

Taneli Luoma

Hirsinurkkien vesitiiviyyden testaukset

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö, Seinäjoki

Rakennustekniikan Koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Taneli Luoma

Työn nimi: Hirsinurkkien vesitiiveyden testaukset

Ohjaaja: Heikki Heiskanen

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 40

Liitteiden lukumäärä:6

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus löytää Saha Kari Luoma ky:n hirsirakentamiseen parempi nurkkaliitosratkaisu kosteutta vastaan.

Testattaviksi nurkkaliitoksiksi valittiin yksinkertainen nurkka, viistenurkka ja vesiuranurkka. Jokainen nurkkaliitos testattiin myös listalla sisäkulmissa. Testattavien nurkkaliitosten valintaan vaikutti se, että ne kaikki olivat sellaisia, mitä Saha Kari Luoma Ky voisi jatkossa valmistaa.

Testaukset suoritettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun puulaboratoriossa sääkaapin avulla. Testauksen aikana seurataan kuinka nopeasti vesi läpäisee nurkkarakenteet ja onko pontti vedenpitävä, myös jenkatangon merkitystä puun kastumiseen seurattiin. Vesiuranurkka oli paras nurkkaliitosratkaisu. Tämä nurkkaliitos vahvistettuna sisäkulman listoilla ei vuotanut vettä testiajan kuluessa..

Saha Kari Luoma ky voi parantaa hirsirakentamisen laatua testauksen perusteella ottamalla käyttöön viistenurkan vesiurilla. Uuden nurkan lisäksi yrityksen hirsirakentamisen laatua parantaa räystäiden oikea leveys ja kivijalan korkeus sekä kemiallinen suojaus.

Asiasanat: hirsi, sääkaappi, testaus, vuotaminen

SISÄLLYS

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Sisällys.....	3
1 JOHDANTO.....	5
1.1 Työn tausta.....	5
1.2 Työn tavoitteet.....	5
1.3 Toimenpiteet.....	6
1.4 Työn rajaukset.....	6
1.5 Saha Kari Luoma ky.....	6
2 KIRJALLISUUSOSA.....	7
2.1 Puun väriviat.....	7
2.1.1 Auringon aiheuttama puun värjäntyminen.....	8
2.1.2 Itiöiden aiheuttama puun värjäntyminen.....	8
2.1.3 Homesienten aiheuttama puun värjäntyminen.....	9
2.1.4 Sinistäjäsiementen aiheuttama puun värjäntyminen.....	10
2.1.5 Lahottajasienten aiheuttama puun värjäntyminen.....	10
2.2 Yleistä hirrestä.....	11
2.2.1 Yleisimmät hirsityypit.....	11
2.2.2 Hirsinurkkatypit.....	12
2.2.3 Kevythsirityyppejä ja nurkkaratkaisuja.....	16
3 KOKEELLINEN OSA.....	18
3.1 Testattavat Nurkkamallit.....	18
3.1.1 Yksinkertainen nurkka.....	19
3.1.2 Viistenurkka.....	19
3.1.3 Vesiuranurkka.....	20
3.2 Koejärjestelyt.....	20
4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	21
4.1 Yksinkertaisen nurkan testaus ilman listoja.....	21
4.2 Yksinkertainen nurkka listoilla.....	22
4.3 Viistenurkka ilman listoja.....	23
4.4 Viistenurkka listoilla.....	24

4.5 Vesiuranurkka ilman listoja.....	25
4.6 Vesiuranurkka listoilla.....	26
4.7 Yhteenveto testaustuloksista.....	27
5 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	28
5.1 Jenkatanko.....	28
5.2 Viistenurkka.....	29
5.3 Hirsien loveus.....	29
5.4 Vesiura.....	30
5.5 Nurkkalistat.....	30
5.6 Testien luotettavuus.....	31
6 SUOSITUKSIA.....	32
6.1 Vesiuranurkka.....	32
6.2 Rakennusmateriaali.....	33
6.3 Rakentaminen.....	34
6.4 Kemiallinen suojaus.....	35
6.5 Rakennuksen huolto.....	36
6.6 Testaus ja valmistus.....	36
7 YHTEENVETO.....	37
LÄHTEET.....	40
LIITTEET	
LIITE 1: Yksinkertainen nurkka	
LIITE 2: Yksinkertainen nurkka listoilla	
LIITE 3: Viistenurkka	
LIITE 4: Viistenurkka listoilla	
LIITE 5: Vesiuranurkka	
LIITE 6: Vesiuranurkka listoilla	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan erilaisia nurkkaratkaisuja hirsirakentamisessa ja niiden kestoja kosteutta vastaan.

Saha Kari Luoma ky:ssä hirsirakentaminen on tämän työn tekijän vastuualuetta. Nurkkaliitoksia on vaikea saada vesitiiviiksi. Nyt on mahdollisuus tutkia asiaa ja mahdollisesti parantaa yrityksen hirsirakennusten laatua nurkkaliitosten osalta. Testattavia nurkkaliitoksia ovat yksinkertainen nurkka, viistenurkka ja vesiuranurkka. Jokainen nurkkaliitos testataan myös listalla sisäkulmissa.

Kehikon sisäpinnalla puun pinta värjäytyy nurkista leviten seinille, kun kosteus läpäisee kehikon. Puun värjäntyminen tekee uudestakin kehikosta vanhan ja epäsiistin näköisen. Kosteusvauriot synnyttävät homeitiöitä, joista on vaaraa terveydelle. Rakennuksen arvo putoaa ja siitä saattaa pahimmassa tapauksessa tulla asumiskelvoton kosteusvaurioiden takia.

1.2 Työn tavoitteet

Tavoitteena on kehittää sellainen hirsikehikon nurkkaratkaisu, joka estää/vähentää kosteuden siirtymistä kehikon sisäpinnoille ja sen myötä värivikojen syntymisen. Saha Kari Luoma Ky:llä on lovikone ja siinä on terät yksinkertaista nurkkaliitosta varten.

Testien tarkoituksena on tutkia onko tämä nurkkamalli riittävä suojaamaan sisäpintoja kosteusvahingoilta ja pystyykö nurkasta aiheutuvia kosteus- ja värivaurioita vähentämään sisänurkkien listoituksella?

1.3 Toimenpiteet

Testausta varten rakennetaan kolme erilaista nurkkaliitosta listoilla ja ilman listoja. Nurkkien veden läpäisevyyttä testataan sääkaapin avulla. Testauksen aikana seurataan kuinka nopeasti vesi läpäisee nurkkarakenteet ja onko pontti vedenpitävä. Testauksessa huomioidaan myös lisääkö jenkatankojen käyttö puun kostumista.

1.4 Työn rajaukset

Työssä tutkitaan vain kolmea erilaista nurkkaliitosta. Niitä valitessa huomioitiin, että ne kaikki ovat sellaisia mitä Saha Kari Luoma Ky voisi jatkossa valmistaa.

Työssä tutkitaan vain hirsirakenteen ja nurkkaliitoksen veden läpäisevyyttä. Ajan puutteen takia puun kostumisen seurauksena syntyvät väriviat mm. sinistymisen rajataan tutkimuksen ulkopuolelle.

1.5 Saha Kari Luoma ky

Yritys on toiminut Lapualla vuodesta 2003 lähtien. Toimenkuvaan kuuluvat puun sahaus, kuivaus, höyläys ja rakentaminen. Yritys omistaa tukkien kuorimakoneen, kenttä-, särmäys- ja vannesahan sekä siirtohöylän ja lovikoneita. Rakennuksia yrityksellä on puutavaran kuivaamo, sahaushalli, lovikonehalli, hirsirakennusten valmistus- ja varastointihalli sekä katoksia puutavaran säilytykseen.

Yritys on valmistanut erikokoisia jalaksilla olevia kevythöylähirsi rakennuksia mm. jalassaunoja, makuuaittoja, varastorakennuksia ja grillikatoksia. Markkina-alueena on ollut koko Suomi. Tällä hetkellä tuotanto on keskeytynyt vastuuhenkilön opiskelun takia. Tuotanto on tarkoitus käynnistää valmistumisen jälkeen.

2 KIRJALLISUUSOSA

2.1 Puun väriviat

Puun kestävyys biologisia vaurion aiheuttajia vastaan vaihtelee paljon eri sääoloissa. Tavallisimpia vaurion aiheuttajia ovat bakteerit, home-, sinistäjä- ja lahottajasienet sekä hyönteiset. Useimpien puulajien (esim. männyn) pintapuuhun on herkempää vaurioille kuin sydänpuuhun, tämä johtuu sydänpuuhun tiiviimmästä rakenteesta. Kosteuden aiheuttamat haitat ovat erilaisia pinta- ja sydänpuulle, koska kosteus imeytyy paremmin huokoiseen pintapuuhun. Kuvassa 1 näkyy kosteuden aiheuttama sinistymisen pintapuussa. Kuvassa 2 hirsien välinen sauma on läpäissyt vettä ja aiheuttanut värisian syntymisen hirsien väliseen saumaan. (Siikanen 2008, 73; Ahonen 2007, 17.)



Kuva 1. Värivika pintapuussa.



Kuva 2. Värivika hirsisaumassa.

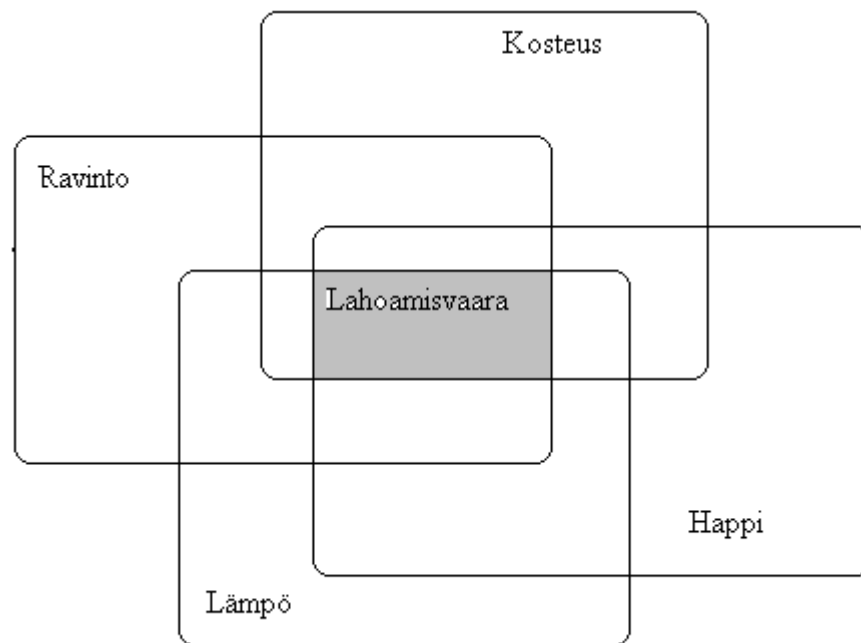
2.1.1 Auringon aiheuttama puun värjäntyminen

Aurinko ja kosteus yhdessä aiheuttavat puun värjäntymistä. Auringonvalo aiheuttamaa puupinnassa foto-oksidaatiota eli valorapautumista ja lämpö lisää puupinnan kuivumishalkeilua. Tällaisen puupinnan altistuminen kosteudelle nopeuttaa prosessia ja hajoava ligniini värjää puun aluksi keltaiseksi ja myöhemmin ruskeaksi. Tummien siveltävien puunsuoja-aineiden käyttö lisää halkeamia auringolle altistuvilla seinillä ja sen myötä lisää veden aiheuttamaa puun värjäntymistä. (Siikanen 2008, 73; Ahonen 2007, 19.)

