



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

HIRREN FYSIKAALISET OMINAISUUDET

Ville Pöllänen

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIikka

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2024

TIIVISTELMÄ

Hirren fysikaaliset ominaisuudet

Ville Pöllänen

Oulun yliopisto, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2024, s.30

Työn ohjaaja yliopistolla: Hannu Liedes

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on kuvata hirsirakentamisen historiaa, kuin myös hirsirakentamista nykypäivänä, sekä luoda selkeä ja kattava kokonaisuus hirren rakennusfysikaalisista ominaisuuksista ja niiden aiheuttamista ilmiöistä hirressä, jotka rakennussuunnittelijan tulee ottaa huomioon käyttäessään hirsii rakennusmateriaalina. Työssä käydään myös läpi hirren paloteknillisiä ominaisuuksia, hirren ekologisuutta rakennussuunnittelijalle keskeisestä näkökulmasta sekä yleisimpiä hirsii sekä salvos profiileja.

Opinnäytetyö suoritettiin kirjallisuuskatsauksena. Tietoa haettiin moninaisista eri lähteistä, jotta tiedonlähde pohja olisi mahdollisimman laaja ja katsausta tukeva. Tiedonhaussa käytettiin useampia niin hirsii kuin puurakentamisen kirjoja, joissa ollutta tietoa yhdisteltiin mahdollisimman sujuvasti. Lähteinä käytettiin myös useita eri internet sivustoja kuin myös julkaisuja aiheesta. Työssä käytettävillä kuvilla on käyttöoikeus kuvien julkaisijalta.

Asiasanat: Hirsii, Fysikaaliset ominaisuudet, Suunnittelu, Puu

ABSTRACT

The physical properties of timber

Ville Pöllänen

University of Oulu, Degree Programme of Civil and construction engineering

Bachelor's thesis 2024, 30 pp.

Supervisor at the university: Hannu Liedes

The aim of this bachelor's thesis is to describe the history of timber construction, both past and present, and to provide a clear and comprehensive overview of the timber's building physical properties and the phenomena they cause in timber, that civil engineers should consider when using timber as a building material. The thesis also covers timber's fire technical properties, its environmental sustainability from the perspective of civil engineers, and the most common timber profiles and joints.

The thesis was conducted as a literature review. Information was gathered from various sources to ensure a wide knowledge base and supportive overview. Multiple books on timber and wood were utilized in the information search, and the gathering information was integrated as seamlessly as possible. Additionally, several different websites and publications on the topic were used as sources. The images in the thesis have been granted permission for use by their respective publisher.

Keywords: Timber, Physical properties, Designing, Wood

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	7
2 Hirsirakentamisen kehitys	8
2.1 Historia	8
2.2 Hirsirakentaminen nykypäivänä.....	9
3 Hirsirakentamisen toteutukset	11
3.1 Hirsirakenteen toteutukset.....	11
3.2 Hirsityypit	11
3.3 Salvostyyppit.....	14
4 Hirren rakennusfysiikka	17
4.1 Rakennusfysikaaliset suunnitteluperiaatteet	17
4.2 Kosteustekninen käyttäytyminen	17
4.3 Lämpötekniinen käyttäytyminen.....	19
4.5 Akustiset ominaisuudet	20
4.4 Tiheys	21
4.6 Hengittävyys	22
4.7 Palonkestävyys	22
4.8 Hirren painumat	24
4.9 Hirren ekologisuus	25
5 Tulosten tarkastelu	27
6 Johtopäätökset ja suositukset	28
7 Yhteenveto	29
LÄHDELUETTELO.....	30

1 JOHDANTO

Hirsirakentaminen on näyttävä ja ekologinen rakennustapa, jolla on Suomessa pitkä ja rikas historia. Suomi on maailman johtava teollisen hirsirakentamisen maa niin laadullisesti kuin määrällisesti. Hirsi on rakennusmateriaalina sekä rakennusominaisuuksiltaan erittäin monipuolinen ja pitkäikäinen, ja sen kysynnän ennustetaan kasvavan tulevaisuudessa. Tästä syystä rakennussuunnittelijat tulevat todennäköisemmin törmäämään hirsiin yhä enemmän rakennusmateriaalina tulevaisuudessa, joten niiden ominaisuudet ja käyttäytyminen rakennusmateriaalina on syytä tuntea.

