metaani ja rikkivety. Näitä kutsutaan kemiallisiksi rasitustekijöiksi. Tämän lisäksi eläintilassa on fysikaalisia rasitustekijöitä, joita ovat kosteus, lämpö ja mekaaninen kulutus. Jotta karjarakennuksen käyttöikä saataisiin mahdollisimman pitkäksi, tulee rakennusmateriaalien valintaan kiinnittää erityistä huomiota ja huolehtia, että materiaalit altistuvat mahdollisimman vähän edellä mainituille rasitustekijöille. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että eläintilassa rakennusmateriaalien ihanneolosuhteet ovat liki-main samat kuin ihmisille ja eläimille.

4.1 Eläintilan sisäilman laatu

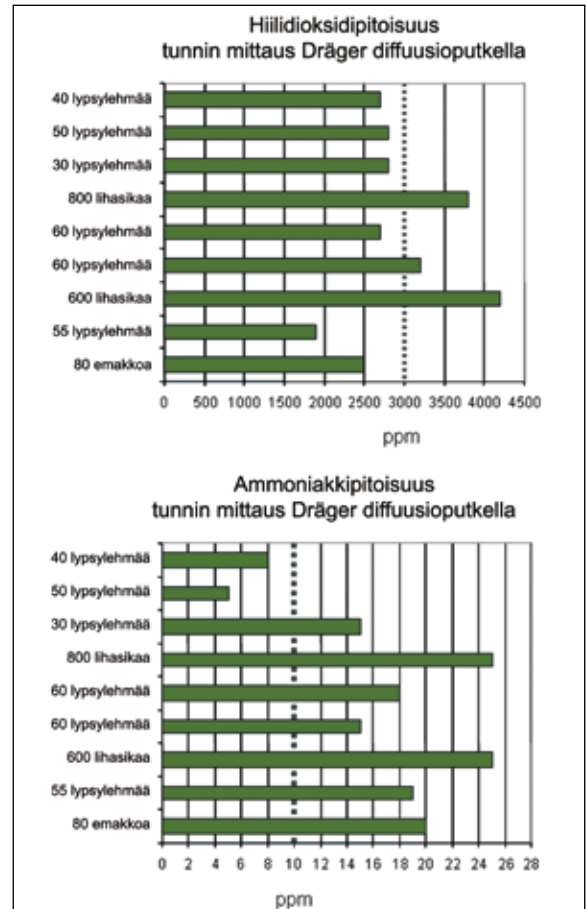
Eläintilojen ilmasto-olosuhteista on tehty tutkimuksia kenttämittauksilla. Kuvien 11 ja 12 mitaustulokset ovat otteita tutkimuksesta, jossa mitattiin yhdeksän erilaisen eläintilan ilmasto-olosuhteet vuoden aikajaksolla. Esitetyt tulokset edustavat mitaustulosten ääripäitä, joten niistä havaitaan, että eläintilojen kosteusolosuhteet vaihtelevat hyvin paljon. Kuvassa 13 on esitetty lisäksi kaikkien mitattujen kohteiden hiilidioksid- ja ammoniakkipitoisuudet. Pistekatkoviiva esittää suositeltavaa pitoisuutta.



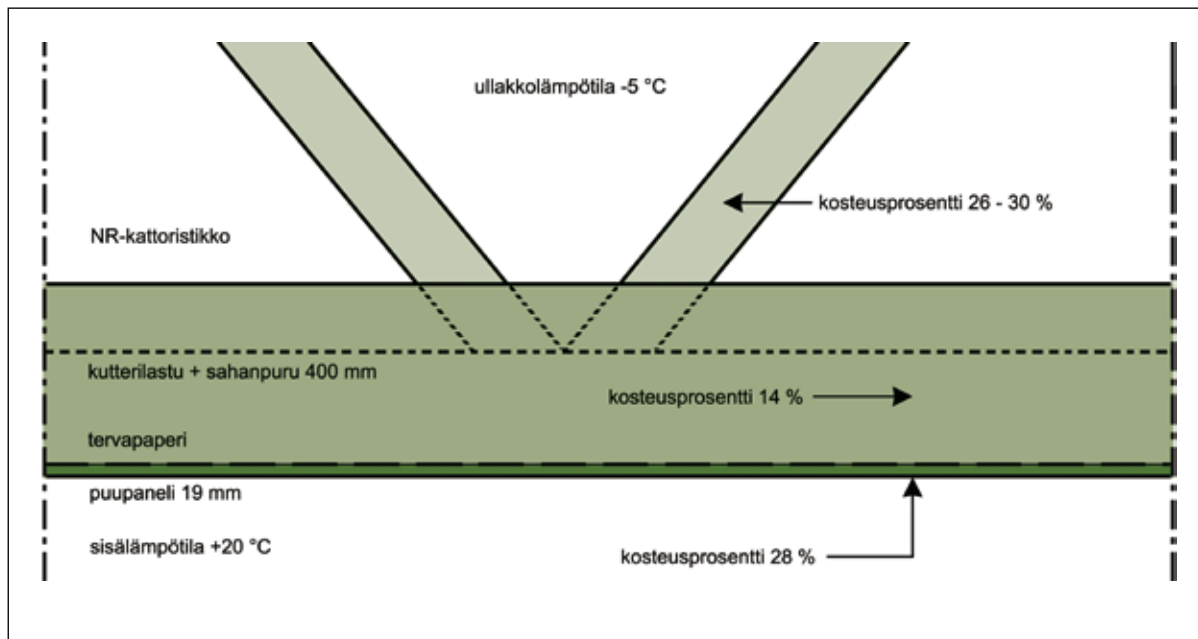
Kuva 11. Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus vuoden mittausjaksolla. (Kuva Tapani Kivinen)



Kuva 12. Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus vuoden mittausjaksolla (Kuva Tapani Kivinen)



Kuva 13. Sisäilman hiilidioksidi- ja ammoniakkipitoisuudet (Kuva Tapani Kivinen)



Kuva 14. Yläpohjan ullakon kosteusmittaustulokset eräässä kohteessa (Kuva Tapani Kivinen)

4.2 Yläpohjan ullakon olosuhteet eläintilassa

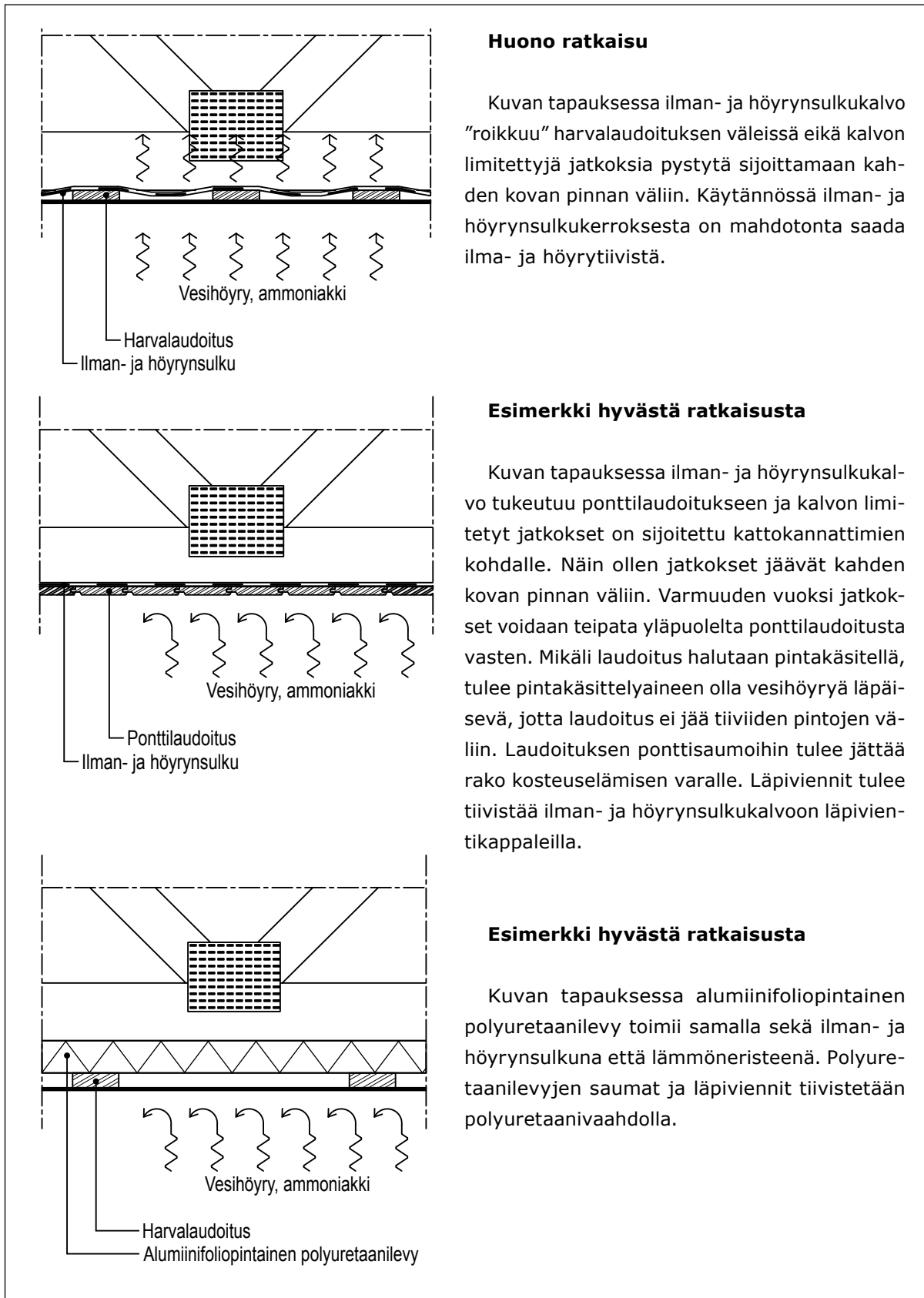
Eläintilan yläpohjan ullakko joutuu tavallista suuremman kosteusrasituksen kohteeksi. Kosteuksen lisäksi ullakolle saattaa päästä ammoniakkihöyryä, joka yhdessä kosteuden kanssa syövyttää esimerkiksi NR-ristikoiden naulalevyjä hyvinkin nopeasti. Näin ollen ullakon tehokas tuuletus ja yläpohjan toimiva ilman- ja höyrynsulku ovat elinehto rakenteiden säilyvyyden kannalta.

Eläintilojen ullakon olosuhteita on tutkittu myös kenttämittauksilla. Kuvassa 14 on esitetty erään eläintilan yläpohjan ullakon kosteusmittaustulokset. Tuloksista havaitaan, että yläpohjan ullakolla on suuri kosteuspitoisuus, joka johtuu tässä tapauksessa ullakon puutteellisesta tuuleutuksesta. Sahapurun ja kutterilastun sisällä olevat ristikon osat ja naulalevyt olivat tutkimuksen mukaan uuden veroisessa kunnossa, mutta harjan lähellä olevissa naulalevyissä oli havaittu runsaasti valkoruostetta.

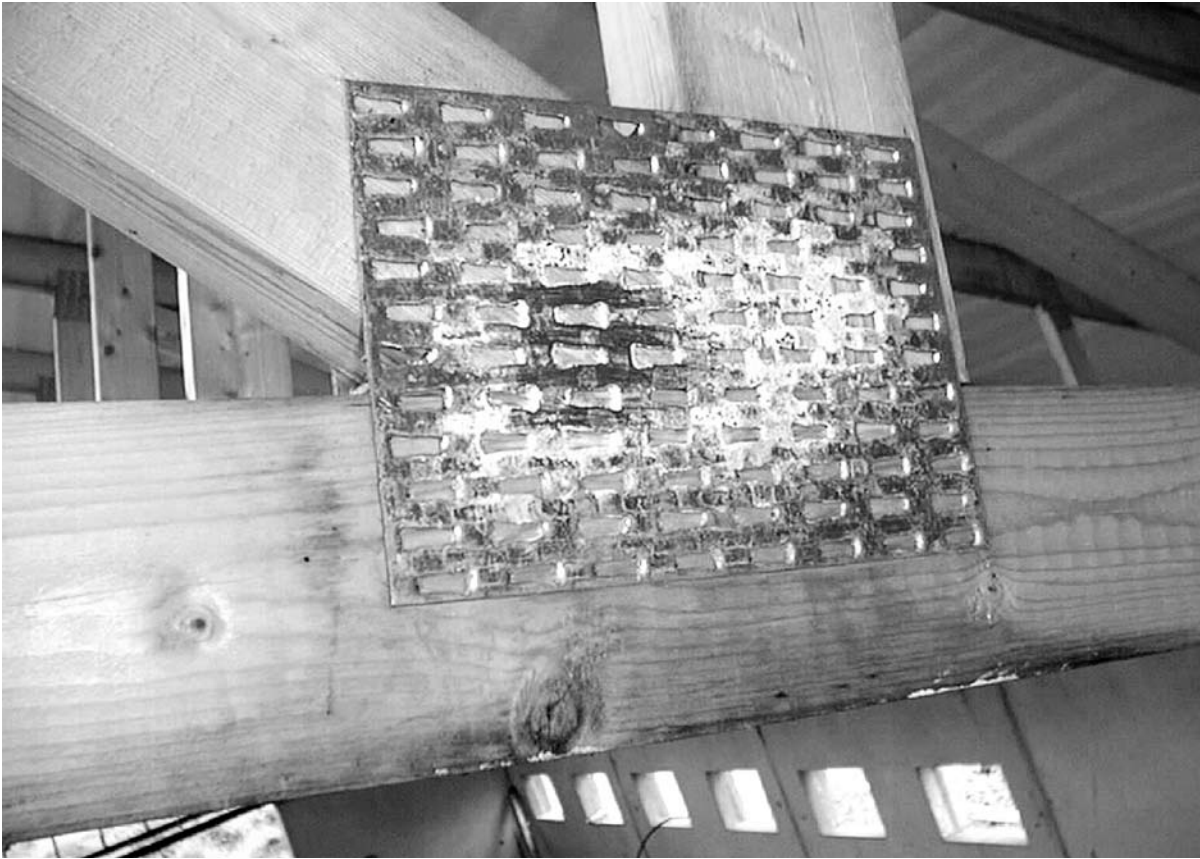
Toimivan ilman- ja höyrynsulun toteuttaminen erityisesti yläpohjassa vaatii hyvää suunnittelua ja tarkkaa työtä. Kuvassa 15 on esitetty yläpohjan ilman- ja höyrynsulun toteuttamisperiaatteita ja huomioitavia seikkoja.

4.3 NR-ristikoiden käyttö maatalousrakennuksissa

Naulalevyristikoita ei tule käyttää maatalousrakennuksissa, joissa ne altistuvat suoraan ammoniakkin vaikutukselle. Tällaisia rakennuksia ovat lantavarastot ja kylmät karjarakennukset. Ammoniakin ja kosteuden vaikutuksesta naulalevyjen sinkki katoaa ja ne alkavat ruostua. Tästä on ajan mittaan seurauksena rakenteen sortuminen. Naulalevyjen suojaaminen ruoste-suojamaalilla ei selvitysten mukaan auta, koska sinkki katoaa myös naulalevyjen piikeistä, vaikka ne olisivat ehjässä puussa. Maatalousrakennuksissa, joissa on ammoniakkihöyryä, NR-ristikot tulee suojata alapaarteen tasossa olevalla ilman- ja höyrynsululla ja levytyksellä tai ponttilaudoituksella.



Kuva 15. Yläpohjan ilman- ja höyrynsulun toteuttamisperiaatteita



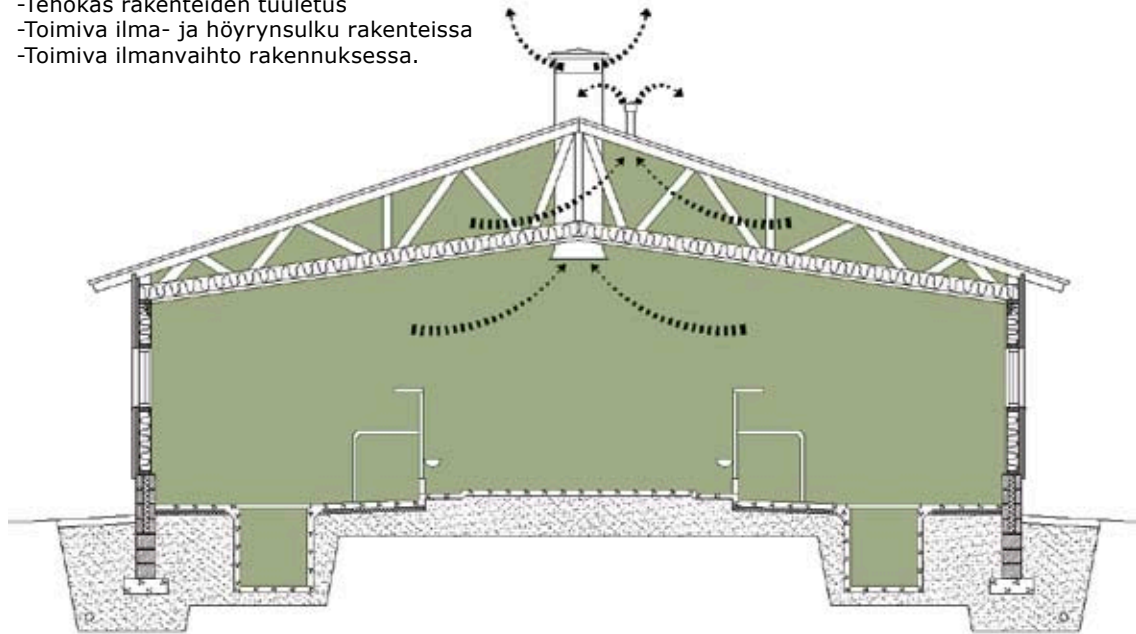
Kuva 16. Valkoruostetta naulalevyssä (Kuva Tapani Kivinen)

Toinen NR-ristikoiden käytössä huomioitava seikka on sinkittyjen naulalevyjen valkoruoste. Sinkityissä teräsosissa ilmenevä valkoruoste on valkeaa sinkkihydroksidia $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Sinkkioksidihydroksidikerros on tilava, huokoinen ja huonosti kiinni sinkin pinnassa. Valkoruostetta syntyy, jos uudelle puhtaalle sinkkipinnalle pääsee kerääntymään kondenssi- tai sadevettä eikä tämä kosteus pääse tuulettumaan pois. Valkoruoste estää ilman pääsyn kosketuksiin sinkin kanssa, jolloin sinkkipinnalle ei synny sitä suojaavaa karbonaattikerrosta. Näin ollen sinkkikerros alkaa syöpyä ja ajan mittaan se häviää. Valkoruostetta syntyy jatkuvasti lisää niin kauan, kun vesi pääsee suo-

raan reagoimaan sinkkipinnan kanssa. Reaktio pysähtyy vasta, kun sinkkipinta kuivuu ja ilma pääsee kosketuksiin sinkkipinnan kanssa. Valkoruostetta syntyy esimerkiksi naulalevyn pinnalle, jos naulalevy on kosteissa ja tuulettamattomissa olosuhteissa, kuten huonosti tuuletetulla ullakolla. Valkoruostetta voi syntyä naulalevyihin myös jo varastointivaiheessa, mikäli ristikot ovat tiiviissä nipussa kosteissa olosuhteissa.

Menetelmät puurakenteille turvallisten olosuhteiden luomiseen:

- Sisäilman suhteellinen kosteus $RH \leq 80\%$
- Puurakenteet reilusti irti lattiasta
- Tehokas rakenteiden tuuletus
- Toimiva ilma- ja höyrynsulku rakenteissa
- Toimiva ilmanvaihto rakennuksessa.



Kuva 17. Tekijät, joilla voidaan luoda puurakenteille turvalliset käyttöolosuhteet eläintilassa

4.4 Puurakenteet eläintilassa

Eläintilassa puurakenteiden suurin ”vihollinen” on kosteus. Yhdessä korkean sisäilman lämpötilan kanssa kosteus voi tuhota hyvinkin nopeasti eläintilassa olevat puurakenteet (taulukko 2). Eläintilaan voidaan kuitenkin luoda puurakenteille turvalliset olosuhteet huolehtimalla, että eläintilan suhteellinen kosteus on alle 80 % suurimman osan vuodesta ja suunnittelemalla rakenteet siten, että ne eivät ole jatkuvan kosteusrasituksen alaisena (kuva 17).