2.1.2 Itiöiden aiheuttama puun värjäntyminen

Puupinnoilla elää paljon itiöitä, mutta niistä ei ole haittaa, jos pinnat pysyvät kuivina. Pitkäaikainen puun kostuminen saa itiöt lisääntymään ja ne aiheuttavat puuhun värivikaa

tai lahottavat sitä. Kosteuden lisäksi itiöiden lisääntyminen on riippuvainen ravinnon saannista, hapestasta ja lämpötilasta. Kaikkien osatekijöiden pitää vaikuttaa samanaikaisesti puuhun jolloin puun väriviat ja lahoaminen mahdollistuu. (Kuvio 1.) Jos yhdenkin tekijän vaikutus muuttuu riittävästi, niin värivikaa ja lahoamista ei pääse syntymään. Edullisimmat olot värivioille on kun kosteus on pitkäaikaisesti 20 – 60 % ja lämpötila + 5°C - + 30 °C. (Siikanen 2008, 73-74.)



Kuvio 1. Lahoamisvaaraa aiheuttavat tekijät. (Siikanen 2008).

2.1.3 Homesienten aiheuttama puun värjäntyminen

Puunpinnalle ilmaantuneet sienet paljastavat ilmasta peräisin olevan liiallisen kosteuden puussa ja edistävät lahovaurioiden syntyä ja leviämistä. Sienet eivät tunkeudu syvälle puun solukkaan, joten ne eivät vaurioita puun rakennetta. Mutta ne aiheuttavat puun värjäntymistä, koska itiöt ovat värillisiä. Puuhun tulevat väriviat ovat vaikeita poistaa. (Siikanen 2008, 74; Ahonen 2007, 17-18.)

Homesientien kasvu alkaa 0 °C:ssa ja jatkuu + 55 °C:seen. Optimilämpötila on + 30°C - + 35 °C, ja itiöt kestävät hyvin pakkasta. Homesientien rihmasto kasvaa ja muodostaa itiöitä, kun puun kosteuspitoisuus on 20 - 150 %. Homesienille puun kosteutta tärkeämpää on kuitenkin puuta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus. Homekasvu on mahdollista, jos ilman suhteellinen kosteus on pysyvästi tai useita kuukausia yli 75 – 95 % . (Siikanen 2008, 75.)

2.1.4 Sinistäjäsiementen aiheuttama puun värjäytyminen

Sinistäjäsiementen suurin haitta on puun värjäytyminen. Väriä ei voida poistaa, koska sienirihmastot kasvavat syväälle puusolujen sisälle. Sinistäjäsiementen tunnistaa sinisestä väristä ja se esiintyy puun pinnalla sinisenä verkkomaisena juovituksena tai pieninä pisteinä. Sinistäjäsiementen pitkäaikainen vaikutus puuhun muuttaa sinisen värin ruskeaksi tai mustaksi. Sieni vahingoittaa vain vähän puun pintasoluja, joten se ei vaikuta puun lujuusominaisuuksiin. Lahottajasiemi asetuu herkästi sinistyneeseen puuhun, jos puuta ei saada kuivattua kunnolla. Hyönteiset voivat toimia sinistäjäsiementen levittäjinä ja siten lisätä puun värivikoja. (Siikanen 2008, 75; Ahonen 2007, 18.)

Sinistäjäsiementen rihmasto kasvaa, jos puun kosteus on 30 – 120 % ja ihanteellinen lämpötila + 22°C - + 28 °C ja kasvulämmön raja-arvot ovat – 3°C- + 40 °C (Siikanen 2008, 76.)

Vanhojen suojaamattomien puupintojen harmaa väri johtuu auringonvalosta, vedestä ja sinistäjäsiementestä. Sienikasvusto puun pinnalla saattaa jopa suojata puuta ulkoiselta rasitukselta. (Siikanen 2008, 75.)

2.1.5 Lahottajasiementen aiheuttama puun värjäytyminen

Lahoa on joko kovaa lahoa tai pehmeää lahoa. Kova laho ei ole heikentänyt oleellisesti puun ominaisuuksia, kun taas pehmeässä lahossa puu on menettänyt lujuuttaan ja puuainekasvu on tummunut. Lahottajasiemenet lisääntyvät itiöistä, joita on kaikkialla ilmassa ja

maassa. Ne aloittavat kasvun uudelleen pitkänkin tauon jälkeen, jos olosuhteet muuttuvat sopiviksi eli puunkosteus yli 25 %. (Siikanen 2008, 76; Ahonen 2007, 18.)

2.2 Yleistä hirrestä

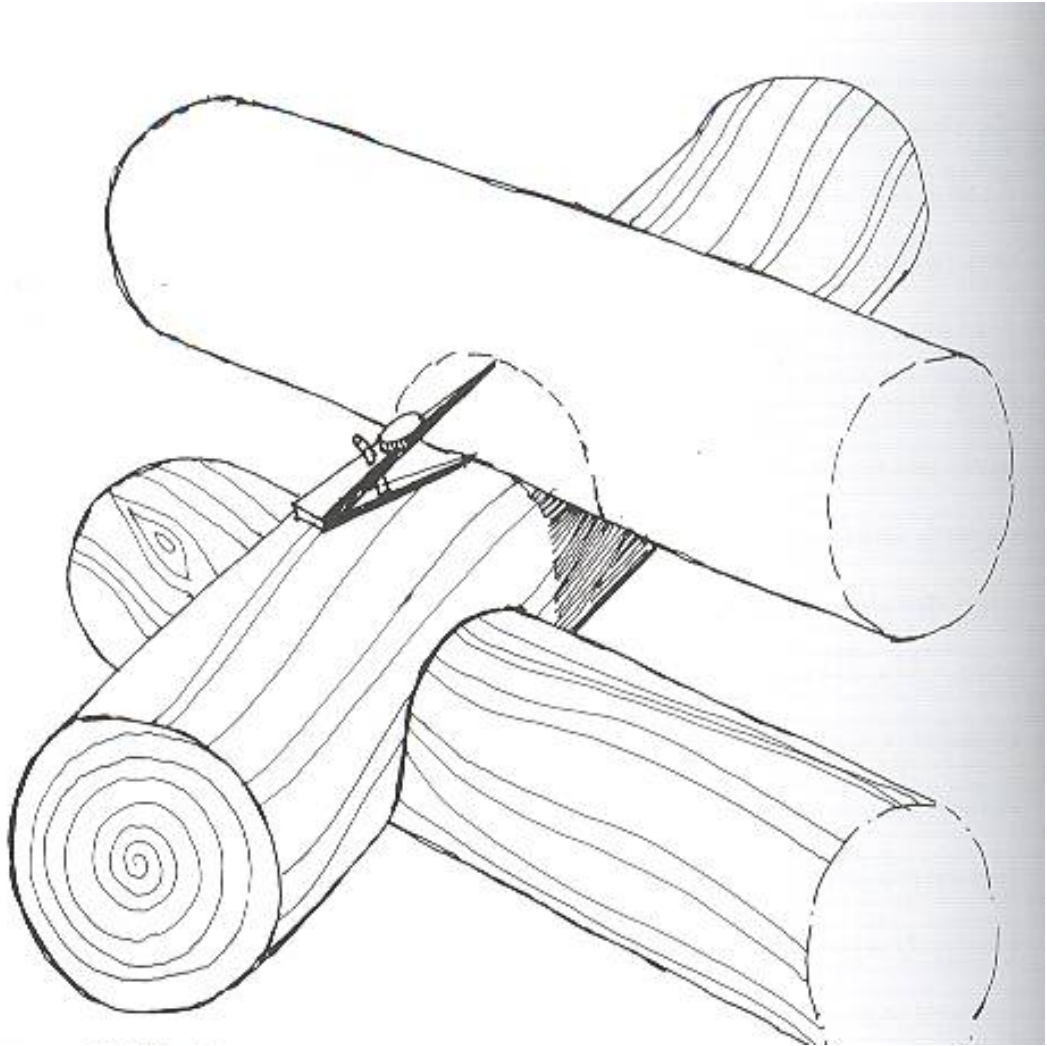
Hirsirakennuksia tiedetään olleen jo 800 vuoden ajan. Vanhetessaan hirsiseinät tiivistyvät, mutta siitä huolimatta hirsi on hengittävä materiaali. Se voi varastoida auringon ja ulkoilman lämpöä, mutta myös viileyttä. Yksinkertaisessa hirsiseinässä ei ole kylmäsiltoja eikä rajapintoja, joihin kosteus voisi tiivistyä. Näistä johtuen hirsirakenteet ovat pitkäikäisiä. (Honkarakenne 2010.)

2.2.1 Yleisimmät hirsityypit

Hirsiä voi valmistaa joko käsin veistämällä tai teollisesti. Höylähirret ovat eniten käytettyjä ja ne ovat joko perushirsiä, ponttihirsiä tai liimaamalla valmistettuja lamellihirsiä. Pyöröhirsi valmistetaan käsin kuorimalla pinta pois, jolloin puu säilyttää alkuperäisen muotonsa. Pyöröhirsiä valmistetaan myös teollisesti sorvaamalla, jolloin puun sydän saattaa siirtyä sivuun. (Keppo 1994, 18-19.)

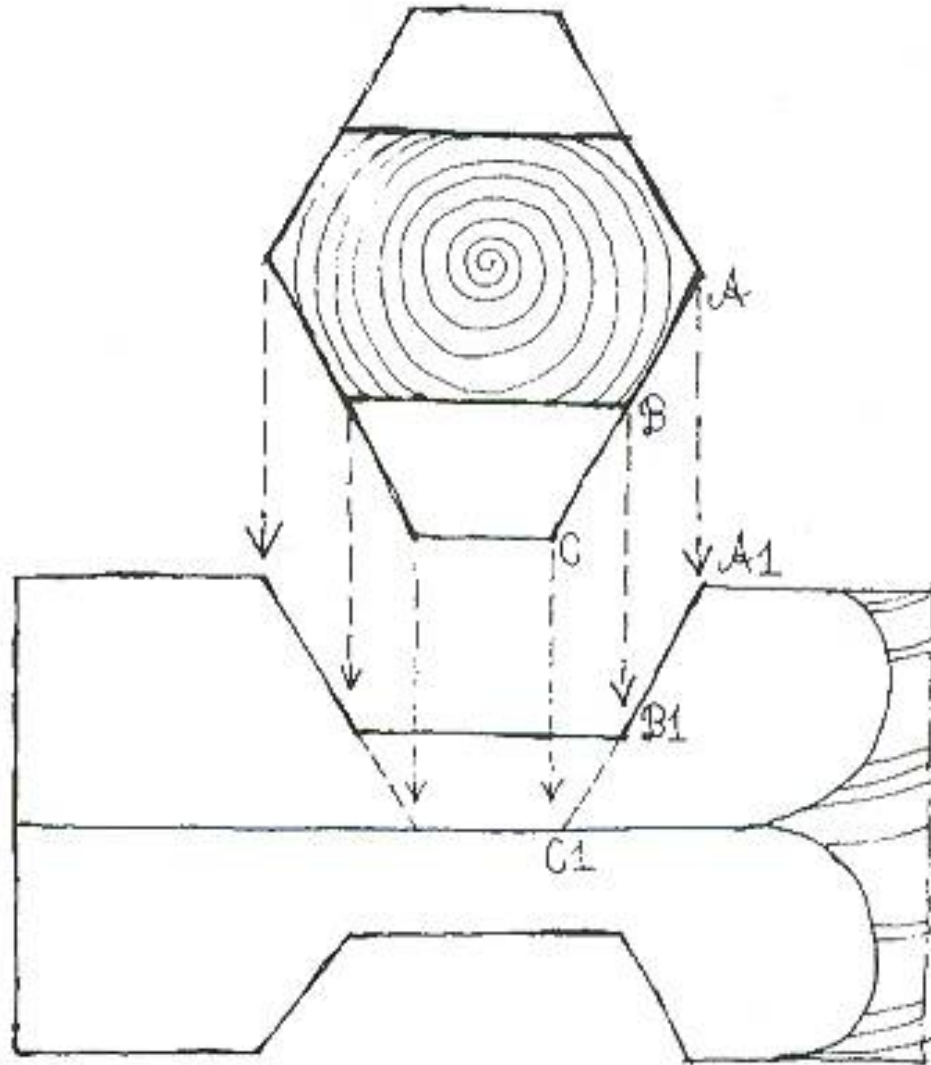
2.2.2 Hirsinurkkatyypit

Hirsinurkilla voidaan vaikuttaa rakennuksen ulkonäköön, lämmönpitävyyteen sekä tiivyyteen. Käsiniirsiä veistävätkäyttävät ämmänurkkaa, joka on kuviossa 2. Tämä nurkkatyypit perustuu puoliväliin hirttä ulottuvaan alla olevan hirren mukaiseen kaarevaan loveukseen. (Vuolle-Apiala 2008, 37.)