Puun käyttö rakentamisessa on kasvamassa Suomessa jo pelkästään yhteiskunnallisten sekä kasvavien ilmastopoliittisten tarpeiden ansiosta. Suurimmat kasvu mahdollisuudet ovat kerrostalorakentamisessa, julkisessa rakentamisessa, kuin myös energiakorjaushankkeissa. Kansalliset energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi olisikin juuri tärkeä siirtyä puuhun rakennusmateriaalina sen hiilinielu ominaisuuksien kuin myös terveellisyyden vuoksi. Puun käytön kehittämistä rakentamisessa onkin painotettu kansallisissa tavoitteissa puurakentamisen suhteen, joka julkaistiin syyskuussa 2020. (Maa- ja metsätalousministeriö)

Työn tavoitteena on luoda selkeä ja havainnollistava kokoelma hirren rakennusfysikaalisista ominaisuuksista. Työn alussa käydään läpi hirsirakentamisen historiaa Suomessa, mikä luo lukijalle kontekstia hirsistä rakennusmateriaalina Suomessa. Tekstissä edetään kronologisessa aikajärjestyksessä läpi historian aina nykypäivän hirsirakentamiseen, jossa kuvaillaan hirsirakentamisen asemaa Suomessa tänä päivänä. Kolmannessa luvussa tutustutaan hirsirakentamisen toteutuksiin sekä yleisimpiin hirsiprofiileihin, sekä salvostyypeihin, joita käytetään hirsirakentamisessa. Neljäs luku käsittelee hirren rakennusfysikaalisia ominaisuuksia sekä niistä aiheutuvia ilmiöitä itse hirressä ja hirsirakenteessa, jotka suunnittelijan tulee tiedostaa suunnittelu vaiheessa. Viidennessä luvussa tarkastellaan kirjallisuuskatsauksen tuloksia. Kuudennessa kappaleessa käydään läpi johtopäätöksiä ja suosituksia katsauksen perusteella. Seitsemäs kappale on yhteenveto kappale, jossa koottu tieto ja havainnot tiivistetään lyhyeksi pohdinnaksi.

2 HIRSIRAKENTAMISEN KEHITYS

2.1 Historia

Hirsirakentamista on tehty Suomessa satoja vuosia, eikä mistään muusta rakentamisen tavasta ole vastaavaa kokemusta tai historiaa. Vanhimpien löydettyjen arkeologisten löydösten mukaan suomalaiset ovat käyttäneet hirsii rakennusmateriaalina jo ennen 1000-lukua. Tiedettävästi kuitenkin vanhin vielä pystyssä oleva hirsirakennus on Kokemäellä sijaitseva Pyhän Henrikin saarnahuone, jossa vanhimmat hirret ovat 1470-luvulta. (Sipiläinen 2022)

Vanhimpia asuinrakennustyyppinä olivat pohjaltaan neliönmuotoiset satulakatolliset hirsikodot, joissa hirret salvottiin maata vasten muutaman hirren korkuisiksi kehikoiksi. Näitä hirsikotia tehtiin Suomessa ainakin 600-900-lukujen välisenä aikana. (Vaaran Aihkitalot) Hirrestä valmistettuja pysyviä asuinrakennustyyppinä edelsivät tilapäisiksi asuinsuojiksi tarkoitetut laavut ja kodat. Vanhimmissa hirsitalotyypeissä oli maanvarainen lattia ja ne rakennettiin veistämättömistä hirsistä. Nykyäänkin hirsirakennuksissa käytettäviin nurkkasalvoksiin siirryttiin Suomessa todennäköisesti 800-1000-luvuilla ja voidaankin ajatella, että nurkkasalvoksien käyttö oli yksi keskeisistä rakennustekniikoista, joka auttoi siirtymään tilapäisistä suojista pysyviin hirsirakennuksiin. (Siikanen 2008, s.12)