Tekijä	Home	Laho
Kosteus [RH %]	> 75 - 95	> 90 - 95
Lämpötila [C°]	0 – 55	5 – 50
Vaikutusaika	vrk - vko - kk	vko - kk - v

Taulukko 2. Homeen ja lahon syntymisen edellytykset /2/



Kuva 18. Itkupintatuloilmalaite ulkoseinän ja alakaton rajakohdassa (Kuva Tapani Kivinen)

4.5 Eläintilan ilmankosteuden vähentäminen

Eläintilan ilmankosteuden vähentäminen toteutetaan pääasiassa tehokkaalla ilmanvaihdoilla. Ilmanvaihdon vaikutusta ilmankosteuden vähentämiseen voidaan tehostaa käyttämällä eläintilassa kondenssipintoja eli ns. itkupintoja (kuva 18).

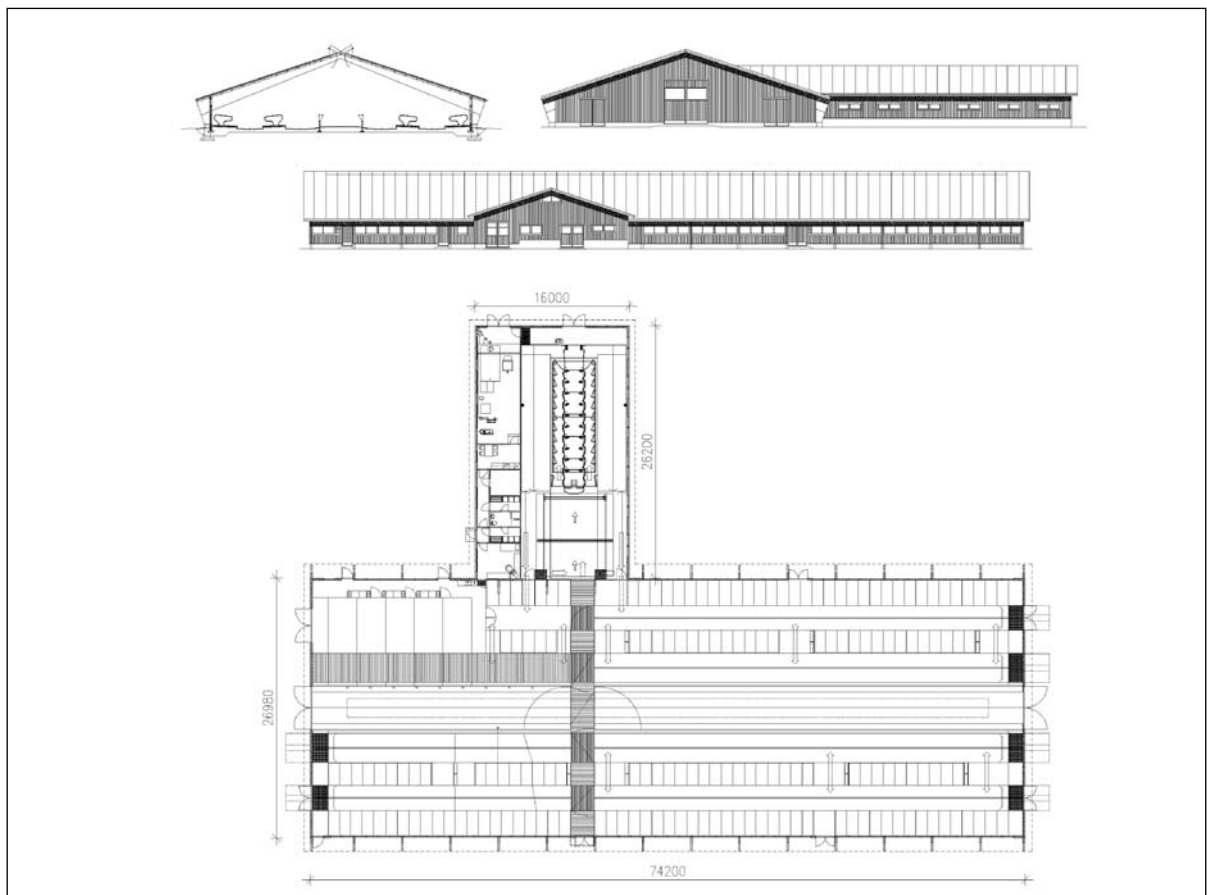
Kondenssipinta toimii siten, että rakennuksen sivuseinille tehdään esimerkiksi alumiinipellistä tuloilmanohjain. Pellin yläpuolella kulkeva ilma viilentää sitä, jolloin sisäilman vesihöyry alkaa tiivistyä viileään peltiin. Näin ollen sisäilman suhteellinen kosteus alenee. Itkupintapellin alareunaan asennetaan vesikouru, jolla kondensoitunut vesi johdetaan ulos rakennuksesta.

5. Maatalousrakennusten mitat ja muoto

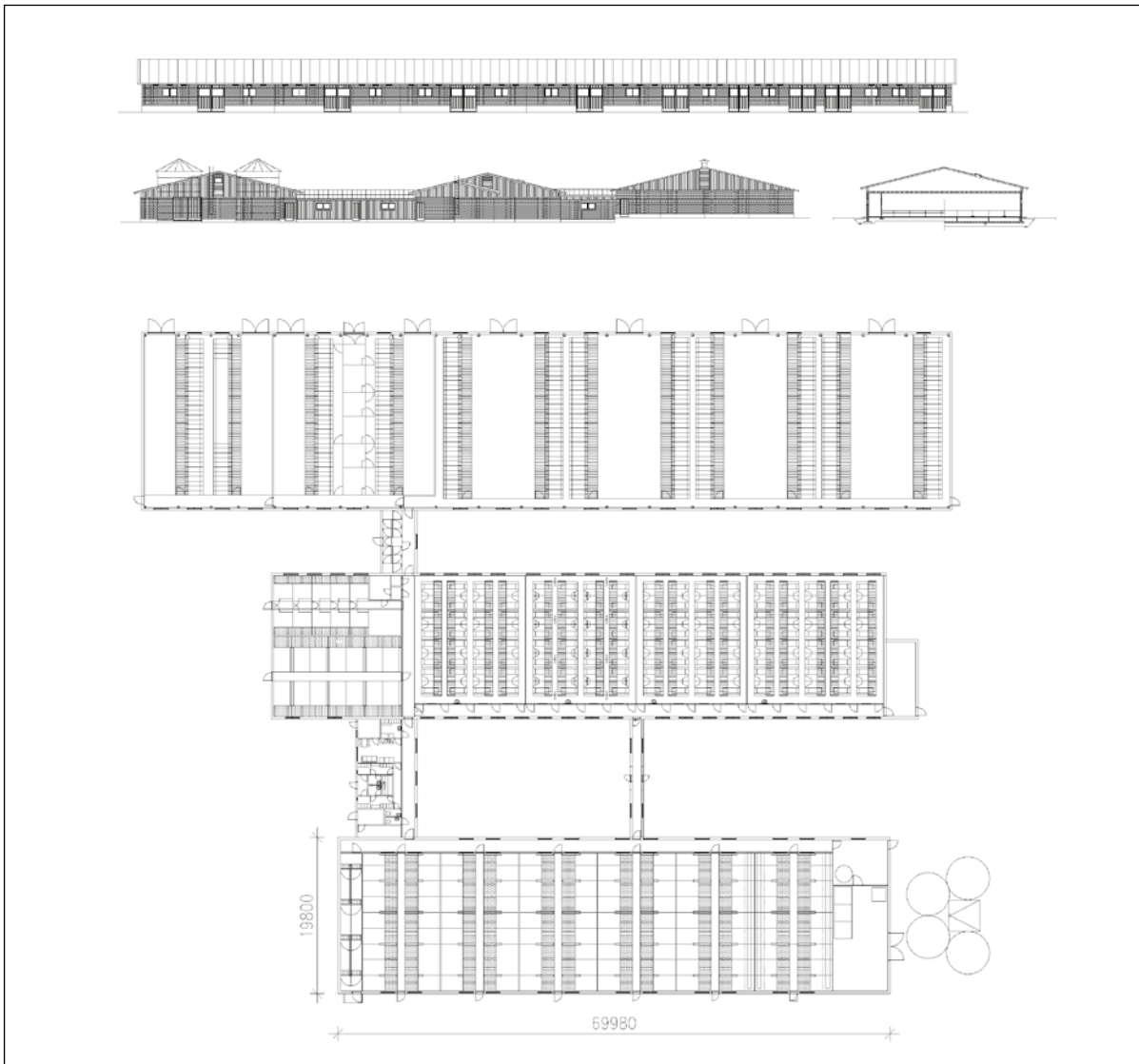
Maatalousrakennuksen muoto ja mitat eivät määräydy pääasiassa arkkitehtonisten näkökohden mukaan vaan rakennuksessa suoritettavan toiminnan perusteella. Arkkitehtoniset näkökohdat tulee kuitenkin huomioida, jotta suuri rakennus saadaan sopeutumaan mahdollisimman hyvin maaseutumaisemaan.

5.1 Lypsykarjapihaton mitat toiminnan perusteella

Lypsykarjapihaton mitat kasvavat helposti hyvin suuriksi, koska eläinten vaatiman tilan lisäksi tarvitaan tila lypsyasemalle ja joukko erilaisia aputiloja. Yhden ison rakennuksen sijaan voidaan toteuttaa myös useampi pienempi rakennus, mutta tällöin rakennusten suunnittelussa tulee huomioida, että lypsyasemia on tavallisesti vain yksi.



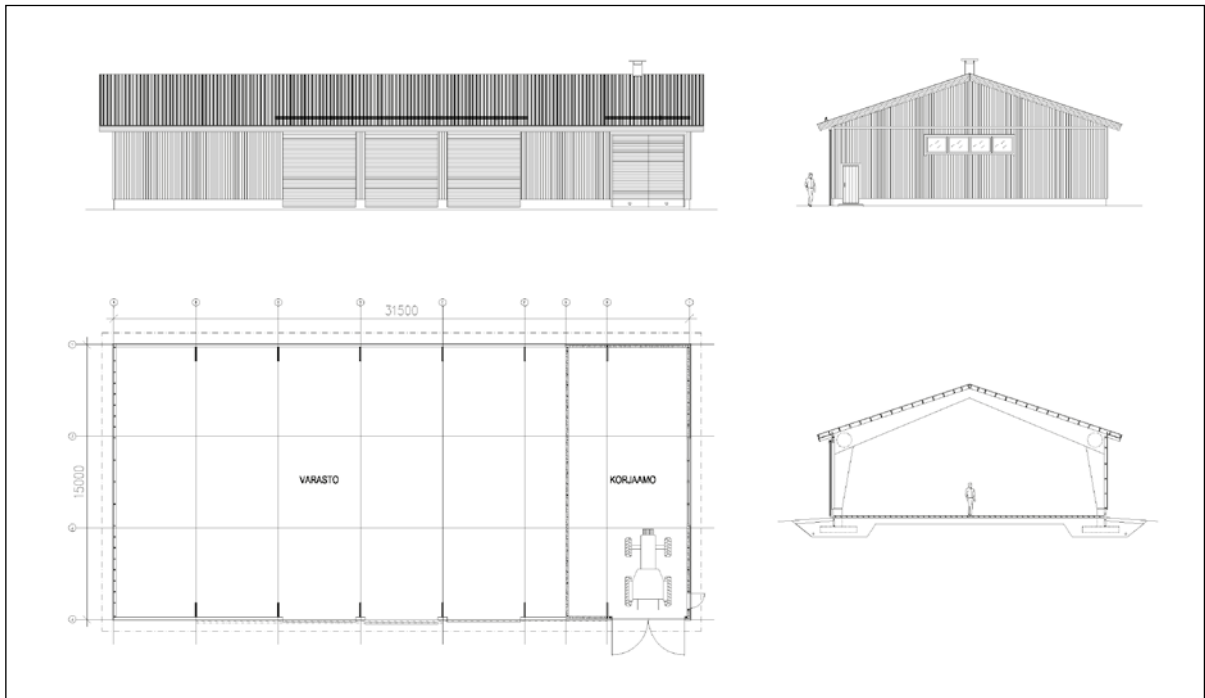
Kuva 19. Lypsykarjapihatto (Suunnittelija Reijo Mustonen)



Kuva 20. Sikala (Suunnittelija Reijo Mustonen)

5.2 Lihakarjarakennuksen mitat toiminnan perusteella

Lihakarjarakennukset ovat mitoiltaan kaikin suurimpia maatalousrakennuksia, koska lihakarjan määrät ovat suuria. Tämän tyyppiset rakennukset suositellaan toteutettavaksi yhden ison rakennuksen sijaan useampana pienempänä rakennuksena, jolloin arkkitehtoniset näkökulmat voidaan hallita helpommin. Tämä on suositeltavaa myös palotekniikan ja eläintautien takia.



Kuva 21. Varastorakennus

5.3 Varastorakennuksen mitat toiminnan perusteella

Maataloudessa varastorakennuksia tarvitaan mm. eläinten rehujen ja työkoneiden varastointiin. Varastorakennusten mitat ovat nykyisin melko suuria, koska varastoivaa tavaraa on paljon ja työkoneet ovat suuria. Usein vaaditaan myös korkeaa sisätilaa, jotta rakennuksen sisällä voidaan työskennellä koneilla.



Kuva 22. Tuotantorakennuksessa painovoimainen ilmanvaihto (Kuva Jouni Pitkäranta)

5.4 Eläintilan ilmanvaihdon vaikutus rakennuksen muotoon

Rakennuksen muotoon vaikuttaa myös ilmanvaihdon toteuttamisperiaate. Mikäli halutaan käyttää painovoimaista ilmanvaihtoa, tulee rakennuksessa tällöin olla hyvin jyrkkä katon kaltevuus, jotta ilmanvaihto toimisi mahdollisimman tehokkaasti. Näin ollen rakennuksen muoto määräytyy osittain ilmanvaihdon toteuttamistavan perusteella. Koneellista ilmanvaihtoa käytettäessä katon kaltevuudella ei ole niin suurta merkitystä.



Kuva 23. Tuotantorakennuksessa koneellinen ilmanvaihto (Kuva EK-Maaseutukeskus)

6. Maatalousrakennusten rungon rakennesuunnittelussa huomioitavia seikkoja

Maatalousrakennuksen runko suunnitellaan kuten minkä tahansa hallin runko. Suunnittelussa tulee kuitenkin huomioida mm. kuvassa 24 esitetyt seikat, jotka vaikuttavat oleellisesti rakenteiden pitkäaikaiskestävyyteen.

Maatalousrakennusten rungon suunnittelussa huomioitavia seikkoja	
- Puurakenteiden tulee olla reilusti irti lattiasta kosteusrasituksen takia. - Pilareiden lattialävistyksen tulee suunnitella siten, että kosteus ei vahingoita pilaria. - Eläimet nuoleskelevat, nojaavat ja hankaavat itseään pystyrakenteisiin, joten pilareiden suunnittelussa tulee varautua tähän.	
- Mikäli eläintilassa on eläimiä, jotka pureskelevat rakenteita (siat), tulee eläimet erottaa puurakenteista esimerkiksi hoitokäytävällä. - Toinen vaihtoehto on suojata puurakenteet levytyksellä, joka kestää eläinten aiheuttaman rasituksen.	
- Yläpohjan kattorakenteissa tulisi olla sileät sisäpinnat, jotta korvausilman kulkeutuminen ei häiriinny.	
- Varastorakennusten runkorakenteiden suunnittelussa tulee varautua pieniin törmäyskuormiin, jotka aiheutuvat työkaluista. - Erityisesti irtorakenteissa runkorakenteisiin kohdistuu vaakavoimia, kun heiniä käsitellään traktorin etukuormaimella.	

Kuva 24. Maatalousrakennusten rungon suunnittelussa huomioitavia seikkoja

7. Maatalousrakennusten laajarunkoratkaisut

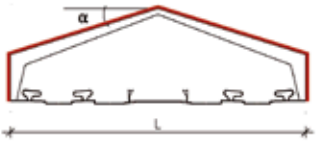
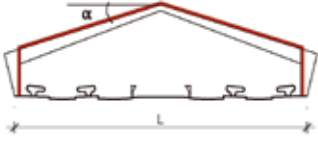
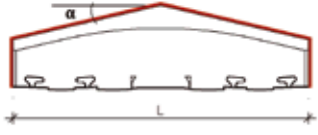
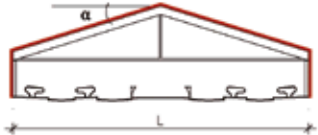
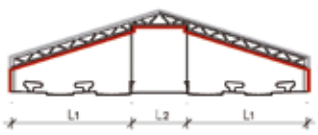
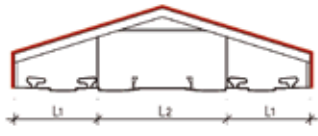
7.1 Karjarakennusten runkoratkaisut

Karjarakennukseen ei välttämättä tarvitse valita sellaista runkoa, jossa ei tarvita välitukia (esim. kolminivelkehä). Tämä on mahdollista, koska eläintilassa pääkannattimien välituet (esim. pilarit) voidaan sijoittaa aitarakenteiden kohdalle, jolloin ne eivät haittaa rakennuksessa suoritettavaa toimintaa. Usein tällainen ratkaisu on myös taloudellisempi, koska rakenteista ei tule niin massiivisia.

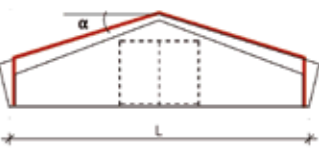
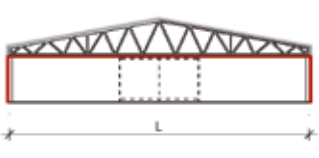
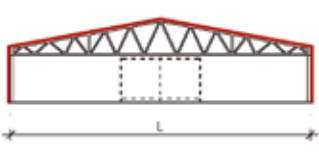
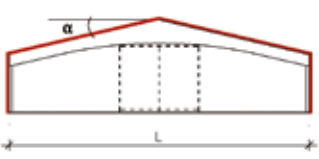
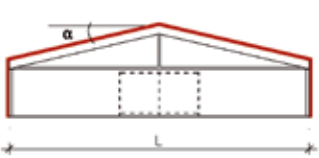
Runkoleveyttä suunniteltaessa tulee huolehtia, että rakennuksen keskialueelle saadaan eläimille riittävästi luonnon valoa ja että pääkannattimesta ei tule valmistus- ja kuljetusteknisesti liian korkea. Pääkannattimen korkeuteen voidaan vaikuttaa katon kaltevuudella, mutta joissakin tapauksissa käytettävän vesikatemateriaalin minimikaltevuus määrää katon kaltevuuden. Karjarakennuksen katon kaltevuuteen vaikuttaa myös käytettävä ilmanvaihtojärjestelmä (painovoimainen vai koneellinen). Taulukossa 3 on esitetty joitakin karjarakennusten laajarunkoratkaisuja.

7.2 Varastorakennusten runkoratkaisut

Varastorakennuksissa vaaditaan yleensä avaraa tilaa, joten pääkannattimien välitukia ei saisi olla kovin monia. Samoin yleensä vaaditaan korkeaa sisätilaa, jotta rakennuksessa voidaan työskennellä koneilla ja koko rakennuksen sisäkorkeus voidaan hyödyntää varastointiin. Varastorakennuksien pääkannattimien kattokaltevuudessa tulee huomioida karjarakennusten tapaan valmistus- ja kuljetustekniikka sekä vesikatteen minimikaltevuus. Taulukossa 4 on esitetty joitakin varastorakennuksien laajarunkoratkaisuja. Taulukossa 4 on otettu kantaa myös lämpöeristykseen, vaikka varastorakennuksia ei yleensä lämpöeristetä.