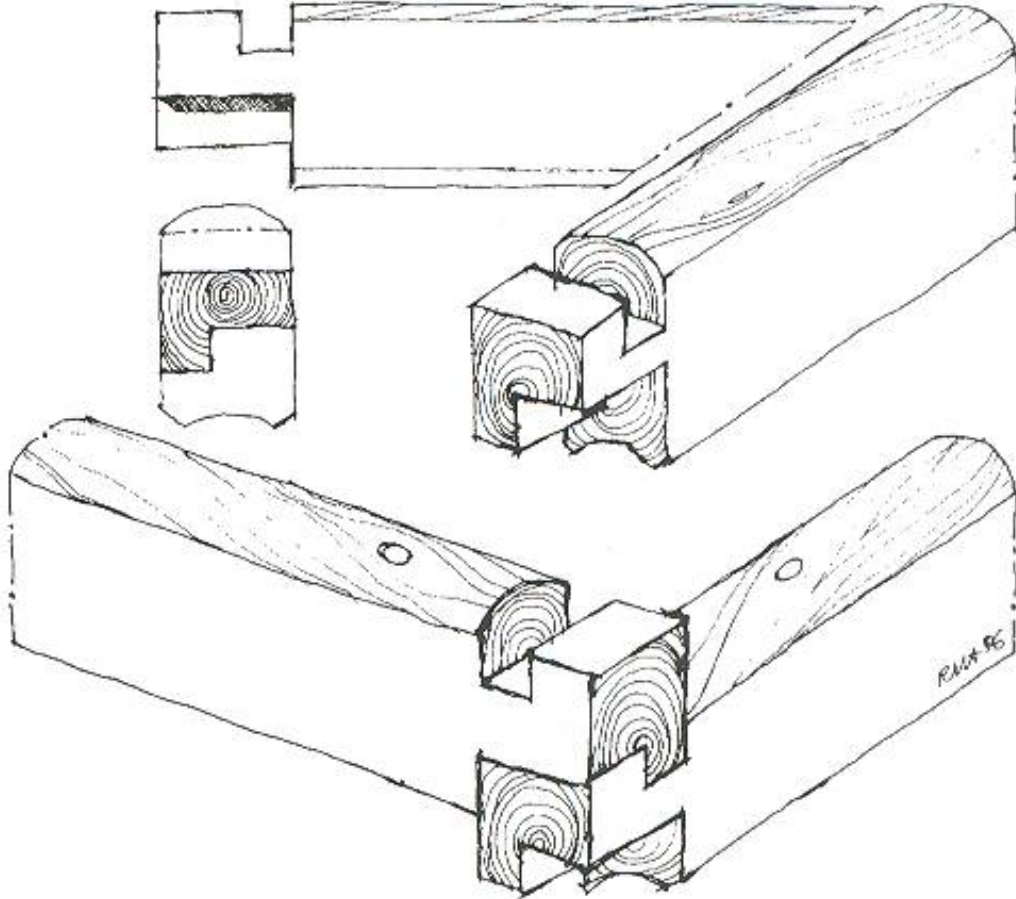
Kuvio 2. Ämmänurkka. (Vuolle-Apiala 2008)

Sulkanurkka on vanha historiallinen nurkkaratkaisu, jossa hirren sulka veistetään alla olevan hirren ehdoilla. Valmiissa sulkanurkassa näkyy kuinka sulkien muoto vaihtelee eri hirsien välillä. Kuviossa 3 on esitetty, kuinka ylä- ja alapuolinen hirsi sovitetaan yhteen. (Vuolle-Apiala 2008,39.)



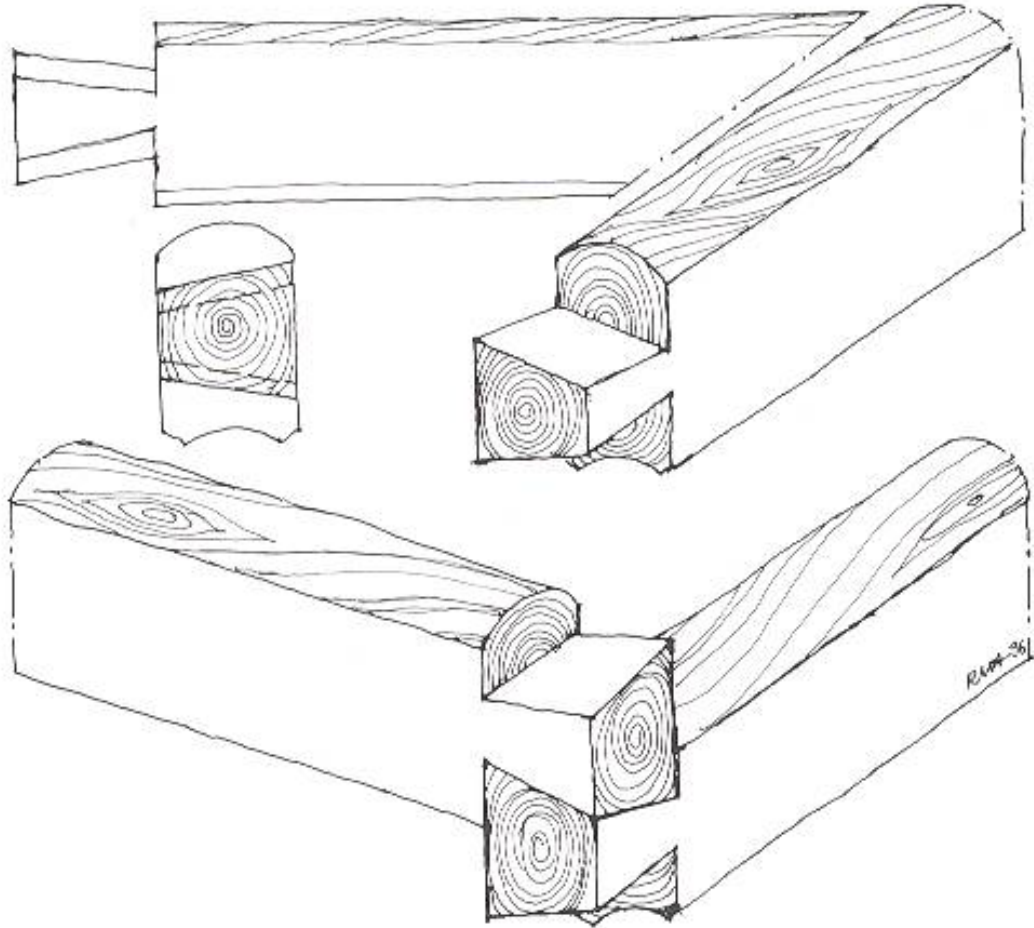
Kuvio 3. Sulkanurkan sovituspisteet. (Vuolle-Apiala 2008)

Ensimmäiset havainnot hammasnurkista löytyvät 1500-luvulta kirkonseinistä, mutta se yleistyi vasta 1920-1930-luvuilla laudoituksen myötä. Kuviossa 4 on esitettyä, kuinka hammasnurkka lovetaan. (Vuolle-Apiala 2008, 39.)



Kuvio 4. Hammasnurkan loveuksia. (Vuolle-Apiala 2008)

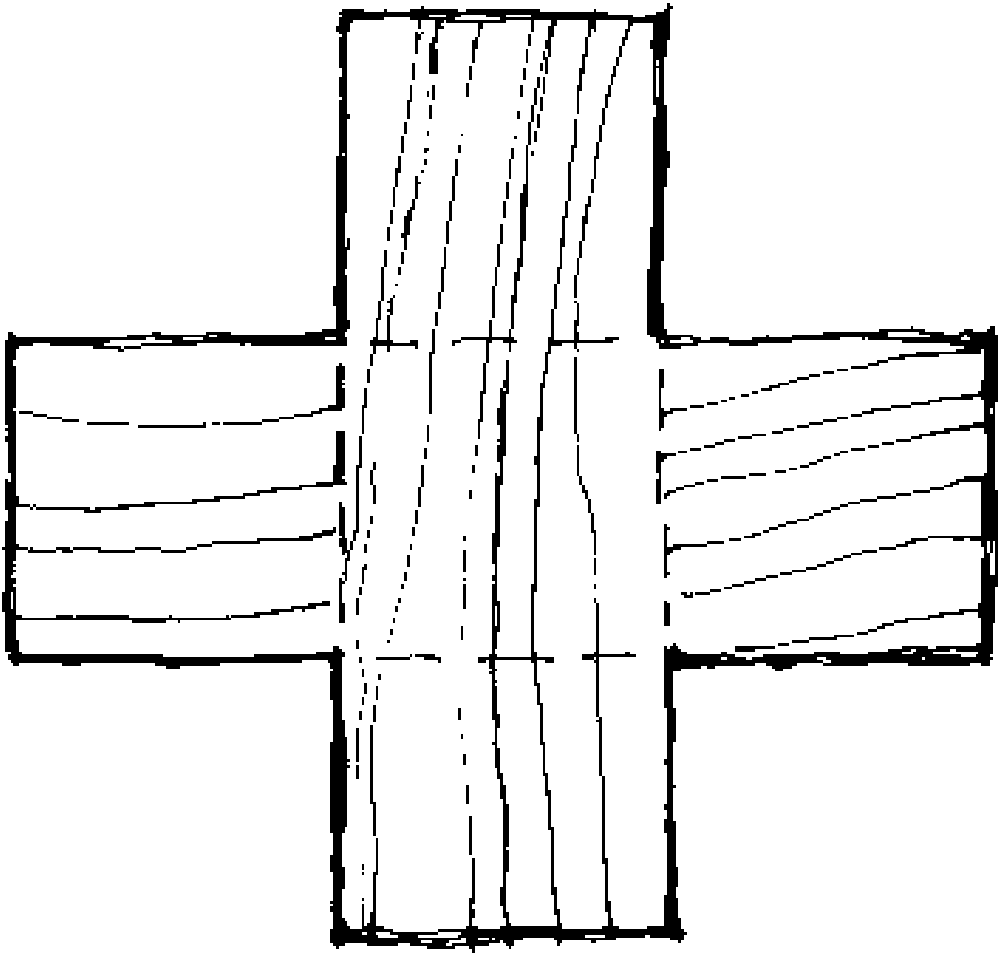
Lohenpyrstönurkka on ehkä eniten levinnyt maailmalle ja se sopii erityisesti laudoitettuihin rakennuksiin. Se valmistetaan yleisimmin suoraan hirteen, joista on sahattu pinnat pois kahdelta sivulta. Tämä kulmaratkaisu vaatii erityistä tarkkuutta valmistusvaiheessa, koska loveusten mittavirheet näkyvät selvästi valmiissa nurkassa. Kuviossa 5 on esitetty lohenpyrstönurkan loveusten periaate. (Vuolle-Apiala 2008, 40.)