Savupirtit olivat hirsikotia seurannut rakennusmuoto, ja vanhimmat löydökset ovat n. 1000-luvulta, mutta ne olivat käytössä aina 1900-luvulle saakka. Savupirteissä rakennustekniikka otti pieniä harppauksia eteenpäin. Pirteissä lämmitys tapahtui kiukaan tyyppisillä tulisijoilla, joista syntynyt hirsikehikon yläosaan kertynyt savu ohjattiin ulospuolisen lakeisen kautta. Hirsii oli myös eristetty savella ja jo käytössä ollut nurkkasalvos tekniikkaa kehitettiin siten, että hirsii jatkamalla saatiin huoneisiin enemmän kokoa. 1700-luvun lopussa alettiin käyttämään paremmin lämpöä varaavia uuneja. (Siikanen 2008, s.13)

1700-luvulla kehittynyt sahateollisuus mahdollisti puutalojen rakentamisen suuremmissä määrin. Puutaloja alkoikin nousemaan Suomeen kovaa tahtia. 1800-luvun teollistumisen keskellä hirsitaloja alettiin rakentamaan porvariston tarpeisiin ja niiden näyttävyys ja koko ottivat suuria harppauksia eteenpäin. Tänäkin päivänä vanhoja ja hyvin säilyneitä

puutaloja on Porvoossa, Kaskisissa ja Raumalla. 1900-luvulla toisen maailmansodan jälkeen alettiin rakentamaan rankarunkoisia taloja, mutta hirsitalot olivat kuitenkin suosiossa erityisesti rintamamiestaloissa, koska hirsi oli luotettava ja tuttu materiaali, jota osattiin käyttää. Teollinen hirsirakentaminen alkoi myös kehittyä nopealla tahdilla 1900-luvulla. Ensimmäinen teollisesti valmistettu hirsituote oli höylähirsi ja jo 1960-luvulla nykyäänkin käytetyt hirsiprofiilit ja nurkkalukot kehitettiin. (Vaaran Aihkitalot) Teollisen tuotannon kehittyessä muutokset itse hirressä jäivät taka-alalle. Keskityttiin enemmän prosessin tehostamiseen, toimintatapojen parantamiseen ja koneiden kehittämiseen. Vasta tämän jälkeen kiinnittyi huomio myös itse hirsien sekä hirsitalojen kehittämiseen. (Keppo 2002, s.8)

2.2 Hirsirakentaminen nykypäivänä

Suomi on tänä päivänä ehdoton hirsirakentamisen suunnannäyttävä niin laadun, suunnittelun kuin teknisen osaamisenkin kannalta koko maailmassa. Hirsi on täysin kotimainen tuote ja sen käyttämisessä rakennusmateriaalina on hyvin pitkä historia ja se on palaamassa kiihtyvällä tahdilla yhä suosittumaksi rakennusmateriaaliksi niin suurissa kuin pienemmissäkin rakennus hankkeissa.

Hirren kasvavaan suosioon on useampi syy, joista yksi on sen ekologisuus. Hirsi on hiilijalanjäljetön rakennusmateriaali, jonka rakentamisessa syntyy enemmän energiajätettä, kuin mitä käytetään itse hirsirakennuksen rakentamiseen. Hirsitalo myös sitoo elinkaarensa aikana enemmän hiilidioksidia, kuin mitä sen valmistamisen aikana syntyy. Hirren fysikaalisten ominaisuuksien kuten hygroskooppisuuden ansiosta hirsitalot ovat hyvin toimivia sisäilman laadun suhteen ja sisäilma ongelmat ovatkin niissä hyvin harvinaisia. (Kultahirsitalot 2022a)

Hirsirakentamisessa kuten muussakin rakentamisessa nykyään avaimet käteen pakettiratkaisut ovat olleet suosittuja viime vuosina ja niiden suosion ennustetaan vain kasvavan. Tänä päivänä, joka neljäs uusi omakotitalo rakennetaan hirsistä. Hyvänä esimerkkinä voidaankin pitää (TM Rakennusmaailma 2022) tekemässä julkaisussa kuvattiin kuinka vuonna 2021 teollisen hirren liikevaihto oli 329 miljoonaa euroa, mikä tarkoitti 30 prosentin kasvua edellisvuoteen verrattuna. Kasvu on vahvaa niin kotimaassa, kuin vientimarkkinoilla tänäkin päivänä.