Karjarakennukset				
Rakenne	α	Jänneväli (suositus)	Kantava runko (k-jakosuositus)	Edut (+) Heikkoudet (-)
	$\geq 1 : 4$	$L = 15 - 25 \text{ m}$	- Kolminivelkehät max k8000	+ Rakennuksen jäykistys on helppoa + Välitukia ei tarvita + Korkean sisätien ansiosta parempi sisäilma + Ulkovaippa voi olla elementtirakenteinen + Palosuojaus helppoa - Lämpö nousee ylös - Kehäjalja saattaa häiritä toimintaa
	$\geq 1 : 4$	$L = 15 - 25 \text{ m}$	- Kolminivelkehät max k8000	+ Rakennuksen jäykistys on helppoa + Välitukia ei tarvita + Korkean sisätien ansiosta parempi sisäilma + Ulkovaippa voi olla elementtirakenteinen + Kehäjalja ei häiritse toimintaa + Palosuojaus helppoa - Lämpö nousee ylös - Kehäjalan ja sen liitosien kosteussuojaus työlästä
		$L \leq 20 \text{ m}$	- NR-ristikot max k900 - Kantavat ulkoseinät	+ Ulkoseinät voivat olla elementtirakenteisia + Välitukia ei tarvita + Suora alakatto estää lämpöä nousemasta ylös - Rakennuksen jäykistys ongelmallista - Rakennuksen jäykistys vaatii usein mastopilareita - Ristikoiden tuenta vaakakuormille työlästä - Ullakolle tulee osastovivia rakenteita - Yläpohjan palosuojaus vaikeaa - Yläpohja joudutaan tekemään paikalla rakentaen
	$\geq 1 : 10$ $\leq 1 : 4$	$L = 10 - 20 \text{ m}$	- Bumerangipalkki max k8000 - Mastopilarit palkkijaolla	+ Rakennuksen jäykistys on helppoa + Välitukia ei tarvita + Korkean sisätien ansiosta parempi sisäilma + Ulkovaippa voi olla elementtirakenteinen + Palosuojaus helppoa - Lämpö nousee ylös
	$\geq 1 : 4$	$L = 15 - 30 \text{ m}$	- A-kattotuoli max k8000 - Mastopilarit kannatinjaolla	+ Rakennuksen jäykistys on helppoa + Välitukia ei tarvita + Korkean sisätien ansiosta parempi sisäilma + Ulkovaippa voi olla elementtirakenteinen + Palosuojaus helppoa - Lämpö nousee ylös
		$L_1 \leq 10 \text{ m}$ $L_2 \leq 10 \text{ m}$	- NR-ristikot max k900 - Kantavat ulkoseinät - Rakennuksen keskellä pääpalkit ja pilarit	+ Ulkoseinät voivat olla elementtirakenteisia + Korkean sisätien ansiosta parempi sisäilma - Lämpö nousee ylös - Rakennuksen jäykistys ongelmallista - Rakennuksen jäykistys vaatii usein mastopilareita - Ristikoiden tuenta vaakakuormille työlästä - Ullakolle tulee osastovivia rakenteita - Yläpohjan palosuojaus vaikeaa - Yläpohja joudutaan tekemään paikalla rakentaen
		$L_1 \leq 10 \text{ m}$ $L_2 \leq 10 \text{ m}$	- Suorat palkit max k8000 - Mastopilarit palkkijaolla - Nivelpilarit palkkijaolla	+ Rakennuksen jäykistys on helppoa + Korkean sisätien ansiosta parempi sisäilma + Ulkovaippa voi olla elementtirakenteinen + Palosuojaus helppoa - Lämpö nousee ylös
 = Lämpöeristetty rakenne  = Kylmä ulkovaipparakenne				

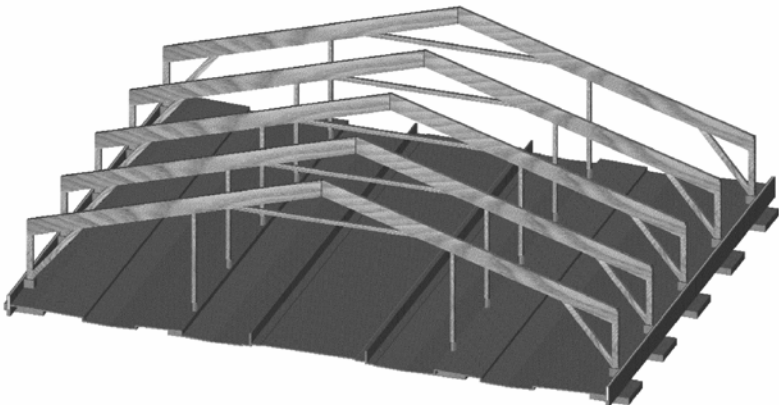
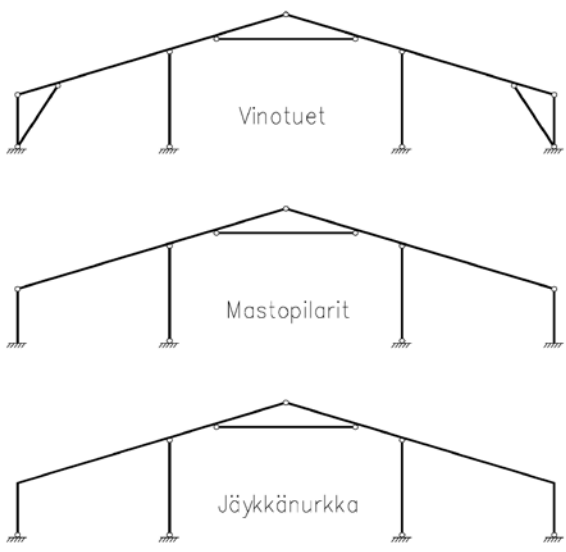
Taulukko 3. Karjarakennusten runkovaihtoehtoja

Varastorakennukset				
Rakenne	α	Jänneväli (suositus)	Kantava runko (k-jakosuositus)	Edut (+) Heikkoudet (-)
	$\geq 1:4$	$L = 15 - 25 \text{ m}$	- Kolminivelkehät max k8000	+ Rakennuksen jäykistys on helppoa + Välitukia ei tarvita + Korkea sisätila + Ulkovaippa voi olla elementtirakenteinen + Palosuojaus helppoa + Seiniin voidaan tehdä ovia myöhemmin helposti + Päätyyn saadaan korkea ovi - Lämpö nousee ylös - Kehäjalaa saattaa häiritä toimintaa
	$\geq 1:4$	$L = 15 - 25 \text{ m}$	- Kolminivelkehät max k8000	+ Rakennuksen jäykistys on helppoa + Välitukia ei tarvita + Korkea sisätila + Ulkovaippa voi olla elementtirakenteinen + Kehäjalaa ei häiritse toimintaa + Palosuojaus helppoa + Seiniin voidaan tehdä ovia myöhemmin helposti + Päätyyn saadaan korkea ovi - Lämpö nousee ylös - Kehäjalan ja sen liitoksien kosteussuojauksen työstä
		$L \leq 20 \text{ m}$	- NR-ristikot max k900 - Kantavat ulkoseinät	+ Ulkoseinät voivat olla elementtirakenteisia + Välitukia ei tarvita + Suora alakatto estää lämpöä nousemasta ylös - Rakennuksen jäykistys ongelmallista - Rakennuksen jäykistys vaatii usein mastopilareita - Ristikoiden tuenta vaakakuormille työläästä - Ullakolle tulee osastoivia rakenteita - Yläpohjan palosuojaus vaikeaa - Yläpohja joudutaan tekemään paikalla rakentaen - Matala sisätila ja matalat ovet
		$L \leq 20 \text{ m}$	- NR-ristikot max k8000 - Ristikolta useampi vierekkäin - Mastopilarit ristikkajaolla	+ Rakennuksen jäykistys on helppoa + Välitukia ei tarvita + Korkea sisätila kannattimien välissä + Ulkovaippa voi olla elementtirakenteinen + Seiniin voidaan tehdä ovia myöhemmin helposti + Sivulle saadaan korkea ovi - Lämpö nousee ylös - Yläpohjan palosuojaus vaikeaa - Matala sisätila kannattimien kohdalla
	$\geq 1:10$ $\leq 1:4$	$L = 10 - 20 \text{ m}$	- Bumerangipalkki max k8000 - Mastopilarit palkkijaolla	+ Rakennuksen jäykistys on helppoa + Välitukia ei tarvita + Melko korkea sisätila + Ulkovaippa voi olla elementtirakenteinen + Palosuojaus helppoa + Seiniin voidaan tehdä ovia myöhemmin helposti + Päätyyn saadaan korkea ovi - Lämpö nousee ylös
	$\geq 1:4$	$L = 15 - 30 \text{ m}$	- A-kattotuoli max k8000 - Mastopilarit kannatinjaolla	+ Rakennuksen jäykistys on helppoa + Välitukia ei tarvita + Korkea sisätila kannattimien välissä + Ulkovaippa voi olla elementtirakenteinen + Palosuojaus helppoa + Seiniin voidaan tehdä ovia myöhemmin helposti + Sivulle saadaan korkea ovi - Lämpö nousee ylös - Matala sisätila kannattimien kohdalla
				

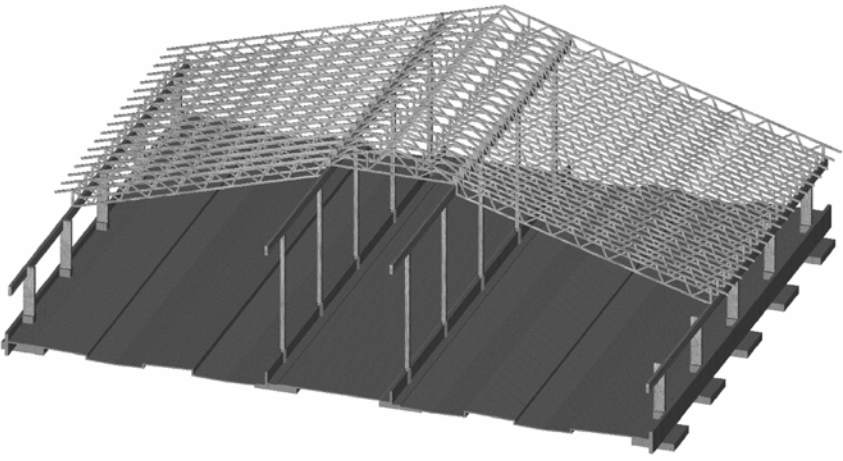
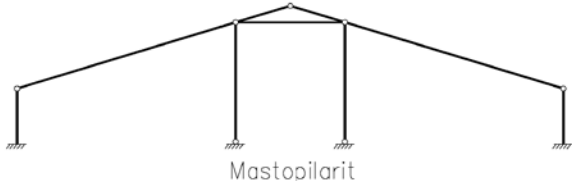
Taulukko 4. Varastorakennusten runkovaihtoehtoja

8. Tyypillisiä karjarakennusten laajarunkoratkaisuja

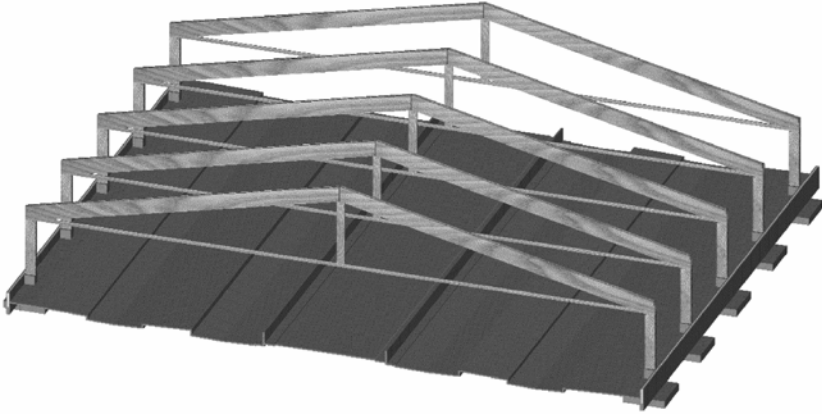
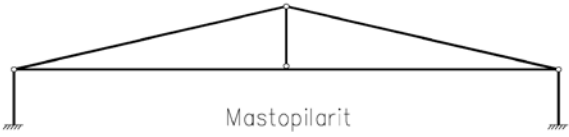
Seuraavissa kuvissa esitetään yleisimmin käytössä olevia karjarakennusten laajarunkoratkaisuja. Kyseisiä runkoratkaisuja voidaan soveltaa erilaisiin karjarakennuksiin ja niiden rakenneperiaatteita voidaan yhdistellä. Kuvissa esitetään myös rakennejärjestelmän jäykistämisperiaatteet, suositeltavat pilari- ja kehäjaot sekä vaihtoehdot ulkovaipan toteuttamiseen.

Kolmilaivainen kehärunko	
	
Stabiileetti - Poikittaissuunnassa rakennuksen stabiileetti voidaan toteuttaa vinotukia, mastopilareita tai jäykkänurkkaista kehää käyttämällä. Rakennuksen keskellä olevat pilarit kannattaa suunnitella nivelpäisiksi, jotta niistä saadaan mahdollisimman hoikkia. - Pituussuuntaista jäykistystä käsitellään luvussa 10.	Staattiset mallit 
Kantavat rakenteet - Yläpohjan pääkannattimet Kertopuu- tai liimapuupalkkeja. - Pilarit Kertopuuta tai liimapuuta. - Mahdollinen vetotanko Kertopuuta tai liimapuuta	
Kehäjako - Kehäjako suunnitellaan siten, että pilarit jäävät aita-rakenteiden väliin. - Tyypillinen kehäjako on 4,8 m, jolloin kehien väliin saadaan 1200 mm leveitä parsia 4 kpl.	
Ulkoseinät - Ulkoseinät voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Yläpohja - Yläpohja voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Muuta huomioitavaa	

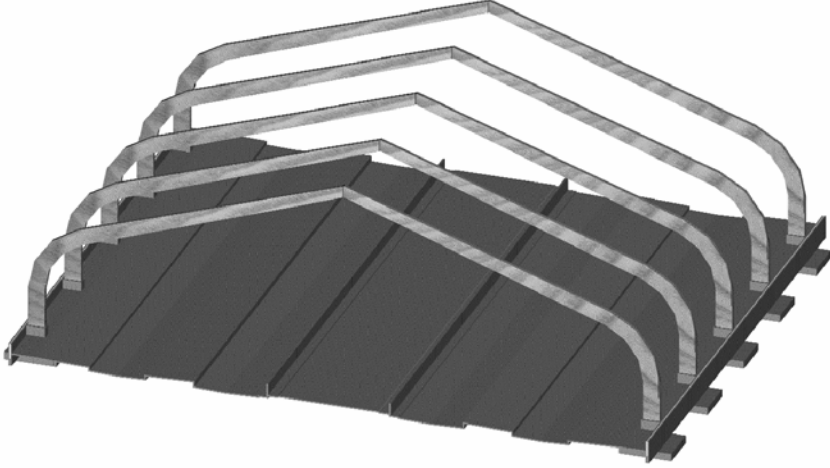
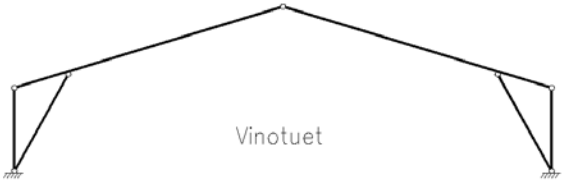
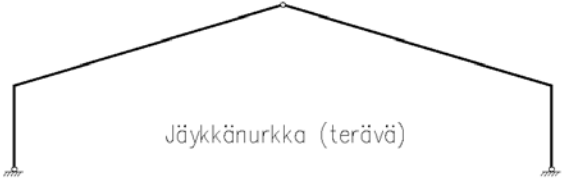
Kuva 25. Kolmilaivainen kehärunko

Kolmilaivainen pilari-palkki-runko	
	
Stabiileetti	Staattiset mallit
- Poikittaissuunnassa rakennuksen stabiileetti voidaan toteuttaa mastopilareilla. Rakennuksen keskellä olevat pilarit kannattaa suunnitella nivelpäisiksi, jotta niistä saadaan mahdollisimman hoikkia. - Mastopilareiden väliin jäävä yläpohjan osuus tulee jäykistää esimerkiksi alakaton levyjäykistyksellä, jos pääpalkki ei ole riittävän jäykkä vaakakuormille. - Pituussuuntaista jäykistystä käsitellään luvussa 10.	 Mastopilarit
Kantavat rakenteet	
- Yläpohjan kannattimet NR-ristikoita, Kertopuu- tai liimapuupalkkeja. - Pääpalkit Kertopuu- tai liimapuupalkkeja. - Pilarit Kertopuuta tai liimapuuta.	
Pilarijako	
- Pilarijako suunnitellaan siten, että ne jäävät aita-rakenteiden väliin. - Tyypillinen pilarijako on 4,8 m, jolloin kehien väliin saadaan 1200 mm leveitä parsia 4 kpl.	
Ulkoseinät	
- Ulkoseinät voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Yläpohja	
- Yläpohja tehdään paikalla rakentaen.	
Muuta huomioitavaa	
- Mastopilarissa tarvitaan loveuksen vahvistus (esimerkiksi epoksilla liimattu harjateräs).	

Kuva 26. Kolmilaivainen pilari-palkki -runko

Yksilaivainen kehärunko	
	
Stabiileetti	Staattiset mallit
- Poikittaissuunnassa rakennuksen stabiileetti toteutetaan mastopilarilla. - Pituussuuntaista jäykistystä käsitellään luvussa 10.	 Mastopilarit
Kantavat rakenteet	
- A-kattotuoli Kertopuuta tai liimapuuta. - Pääkannatin voi olla myös harja- tai bumerangipalkki (liimapuu). - Pilarit Kertopuuta tai liimapuuta.	
Kehäjako	
- Kehäjako suunnitellaan siten, että pilarit jäävät aita-rakenteiden väliin. - Tyypillinen kehäjako on 4,8 m, jolloin kehien väliin saadaan 1200 mm leveitä parsia 4 kpl.	
Ulkoseinät	
- Ulkoseinät voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Yläpohja	
- Yläpohja voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Muuta huomioitavaa	

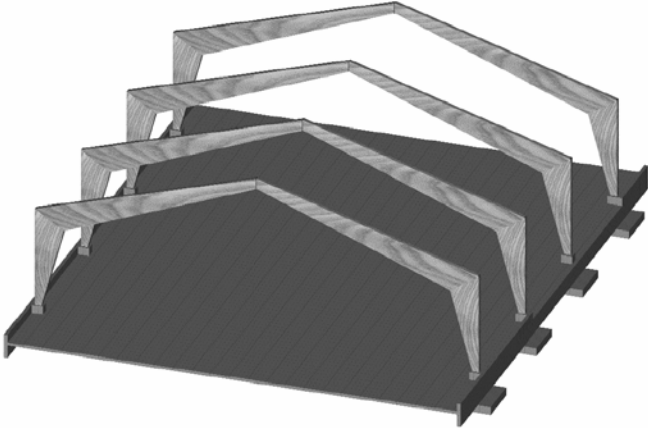
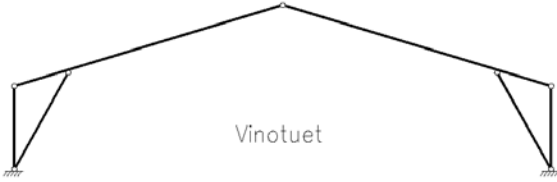
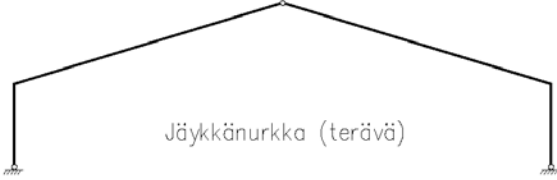
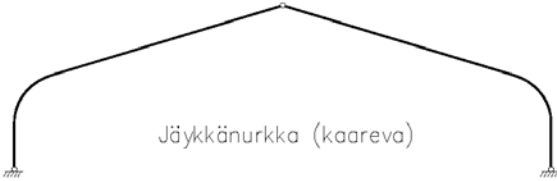
Kuva 27. Yksilaivainen kehärunko

Kolminivelkehärunko	
	
Stabiileetti - Poikittaissuunnassa rakennuksen stabiileetti toteutuu helposti, koska kolminivelkehä on tasossaan jäykkä. - Pituussuuntaista jäykistystä käsitellään <i>luvussa 10</i>.	Staattiset mallit  Vinotuet  Jäykkänurkka (terävä)  Jäykkänurkka (kaareva)
Kantavat rakenteet - Kehät Kertopuuta tai liimapuuta.	
Kehäjako - Kehäjako suunnitellaan siten, että kehäjalat jäävät aita-rakenteiden väliin. - Tyypillinen kehäjako on 4,8 m, jolloin kehien väliin saadaan 1200 mm leveitä parsia 4 kpl.	
Ulkoseinät - Ulkoseinät voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Yläpohja - Yläpohja voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Muuta huomioitavaa - Kaarevanurkkaisessa kehässä ulkoseinän ja yläpohjan liittymä voidaan tehdä teräväksi erillisillä kehän päälle asennettavilla palkeilla.	