Kuvio 5. Lohenpyrstönurkan loveuksia. (Vuolle-Apiala2008)

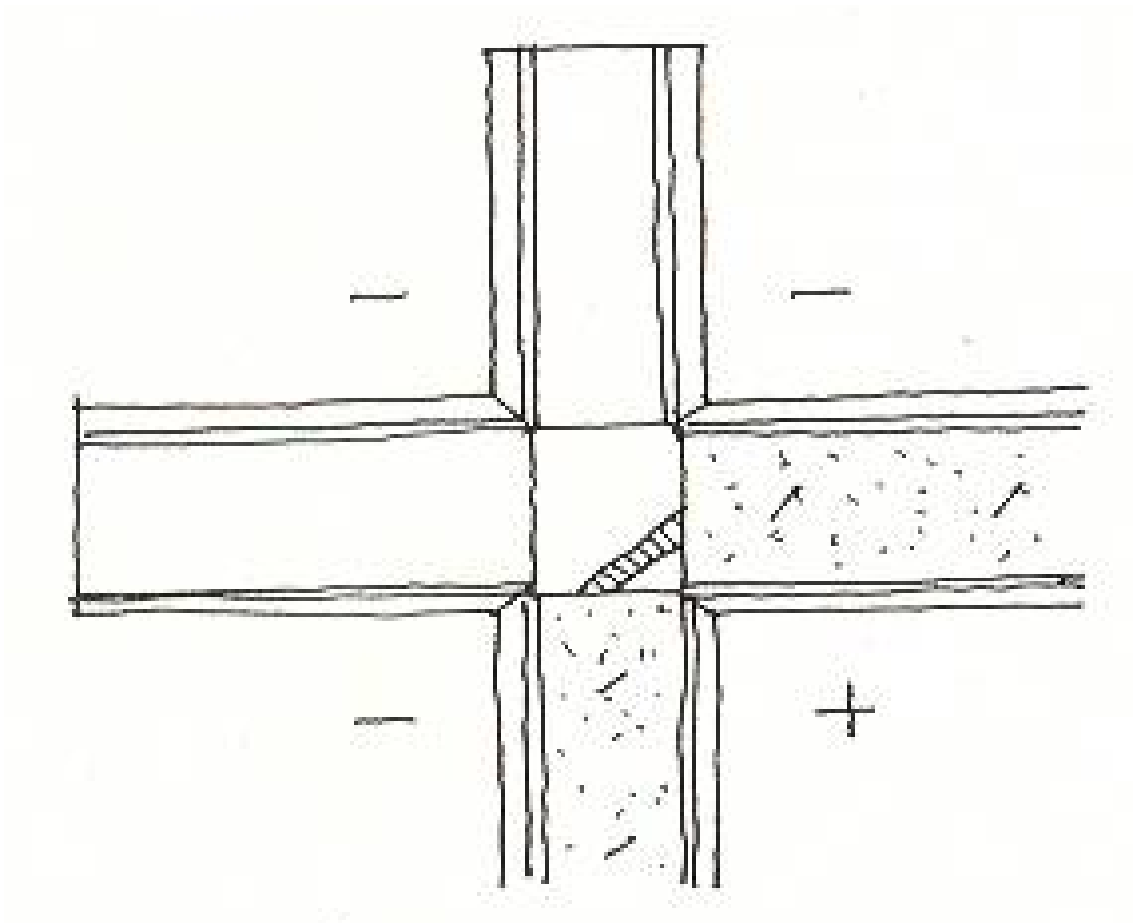
2.2.3 Kevythirsityyppejä ja nurkkaratkaisuja

Hirsi muuttuu kevythöylähirreksi, kun sen läpimitta on alle 70 mm. Suomessa yleisimmin käytetty nurkkaratkaisu kevythöylähirsi rakennuksissa on suora- eli yksinkertainen nurkka. Nurkat sahataan suoraan kulmaan sekä ylä- että alahirteen $\frac{1}{4}$ hirren korkeudesta. Kuviossa 6 on suoranurkka kuvattu ylhäältäpäin. (Vuolle-Apiala 2008, 37; Keppo 2001, 7.)



Kuvio 6. Suoranurkka (Vuolle-Apiala 2008)

Viistenurkassa loveukset sahataan 45 asteen kulmaan. Viisteen etuna on, ettei kulmassa ole suoraa yhteyttä hirren ulkopinnalta sisäpinnalle. Kuviossa 7 on viistenurkka kuvattu ylhäältäpäin. Vesiuranurkka on samanlainen kuin viistenurkka, mutta siinä on vesiurat kulmaloveuksen ulkopinnoilla. Jos vesiuranurkkaan pääsee vettä, niin se valuu vesiuraa pitkin maahan. (Ala-Louko, 2009.)



Kuvio 7. Viistenurkka. (Keppo 1994)

3 KOKEELLINEN OSA

3.1 Testattavat Nurkkamallit

Testattavia nurkkamalleja on kolmea erilaista: yksinkertainen nurkka (kuva 3), viistenurkka ja vesiuranurkka. Kaikki nurkat valmistetaan 45 x 145 mm:n kevythöylähirrestä. Rakennettavien nurkkien kokoa määrää sääkaapin oven paikalle tuleva vanerilevy ja siinä olevan reiän koko, joka on 700 x 700 mm.

Kaikissa nurkkamalleissa hirsien mitat ovat pituussuuntaisessa seinässä 845 mm ja poikkisuuntaisessa seinässä 445 mm. Hirsien keskelle lovetaan lovet sekä ylä- että alapinnoille. Nurkkien kokoaminen aloitetaan hirrellä, jossa ei ole loveusta. Toisessa hirressä lovi on vain yläpinnalla. Hirret 3 – 6 on lovettu sekä ylä- että alapinnoilta. Seitsemäs hirsi lovetaan vain alapinnalta ja päällimmäinen hirsi on loveamaton. Tästä rakentuu pituussuuntainen seinä. Poikkisuuntaisessa seinässä on viisi molemmilta pinnoilta lovettua hirttä. Liitteissä 1 - 6 on nurkkaliitoksista CAD-kuvat mittasuhteessa 1:1.



Kuva 3. Yksinkertainen nurkka.

3.1.1 Yksinkertainen nurkka

Tässä nurkkamallissa loveukset tehdään lovikoneella, joka mahdollistaa kaikkien lovien tekemisen samanaikaisesti. Loveuksen leveys on aina 45 mm ja syvyys on hirren yläpinnalta 45 mm ja alapinnalta 40 mm. Ennen nurkan kokoamista reiät porataan 100 mm päähän loveuksen keskikohdasta. Reiän halkaisija on 16 mm. Hirret kasataan yllä kuvatussa järjestyksessä ja jenkatangot, läpimitta 10 mm, asennetaan reikiin. Tangossa olevilla muttereilla hirsien saumat kiristetään tiiviiksi. Nurkan veden läpäisevyyttä tutkitaan myös jenkatankojen kohdalta. Liitteessä 1 on kuva yksinkertaisesta nurkasta ja liitteessä 2 on sama nurkkamalli lisätynä nurkkalistalla.

3.1.2 Viistenurkka

Viistenurkkien loveukset tehdään yksilöllisesti pöytäsiirkelillä, koska ei ollut käytettävissä sopivia teriä lovikoneeseen. Hirsien työstäminen aloitetaan loveamalla

hirsien molempiin kylkiin 3 mm syvät ja 45 mm pitkät urat. Urien päät ovat 45 asteen kulmassa keskelle päin. Loveuksen leveys on aina 39 mm ja syvyys on hirren yläpinnalta 45 mm ja alapinnalta 40 mm. Viistenurkka on tiiviimpi kuin yksinkertainen nurkka, koska siinä ei ole suoraa yhteyttä hirren ulkopinnalta sisäpinnalle. Liitteessä 3 on kuva viistenurkasta ja liitteessä 4 on sama nurkkamalli lisättynä nurkkalistalla.

3.1.3 Vesiuranurkka

Vesiuranurkka on muuten samanlainen kuin viistenurkka, mutta siinä on kaksi vesiuraa. Urat jäävät nurkan sisälle heti viisteen jälkeen. Urat sahataan (7 mm x 7 mm) sirkkelillä. Poikkisuuntaisessa hirressä urat ovat molemmin puolin hirttä ja pituussuuntaisessa hirressä urat ovat ulkopuolella. Urien pitää olla tarkasti päällekkäin, että vesi pääsee esteettä valumaan alas. Liitteessä 5 on kuva vesiuranurkasta ja liitteessä 6 on sama nurkkamalli lisättynä nurkkalistoilla.

3.2 Koejärjestelyt

Testaukset suoritettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun puulaboratoriossa. Testauslaite on sääkaappi, josta ovi poistettiin. Oven tilalle asennettiin vaneri, jossa on 700 x 700 mm suuruinen aukko. Hirsirakennelma kiinnitettiin vaneriin siten että testattava nurkka tulee vanerissa olevan reiän kohtaan. Hirsirakennelma ruuvattiin kiinni vaneriin ja reunat tiivistettiin silikonilla. Tutkittava hirsinurkka ja vaneri kiinnitettiin sääkaapin oven paikalle kahdella liinalla kaapin ympäri. Sääkaapin perälle metrin päähän hirsinurkasta asennettiin neljä vesisuutinta, joista tulee vettä yhteensä 10 l/min:ssa. Vettä suihkutettiin 20 minuutin ajan yhtäjaksoisesti kohti tutkittavaa hirsinurkkaa. Samanaikaisesti seurattiin läpäisekö nurkka vettä ja kastuvatko puurakenteet muualta kuin nurkasta. Saadut huomiot kirjattiin kellonaikoineen ylös.

4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

4.1 Yksinkertaisen nurkan testaus ilman listoja

Nurkan ensimmäinen vuoto tuli minuutin kuluttua poikittaisen seinän läpi nurkassa painumaraon kohdasta. Toinen vuoto tuli samanlaisesta kohdasta, mutta eri hirsien välistä kahden minuutin kohdalla. Viidessä minuutissa kaikki nurkan raot vuotivat vettä (kuva 4). Jenkatangon kohdasta vesi läpäisi seinän 11 min 30 s kuluttua.



Kuva 4. Hirsisauma vuotaa.

4.2 Yksinkertainen nurkka listoilla

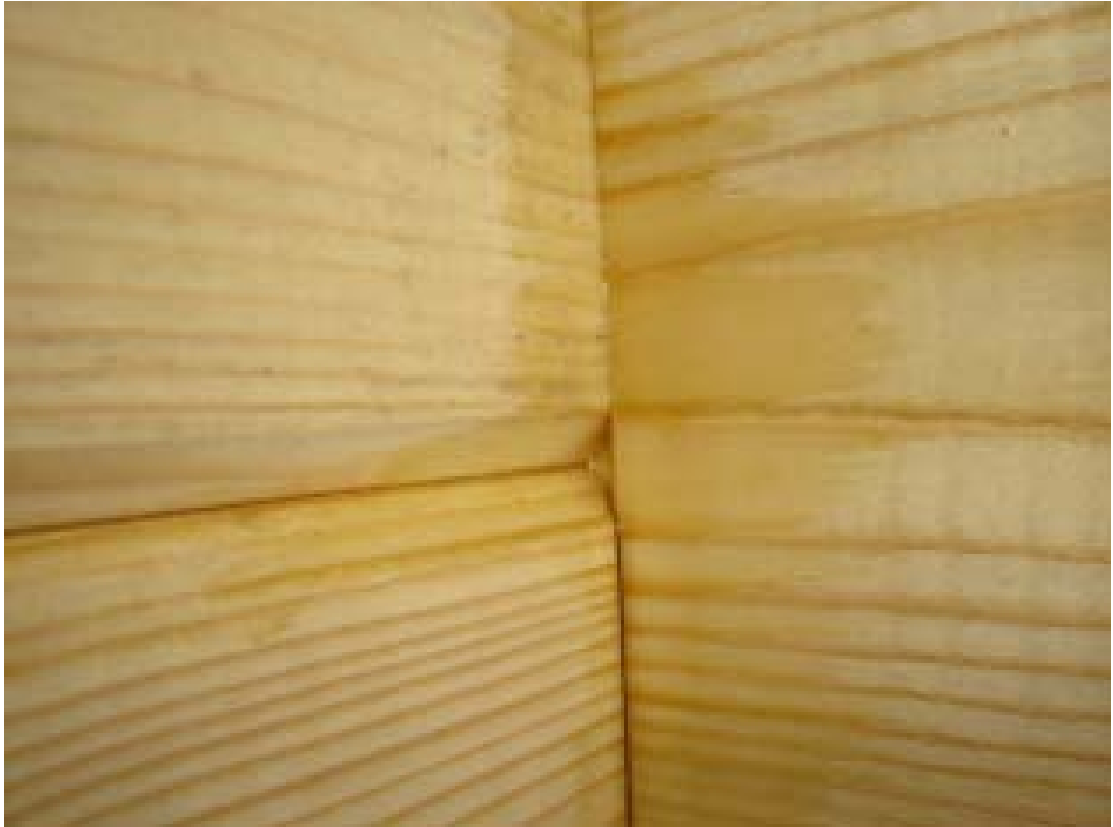
Tämän nurkkamallin vesivuodot syntyivät samoihin kohtiin kuin yksinkertaisen nurkan vesivuodot ilman nurkkalista. Erona oli kuitenkin se, että vesi pysyi pitempään nurkan sisällä ennen kuin se läpäisi seinän. Kuvassa 5 nurkkalista on kastunut, mutta estää vielä veden suoran vuodon sisäpuolelle. Ensimmäinen vuoto tuli 3 min 10 s kuluttua poikkihirren saumasta ja toinen vuoto tuli 12 min 30 s kuluttua poikkihirren saumakohdasta, mutta toiselta puolelta kuin ensimmäinen vuoto. Pituushirren pää oli kastunut yli puolenvälin pontin kohdasta 14 min kohdalla ja hirsi kastui läpi 15 min kuluttua. Jenkatangon alapäästä tipahtivat ensimmäiset vesitipat 4 min kohdalla ja 7 min kohdalla vuoto oli jatkuvaa. Jenkatangon kohdalta hirren kyljestä vesi tuli läpi juoksemalla 16 min kuluttua. Vesi läpäisi seinän joka raosta 18 min kuluessa.