Hirsirakentaminen, kuten muutkin rakentamismuodot ovat kehittyneet ja siirtyneet lähes täysin tietokoneavusteiseen suunnitteluun (CAD) ja tietomallinnukseen (BIM), joiden avulla mahdollistetaan hirsien mm. esikuivatus sekä mittatarkkojen liitosrakenteiden valmistus. Tarkan mitoituksen ja esivalmistuksen ansioista nykyaikainen hirsitalo nousee nopeasti pystyyn ja vältytään myös rakennusvirheiltä helpommin. (RT 82-11168 2014, s.11)

3 HIRSIRAKENTAMISEN TOTEUTUKSET

3.1 Hirsirakenteen toteutukset

Hirsirakentamisen keskeisimmät tekijät ovat itse käytettävä hirsi sekä nurkkasalvokset, joilla hirret liitetään toisiinsa kiinni rakennuksen kulmissa. Itse hirsissä keskeistä on käytettävä puulaji, josta hirret veistetään sekä hirsien profiili ja dimensiot, joiden mukaan hirsirakenteen rakenteelliset ominaisuudet kuten lujuus osittain määräytyvät. Puulajina käytetään nykyään pääasiallisesti mäntyä, sen kosteuskäyttäytymisen, keveyden sekä helpon työstettävyyden takia. Nurkkasalvokset määräävät hirsirakenteen tiivyyttä ja stabiiliutta. Nurkkasalvosten profiili valitaankin näiden tekijöiden mukaan, mutta myös puun kuivuus, rakennuksen käyttö tarkoitus sekä estetiikka vaikuttavat valintaan keskeisesti. Seuraavaksi käydään läpi yleisimpiä hirsi- sekä salvostyyppisiä, joita käytetään Suomessa.

3.2 Hirsityypit

Hirsi voidaan lajitella sen muodon perusteella tai onko hirsi kokonaan yhdestä tukista työstetty vai onko se useammasta lamellista liimattu hirsi. Myös painumattomuus on ominaisuus, jonka perusteella hirsistä voidaan jaotella tänä päivänä (Puuinfo 2020a). Suunnittelijan tulee olla tietoinen eri hirsityyppien ominaisuuksista sillä ne määräävät pitkälti rakennuksen niin fysikaaliset ominaisuudet kuin mitoittamisessa huomioon otettavat tekijät.

Pyöröhirsi kuten (Kuva 1) on kuvattu on yksipuinen ja muodoltaan alkuperäisen rungon muotoinen. Eikä sen työstäminen muuta juurikaan jännitteitä puun sisällä. Pyöröhirsissä vääntyileminen on vähäistä. Käsillä työstettäessä alkuperäinen tukki kuoritaan ja sen pintaa oikaistaan hieman, mikä vaikuttaa hirsien vahvuuteen. Nykyään pyöröhirret pääosin sorvataan koneellisesti.



Kuva 1. Pyöröhirsi (Puuproffa 2024a)

Veistetyllä hirrellä (Kuva 2) tarkoitetaan käsin veistettyä hirttä ja veistetyt hirret ovat vanhin hirsityyppi, mitä Suomessa on löydetty. Hirrestä veistetään pintapuu pois, jotta saadaan kestävämpi sydänpuu esille. Veistetyt hirret ovat pyöröhirsiä kestävämpiä, mutta niiden valmistus on vaativaa ja raskasta. (Puuproffa 2024a)



Kuva 2. Veistetty hirsi (Puuproffa 2024a)

Lamellihirret ovat höylättyjä useammasta saman suuntaisesta lamellista koostuvia hirsiiä (Kuva 3), joiden etuna ovat niiden halkeamattomuus sekä määrämittaisuus. Lamellihirsien raaka-aineena käytetään mänty- tai kuusisahatavaraa. Lamellihirret mahdollistivat suurempien hirsien valmistamisen, joka aikaisemmin rajoittui käytettävän tukin kokoon. Hirsien suurempi koko mahdollisti pidempien jänneväliden käytön rakentamisessa. Lamellihirsissä käytettävät lamellit on sormijatkettu, jonka jälkeen ne on yhdistetty liimaamalla toisiinsa muodostaen massiivipuurakenteen. (Puuinfo 2020a).