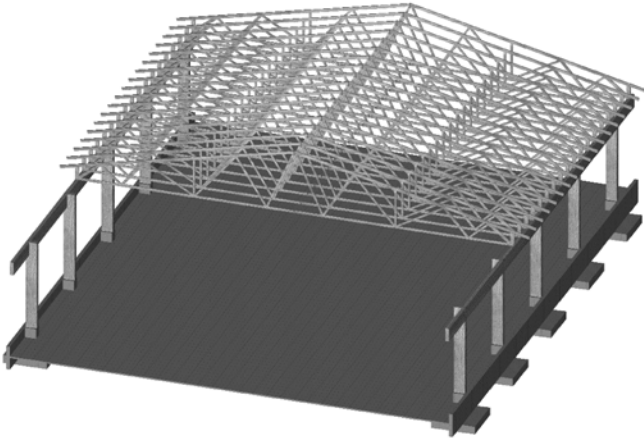
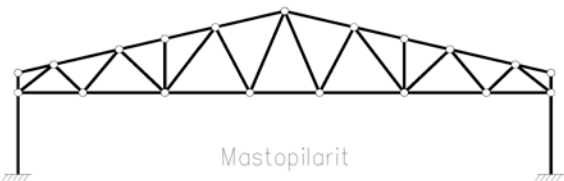
Kuva 28. Kolminivelkehärunko

9. Tyypillisiä varasto- rakennusten laajarunko- ratkaisuja

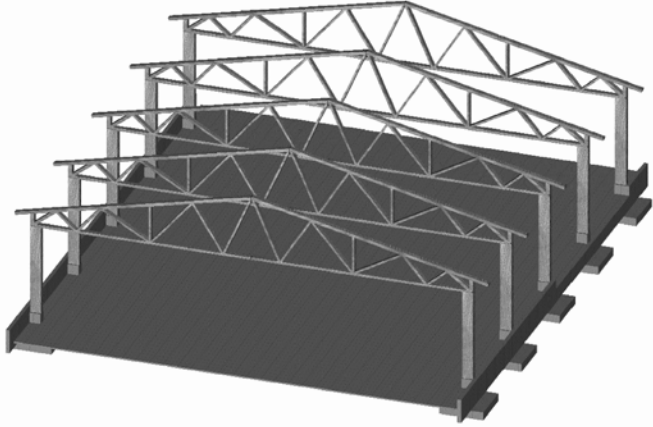
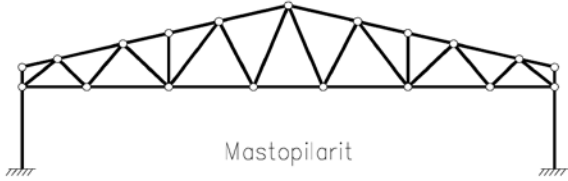
Seuraavissa kuvissa esitetään yleisimmin käytössä olevia varastorakennusten laajarunkoratkaisuja. Kyseisiä runkoratkaisuja voidaan soveltaa erilaisiin varastorakennuksiin ja niiden rakenneperiaatteita voidaan yhdistellä. Kuvissa esitetään myös rakennejärjestelmän jäykistämisperiaatteet, suositeltavat pilari- ja kehäjaot sekä vaihtoehdot ulkovaipan toteuttamiseen.

Kolminivelkehärunko	
	
Stabiileetti - Poikittaissuunnassa rakennuksen stabiileetti toteutuu helposti, koska kolminivelkehä on tasossaan jäykkä. - Pituussuuntaista jäykistystä käsitellään <i>luvussa 10</i>.	Staattiset mallit  Vintuet  Jäykkänurkka (terävä)  Jäykkänurkka (kaareva)
Kantavat rakenteet - Kehät Kertopuuta tai liimapuuta tai NR-ristikoita.	
Kehäjako - Kehäjako voidaan suunnitellaan vapaasti. - Tyypillinen kehäjako on 6 - 8 m.	
Ulkoseinät - Ulkoseinät voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Yläpohja - Yläpohja voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Muuta huomioitavaa - Kaarevanurkkaisessa kehässä ulkoseinän ja yläpohjan liittymä voidaan tehdä teräväksi erillisillä kehän päälle asennettavilla palkeilla.	

Kuva 29. Kolminivelkehärunko

Yksilaivainen pilari-palkki-runko	
	
Stabiileetti	Staattiset mallit
- Poikittaissuunnassa rakennuksen stabiileetti voidaan toteuttaa mastopilareilla. - Mastopilareiden väliin jäävä yläpohjan osuus tulee jäykistää esimerkiksi alakaton levyjäykistyksellä, jos pääpalkki ei ole riittävän jäykkä vaakakuormille. - Pituussuuntaista jäykistystä käsitellään luvussa 10.	
Kantavat rakenteet	
- Yläpohjan pääkannattimet NR-ristikoita. - Pääpalkit Kertopuu- tai liimapuupalkkeja. - Pilarit Kertopuuta tai liimapuuta.	
Pilarijako	
- Pilarijako voidaan suunnitella vapaasti. - Tyypillinen pilarijako on 5 - 6 m, jolloin palkki ei kasva liian suureksi ja se saadaan mahtumaan ovien ja ikkunoiden yläpuolelle.	
Ulkoseinät	
- Ulkoseinät voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Yläpohja	
- Yläpohja tehdään paikalla rakentaen.	
Muuta huomioitavaa	
- Mastopilarissa tarvitaan loveuksen vahvistus (esimerkiksi epoksilla liimattu harjateräs).	

Kuva 30. Yksilaivainen pilari-palkki -runko

Yksilaivainen kehärunko	
	
Stabiiliteetti - Poikittaissuunnassa rakennuksen stabiiliteetti toteutetaan mastopilarilla. - Pituussuuntaista jäykistystä käsitellään luvussa 10.	Staattiset mallit 
Kantavat rakenteet - Pääkannattimena NR-ristikot (useampi samassa nipussa). - Pilarit Kertopuuta tai liimapuuta.	
Kehäjako - Kehäjako voidaan suunnitella vapaasti. Tyypillinen kehäjako on 4 - 5 m.	
Ulkoseinät - Ulkoseinät voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Yläpohja - Yläpohja voidaan tehdä elementeistä tai paikalla rakentaen.	
Muuta huomioitavaa	

Kuva 31. Yksilaivainen kehärunko

10. Rungon pituussuuntainen jäykistys

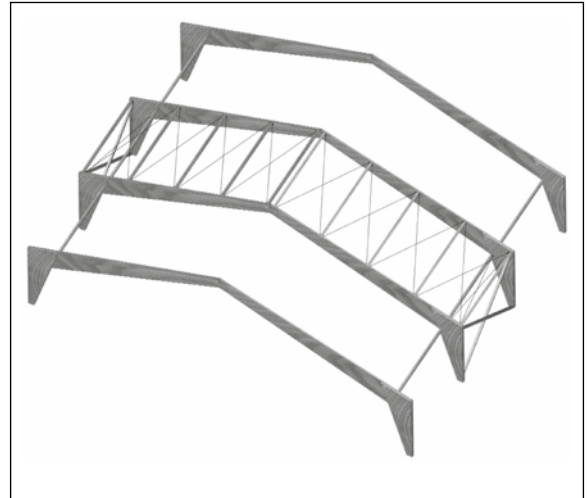
Rungon pituussuuntainen jäykistys toteutetaan kuten missä tahansa hallissa. Mikäli jäykisterakenteissa käytetään teräsosia, tulee niiden korroosiosuojaukseen kiinnittää huomiota. Tämä korostuu erityisesti eläintilassa.

10.1 Kehärungot

Kehärungoissa pituussuuntainen jäykistys toteutetaan tavallisesti yläpohjan ja seinien jäykisteristikoilla (kuva 32). Kehärakenteita käytettäessä tulee muistaa huolehtia myös rakenneosien puristettujen reunojen sivuttaistuennasta. Tämä korostuu erityisesti kolminivelkehän nurkan alueella (kuva 33).

10.2 NR-ristikkoyläpohjat

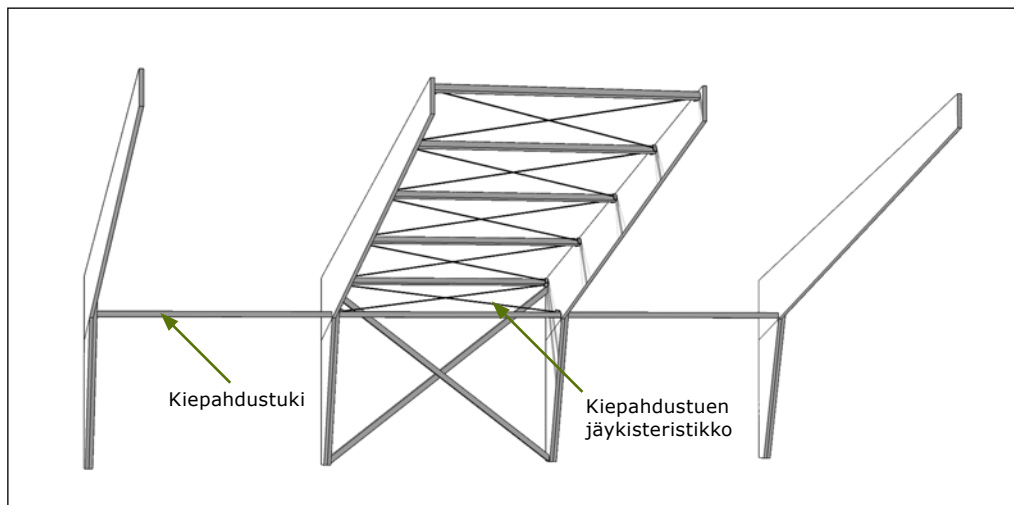
Laajarunkoisissa rakennuksissa NR-ristikkoyläpohjan jäykistys rakennuksen pituussuunnassa toteutetaan yläpaarteiden väliin asennettavilla NR-jäykisteristikoilla ja kattoristikoiden väliin asennettavilla NR-pukeilla (kuva 34). Lisäksi alakaton tasossa tulee olla jäykiste, joka vie NR-pukkien kuormat jäykistäville pystyrakenteille.



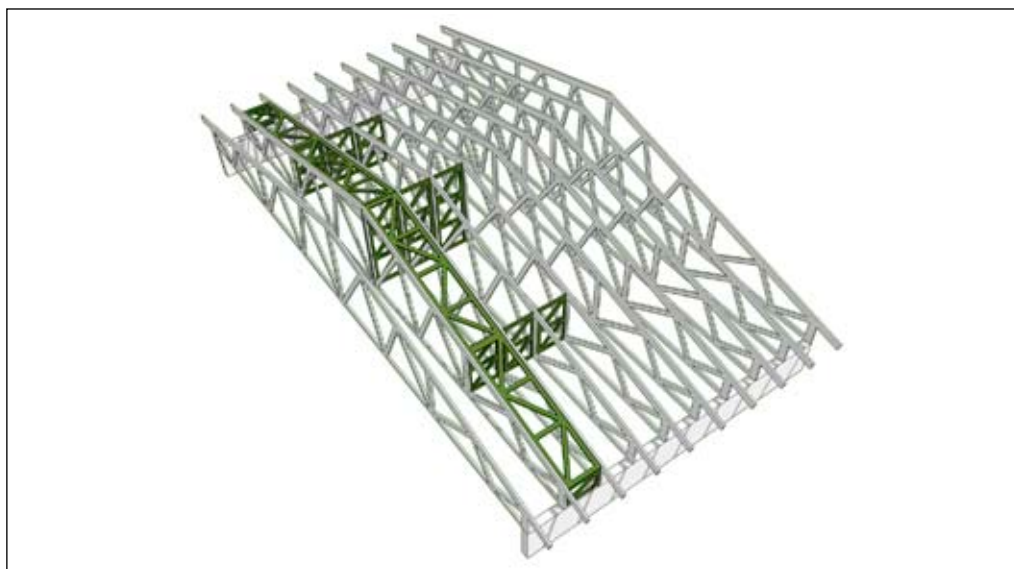
Kuva 32. Kehärungon pituussuuntainen jäykistäminen

Kattoristikkoon tulee varata pystysauva NR-pukin kiinnitystä varten (kuva 35) ja NR-pukkien aiheuttamat voimat tulee huomioida kattoristikoiden mitoituksessa.

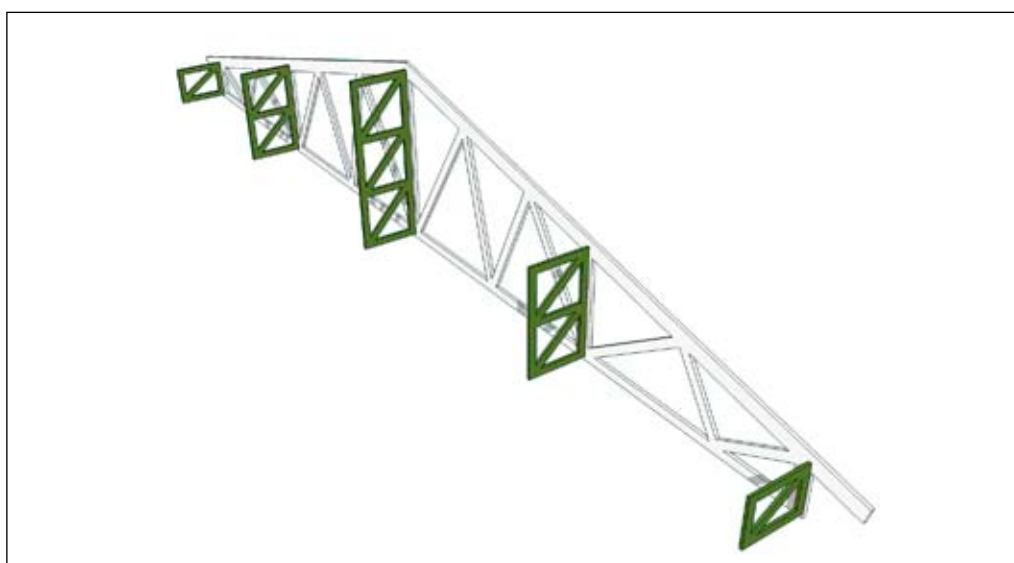
NR-ristikkoyläpohjan jäykisteyksiköt voidaan koota valmiiksi maassa ja nostaa sitten kokonaisena paikoilleen. Tällöin ne toimivat samalla työnaikaisina jäykisteinä.



Kuva 33. Kolminivelkehän nurkan sivuttaistuenta



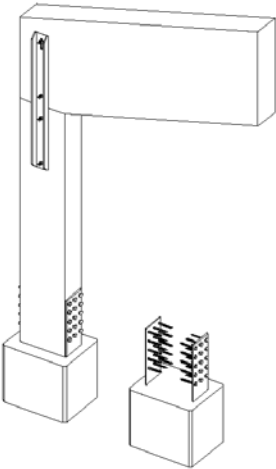
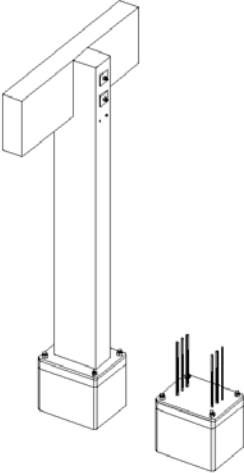
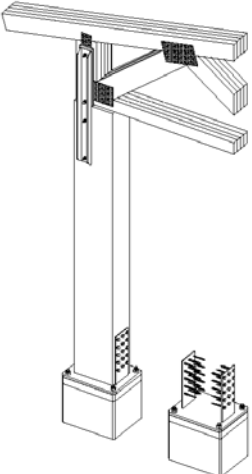
Kuva 34. NR-ristikkoyläpohjan sivuttais-tuentajäykisteet



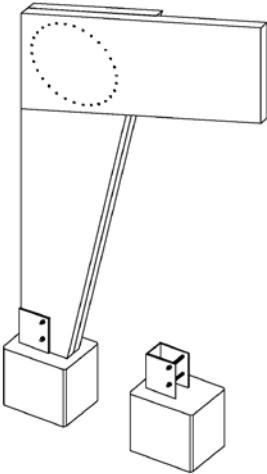
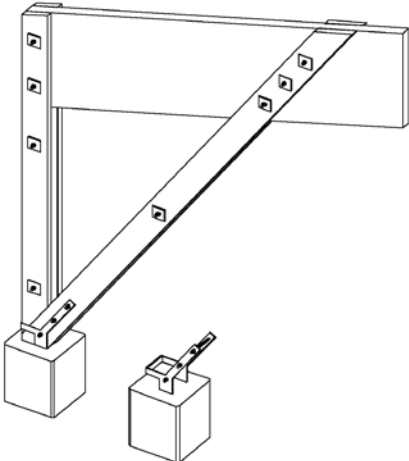
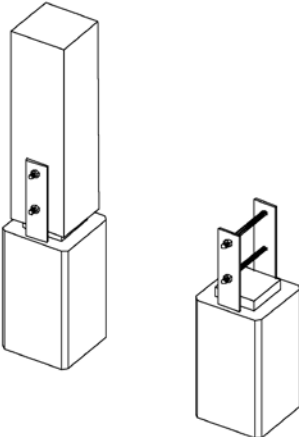
Kuva 35. NR-ristikkoyläpohjan sivuttais-tuentajäykisteet

11. Runkorakenteiden liitoksia

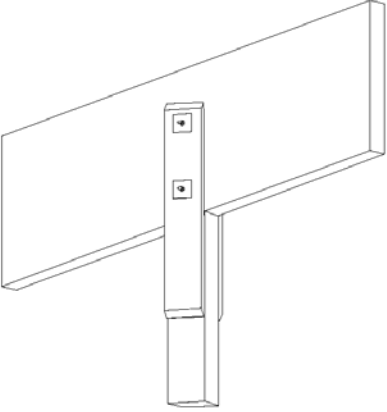
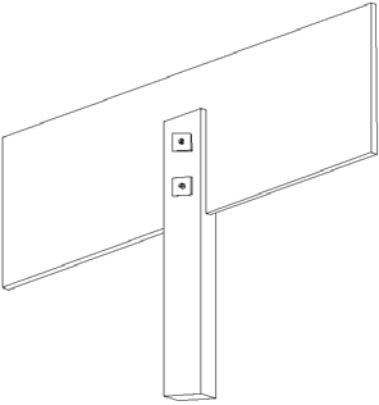
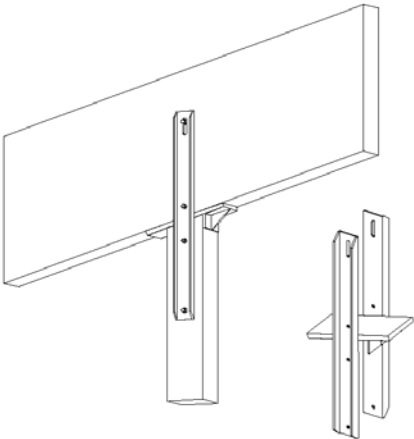
Seuraavissa kuvissa esitetään joitakin yleisesti käytössä olevia runkorakenteiden liitoksia. Kyseisiä liitosratkaisuja voidaan soveltaa erilaisiin rakennejärjestelmiin ja niiden rakenneperiaatteita voidaan yhdistellä. Kuvissa esitetään myös liitoksen suunnittelussa huomioitavia seikkoja. Liitoksissa käytettävien teräsosien korroosiosuojaus tulee suunnitella huolellisesti. Ohjeita puurakenteiden liitososien korroosiosuojauksesta on esitetty oppaassa RIL 205-1-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje.

Mastopilarin ja kehäpalkin liitokset	
	- Momenttijäykkä liitos perustukseen voidaan tehdä esimerkiksi teräslevyillä ja kansiruuveilla. - Perustusliitos vaatii tarkkuutta, koska pilarin korkoa ei voida säätää. - Pilarin ja palkin liitos voidaan tehdä esimerkiksi U-teräksellä ja pulteilla. - Palkissa olevien pulttien reikien tulee olla ovaalin muotoiset palkin kosteusliikkeiden takia. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas. - Pilarin alapäässä tulee olla kapillaarikatko.
Mastopilarin ja pääpalkin liitokset	
	- Momenttijäykkä liitos perustukseen voidaan tehdä esimerkiksi peruspulttilevyllä, joka on kiinnitetty pilariin liimaruuveilla. - Perustuksessa olevat peruspultit mahdollistavat pilarin korkeusaseman säätämisen. - Pilarin ja palkin liitos voidaan tehdä esimerkiksi loviliitoksella ja pulteilla. - Lovi tulee vahvistaa esimerkiksi liimatuilla harjaterästangoilla halkeamista vastaan. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas. - Pilarin alapäässä tulee olla kapillaarikatko.
Mastopilarin ja NR-ristikkonipun liitokset	
	- Momenttijäykkä liitos perustukseen voidaan tehdä esimerkiksi peruspulttilevyllä, joka on kiinnitetty pilariin teräslevyillä ja kansiruuveilla. - Perustuksessa olevat peruspultit mahdollistavat pilarin korkeusaseman säätämisen. - Pilarin ja NR-ristikoiden liitos voidaan tehdä esimerkiksi U-teräksellä ja pulteilla. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas. - Pilarin alapäässä tulee olla kapillaarikatko.