Kuva 5. Nurkkalista kostunut.

4.3 Viistenurkka ilman listoja

Ensimmäinen havainto oli 35 s jälkeen, kun vesi vuoti viisteuran pohjaa pitkin alaspäin. Minuutin kohdalla vesi läpäisi nurkan kahdessa kohtaa nurkkaliitoksen saumaa ja koko nurkka läpäisi vettä 1 min 30 sekunnin kuluttua (kuva 6). Poikkihirren pää oli kastunut 25 mm x 45 mm kokoiselta alalta 13 minuutin kohdalla.



Kuva 6. Viistenurkka vuotaa..

4.4 Viistenurkka listoilla

Ensimmäinen havainto oli 35 s jälkeen, kun vesi vuoti viisteuran pohjaa pitkin alaspäin eli nurkkalistalla ei ollut mitään vaikutusta tähän vuotoon. Listan takaa poikkihirren välistä vesi läpäisi nurkan 1 min ja 30 s kuluttua (kuva 7). Minuuttia myöhemmin vesi läpäisi nurkan samasta paikasta kuin ensimmäinen vuoto, mutta toiselta puolelta poikkihirttä. Kaikki nurkan saumat vuotivat veden läpi 5 minuutin kuluessa.



Kuva 7. Listan takaa kostunut.

4.5 Vesiuranurkka ilman listoja

Vesi läpäisi nurkan poikkihirren välistä 3 min ja 30 s kuluessa. Viisteuran alaosa oli kostea 4 min kohdalla ja ensimmäiset vesipisarat muodostuivat 9 min jälkeen. Testausajan loppuessa, 20 min, nurkassa ei ilmennyt muita vuotoja, koska urissa oli esteetön veden kulku (kuva 8).



Kuva 8. Urissa esteetön vedenkulku.

4.6 Vesiuranurkka listoilla

Viisteuran alaosa kostui 8 min ja 30 s jälkeen ja ensimmäiset vesipisarat tipahtivat kahdesta kohtaa viisteuran alaosasta 13 min ja 30 s kuluttua. Tämä nurkkaliitos ei läpäissyt vettä testausajan kuluessa eikä nurkkalista tuntunut kostealta (kuva 9). Tämä nurkkaliitos oli testattavien nurkkien ylivoimaisesti paras nurkkaratkaisu, kuten taulukosta 1 voi havaita.



Kuva 9. Kuiva nurkkalista.

4.7 Yhteenveto testaustuloksista

Testien mukaan viistenurkka oli huonoin näistä kolmesta nurkkaliitosratkaisusta. (Taulukko 1) Sisäkulman listoitua ei paljoa parantanut asiaa. Yksinkertainen nurkka ilman listoja oli lähes yhtä huono kuin viistenurkka. Listoituksella nurkan vedenpitävyys parani lähes nelinkertaiseksi ajassa mitattuna. Vesiuranurkka oli paras nurkkaliitosratkaisu. Tämä nurkkaliitos vahvistettuna sisäkulman listoilla ei vuotanut vettä testiajan kuluessa, joka oli sovittu etukäteen 20 minuutiksi.

Taulukko 1. Yhteenveto nurkan vesivuodoista

	Ensimmäinen vuoto	Toinen vuoto	Joka paikka vuotaa
Yksinkertainen nurkka.	1 min	2 min	5 min
Yksinkertainen nurkka listoilla.	3 min 10 s	12 min 30 s	18 min
Viistenurkka.	1 min	1 min	1 min 30 s
Viistenurkka listoilla.	1 min 30 s	2 min 30 s	5 min
Vesiuranurkka.	3 min 30 s	20 min max aika; ei vuotoa	20 min max aika; ei vuotoa
Vesiuranurkka listoilla.	20 min max aika; ei vuotoa	20 min max aika; ei vuotoa	20 min max aika; ei vuotoa

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Jenkatanko

Jenkatangon alapäästä vuotava vesi ei vaurioita hirsirakennelmaa eikä aiheuta värivikaa sisäseinäpintaan, koska vesi vuotaa maahan sisälattiapinnan alapuolella. Jenkatangon suurin haitta veden pitävyydelle oli, kun jenkatanko rikkoi kiilapontin, jonka tehtävä on pitää sauma vesitiiviinä. Seinän vedenkestoa parantaisi, jos jenkatanko jätetään pois. Sen poisjättäminen heikentää kuitenkin hirsikehikon siirrettävyyttä, eli se on mahdollista vain, jos kehikko kootaan paikan päällä. Saha Kari Luoma ky markkinoi kevythirsirakennuksia kasattuina, koska useimmiten asiakkaat kokevat kehikon kasaamisen liian vaikeana toteuttaa. Valmiiden rakennusten toimittaminen paikan päälle on yksi yrityksen kilpailuvaltti ja vahvuus. Kuvassa 10 on jenkatangon alaosa ja rikka sekä ruuvi, joilla kiristetään hirsien väliset saumat tiiviiksi.



Kuva 10. Jenkatangon alapää.

5.2 Viistenurkka

Viistenurkkaa pitkin vuotava vesi ei aiheuta värivikaa seinän sisäpinnalle, koska vesi vuotaa maahan lattiapinnan alapuolella ja vuotava vesimäärä on pieni. Viistenurkka läpäisi nopeammin vettä, koska sen nurkkasaumat olivat väljemmät verrattuna yksinkertaisen nurkan saumoihin. Syynä saattoi olla nurkkien erilainen valmistustapa.

5.3 Hirsien loveus

Hirsiä lovettaessa pitää kiinnittää huomiota mittauksen tarkkuuteen, ettei lovesta tule liian tiukkaa tai liian väljää. Tiukka loveus aiheuttaa kehikon kasaamisvaiheessa hakkaamisesta tulevia hirsivaurioita, jotka muodostavat vedelle mahdollisuuden päästä sisäpuolelle. Liian väljä hirsiliitos päästää vettä rakennuksen sisäpinnoille esteettömästi, kuten kuvassa 11 huomataan.



Kuva 11. Väljä viistenurkka kostunut.

5.4 Vesiura

Vettä vuotaa alimmaisen hirren vesiuran ulostuloaukosta niin paljon, että se pitää johdattaa esim. peltipalalla kauemmaksi hirrestä, ettei vesi mustaisi sitä. Testattuihin vettä läpäiseviin viistenurkkiin lisättiin vesiurat. Tämän seurauksena vesi ei enää läpäissyt seinää, vaan se valui vesiuraa pitkin alaspäin. Vesiuranurkan ainoa vuoto tuli kohdasta, missä vesiurat eivät olleet täysin päällekkäin.

5.5 Nurkkalistat

Kehikon pitää painua kasaan jonkin aikaa ennen listojen asennusta, koska puulista ei jousta pituussuunnassa. Nurkkalistojen pitää olla niin pieniä, etteivät ne jää kannattelemaan hirsikehikkoa. Listojen kiinnitys tapahtuu nauloilla (kuva 12) ja tiivistys silikonimassalla (kuva 13).



Kuva 12. Nauloilla kiinnitetty lista.



Kuva 13. Silikonilla tiivistetty lista.

5.6 Testien luotettavuus

Testaustulosten luotettavuuteen vaikuttaa myös testin tekijän kokemattomuus testaajana. Ensimmäisten testien kohdalla saattoi jäädä huomaamatta joitakin yksityiskohtia. Testien luotettavuutta parantaisi, jos testit toistettaisiin uusilla, mutta samanmallisilla nurkkarakenteilla. Pitkäaikaista kosteuden sietoa ja mahdollisia myöhemmin ilmeneviä värivikoja voisi tarkkailla, jos nurkkamallit testauksen jälkeen siirrettäisiin ulkovarastoon.

Nurkkamallien loveusten erilainen tekotapa ja mittausvirheet vaikuttavat nurkkien laatuun ja siten myös veden läpäisevyyteen. Yhdellä testattavalla nurkkamallilla oli paljon parempi kosteuden sietokyky kuin millään muulla nurkkarakaisumallilla. Koska ero oli näin selvä, niin se parantaa testin luotettavuutta.

6 SUOSITUKSIA

6.1 Vesiuranurkka

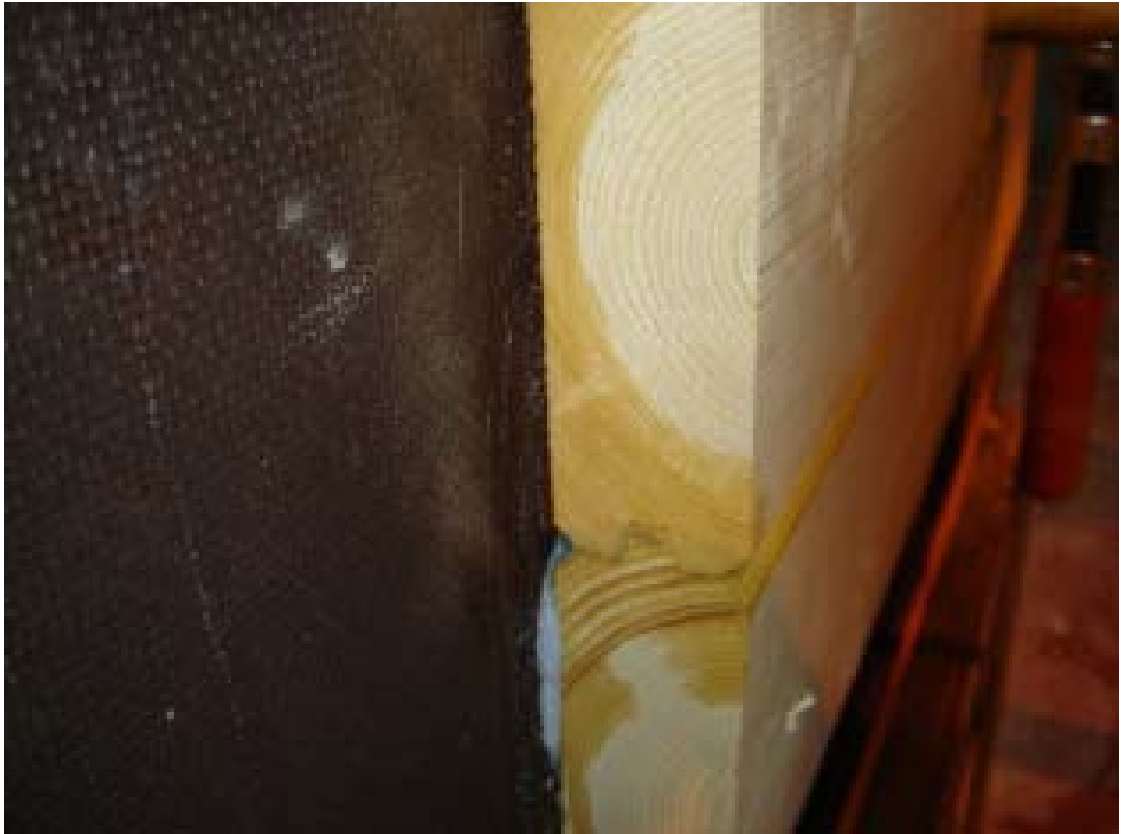
Testauksen tuloksena parhaaksi ratkaisuksi hirsikehikon nurkiksi saatiin vesiuranurkka. Rakennusvaiheessa pitää kiinnittää huomiota loveusten oikeaan kokoon eli lovet eivät saa olla liian tiukkoja eivätkä liian väljiä. Loveukseen tuleva vesiura pitää rakentaa huolella, että se toimisi toivotulla tavalla. Ura pitää olla hirsissä täysin päällekkäin eikä urassa saa olla mitään ylimääräistä, ettei veden kulku estyisi. Vesiurasta pitäisi näkyä valo läpi (katso kuva 14). Vesi muodostaa esteen kohdalla kuplan urassa ja se estää veden valumisen alaspäin.