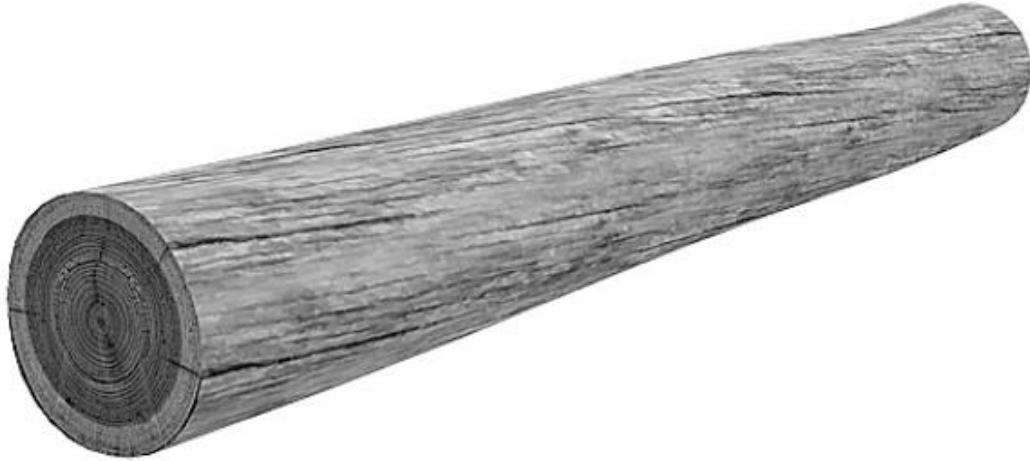
Kuva 3. Tyypillinen lamellipyöröhirsi profiili (Puuproffa 2024a)

Höylähirsi on kaikista yleisin hirsityyppi teollisessa rakentamisessa (Kuva 4). Nimensä mukaisesti höylähirret höylätään teollisesti eri mittoihin aina ohuemmista 90 mm paksuisista aina järeämpiin jopa 170 mm paksuisiin hirsiiin. Höylähirsissä käytetään mieluiten sydänhalkaistua puuta, joka ei halkeile pinnastaan, mutta sydänpuun sijainnin takia hirressä tapahtuu vääntyilyä enemmän kuin hirressä, jossa sydänpuu on keskellä. (Puuproffa 2024a).



Kuva 4. Höylähirsi profiili (Puuproffa 2024a)

Kelohirsi (Kuva 5) on kallis hirsityyppi sen harvinaisuuden ja käsittelyn takia, mutta rakennusmateriaalina se on kuitenkin kestävä valinta. Kelohirsien etuna tuoreisiin hirsiiin on niiden painumattomuus, koska kelot ovat rutikuivia jo valmiiksi rakennusvaiheessa, eikä kelohirsiä tarvitse pintakäsittellä kuten tuoretta hirttä. Suomessa kelohirttä käytetäänkin pääasiassa loma-asuntojen rakentamisessa. (Ranta-aho & Paalijärvi 2021)



Kuva 5. Kelohirsi profiili (Puuproffa 2024a)

3.3 Salvostyypit

Hirsirakennuksen tärkein koossapitävä osa ovat hirret yhteen liittävät nurkkasalvokset. Nurkkasalvoksia on useita erilaisia. Salvoksien tekniset erot ovat pieniä, mutta niiden ulkonäölliset erot suuria. Salvostyyppin valintaan vaikuttavat puun kuivuus, käytettävä hirsityyppi, käyttötarkoitus sekä tavoiteltu ulkonäkö. Salvokset ovatkin suuressa osassa juuri julkisivun suunnittelussa, sillä niillä on keskeinen vaikutus juuri rakennuksen lopulliseen ilmeeseen. Salvokset jaetaan karkeasti pitkä- ja lyhytnurkkaisiin salvoksiin. Pitkänurkkaisilla salvoksilla tarkoitetaan seinä- tai nurkkaliitoksia, jossa hirsien päät ulottuvat nurkan yli ja ne antavat rakennukselle perinteisen hirsirakennuksen ilmeen. Lyhytnurkassa eli tasanurkassa hirsien päät eivät ylety nurkan yli vaan ne tekevät nurkasta “terävän”. (Puuinfo 2020h)