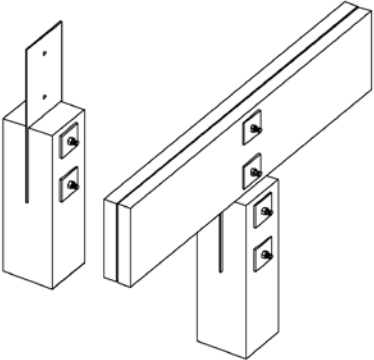
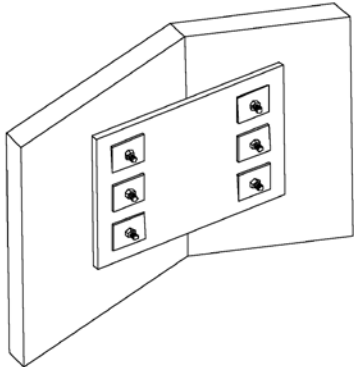
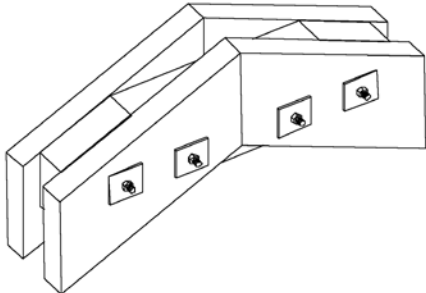
Kuva 36. Runkorakenteiden liitoksia

Kolminivelkehän liitos perustukseen	
	- Kehäjalan nivelliitos perustukseen voidaan tehdä esimerkiksi teräslevyillä ja pulteilla. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas. - Kehäjalan alapäässä tulee olla kapillaarikatko.
Kolminivelkehän liitos perustukseen	
	- Kehäjalan nivelliitos perustukseen voidaan tehdä esimerkiksi teräslevyillä ja pulteilla. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas. - Kehäjalan alapäässä tulee olla kapillaarikatko.
Pilarin liitos perustukseen	
	- Nivelpilarin liitos perustukseen voidaan tehdä esimerkiksi teräslevyillä ja pulteilla. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas. - Pilarin alapäässä tulee olla kapillaarikatko. - Pilarin ja perustuksen väliin voidaan esimerkiksi asentaa teräslevy, jolloin puupilari saadaan irti betonista.

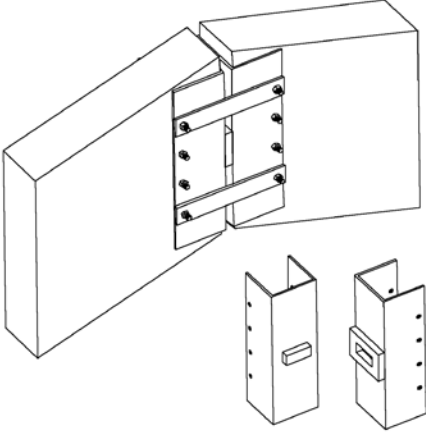
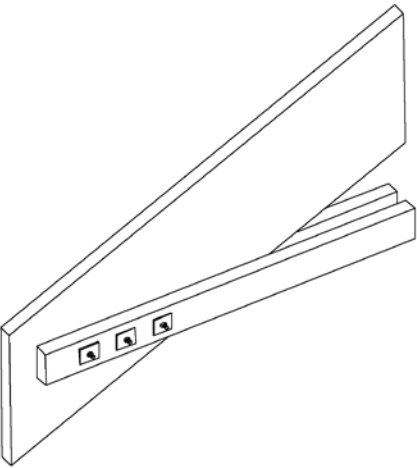
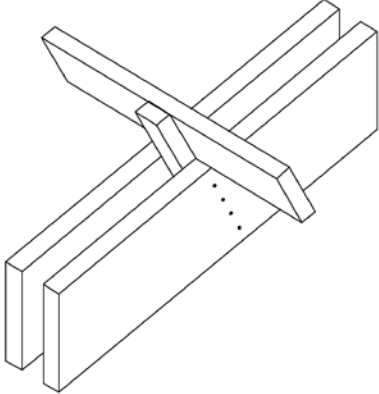
Kuva 37. Runkorakenteiden liitoksia

Pilarin liitos kehäpalkkiin	
	- Nivelliitos kehäpalkin ja pilarin välille voidaan tehdä esimerkiksi pilarin kylkeen teollisesti limatuilla ns. hankolautoilla ja pulteilla. - Tarvittaessa pilarin päässä voidaan käyttää teräslevyä tukipinnan leventämiseksi. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.
Pilarin liitos kehäpalkkiin	
	- Nivelliitos kehäpalkin ja pilarin välille voidaan tehdä esimerkiksi loviliitoksella ja pulteilla. - Tarvittaessa pilarin päässä voidaan käyttää teräslevyä tukipinnan leventämiseksi. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.
Pilarin liitos kehäpalkkiin	
	- Nivelliitos kehäpalkin ja pilarin välille voidaan tehdä esimerkiksi tähän tarkoitukseen valmistetulla teräsosalla ja pulteilla. - Palkissa olevien pulttien reikien tulee olla ovaalin muotoiset palkin kosteusliikkeiden takia. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.

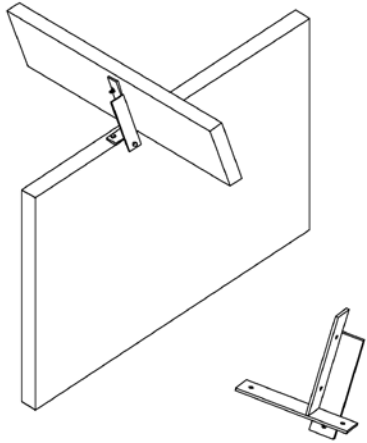
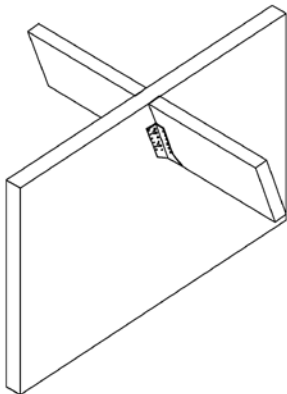
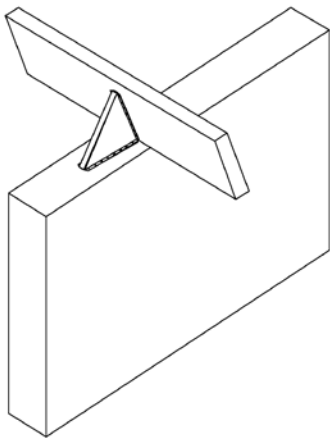
Kuva 38. Runkorakenteiden liitoksia

Pilarin liitos pääpalkkiin	
	- Nivelliitos pääpalkin ja pilarin välille voidaan tehdä esimerkiksi teräslevyillä ja pulteilla. - Eläntilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.
Kehäpalkkien harjaliitos	
	- Kehäpalkkien harjaliitos (nivel) voidaan tehdä esimerkiksi vanerilevyillä tai Kerto-Q-levyillä ja pulteilla. - Tarvittaessa pulttien lisäksi voidaan käyttää hammasvaarvoja. - Eläntilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.
Kehäpalkkien harjaliitos	
	- Mikäli kehäpalkkeja on kaksi vierekkäin, voidaan kehäpalkkien harjaliitos (nivel) tehdä esimerkiksi palkkien väliin asennetulla vanerilla tai Kerto-Q-levyillä ja pulteilla. - Tarvittaessa pulttien lisäksi voidaan käyttää hammasvaarvoja. - Eläntilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.

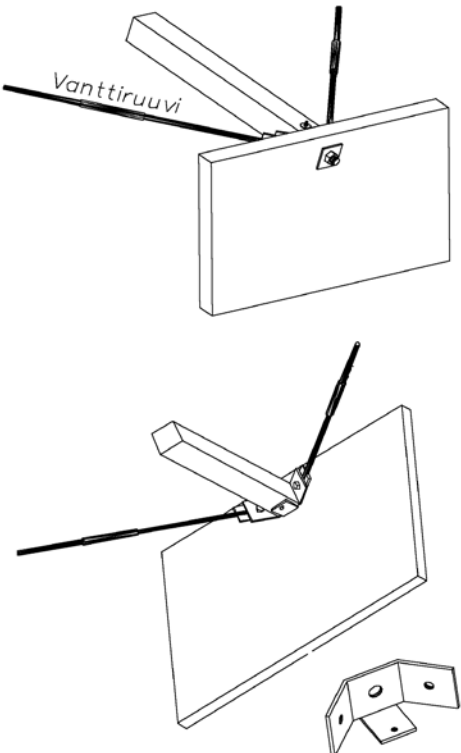
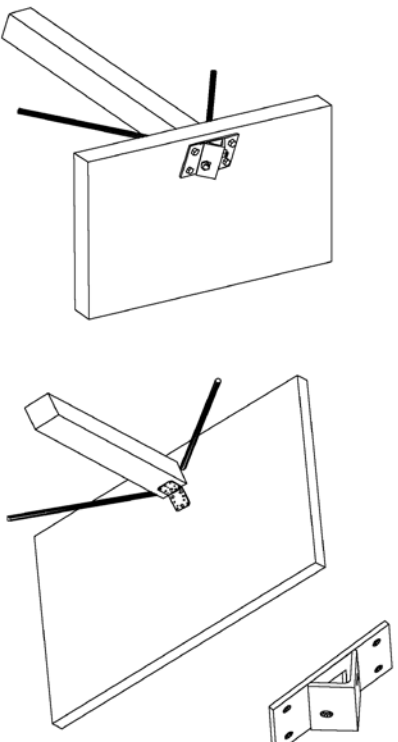
Kuva 39. Runkorakenteiden liitoksia

Kolminivelkehän harjaliitos	
	- Kolminivelkehän harjaliitos (nivel) voidaan tehdä esimerkiksi tähän tarkoitukseen valmistetulla teräsosalla ja pulteilla. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.
Vetotangon liitos kehäpalkkiin	
	- Kehäpalkin ja vetotangon välinen liitos voidaan tehdä esimerkiksi pulteilla. - Tarvittaessa pulttien lisäksi voidaan käyttää hammasvaarnoja. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.
Sekundääripalkin liitos pääkannattimeen	
	- Mikäli kehäpalkkeja on kaksi vierekkäin, voidaan niiden väliin asentaa soiro, johon sekundääripalkki kiinnitetään esimerkiksi kansiruuveilla. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.

Kuva 40. Runkorakenteiden liitoksia

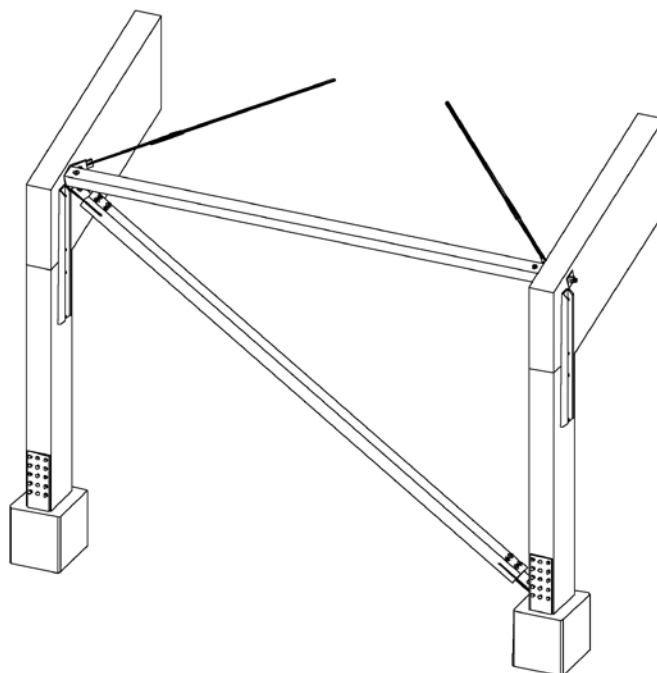
Sekundääripalkin liitos pääkannattimeen	
	- Sekundääripalkin ja pääpalkin välinen liitos voidaan tehdä erilaisilla tähän tarkoitukseen valmistetuilla teräsosilla, joissa käytetään pultteja, ruuveja tai nautoja. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.
	
	

Kuva 41. Runkorakenteiden liitoksia

Yläpohjan jäykisteristikon liitoksia	
	- Yläpohjan jäykisteristikoiden liitokset voidaan tehdä esimerkiksi tähän tarkoitukseen valmistetuilla teräsosilla ja pulteilla. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas. - Vetotangoissa tulee olla vanttiruuvit, jotta ne voidaan kiristää.
Yläpohjan jäykisteristikon liitoksia	
	- Yläpohjan jäykisteristikoiden liitokset voidaan tehdä esimerkiksi tähän tarkoitukseen valmistetuilla teräsosilla ja pulteilla. - Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.

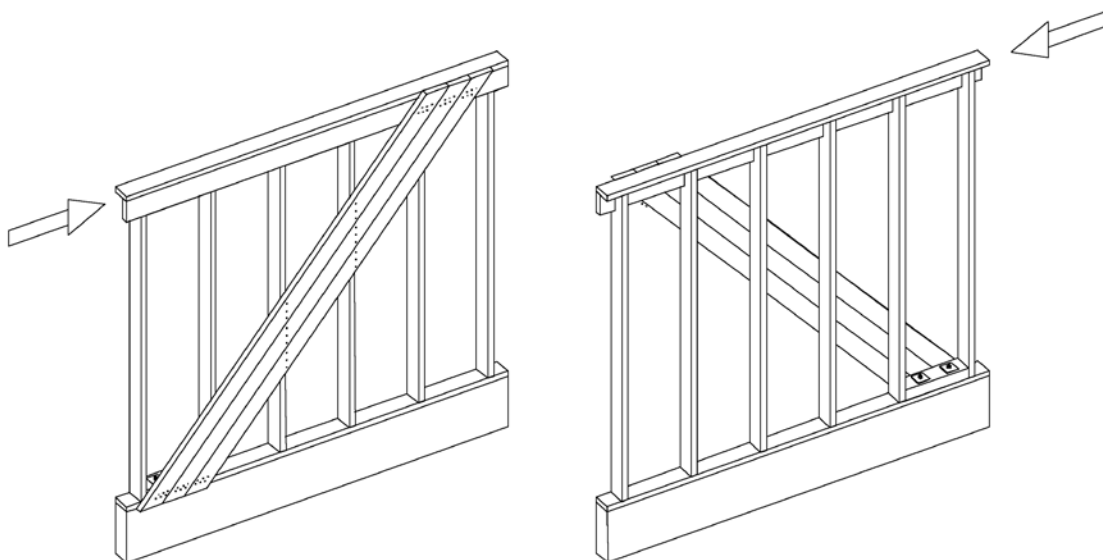
Kuva 42. Runkorakenteiden liitoksia

Seinän jäykisteristikoiden liitoksia



- Seinän vinojäykisteiden liitokset voidaan tehdä esimerkiksi teräslevyillä ja pulteilla.
- Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.

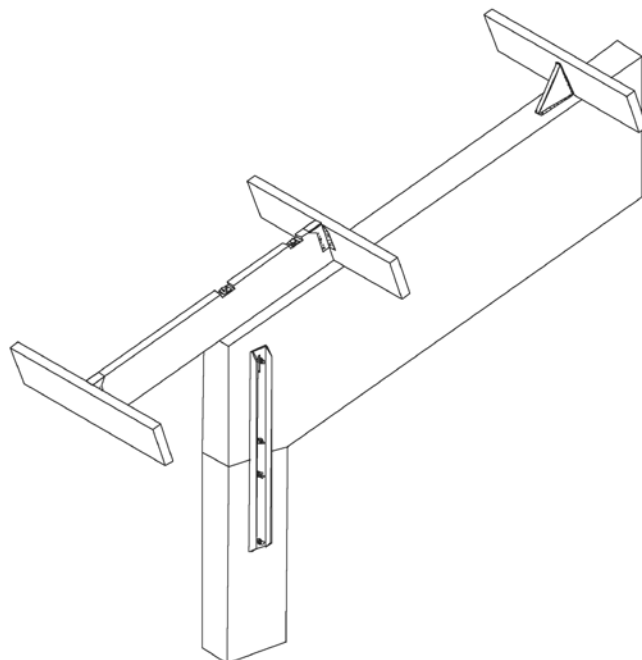
Seinän jäykisteristikoiden liitoksia



- Seinän vinojäykisteiden liitokset voidaan tehdä esimerkiksi naulaamalla.
- Alaohjauspuun liitospinta-alaa voidaan lisätä asentamalla sen päälle soiro.
- Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.

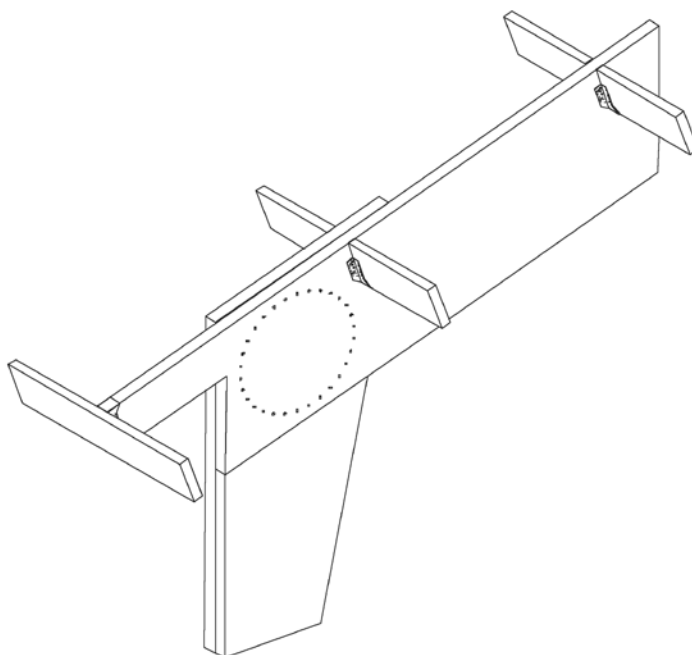
Kuva 43. Runkorakenteiden liitoksia

Kehärakenteen räystään liitokset



- Kehärakenteen räystään liitokset voidaan tehdä kansiruuveilla ja palkkikengillä.
- Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.

Kehärakenteen räystään liitokset

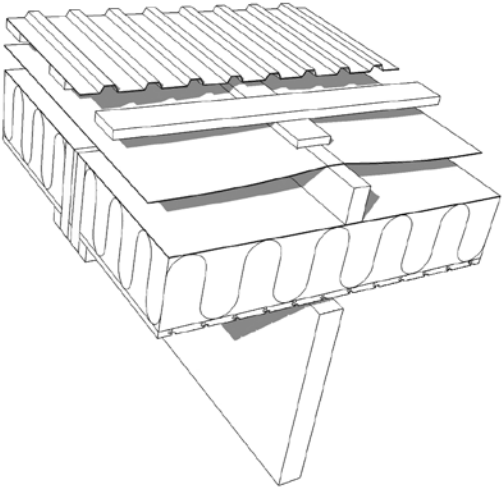
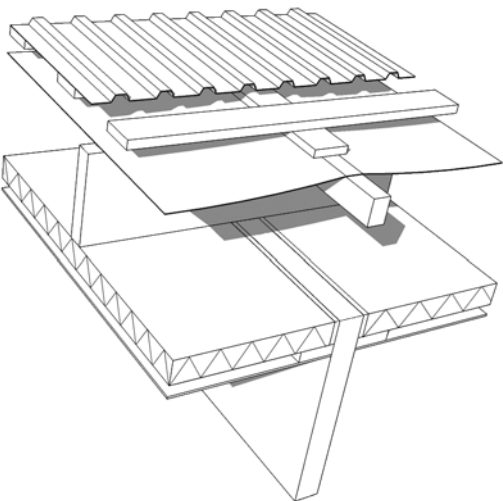
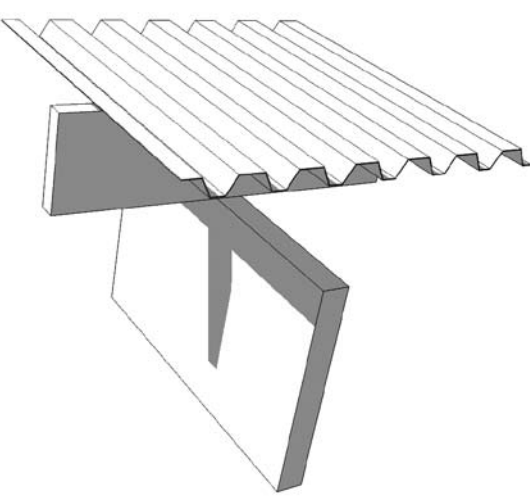


- Räystäskannatin voi olla osa kehää.
- Eläintilassa teräsosien korroosiosuojauksen tulee olla tehokas.