Kuva 14. Urasta pitää näkyä läpi.

6.2 Rakennusmateriaali

Kuusi ei ime niin hyvin kosteutta kuin mänty, joten kuusi ei sinisty yhtä helposti. Sydänpuu kestää paremmin kosteutta, mikä kannattaa huomioida hirsiä lovetessa. Kuvassa 15 näkyy selvästi kuinka sydänpuu on kuivempi kuin ulkopinta. Kuvassa 16 näkyy kuinka vesi imeytyy puuhun vuosikasvua pitkin.



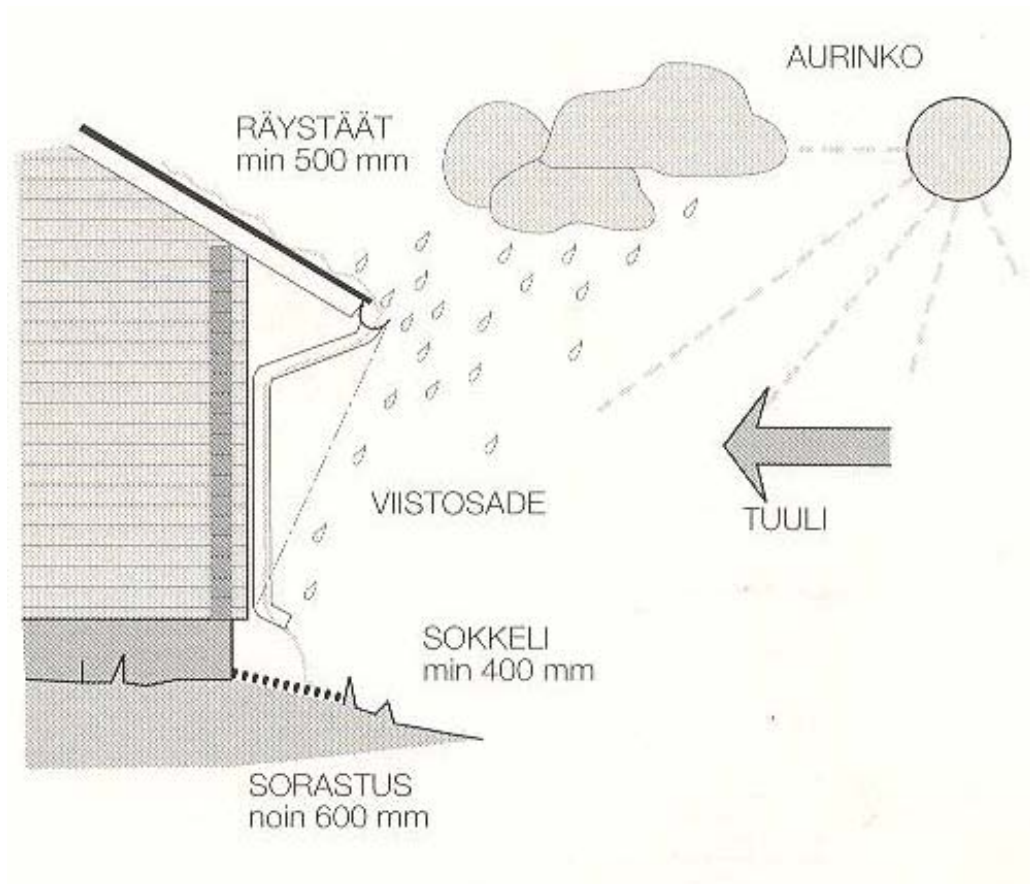
Kuva 15. Sydänpuu hylkii vettä.



Kuva 16. Vesi imeytyy puuhun vuosikasvua pitkin.

6.3 Rakentaminen

Rakentamisella voi myös vaikuttaa hirsien kastumiseen ja sen myötä hirsien väriavikojen syntymiseen. Rästaiden pitää olla niin leveät, että sadevesi kastelee seinää mahdollisimman vähän. Sadevesi ei saa myöskään valua seinää pitkin, vaan se johdetaan rästäskouruja ja syöksytorvia pitkin salaojiin tai mahdollisimman kauas seinärakenteista. Perustuksien oikea korkeus on tärkeää, etteivät roiskevedet tai maakosteus vahingoita kehikon alimpia hirsii. Rakentamisen aikana kiinnitetään huomiota, ettei seinien ulkopintaan jää vettä kerääviä nurkkia, uria ja liitoksia. Puuosien nopea kuivattaminen on tärkeää, jos ne joutuvat kosteudelle alttiiksi. Puu ei sinisty, jos kosteus pysyy alle 20 %. Kuvioista 8 voi nähdä, että rästäiden pitää olla vähintään 500 mm leveät ja sokkelin korkeus vähintään 400 mm. Mitä korkeampi sokkeli on, sitä paremmin se suojaa seinää maakosteudelta. (Keppo 2001, 64-65; Siikanen 2008, 84.)



Kuvio 8. Sääolosuhteet vaikuttavat hirsiseinän kastumiseen. (Keppo 2001)

6.4 Kemiallinen suojaus

Puurakenteita voi suojata myös kemiallisesti. Kemiallinen suojaus on tärkeää silloin, kun puurakenteet ovat kosketuksissa maahan tai jatkuvasti alttiina sateille. Sinistyneille puupinnoille käytetään natriumhypokloriitilla puhdistukseen, jonka jälkeen puupinnoille levitetään öljypitoista suoja-ainetta. Suojaava vaikutus ei ole pitkäaikainen, koska se ei estä uusien itiöiden laskeutumista puun halkeaville pinnoille. Puun pintakäsittelyistä maalaus on parempaa kuin lakkaus sinistymistä vastaan, koska maalaus peittää väriviat. Ajan mittaan sinistymä, jota ei ole pesty pois, tulee maalipinnan läpi. Hirren poikkileikkauspinta imee kosteutta enemmän kuin ehjä puupinta, jolloin poikkileikkauspinnan käsittelyllä voidaan vähentää puun kostumista huomattavasti. (Siikanen 2008, 76, 84; Ahonen 2007, 18.)

6.5 Rakennuksen huolto

Mitkään yksittäiset toimet eivät ole riittäviä säilyttämään hirsirakenteita hyvänä, jos niitä ei huolleta säännöllisesti. Huoltotoimenpiteitä on mm. seinien puhdistus liasta ja sammaleesta. Seinien pintakäsittely tulee uusina säännöllisin väliajoin. Räystäskourujen puhdistus takaa veden valumisen oikeita reittejä pitkin maahan. (Ahonen 2007, 24; Keppo 2001, 51.)

6.6 Testaus ja valmistus

Saha Kari Luoma ky voi parantaa hirsirakentamisen laatua testauksen perusteella. Viistenurkka vesiurilla ja sisänurkan listoitus suojaasi puuta parhaiten kosteusvaurioita vastaan. Testauksessa tämä nurkkamalli työstettiin pöytäsiirkelillä, mutta nurkasta saadaan mittatarkempi, kun se tehdään koneellisesti lovikoneilla.

Uuden nurkkaratkaisumallin käyttöönotto aiheuttaa kustannuksia, kun joudutaan hankkimaan uudet terät kylkityöstökoneeseen. Uusilla terillä tehdään hirsiiin vesiura- ja reunaviiste. Investoinnit jäävät kuitenkin pieniksi, koska yrityksellä on jo kyseinen kone olemassa. Lisäksi lovikoneeseen tulevia muutoksia ovat: lovikoneen suoran nurkan terät kavennetaan 45 millimetristä 39 millimetriin. Tämä muutos ei lisää kustannuksia.

Uuden nurkkaratkaisun käyttöönotto hirsiiä lovetessa lisää työaika rakennuksen koosta riippuen 3 - 6 tuntia, mutta hirsien menekkiä tämä kulmaliitos ei lisää. Investointi uuteen kulmaratkaisuun kannattaa tehdä, koska siitä saatava hyöty on suuri ja se parantaa huomattavasti hirsirakennusten laatua.

Nurkkamallin vaihtaminen ei kuitenkaan yksin riitä suojaamaan puuta värivioilta, vaan hirsirakentamisessa tulee huomioida räystäiden leveys, kivijalan korkeus ja kemiallinen puunsuojaus.

7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus löytää Saha Kari Luoma ky:n hirsirakentamiseen parempaa nurkkaliitosratkaisua kosteutta vastaan. Kosteus ja aurinko yhdessä aiheuttavat puun värjäytymistä ja se tekee kehikosta vanhan ja epäsiistin näköisen. Puun kestävyys biologisia vaurion aiheuttajia vastaan vaihtelee paljon eri sääoloissa. Kosteuden lisäksi itiöiden lisääntyminen on riippuvainen ravinnon saannista, hapestasta ja lämpötilasta. Edullisimmat olot värivioille, kun kosteus on pitkäaikaisesti 20 – 60 % ja lämpötila +5°C-+30°C. Tavallisimpia vaurion aiheuttajia ovat bakteerit, home-, sinistäjä- ja lahottajasienet sekä hyönteiset. Sienet eivät tunkeudu syvälle puun solukkoon, joten ne eivät vaurioita puun rakennetta.

Hirsirakennuksia tiedetään olleen jo 800 vuoden ajan. Nykyään hirret valmistetaan teollisesti massiivipuusta tai liimaamalla, mutta aikaisemmin ne veistettiin käsin. Hirsinurkilla voi vaikuttaa rakennuksen ulkonäköön, lämmönpitävyyteen ja tiiviyyteen.

Testattavia nurkkaliitoksia ovat yksinkertainen nurkka, viistenurkka ja vesiuranurkka. Jokainen nurkkaliitos testataan myös listalla sisäkulmissa. Testattavien nurkkaliitosten valintaan vaikutti se, että ne kaikki ovat sellaisia, mitä Saha Kari Luoma Ky voisi jatkossa valmistaa.

Hirsirakenteen ja nurkkaliitoksen veden läpäisevyyttä testataan sääkaapin avulla. Testauksen aikana seurataan kuinka nopeasti vesi läpäisee nurkkarakenteet ja onko pontti vedenpitävä. Testauksessa huomioidaan myös lisääkö jenkatankojen käyttö puun kostumista.