Ämmännurkka on salvostyypeistä yksinkertaisin ja yleisin salvostyyppi mitä käytetään (Kuva 6). Ämmännurkka kuuluu pitkänurkkaisiin salvoksiin ja sitä on käytetty yleensä kylmissä hirsirakennuksissa kuten varastoissa ja maatalousrakennuksissa. Erityisesti kelohirsiä käytettäessä tulisi käyttää juuri ämmännurkkaa, sillä kelohirsien sydänpuu voi olla lahonnutta. Ämmännurkka perustuu hirren puoliväliin ulottuvaan alla olevan hirren mukaiseen loveukseen. (Siikanen 2008, s.313)



Kuva 6. Ämmännurkka (Puuproffa 2024b)

Ristinurkka (Kuva 7) on yleisin nurkkatyyppi Suomalaisissa talonpoikaisissa rakennuksissa. Sitä pidetäänkin vanhimpana ja helpoimpana toteuttaa lämpimän rakennuksen nurkista. Pyöröhirsiä käytettäessä hirret yleensä piilutaan sisäpuolelta sileiksi, jos sisäpintakin jätetään pyöreäksi, on se otettava huomioon lämminvarauksessa. Ristinurkka luokitellaan myös pitkänurkkaiseksi salvokseksi. (Siikanen 2008, s.313)



Kuva 7. Ristinurkka (Puuproffa 2024b)

Lohenpyrstönurkka (Kuva 8) on lyhytnurkkainen salvostyyppi ja se on tänä päivänä suosittu salvostyyppi sen helppokäyttöisyyden takia. Nurkka sopii hyvin esimerkiksi rakennuksiin, joissa käytetään laudoitusta tai liitoksena muissa rakennuksissa oleviin hirsiosiin. Salvoksen toiminta perustuu kaltevien makuupintojen välille syntyvään puristukseen, joiden vuoksi nurkan on oltava tiukka ja kannattava. (Vuolle-Apiala 2012, s.131)



Kuva 8. Lohenpyrstönurkka (Puuproffa 2024c)

Läpihammasnurkka (Kuva 9) kuuluu lyhytnurkkaisiin salvoksiin myös ja se on esimerkiksi lohenpyrstönurkkaa tukevampi nurkkatyöli. Hammasnurkissa käytetään ns. hampaita, joiden avulla hirret limittyvät toisiinsa tukevasti. Hammasnurkat sopivat pyöreisiin hirsiiin, jotka on oikaistu niiden päiden sivuilta sekä suoriksi veistettyihin hirsiiin. (Vuolle-Apiala 2012, s.131) Hammasnurkat ovat haastavia valmistaa niiden vaativamman sahauksen takia, jonka taitavat vain kokeneemmat veistäjät.



Kuva 9. Läpihammasnurkka (Puuproffa 2024c)

4 HIRREN RAKENNUSFYYSIIKKA

4.1 Rakennusfysikaaliset suunnitteluperiaatteet

Rakennusfysikaalisessa suunnittelussa keskitytään lämpö- ja kosteustekniseen suunnitteluun. Kuitenkin kiristyvien määräysten takia, jotka liittyvät esimerkiksi energiatehokkuuteen sekä sisäilman laatuun, täytyy suunnittelijan ottaa yhä enemmän huomioon koko rakennuksen toiminta. (Rakennusinsinöörien liitto 2014)