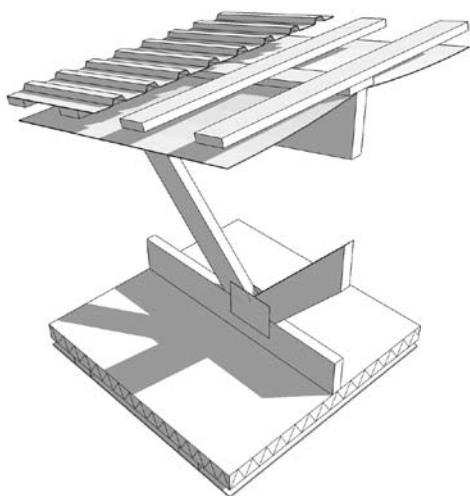
Kuva 44. Runkorakenteiden liitoksia

12. Ulkovaipparakenteet

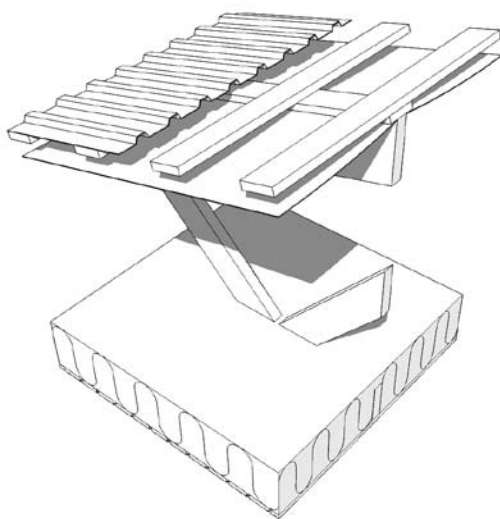
Seuraavissa kuvissa esitetään joitakin yleisesti käytössä olevia ulkovaipparakenteita. Kyseisiä ulkovaipparatkaisuja voidaan soveltaa erilaisiin rakennejärjestelmiin ja niiden rakenneperiaatteita voidaan yhdistellä. Kuvissa esitetään myös ulkovaipparakenteen suunnittelussa huomioitava seikkoja.

1. Kehärunko	
	Lämpöeristetty yläpohja (puuelementti) - Lämmöneristeenä käytetään villa- tai polyuretaanieristettä. - Sekundääriorret sisältyvät elementtiin. - Villaeristeen kanssa ilman- ja höyrynsulkuna tulee käyttää höyrynsulkumuovikalvoa. - Elementin sisäverhous voidaan tehdä ponttilaudoituksella, filmipintavanerilla tai profiilipellillä. (Vastaavanlainen yläpohja voidaan tehdä myös paikalla rakentamalla.)
2. Kehärunko	
	Lämpöeristetty yläpohja - Lämmöneristeenä käytetään alumiinifoliopintaista polyuretaanilevyä, joka kiinnitetään sekundääriorrien alapintaan. - Polyuretaanilevy toimii myös ilman- ja höyrynsulkuna. - Polyuretaanilevyjen saumat tiivistetään polyuretaanivaahdolla. - Sisäverhous kiinnitetään polyuretaanilevyn alapuolella olevaan harvalaudoitukseen. - Sisäverhous voidaan tehdä ponttilaudoituksella, filmipintavanerilla tai profiilipellillä. - Vesikatto ja tuuletusväli tehdään sekundääriorrien päälle normaalisti.
3. Kehärunko	
	Lämpöeristämätön yläpohja - Profiilipeltikatteen alapintaan suositellaan antikondenssinnoitetta. - Mikäli rakenteessa halutaan käyttää aluskatetta, tehdä vesikatteen alusrakenne kuten tapauksessa 2.

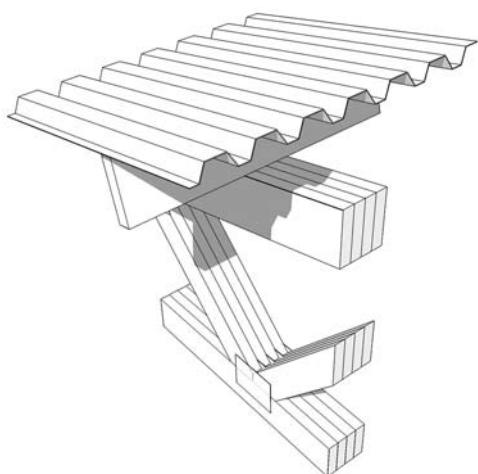
Kuva 45. Yläpohjarakenteita

4. NR-ristikkoyläpohja**Lämpöeristetty yläpohja**

- Lämmöneristeenä käytetään alumiinifoliopintaista polyuretaanilevyä, joka kiinnitetään alapaarteen alapintaan.
- Polyuretaanilevy toimii myös ilman- ja höyrynsulkuna.
- Polyuretaanilevyjen saumat tiivistetään polyuretaanivaahdolla.
- Sisäverhous kiinnitetään polyuretaanilevyn alapuolella olevaan harvalaudoitukseen.
- Sisäverhous voidaan tehdä ponttilaudoituksella, filmipintavanerilla tai profiilipellillä.

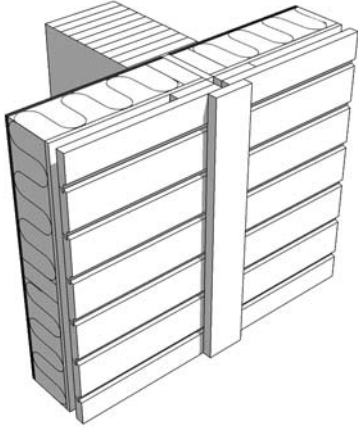
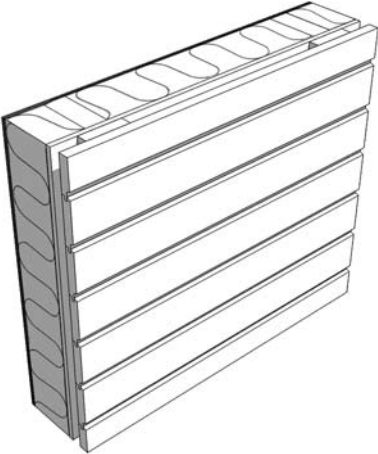
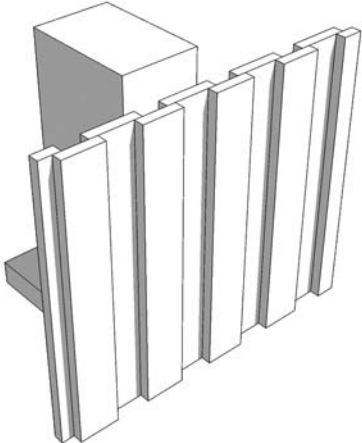
5. NR-ristikkoyläpohja**Lämpöeristetty yläpohja**

- Lämmöneristeenä käytetään puhallettavaa tai levymäistä villaeristettä.
- Ilman- ja höyrynsulkuna tulee käyttää höyrynsulkumuovikalvoa.
- Sisäverhous voidaan tehdä ponttilaudoituksella, filmipintavanerilla tai profiilipellillä.

6. NR-ristikkoyläpohja kehärungossa**Lämpöeristämätön yläpohja**

- Profiilipeltikatteen alapintaan suositellaan antikondenssinnoitetta.
- Mikäli rakenteessa halutaan käyttää aluskatetta, tehdään vesikatteen alusrakenne kuten tapauksessa 2.
- Kaikki ristikot tulee kiinnittää sekundääriorteen ristikoiden sivuttaistuennan takia.

Kuva 46. Yläpohjarakenteita

7. Kehärunko	
	Lämpöeristetty ulkoseinä (puuelementti) - Lämmöneristeenä käytetään levymäistä villaeristettä - Sekundääriorret sisältyvät elementtiin - Ilman- ja höyrynsulkuna tulee käyttää höyrynsulkumuovikalvoa - Elementin sisäverhous voidaan tehdä esimerkiksi filmipintavanerilla (paksuus = 9 mm) (Vastaavanlainen ulkoseinä voidaan tehdä myös paikalla rakentamalla)
8. NR-ristikkoyläpohja	
	Lämpöeristetty kantava ulkoseinä - Lämmöneristeenä käytetään levymäistä villaeristettä tai puukuitueristettä ruiskutettuna. - Ilman- ja höyrynsulkuna tulee käyttää höyrynsulkumuovikalvoa . - Sisäverhous voidaan tehdä esimerkiksi filmipintavanerilla (paksuus = 9 mm).
9. Kehärunko	
	Lämpöeristämätön ulkoseinä - Kehärunkoon kiinnitettyihin vaakaorsiin tehdään ulkoverhous esimerkiksi pystylomalaudoituksella. - Kehien välissä vaakaorret tulee tukea perusmuurista, jotta ne eivät "roiku" ulkoverhouksen painosta johtuen.

Kuva 47. Ulkoseinärakenteita

13. Pienet varastorakennukset

Maataloudessa tarvitaan hyvin paljon erilaisia pieniä varastorakennuksia. Esimerkkejä tällaisista rakennuksista ovat koneiden säilytshallit ja katokset. Tavallisesti tällaisten rakennusten mitat ovat enintään 12 m x 25 m. Pienien varastorakennusten rungot toteutetaan tavallisesti omasta metsästä hankitusta puutavarasta. Joissakin tapauksissa myös kattoristikot toteutetaan omasta puutavarasta naulaliitoksilla.

13.1 Normaalin sahatavaran hyödyntäminen

Pienet varastorakennukset toteutetaan hyvin usein NR-ristikoilla ja kantavilla puurankaseinillä (kuva 48). Tällaisessa rungossa seinän rankajako on tavallisesti 600 – 1200 mm. Seinien kantavuus pystykuormille on hyvä, joten kyseisellä rakennusjärjestelmällä voitaisiin toteuttaa suurempiakin rakennuksia, mutta ongelmaksi tulee rakennuksen stabiliteetti vaakakuormille. Kuvan 48 mukaisen rakennuksen jäykistys toteutetaan tavallisesti levyjäykistyksellä tai vinositeillä. Tällaisten jäykisteiden kapasiteetti kuitenkin rajoittuu tiettyyn rakennuksen mitaan, joten käytännössä jäykistyskapasiteetti sanelee rakennuksen mitat.

Jäykistys voitaisiin toteuttaa myös ulkoseinien viereen asennettavilla mastopilareilla. Tämä kuitenkin johtaa epätaloudelliseen ratkaisuun, koska mastopilarin pystykuorman puuttuessa sen anturasta tulee suuri.

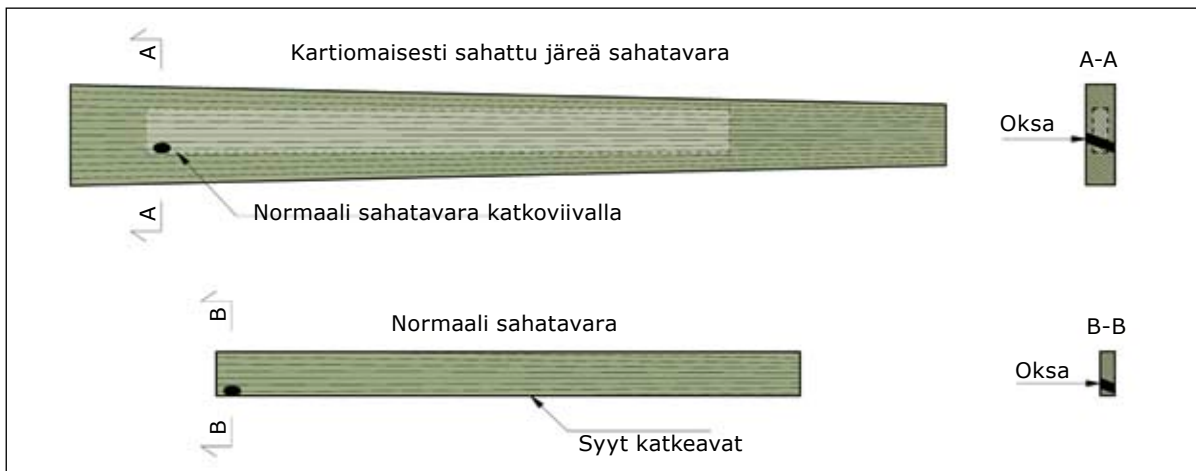


Kuva 48. Pieni varastorakennus sahatavarasta toteutettuna

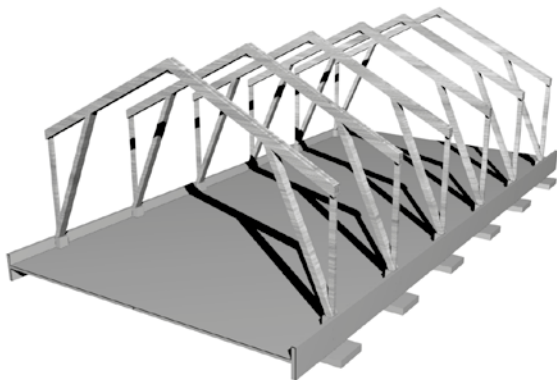
13.2 Järeän sahatavaran hyödyntäminen

Järeä sahatavara on yksi vaihtoehto pienten maatalousrakennusten runkojen toteuttamiseen. Järeällä sahatavaralla tarkoitetaan sahatavaraa, jonka poikkileikkausmitat ovat 75–200 mm x 250–350 mm ja puun pituus 6–10 m. Järeän sahatavaran, varsinkin kartiomaisesti sahatun, lujuus on hyvä. Tämä johtuu siitä, että kartiomaisuudesta johtuen puuaineen syy rakenne on ehyt ja järeyden ansiosta oksien koko suhteessa poikkileikkaukseen on edullinen (kuva 49). Suunnittelussa järeän sahatavaran lujuusarvoina käytetään kuitenkin normaalin sahatavaran lujuusarvoja.

Järeästä sahatavarasta voidaan toteuttaa esimerkiksi kolminivelkehä, jonka jännemitta voi olla 12 m - 15 m ja kehäväli 4 m – 6 m (kuvat 50 ja 51). Kolminivelkehän kehäpalkki voidaan sahata kartion muotoiseksi puun luonnollisen muodon mukaan. Näin ollen palkin korkeus mataltuu harjaa kohti mentäessä ja sen muoto on optimoitu rasiusten mukaisiksi (kuva 52). Kolminivelkehän liitokset toteutetaan kierretankoja ja hammasvaarnoja käyttämällä. Vinotuen liitoksessa voidaan käyttää lisäksi loviliitosta.



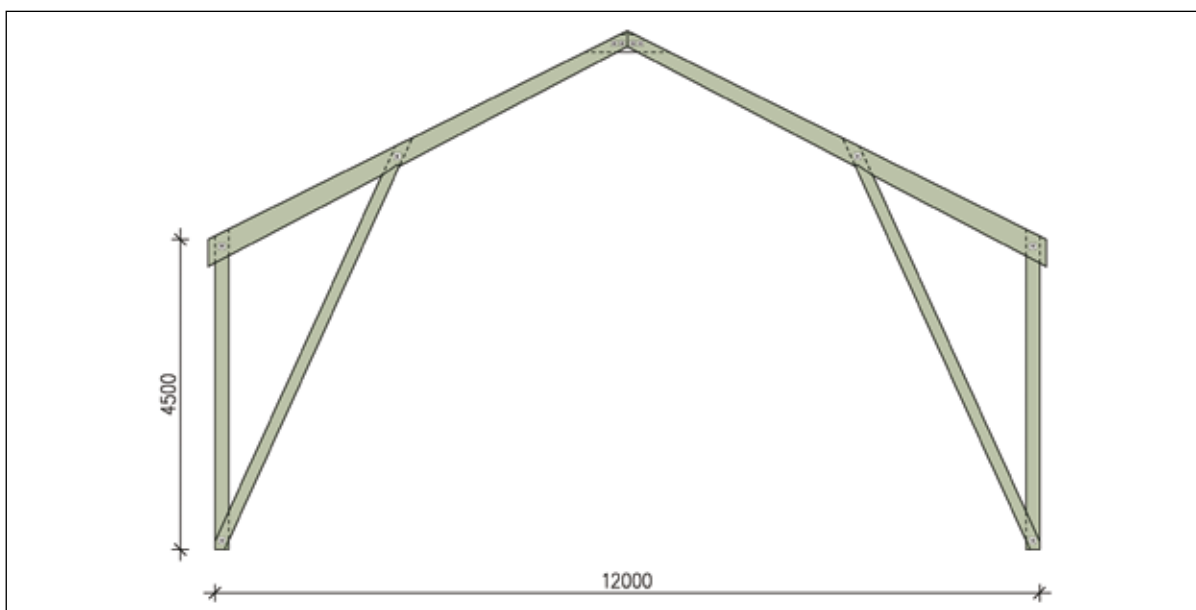
Kuva 49. Järeä ja normaali sahatavara



Kuva 50. Pieni varastorakennus kolminivelkehällä toteutettuna



Kuva 51. Kolminivelkehä järeästä sahatavarasta



Kuva 52. Kolminivelkehä, jossa kartiomaisesti sahattu kehäpalkki

14. Pyöreän puun käyttö maatalousrakentamisessa

Järeän puutavaran ei aina tarvitse olla sahatua vaan se voi olla myös pyöreää pylväspuutavaraa. Pyöreästä puusta voidaan toteuttaa yksinkertaisia ja edullisia eläintiloja ja varastorakennuksia. Paineekyllästetyn puupylvään on todettu säilyvän myös peruspilarina kymmeniä vuosia, joka on riittävä aikajänne maatalousrakennukselle.

Pyöreää puuta hyödyntämällä voidaan toteuttaa myös näyttäviä konstruktioita, kuten kuvan 53 mukainen vetotankokannatin, jota voidaan käyttää esimerkiksi pienen ratsastusmaneesin runkona.

Pyöreän puun käytöstä maatalousrakennuksissa on tehty tutkimuksia ja ohjejulkaisuja. Nämä julkaisut on koottu tämän kirjan lopussa olevaan julkaisuluetteloon.

14.1 Pyöreän puun lujuus

Pyöreän puun edut sahatavaraan verrattuna ovat sen pituus ja lujuus. Pyöreän puun parempi lujuus johtuu siitä, että sen syyrakenne on ehjä ja oksat ovat edullisessa suunnassa rasiustilaan nähden. Tämä johtuu siitä, että puu on jo luonnossa muovautunut sellaiseksi, että se pystyy ottamaan vastaan siihen kohdistuvat taivutus- ja puristusrasitukset.

Vertailun vuoksi taulukossa 5 on esitetty pyöreän puun lujuuksia sahatavaraan verrattuna. Taulukosta 5 havaitaan, että pyöreän sorvaamattoman puun sallittu taivutuslujuus on noin kolminkertainen sahattuun puuhun verrattuna.



Kuva 53. Ratsastusmaneesi pyöreästä puusta

Pyöreällä puulla on myös parempi kapasiteetti aksiaaliuormille. Tämä johtuu siitä, että puun virheiden aiheuttama ”sisäinen” epäkeskisyys jää pienemmäksi.

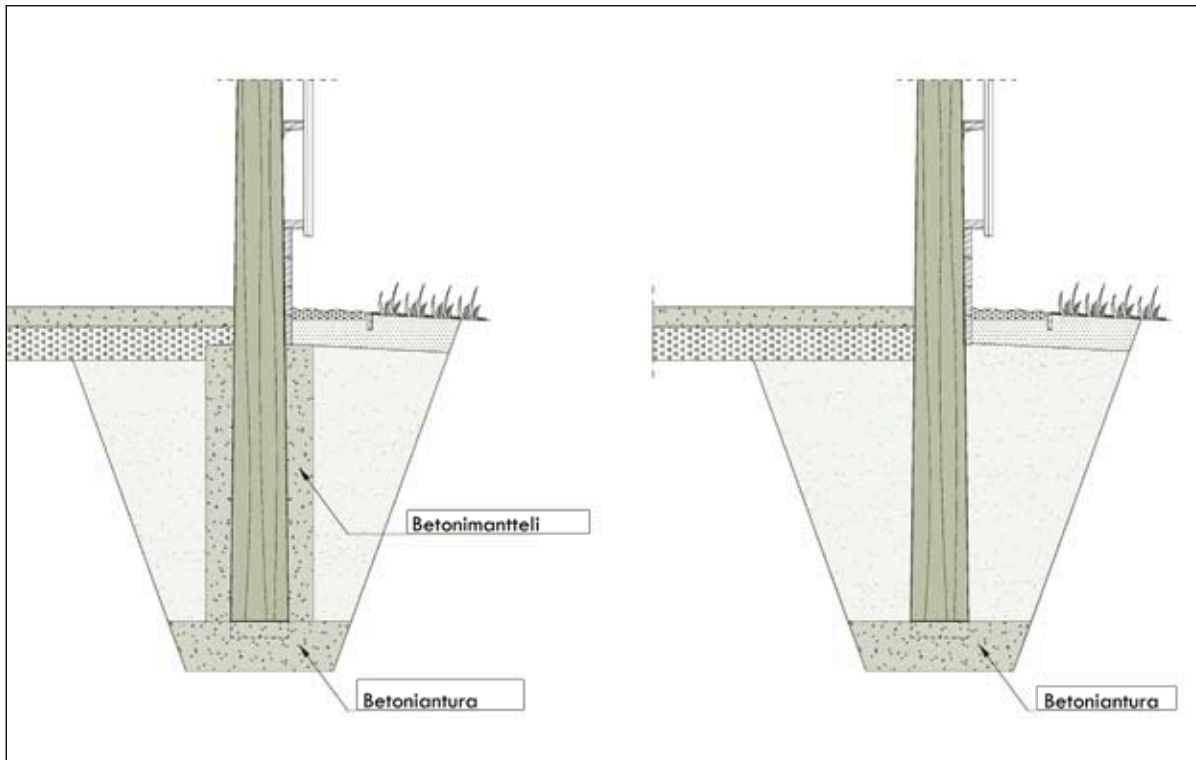
Suomalaisen pyöreän puutavaran lujuusluokaksi voidaan olettaa C30. Tätä tulkintaa saadaan noudattaa siihen saakka kunnes lujuuslajitellun pyöreän puutavaran tuotestandardi EN 14544 astuu voimaan (Ympäristöministeriön tiedote 1.11.2007).