Yksinkertaisen nurkkaliitoksen hirsien loveukset tehdään lovikoneella. Loveuksen leveys on aina 45 mm ja syvyys on hirren yläpinnalta 45 mm ja alapinnalta 40 mm. Ennen nurkan kokoamista porataan 16 mm:n reiät 10 mm:n jenkatankoa varten. Tangossa olevilla muttereilla hirsien saumat kiristetään tiiviiksi. Veden läpäisevyyttä nurkan lisäksi tutkitaan myös jenkatankojen kohdalta.

Viistenurkkien hirsien loveukset tehdään yksilöllisesti pöytäsiirkkelillä. Hirsien työstäminen aloitetaan loveamalla hirsien molempiin kylkiin 3 mm syvät ja 45 mm pitkät urat. Urien päät ovat 45 asteen kulmassa keskelle päin. Loveuksen leveys on aina 39 mm ja syvyys on hirren yläpinnalta 45 mm ja alapinnalta 40 mm. Viistenurkka on tiiviimpi kuin yksinkertainen nurkka, koska siinä ei ole suoraa yhteyttä hirren ulkopinnalta sisäpinnalle.

Vesiuranurkka on muuten samanlainen kuin viistenurkka, mutta siinä on kaksi vesiuraa. Urat jäävät nurkan sisälle heti viisteen jälkeen. Urat sahataan (7 mm x 7 mm) siirkkelillä. Poikkisuuntaisessa hirressä urat ovat molemmin puolin hirttä ja pituussuuntaisessa hirressä urat ovat ulkopuolella. Urien pitää olla tarkasti päällekkäin, että vesi pääsee esteettä valumaan alas.

Testaukset suoritettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun puulaboratoriossa. Testauslaite on sääkaappi, jonka oven paikalle testattava nurkka asennetaan. Vettä suihkutettiin 20 min ajan 10 l/minuutissa yhtäjaksoisesti kohti tutkittavaa hirsinurkkaa. Samanaikaisesti seurattiin läpäiseekö nurkka vettä ja kastuuko puu rakenteet muualta kuin nurkasta. Saadut huomiot kirjattiin kellonaikoineen ylös.

Testien mukaan viistenurkka oli huomoin näistä kolmesta nurkkaliitosratkaisusta. Eikä sisäkulman listoitukseen paljoa parantanut asiaa. Yksinkertainen nurkka ilman listoja oli lähes yhtä huono kuin viistenurkka. Listoituksella sen vedenpitävyys parani lähes nelinkertaiseksi ajassa mitattuna. Vesiuranurkka oli paras nurkkaliitosratkaisu. Tämä nurkkaliitos vahvistettuna sisäkulman listoilla ei vuotanut vettä testiajan kuluessa, joka oli sovittu etukäteen 20 minuutiksi.

Jenkatangon alapäästä vuotava vesi ei vaurioita hirsirakennelmaa eikä aiheuta värivikaa sisäseinäpintaan, koska vesi vuotaa maahan sisälattiapinnan alapuolella. Jenkatangon suurin haitta veden pitävyydelle oli, kun jenkatanko rikkoi kiilapontin, jonka tehtävä on pitää sauma vesitiiviinä.

Hirsiä lovettaessa pitää kiinnittää huomiota mittauksen tarkkuuteen, ettei lovesta tule liian tiukkaa tai liian väljää. Nurkkamallien loveusten erilainen tekotapa ja mittausvirheet vaikuttavat nurkkien laatuun ja siten myös veden läpäisevyyteen

Kehikon pitää asettua jonkin aikaa ennen listojen asennusta. Nurkkalistojen pitää olla niin pieniä, etteivät ne jää kannattelemaan hirsikehikkoa. Listat tiivistetään silikonimassalla.

Kuusi imee kosteutta hitaammin kuin mänty, joten kuusi ei sinisty yhtä helposti. Sydänpuu kestää paremmin kosteutta, joka kannattaa huomioida hirsii lovetessa.

Räystäiden leveydellä ja kivijalan korkeudella voi vaikuttaa hirsien kastumiseen ja sen myötä värivikojen syntymiseen. Puurakenteita voi suojata myös kemiallisesti. Suojaava vaikutus on kuitenkin lyhytaikainen, koska uusia itiöitä laskeutuu jatkuvasti puun halkeaville pinnoille. Mitkään yksittäiset toimet eivät ole riittäviä säilyttämään hirsirakennusta hyvänä, jos niitä ei huolleta säännöllisesti.

Saha Kari Luoma ky voi parantaa hirsirakentamisen laatua testauksen perusteella. Viistenurkka vesiurilla ja sisänurkan listoitus suojasi puuta parhaiten kosteusvaurioita vastaan. Uuden nurkkaratkaisumallin käyttöönotto aiheuttaa lisäkustannuksia, kun joudutaan hankkimaan uudet terät kylkityöstökoneeseen sekä työkustannuksia, mutta hirsien menekkiä tämä kulmaliitosmalli ei lisää. Investointi uuteen kulmaratkaisuun kannattaa tehdä, koska siitä saatava hyöty on suuri ja se parantaa huomattavasti hirsirakennusten laatua.

LÄHTEET

Ahonen, T. 2007. Remonttikirja. Tallinna; Tallinna Raamatutrükikoda

Ala-Luoko M. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, laboratorioinsinööri. Haastattelu 17.11.2009.

Honkarakenne Oyj. Ei päiväystä. Omakotitalo-hirsi rakennusmateriaalina. [WWW-dokumentti].[Viitattu 01.04.2010].Saatavissa <http://www.honka.fi/residential/fi FI/material/>

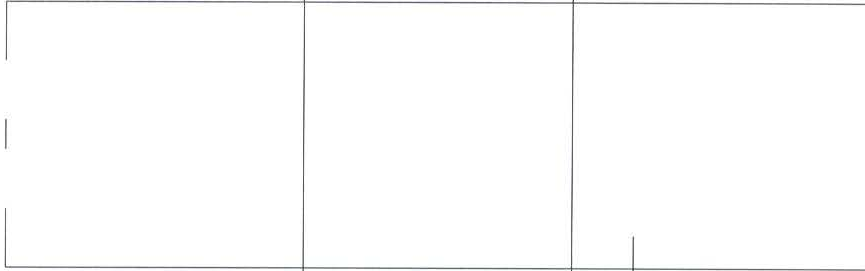
Keppo, J. 1994. Hirsitalon rakentaminen. Jyväskylä: Rakentajan Tietokirjat

Keppo, J. 2001. Hirsitalon suunnittelu. Jyväskylä: Rakentajan Tietokirjat

Siikanen, U. 2008. Puurakentaminen. Tampere: Rakennustieto Oy

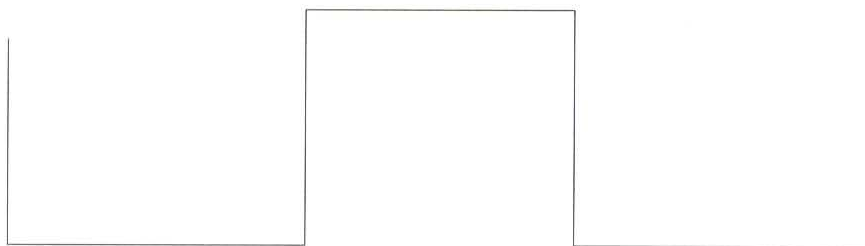
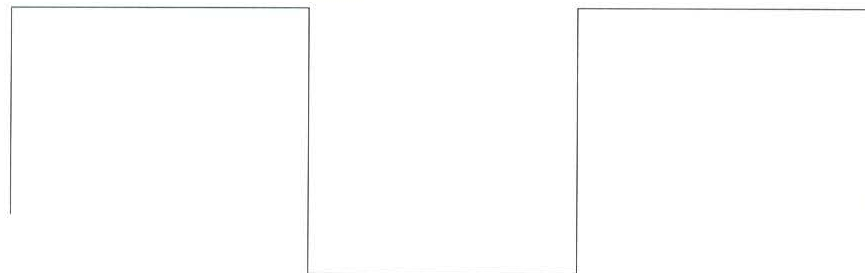
Vuolle-Apiala, R. 2008. Hirsityöt. Saarijärvi: Multikustannus oy