Suunnittelussa tärkeintä on, että suunniteltavat rakennukset sekä rakenteet täyttävät vähintään lainsäädännön edellyttämät olennaiset tekniset vaatimukset. Rakennusfysikaalisella suunnittelulla on suuri vaikutus lähes kaikkiin olennaisiin rakennuksen ominaisuuksiin, joten se on keskeistä toteuttaa laadukkaasti. Suunnittelussa etsitään ratkaisuja hyvin useaan eri tekijään, joita ovat esimerkiksi lujuus ja vakaus sekä lämmöneristys, että energiatehokkuus. Tavoitteita on niin useita, että ne voivat olla keskenään ristiriitaisia. Suunnittelijan tehtävä onkin löytää näihin kaikkiin ratkaisu, laiminlyömättä yhtäkään ratkaistakseen toisen. (Rakennusinsinöörien liitto 2014)

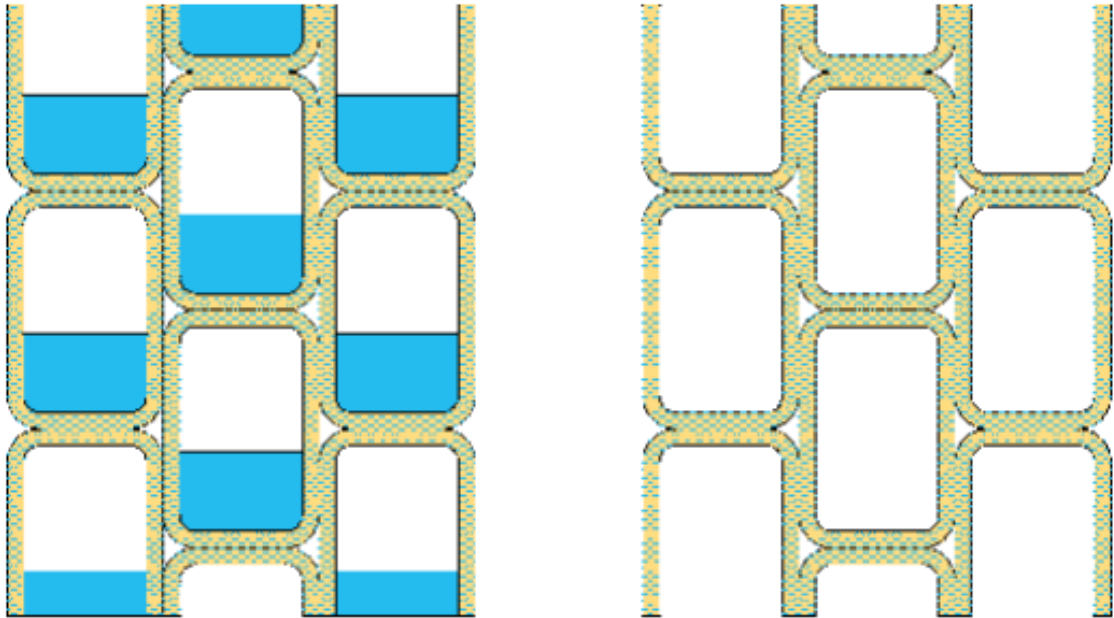
Seuraavaksi käydään läpi, mitä rakennusfysikaalisia ominaisuuksia hirrellä on sekä mitä fysikaalisia ilmiöitä hirsirakentamisessa suunnittelijan tulee ottaa huomioon.

4.2 Kosteustekninen käyttäytyminen

Rakennussuunnittelijan täytyy ottaa huomioon puun kosteuskäyttäytymiseen liittyviä tekijöitä käyttäessään hirsiiä rakennusmateriaalina. Nämä tekijät liittyvät niin puun kosteuskäyttäytymisen aiheuttamiin lujuus ominaisuuksiin, kuin hirsirakennusten ilmanlaatuun.