14.2 Pylväsperustukset

Pylväsrunkoiset rakennukset perustetaan tavallisesti siten, että pylväät upotetaan sähköpylväiden tapaan maahan. Maahan upotettujen pylväiden käyttö mahdollistaa rakennuksen jäykistämisen suhteellisen helposti, koska pylväät voidaan upottaa maahan siten, että ne toimivat mastopilareina. Mastopilarina toimiva pylväs voidaan asentaa maahan kahdella erilaisella tavalla (kuva 54). Tarvittaessa rakennuksen perusmuuri voidaan toteuttaa betonin sijaan lankuista.

Rasitus	Pyöreä puu (sorvaamaton)	Pyöreä puu (sorvattu)	Sahattu puu
Taivutus (σ_{sall})	15,7 N/mm ²	13,4 N/mm ²	5,3 N/mm ²
Veto syyn suunnassa (σ_{sall})	12,6 N/mm ²	10,7 N/mm ²	3,2 N/mm ²
Puristus syyn suunnassa (σ_{sall})	9,7 N/mm ²	8,9 N/mm ²	6,3 N/mm ²

Taulukko 5. Puun muodon vaikutus lujuuteen. /4/



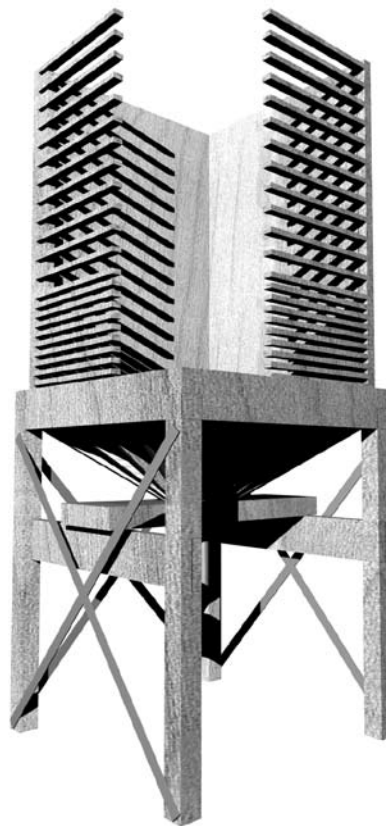
Kuva 54. Pylväsperustuksen toteuttamisperiaatteet

15. Puurakenteiset siilot

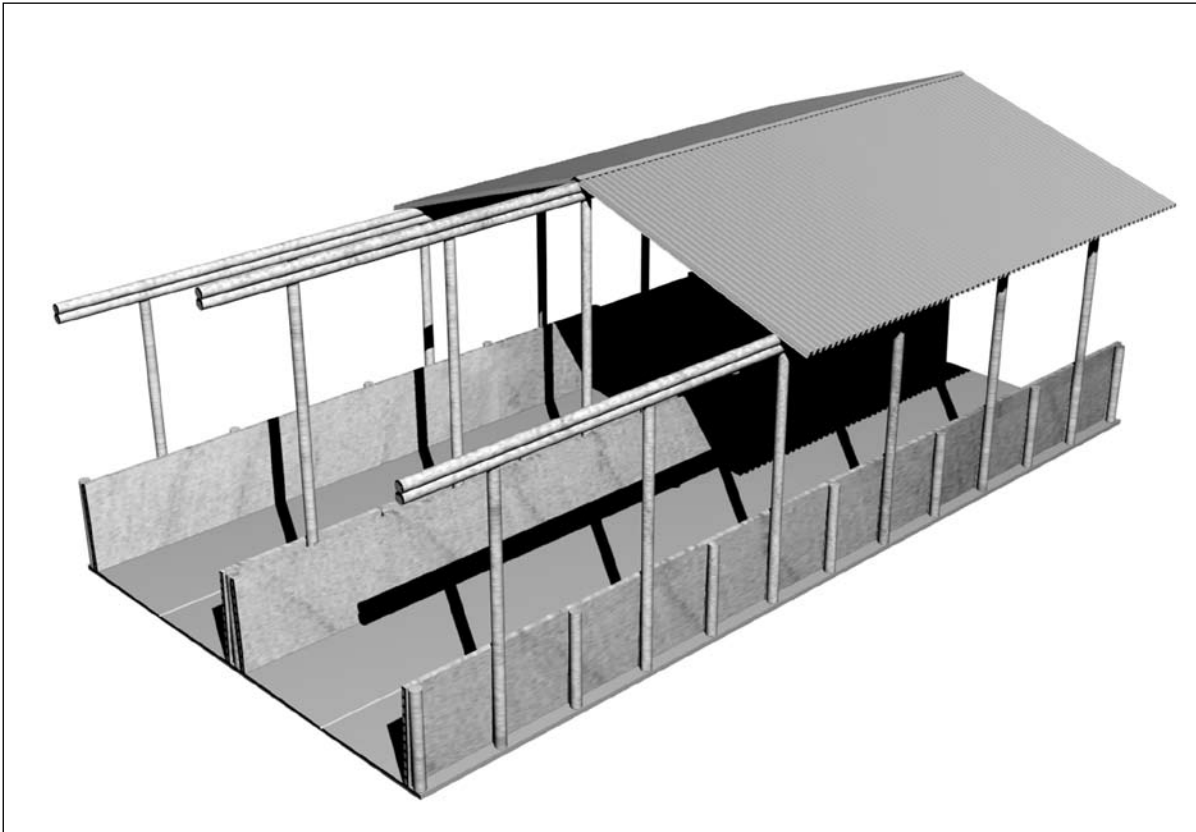
Maataloudessa tarvitaan myös erilaisia siiloja rehujen ja viljan varastointiin. Siiloja voidaan toteuttaa järeästä sahatavarasta ja hyödyntämällä pyöreitä puupylväitä.

15.1 Viljasiilo järeästä sahatavarasta

Normaalista ja järeästä sahatavarasta voidaan toteuttaa omilla jaloillaan seisova siilo kuvan 55 periaatteilla. Siilon runko toteutetaan järeästä sahatavarasta ja sisäverhoiluna käytetään esimerkiksi vaneria. Siilon seinät toteutetaan latomalla soiroja päällekkäin kuten tulitikkutalo. Soirojen väliä voidaan harventaa ylöspäin mentäessä, koska seinään kohdistuva paine pienenee.



Kuva 55. Viljasiilo sahatavarasta



Kuva 56. Tuorerehun laakasiilo, jossa hyödynnetty pyöreitä pylväitä

15.2 Tuorerehun laakasiilo

Hyödyntämällä pyöreitä pylväitä ja järeitä lankkuja, voidaan toteuttaa kuvan 56 mukainen tuorerehun laakasiilo. Pylväät muodostavat samalla rakennuksen rungon, joka on jäykistetty mastoina toimivilla pylväillä. Yläpohja voidaan toteuttaa esimerkiksi itsekantavalla profiilipellillä.

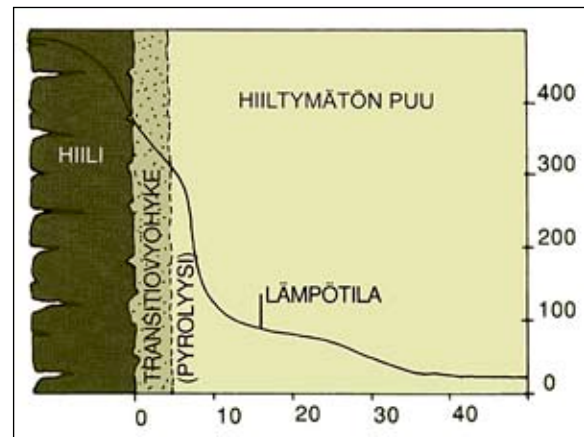
16. Palotekniikka

16.1 Maatalousrakennusten palotekninen suunnittelu

Maatalousrakennusten paloteknisessä suunnittelussa noudatetaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman E-osien määräyksiä ja ohjeita. Tämän lisäksi maa- ja metsätalousministeriöllä on omia paloteknisiä säädöksiä koskien rakennuksia, joihin haetaan investointitukea.

16.2 Palotekninen mitoitus

Ensisijainen puurakenteiden palomitoitusmenetelmä on hiiltymämitoitus, jossa puupinta hiiltyy palolle alttiina olevilta sivuiltaan ja rakenteen palotilanteen aikainen kantavuus määritetään rakenneosan hiiltymättä jääneen jäännöspoikkileikkauksen mukaan. Tarvittaessa rakenneosan poikkileikkausmittoja voidaan kasvattaa palotilanteen varalle. Tämä tulee esille tavallisesti rakennuksen keskellä olevissa pilareissa, jotka palotilanteessa pääsevät hiiltymään kaikilta sivuiltaan.



Kuva 57. Puun palaminen ja lämpötilat.

Toinen vaihtoehto on suojata puurakennetta levymäisellä rakenneosalla, joka suojaa kantavaa puurakennetta koko vaaditun palonkestoajan tai osan siitä. Osittaisessa suojauksessa levymäisen rakenneosan suojavaikutuksen loputtua puurakenteen annetaan hiiltä ja kantavuus määritetään jäännöspoikkileikkauksen mukaan. Suojaavan rakenneosan palonkesto-aikaa ja suojattavan puurakenteen hiiltymisaikaa ei kuitenkaan voida suoraan laskea yhteen. Tämä johtuu siitä, että suojattava puurakenne on lämmennyt suojaavan rakenneosan takana, jolloin esimerkiksi puurakenteen hiiltymisnopeus on normaalia suurempi.

Puurakenteiden paloteknistä mitoitus on käsitelty oppaassa RIL 205-2-2007. Kyseisen oppaan mitoitusmenetelmät perustuvat Eurokoodeihin.

Palomitoitusesimerkki 1

Palomitoitetaan yläpohjan pääkannatin. Palonkestovaatimus on 60 minuuttia ja pääkannatin on liimapuuta. Laskelmat esitetään ainoastaan yhdelle kuormitusyhdistelmälle. Mitoitus tehdään Eurokoodi 5:n mukaan ja laskelmassa olevat viittaukset tarkoittavat ohjetta RIL 205-2-2007 ellei toisin ole mainittu.

1.0 PALKIN MATERIAALIOMINAISUUDET NORMAALILÄMPÖTILASSA

Liimapuu GL32c (taulukko 3.4) vastaa lujuusluokkaa L40
 $f_{m,k} = 32 \text{ N/mm}^2$ taivutuslujuus

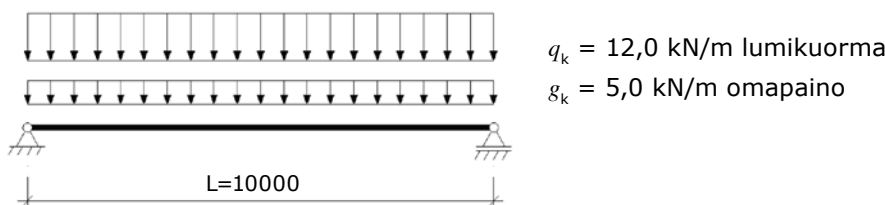
1.1 PALKIN MATERIAALIOMINAISUUDET PALOTILANTEESSA

$k_{fi} = 1,15$ (taulukko 2.1)

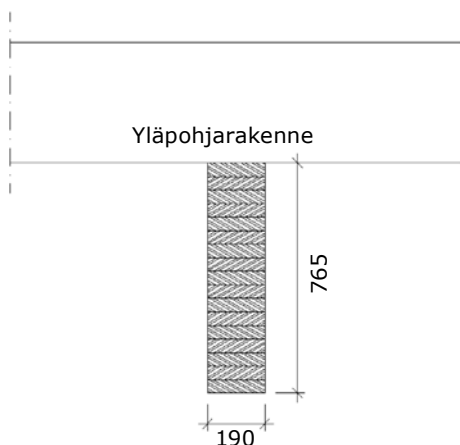
Taivutuslujuuden 20 % fraktiili

$$f_{m,20} = k_{fi} \cdot f_{m,k} = 1,15 \cdot 32 \quad (\text{kaava 2.4}) \quad f_{m,20} = 36,8 \text{ N/mm}^2$$

1.2 PALKIN KUORMAT NORMAALILÄMPÖTILASSA



1.3 PALKIN POIKKILEIKKAUS NORMAALILÄMPÖTILASSA



$b = 190 \text{ mm}$ leveys
 $h = 765 \text{ mm}$ korkeus

Kuvan yläpohjarakenne on vain viitteellinen, koska tässä esimerkissä keskitytään palkin palomitoittamiseen. Tässä esimerkissä oletetaan, että yläpohjarakenne suojaa palkin yhtä sivua, jolloin palkki on palolle alttiina kolmelta sivulta. Yläpohjarakenteen suojausvaikutuksen säilyminen koko palorasituksen ajan tulee tarkastaa erikseen.

1.4 PALKIN KUORMAT PALOTILANTEESSA

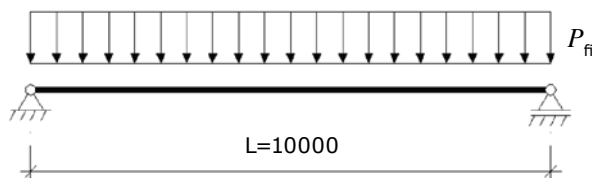
Tässä tapauksessa tarkasteltava palotilanteen kuormitusyhdistelmä

$$G_{kj}(\text{omapaino}) + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}(\text{lumi}) \quad (\text{RIL 205-1-2007 kaava 2.1.4.S})$$

Palkin kuorma palotilanteessa

$$\psi_{1,1} = 0,4 \quad (\text{RIL 205-1-2007 taulukko 2.2, } s_k < 2,75 \text{ kN/m}^2)$$

$$p_{fi} = 5,0 \text{ kN/m} + 0,4 \cdot 12,0 \text{ kN/m} \quad p_{fi} = 9,8 \text{ kN/m}$$



1.5 NIMELLINEN HIILTYMISSYVYYS

Kysymyksessä on suorakaidepoikkileikkaus, joka on palolle alttiina useammalta sivulta. Näin ollen hiiltemissyvyyden laskemiseen käytetään nimellistä hiiltemisnopeutta. Nimellinen hiiltemisnopeus sisältää kulmapyöristysten ja halkeamien vaikutuksen.

$$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min} \quad \text{nimellinen hiiltemisnopeus (taulukko 3.2)}$$

$$t = 60 \text{ min} \quad \text{palorasituksen kesto}$$

Hiiltemissyvyyden mitoitusarvo

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t \quad (\text{kaava 3.2})$$

$$d_{char,n} = 0,7 \cdot 60$$

$$d_{char,n} = 42 \text{ mm}$$

1.6 TEHOLLINEN HIILTYMISSYVYYS

$$k_0 = 1,0 \quad (\text{taulukko 4.1})$$

$$d_0 = 7 \text{ mm} \quad (\text{kohta 4.2.2})$$

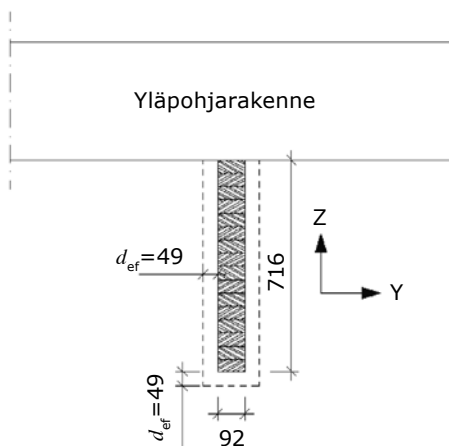
Tehollinen hiiltemissyvyys

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 \quad (\text{kaava 4.1})$$

$$d_{ef} = 42 + 1,0 \cdot 7$$

$$d_{ef} = 49 \text{ mm}$$

1.7 PALKIN TEHOLLINEN POIKKILEIKKAUS



Palkki hiiltyy kolmelta sivulta, koska yläpohjarakenteen oletetaan suojaavan palkin yhtä sivua.

1.8 TAIVUTUSKESTÄVYYS PALOTILANTEESSA

Laskelmassa oletetaan, että yläpohjarakenne estää palkin kiepahtamisen myös palotilanteessa. Kiepahdustuennan säilyminen palotilanteessa tulee tarkastaa erikseen.

Maksimi taivutusmomentti

$$M_{fi} = \frac{P_{fi} \cdot L^2}{8} = \frac{9,8 \cdot 10^2}{8}$$

$$M_{fi} = 122,5 \text{ kNm}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m,y,d,60} = \frac{6 \cdot M_{fi}}{b_{60} \cdot h_{60}^2} = \frac{6 \cdot 122,5 \cdot 10^6}{92 \cdot 716^2}$$

$$\sigma_{m,y,d,60} = 15,6 \text{ N/mm}^2$$

Taivutuslujuus

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

puun osavarmuusluku palotilanteessa (luku 2.3)

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

(kohta 4.2.2)

$$f_{md,fi} = \frac{f_{m,20} \cdot k_{mod,fi}}{\gamma_{M,fi}} = \frac{36,8 \cdot 1,0}{1,0}$$

$$f_{md,fi} = 36,8 \text{ N/mm}^2$$

Ehto taivutusjännitykselle

$$\sigma_{m,y,d,60} \leq f_{md,fi} \Rightarrow 15,6 \text{ N/mm}^2 < 36,8 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{kaava 2.7})$$

Käyttöaste 43 %

OK kestää

1.9 LEIKKAUSKESTÄVYYS

Leikkauskestävyyttä ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa.

2.0 TUKIPAINKESTÄVYYS

Tukipainekestävyyttä ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa.

2.1 TAIPUMA

Taipumaa ei tarvitse tässä tapauksessa tarkastaa, koska kyseisessä yläpohjassa ei ole palosuojasta eikä osastoivia rakenneosia, joiden toimintaa palkin muodonmuutos saattaisi heikentää.

ESIMERKIN TULOSTEN TARKASTELU

Liimapuupalkki GL32c 190x765 on sellaisenaan riittävä kantamaan palotilanteen kuormat 60 minuutin ajan, joten palkin poikkileikkausta ei tarvitse suurentaa palotilanteen kantavuuden takia.

Palomitoitusesimerkki 2

Palomitoitetaan rakennuksen sisällä oleva pilari. Palonkestovaatimus on 60 minuuttia ja pilari on liimapuuta. Laskelmat esitetään ainoastaan yhdelle kuormitusyhdistelmälle. Mitoitus tehdään Eurokoodi 5:n mukaan ja laskelmassa olevat viittaukset tarkoittavat ohjetta RIL 205-2-2007 ellei toisin ole mainittu.