Liite 1
Yksinkertai-
nennurkka
Mittakaava
1:1

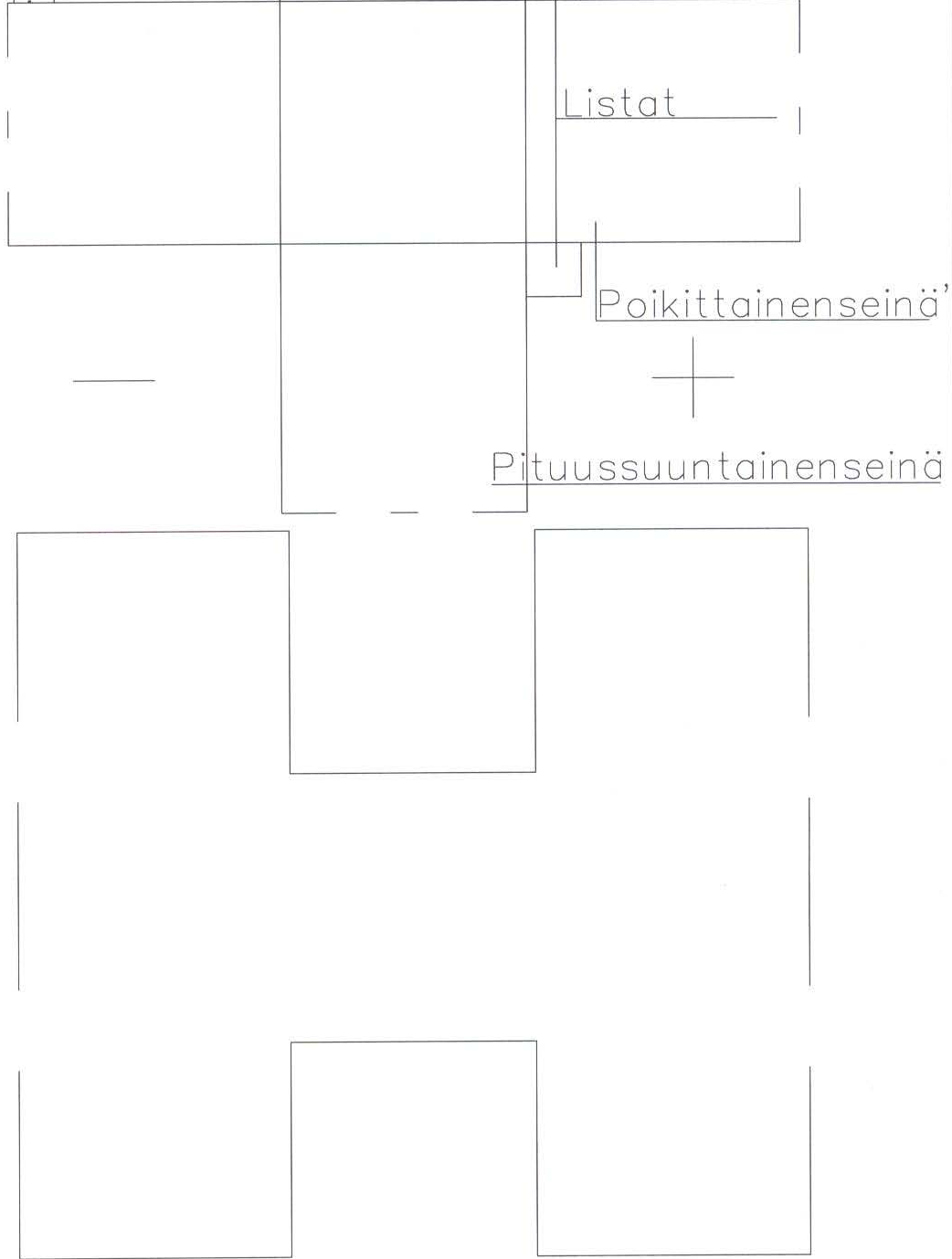


Poikittainenseinä

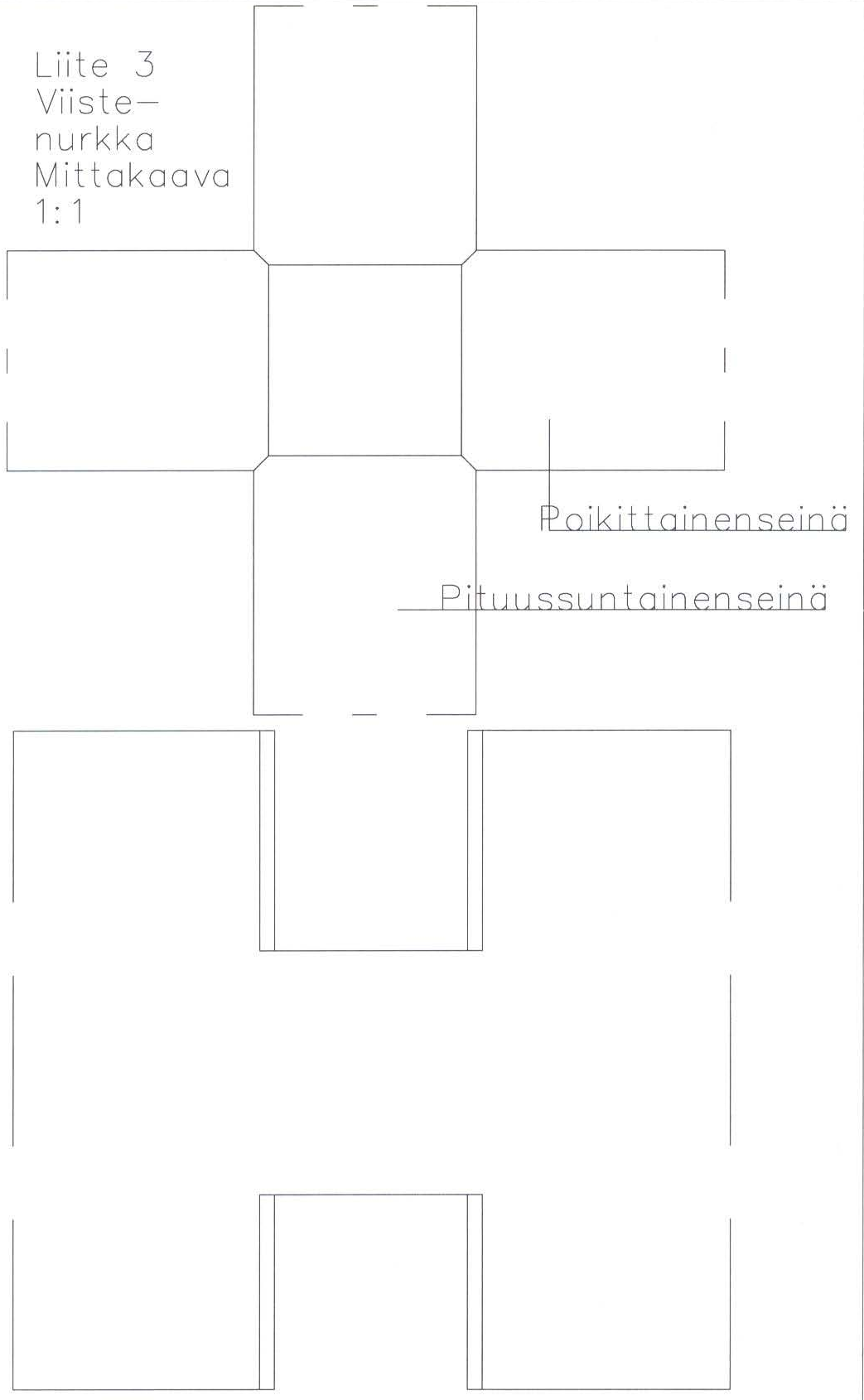
Pituussuuntainenseinä



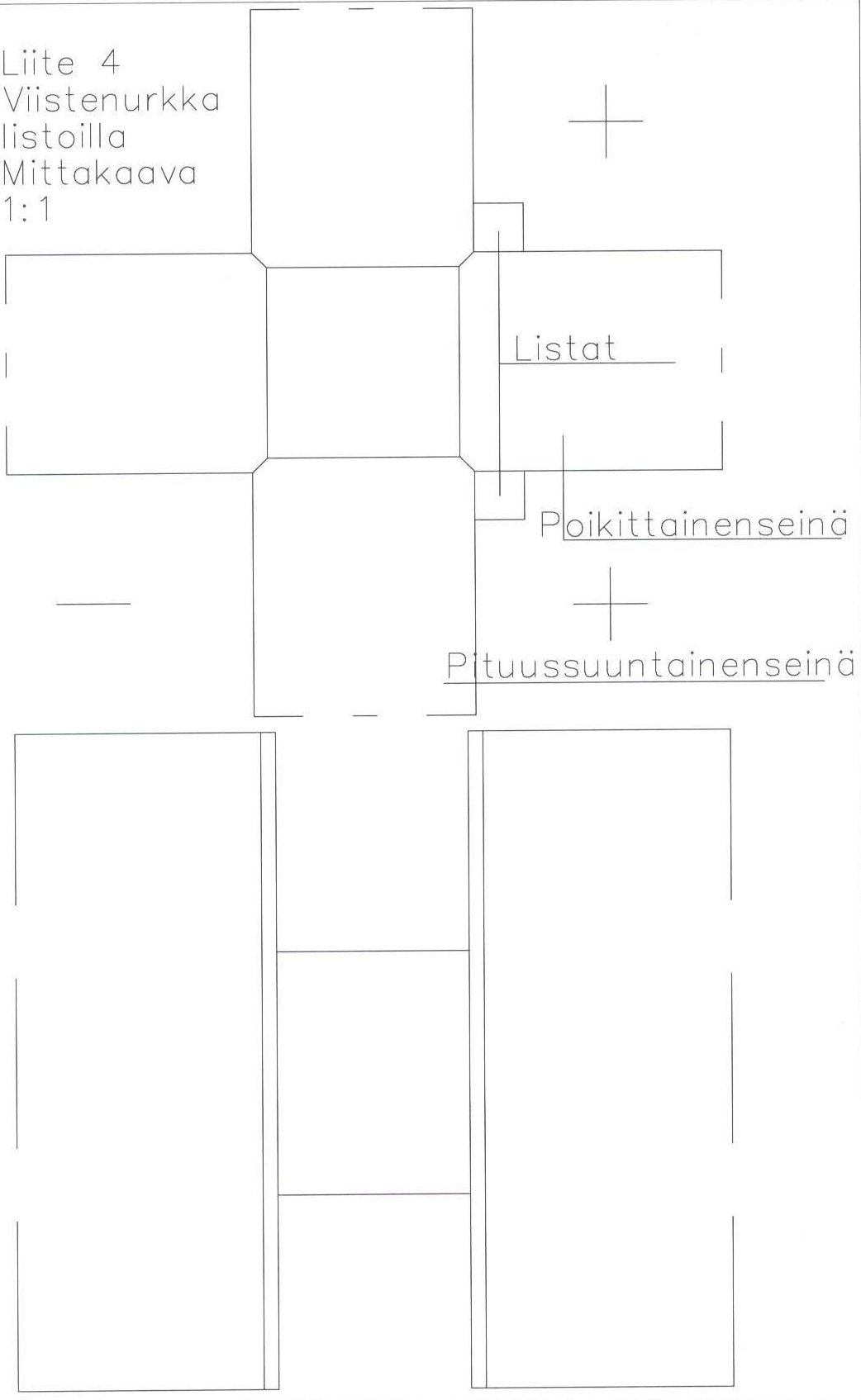
Liite 2
Yksinkertai-
nennurkka
listoilla
Mittakaava
1:1

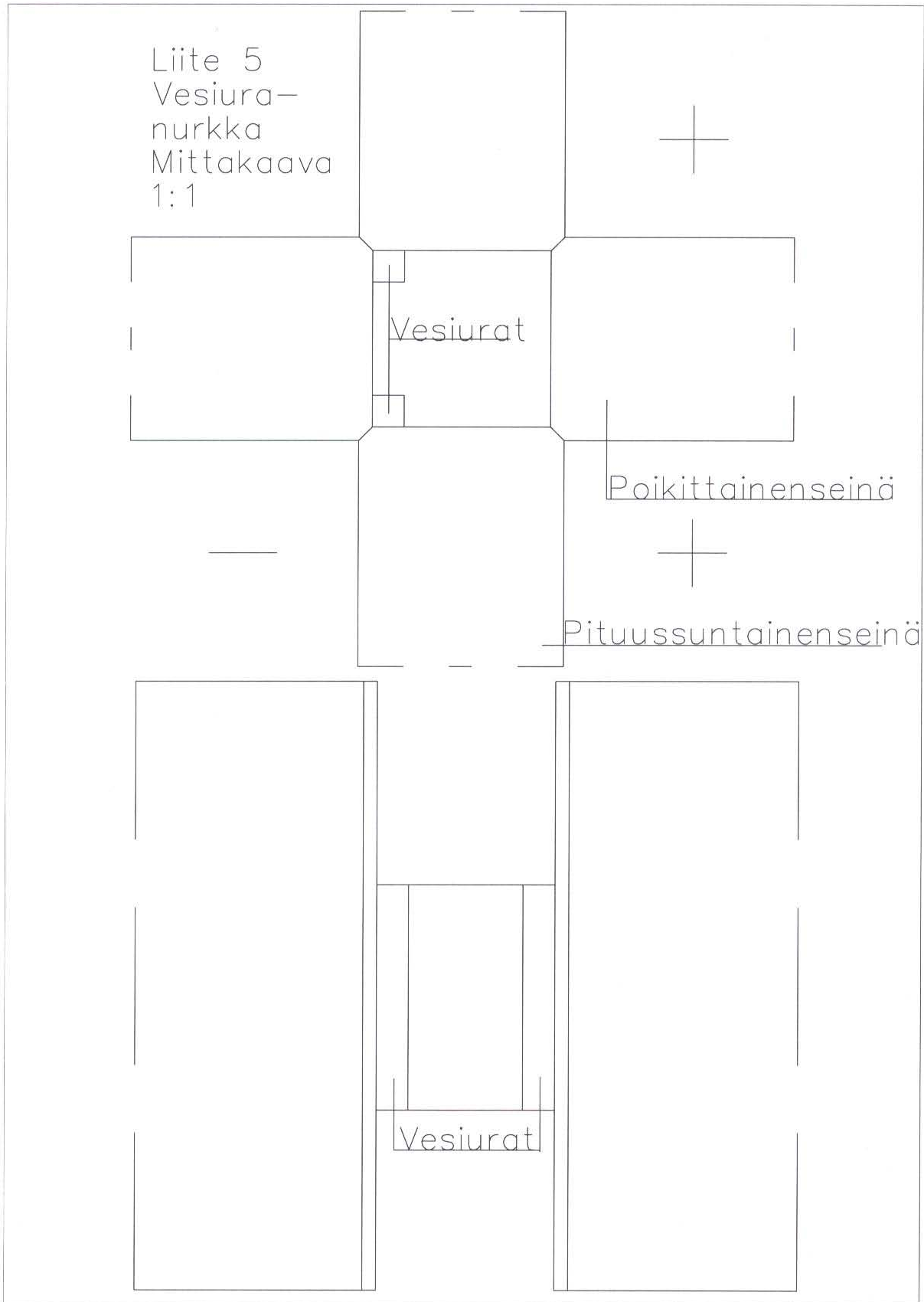


Liite 3
Viiste-
nurkka
Mittakaava
1:1



Liite 4
Viistenurkka
listoilla
Mittakaava
1:1





Liite 6
Vesiura-
nurkka
listoilla
Mittakaava
1:1