1.0 PILARIN MATERIAALIOMINAISUUDET NORMAALILÄMPÖTILASSA

Liimapuu GL32c	(taulukko 3.4) vastaa lujuusluokkaa L40
$f_{c,0,k} = 26,5 \text{ N/mm}^2$	puristuslujuus syysuuntaan
$f_{m,k} = 32 \text{ N/mm}^2$	taivutuslujuus
$E_{0,05} = 11100$	kimmomoduuli

1.1 PILARIN MATERIAALIOMINAISUUDET PALOTILANTEESSA

$k_{fi} = 1,15$ (taulukko 2.1)

Puristuslujuuden 20 % fraktiili

$$f_{c,20} = k_{fi} \cdot f_{c,0,k} = 1,15 \cdot 26,5 \quad (\text{kaava 2.4}) \quad f_{c,20} = 30,5 \text{ N/mm}^2$$

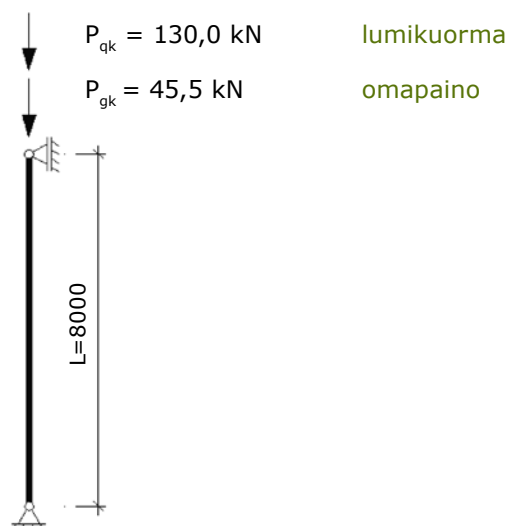
Taivutuslujuuden 20 % fraktiili

$$f_{m,20} = k_{fi} \cdot f_{m,k} = 1,15 \cdot 32 \quad (\text{kaava 2.4}) \quad f_{m,20} = 36,8 \text{ N/mm}^2$$

Kimmomoduulin 20 % fraktiili

$$S_{20} = k_{fi} \cdot S_{05} = 1,15 \cdot 11100 \quad (\text{taulukko 2.5}) \quad S_{20} = 12765 \text{ N/mm}^2$$

1.2 PILARIN KUORMAT NORMAALILÄMPÖTILASSA



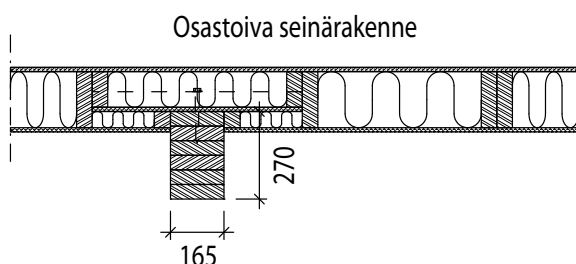
1.3 PILARIN POIKKILEIKKAUS NORMAALILÄMPÖTILASSA

$b=165 \text{ mm}$

leveys

$h=270 \text{ mm}$

korkeus



Kuvan osastoiva seinärakenne on vain viitteellinen, koska tässä esimerkissä keskitytään pilarin palomitoittamiseen. Pileri on kiinnitetty osastoivaan seinään ja osastoiva seinärakenne suojaa pilarin yhtä sivua, jolloin pileri on palolle alttiina kolmelta sivulta. Seinärakenteen suojausvaikutuksen säilyminen koko palorasituksen ajan tulee tarkastaa erikseen. Tämän esimerkin kaltaisissa tapauksissa, joissa osastoiva seinä on yli 4 m korkea, tulee kiinnittää erityistä huomiota osastoivan seinän runkorakenteen kestävytyteen palon aikana.

1.4 PILARIN KUORMAT PALOTILANTEESSA

Tässä tapauksessa tarkasteltava palotilanteen kuormitusyhdistelmä

$$G_{kj}(\text{omapaino}) + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}(\text{lumi}) \quad (\text{RIL 205-1-2007 kaava 2.1.4.S})$$

Pilarin kuorma palotilanteessa

$$\psi_{1,1} = 0,4 \quad (\text{RIL 205-1-2007 taulukko 2.2, } s_k < 2,75 \text{ kN/m}^2)$$

$$P_{fi} = 45,5 \text{ kN} + 0,4 \cdot 130,0 \text{ kN}$$

$$P_{fi} = 97,5 \text{ kN}$$

Mitoituksessa palonaikaista kuormitusta ei muuteta, vaikka esimerkiksi osa kuormasta saattaa palaa.



1.5 NIMELLINEN HIILTUMISSYVYYS

Kysymyksessä on suorakaidepoikkileikkaus, joka on palolle alttiina useammalta sivulta. Näin ollen hiilten syvyyden laskemiseen käytetään nimellistä hiiltymisnopeutta. Nimellinen hiiltymisnopeus sisältää kulmapiöröistysten ja halkeamien vaikutuksen.

$$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$$

nimellinen hiiltymisnopeus (taulukko 3.2)

$$t = 60 \text{ min}$$

palorasituksen kesto

Hiilten syvyyden mitoitusarvo

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t \quad (\text{kaava 3.2})$$

$$d_{char,n} = 0,7 \cdot 60$$

$$d_{char,n} = 42 \text{ mm}$$

1.6 TEHOLLINEN HIILTYMISSYVYYS

$$k_0 = 1,0 \quad (\text{taulukko 4.1})$$

$$d_0 = 7 \text{ mm} \quad (\text{kohta 4.2.2})$$

Tehollinen hiiltymissyvyys

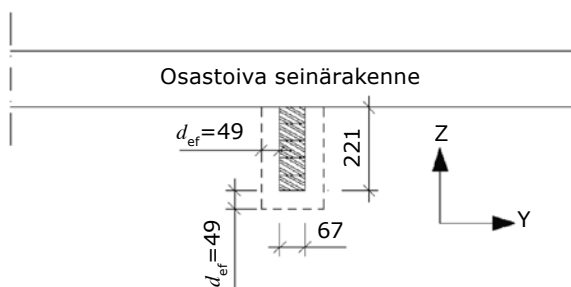
$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 \quad (\text{kaava 4.1})$$

$$d_{ef} = 42 + 1,0 \cdot 7$$

$$d_{ef} = 49 \text{ mm}$$

1.7 PILARIN TEHOLLINEN POIKKILEIKKAUS

Pilari hiiltäytyy kolmelta sivulta, koska osastoivan seinärakenteen oletetaan suojaavan pilarin yhtä sivua. Z-suunnan epäsymmetrinen hiiltymisen aiheuttaa sen, että pilarin keskeinen kuorma muuttuu hiiltymisen edetessä epäkeskeiseksi aiheuttaen pilariin taivutusmomentin.



1.8 NURJAHDUSKESTÄVYYS PALOTILANTEESSA (z-suuntaan)

Laskelmassa oletetaan, että osastoiva seinärakenne estää Y-suunnan nurjahduksen myös palotilanteessa. Nurjahdustuennan säilyminen palotilanteessa tulee tarkastaa erikseen. Pilari on päistään nivelellisesti kiinnitetty, joten nurjahduspituus on sama kuin pilarin pituus.

Maksimi normaalivoima

$$N_{fi} = 97,5 \text{ kN}$$

Maksimi taivutusmomentti

$$M_{fi,60} = e_{60} \cdot N_{fi} = \frac{d_{ef}}{2} \cdot N_{fi} \quad (\text{kuorman epäkeskisyys palotilanteessa})$$

$$M_{fi,60} = \frac{0,049}{2} \cdot 97,5$$

$$M_{fi,60} = 2,39 \text{ kNm}$$

Laskelmissa käytetään alaindeksiä 60 osoittamaan, että ominaisuus vastaa 60 min palorasituksen aikaista arvoa.

Hoikkuusluku

$$L_{c,z} = 1,0 \cdot L = 1,0 \cdot 8000 \quad (\text{RIL 205-1-2007 taulukko 6.1}) \quad L_{c,z} = 8000 \text{ mm}$$

$$A_{60} = b_{60} \cdot h_{60} = 67 \cdot 221 \quad \text{tehollisen poikkileikkauksen pinta-ala} \quad A_{60} = 14807 \text{ mm}^2$$

$$I_{y,60} = \frac{b_{60} \cdot h_{60}^3}{12} = \frac{67 \cdot 221^3}{12} \quad I_{y,60} = 60,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_{y,60} = \sqrt{\frac{I_{y,60}}{A_{60}}} = \sqrt{\frac{60,3 \cdot 10^6}{14807}} \quad i_{y,60} = 63,8 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y,60} = \frac{L_{c,z}}{i_{y,60}} = \frac{8000}{63,8} \quad (\text{RIL 205-1-2007 kaava 6.20.2S}) \quad \lambda_{y,60} = 126$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel,y,60} = \frac{\lambda_{y,60}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{126}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26,5}{11100}} \quad \lambda_{rel,y,60} = 1,96$$

 k_y -kerroin

$$\beta_c = 0,1 \quad \text{alkukäyrydestä riippuva kerroin liimapuulle (kaava 6.29)}$$

$$k_{y,60} = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y,60} - 0,3) + \lambda_{rel,y,60}^2) \quad (\text{RIL 205-1-2007 kaava 6.27})$$

$$k_{y,60} = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,96 - 0,3) + 1,96^2) \quad k_{y,60} = 2,5$$

Nurjahduskerroin $k_{c,y}$

$$k_{c,y,60} = \frac{1}{k_{y,60} + \sqrt{k_{y,60}^2 - \lambda_{rel,y,60}^2}} \leq 1 \quad (\text{RIL 205-1-2007 kaava 6.25})$$

$$k_{c,y,60} = \frac{1}{2,5 + \sqrt{2,5^2 - 1,96^2}} \quad k_{c,y,60} = 0,25$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c,0,d,60} = \frac{N_{fi}}{A_{60}} = \frac{97500}{14807}$$

$$\sigma_{c,0,d,60} = 6,58 \text{ N/mm}^2$$

Puristuslujuus

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

puun osavarmuusluku palotilanteessa (luku 2.3)
(kohta 4.2.2)

$$f_{c,0,d,fi} = \frac{f_{c,20} \cdot k_{mod,fi}}{\gamma_{M,fi}} = \frac{30,5 \cdot 1,0}{1,0}$$

$$f_{c,0,d,fi} = 30,5 \text{ N/mm}^2$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m,y,d,60} = \frac{6 \cdot M_{fi,60}}{b_{60} \cdot h_{60}^2} = \frac{6 \cdot 2,39 \cdot 10^6}{67 \cdot 221^2}$$

$$\sigma_{m,y,d,60} = 4,38 \text{ N/mm}^2$$

Taivutuslujuus

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

puun osavarmuusluku palotilanteessa (luku 2.3)
(kohta 4.2.2)

$$f_{m,y,d,fi} = \frac{f_{m,20} \cdot k_{mod,fi}}{\gamma_{M,fi}} = \frac{36,8 \cdot 1,0}{1,0}$$

$$f_{m,y,d,fi} = 36,8 \text{ N/mm}^2$$

Puristusjännityksen ja taivutusjännityksen yhteisvaikutus

$$\frac{\sigma_{c,0,d,60}}{k_{c,y,60} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,60}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

(RIL 205-1-2007 kaava 6.23)

$$\frac{6,58}{0,25 \cdot 30,5} + \frac{4,38}{36,8} \leq 1$$

Käyttöaste 98 %

OK kestää

1.9 KIEPAHDUSKESTÄVYYS

Laskelmassa oletetaan, että osastoiva seinärakenne estää pilaria nurjahtamasta sen heikommassa suunnassa. Seinärakenne ei kuitenkaan estä pilarin sisäreunaa kiepahtamasta, koska seinärakenne on taivutetun rakenteen (pilarin) "vetopuolella".

Kiepahdustuentaväli

$$a = 8000 \text{ mm} \quad \text{pilarin pituus}$$

Sivusuunnassa tukemattoman pilarin tehollinen jänneväli

Pilarissa on vakiomomentti koko pilarin matkalla.

$$\frac{\ell_{ef} + 2 \cdot h_{60}}{\ell} = 1,0 \quad \Rightarrow \quad \ell_{ef} = 1,0 \cdot \ell - 2 \cdot h_{60} = 1,0 \cdot 8000 - 2 \cdot 221 \quad (\text{RIL 205-1-2007 taulukko 6.3})$$

$$\ell_{ef} = 7558 \text{ mm}$$

Suorakaidepilarin kriittinen taivutusjännitys

$$c = 0,71 \quad (\text{liimapuulle GL32c})$$

$$\sigma_{m,crit,60} = \frac{c \cdot b_{60}^2}{h_{60} \cdot \ell_{ef}} \cdot E_{0,05} \quad (\text{RIL 205-1-2007 kaava 6.31.1S})$$

$$\sigma_{m,crit,60} = \frac{0,71 \cdot 67^2}{221 \cdot 7558} \cdot 11100 \quad \sigma_{m,crit,60} = 21,2 \text{ N / mm}^2$$

Suhteellinen hoikkuus

$$\lambda_{rel,m,60} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,60}}} = \sqrt{\frac{32,0}{21,2}} \quad (\text{RIL 205-1-2007 kaava 6.30}) \quad \lambda_{rel,m,60} = 1,23$$

k_{crit} -kerroin

$$k_{crit,60} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m,60} \quad \text{kun} \quad 0,75 < \lambda_{rel,m,60} \leq 1,4 \quad (\text{RIL 205-1-2007 kaava 6.34})$$

$$k_{crit,60} = 1,56 - 0,75 \cdot 1,23 \quad k_{crit,60} = 0,64$$

Ehto kiepahduskestävyydelle

$$\sigma_{m,y,d,60} \leq k_{crit,60} \cdot f_{m,y,d,fi} \Rightarrow 4,38 \text{ N/mm}^2 < 0,64 \cdot 36,8 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{RIL 205-1-2007 kaava 6.33})$$

Käyttöaste 19 %

OK kestää

Koska pilaria rasittaa sekä puristusvoima että taivutusmomentti, tarkistetaan seuraava ehto:

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d,60}}{k_{crit,60} \cdot f_{m,y,d,fi}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d,60}}{k_{c,z,60} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1 \quad (\text{RIL 205-1-2007 kaava 6.33})$$

$k_{c,z,60} = 1$, koska nurjahdus Y-suuntaan on estetty.

$$\left(\frac{4,38}{0,64 \cdot 36,8} \right)^2 + \frac{6,58}{1,0 \cdot 30,5} < 1$$

Käyttöaste 25 %

OK kestää

2.0 LEIKKAUSKESTÄVYYS

Leikkauskestävyyttä ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa.

2.1 TUKIPAINKESTÄVYYS

Tukipainekestävyyttä ei tarvitse tarkastaa palotilanteessa.

2.2 TAIPUMA

Pilaria rasittaa kuorman epäkeskisyydestä aiheutuva taivutusmomentti, joka aiheuttaa pilariin taipuman. Pilari on kiinnitetty osastoivaan seinään, jolloin pilarin taipuma taivuttaa seinärakennetta palotilanteessa. Näin ollen tulee tarkastaa, ettei pilarin taipuma riko osastoivaa seinää.

Kimmoeroin palotilanteessa

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

puun osavarmuusluku palotilanteessa (luku 2.3)
(kohta 4.2.2)

$$S_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{S_{20}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot \frac{12765}{1,0}$$

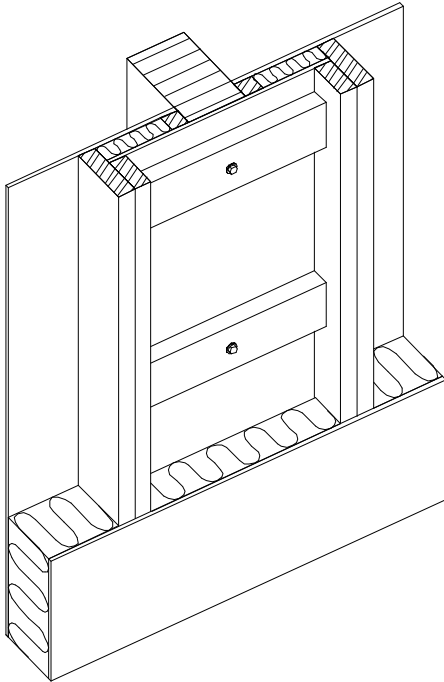
(kaava 2.2)

$$S_{d,fi} = 12765 \text{ N/mm}^2$$

Vakiomomentin aiheuttama taipuma

$$w = \frac{M_{fi,60} \cdot L^2}{16 \cdot S_{d,fi} \cdot I_{y,60}} = \frac{2,39 \cdot 10^6 \cdot 8000^2}{16 \cdot 12765 \cdot 60,3 \cdot 10^6} \quad w \approx 13,0 \text{ mm}$$

Taipuman vaikutuksen arviointi



Oletetaan, että tässä tapauksessa osastoiva seinä on molemmiin puolin kipsilevyillä verhoiltu tolpparunkoinen seinä ja liimapuupilari on kiinnitetty kansiruuveilla 600 mm:n välein osastoivan seinän tolppiin lovettuihin soiroihin viereisen kuvan mukaisesti. Osastoiva seinä on 8 m korkea, joten voidaan olettaa, että 13 mm:n taipuma ei vaikuta seinän toimintaan palotilanteessa. Käytännössä seinän taipuma on pienempi, koska seinän tolppien jäykkyys vähentää pilarin taipumaa.

Esimerkin tulosten tarkastelu

Liimapuupilari GL32c 165x270 on sellaisenaan riittävä kantamaan palotilanteen kuormat 60 minuutin ajan, joten pilarin poikkileikkausta ei tarvitse suurentaa palotilanteen kantavuuden takia. Pilarin taipuma on niin pieni, että se ei riko osastoivaa seinärakennetta palotilanteessa.

17. Maatalousrakennuksiin kehitettyjä rakennustuotteita

17.1 Sisäverhousvaneri maatalousrakennuksiin

Schauman Wood Oy kehitti ja toi markkinoille maatalousrakennuksiin tarkoitetun filmipintavanerin (Wisa-Farm-maatalousvaneri). Kyseisen, väriltään keltainen, filmivanerin käyttö saavutti suuren suosion maatalousrakennuksissa 70 - 80 luvulla ja suosio jatkuu edelleen. Syynä tähän on ollut filmivanerin "monitoimisuus" sisäverhoulevynä. Se muodostaa kosteutta kestävästä verhouksesta, joka on helppo puhdistaa ja puhdistustulos on hyvä. Samalla se toimii kolhuja ja iskuja kestävästä pintana, jota voidaan hyödyntää myös rakennusta jäykistävänä levytyksenä. Filmipintansa ansiosta sisäverhous on sellaisenaan valmis, joten erillistä pintakäsittelyä ei tarvita. Levyjen vakiopaksuudet ovat 6,5 ja 9,0 mm.

WISA-Farm maatalousvanerilevyt kiinnitetään eläintiloissa ja rakennuksen kosteissa tiloissa haponkestävillä kampanauloilla tai ruuveilla. Muissa kohteissa voidaan käyttää kuumasinkittyjä liittimiä. Naulojen ja ruuvien kannat jätetään levypinnan tasolle, jottei levyn pinnoite rikkoonnu. Levyjen väliin jätetään vähintään 3 mm leveä avosauma. Pesunkestävissä kohteissa sauma täytetään saniteettisilikoni- tai polyuretaanipohjaisella tiivistysmassalla. Levyjen reunat on suojattu valmiiksi tehtaalla, mutta työmaalla sahattujen levyjen reunat tulee maalata kahteen kertaan kosteudenkestävällä alkydiakrylaattimaalilla.



Kuva 58. Vaneria voidaan käyttää myös ulkoverhouksena (Kuva Schauman Wood Oy)



Kuva 59. Wisa-Farm-maatalousvaneri sisäverhouksena eläintilassa (Kuva Schauman Wood Oy)

Lähdeluettelo

1. Maitohygienialiiton julkaisuja; Maitojuoneopas, Helsinki 1996.
2. Kurkela J, Kivinen T, Westman V-M, Kevarinmäki A, Suurten maatalousrakennusten puurunkoratkaisut, Esivalmistetut rakennejärjestelmät, VTT tiedotteita, Espoo 2003
3. Kivinen T, Suurten maatalousrakennusten puurunkoratkaisut, Olosuhdemittaukset ja toimitamallit, MTT:n selvityksiä 35
4. Farm Building Progress (99) January 1990 s. 7-11; Building with roundwood 1; C Paw, J C Rattray
5. Puuhallin suunnittelu Esisuunnittelu ja arkkitehtoniset valinnat; Wood Focus
6. Puuhallin rakenteet Esisuunnittelu ja valintaperusteet; Wood Focus
7. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, RIL 205-1-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje (osa 1), 2007.
7. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, RIL 205-2-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje (osa 2), 2007.

Maatalousrakentamiseen liittyviä julkaisuja

1. Keski-Mattinen V, Heinälä T; Pyöreä puu maatilarakentamisessa Omatoimirakentajan opas; Keski-Suomen Maaseutukeskus ry, M-rakennustoimisto
2. Pietilä J, Heräjärvi Henrik, Stöd Reta; Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa II; Vakolan tiedote 82/2000
3. Kivinen T, Pietilä J; Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa III; Vakolan tiedote 83/2000