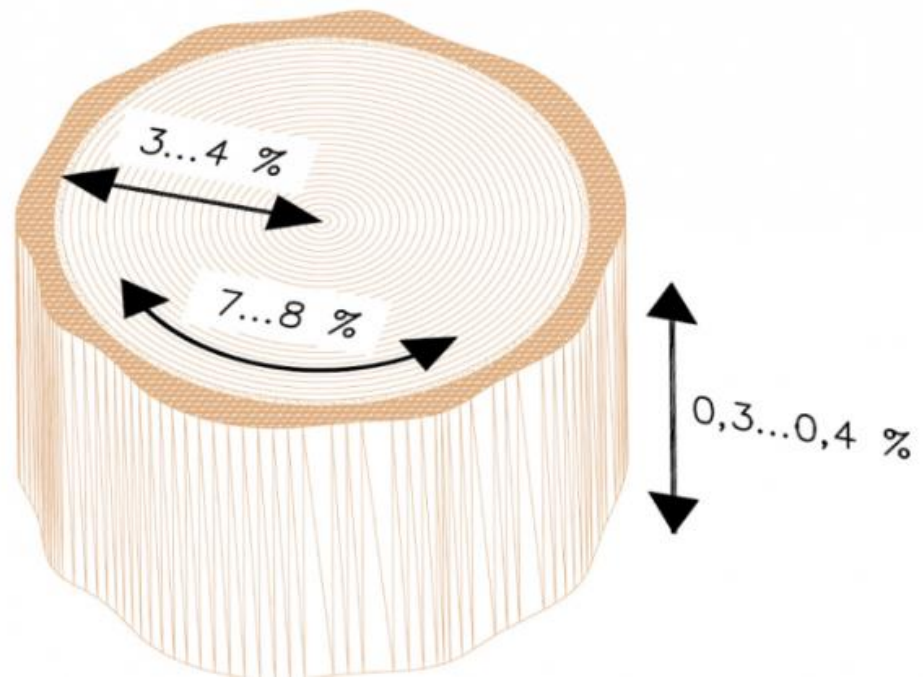
Puussa olevasta vedestä osa on sitoutuneena puun soluseinämiin ja osa on puussa irrallaan. Kun puu kuivuu, niin ensimmäisenä haihtuu soluonteloissa oleva vesi ja sitten vasta soluseinämiin sitoutunut vesi (Kuva 10). Kosteustilaa, jossa vapaa vesi on haihtunut soluonteloista, mutta soluseinämät sisältävät enimmäismäärän vettä kutsutaan puun syiden kyllästymispisteeksi. Hirsirakentamisessa pääasiallisesti käytettävissä puulajeissa eli männyssä ja kuusessa tämä kyllästymispiste on noin 30 prosenttia. Tämän jälkeen vesi alkaa poistua soluseinämistä, mikä aiheuttaa puun kutistumista,

minkä seurauksena puun lujuusominaisuudet paranevat. Puun kosteus vaikuttaakin merkittävästi puun puristus- ja taivutuslujuuteen. Tämä perustuu soluseinämien liikkumisella lähemmäksi toisiaan ja näin toisiinsa kiinnittymisellä. (Siikanen 2008, s.43)



Kuva 10. Puun syiden kyllästymispiste (Puuinfo 2020c)

Puu on anisotrooppinen materiaali eli se kutistuu ja turpoaa eri suuntiin eri tavoin (Kuva 11). Puun syysuuntainen kutistuminen on pientä verrattuna muiden suuntien kutistumiseen, mutta suurissa puurakenteissa se on syytä ottaa huomioon. Mänty ja kuusi esimerkiksi kutistuessaan kosteasta täysin kuivaksi on kutistuminen syysuuntaisesti noin 0.3 prosenttia, kehän suunnassa noin 8 prosenttia ja säteen suunnassa noin 4 prosenttia. Näiden erojen takia kuivuessaan puuhun syntyy jännityksiä, jotka vetolujuuden ylittäessään aiheuttavat halkeamia. Halkeamien kokoon vaikuttaa hirren kosteus sekä koko. Nämä halkeamat eivät kuitenkaan vaikuta haitallisesti puun lämmönjohtumis- tai lujuusarvoihin. Kuitenkin puun anisotrooppisuus tarkoittaa lujuuden kannalta sitä, että puun lujuusominaisuudet ovat riippuvaisia siihen kohdistuneen kuorman suunnasta, ja tämä täytyy ottaa suunnittelu vaiheessa huomioon. (RT 82-11168 2014, s.11)



Kuva 11. Puun anisotrooppinen kutistuminen ja turpoaminen (Puuinfo 2020c)

Puu on myös hygroskooppinen materiaali. Tämä tarkoittaa, että puu kykenee luovuttamaan ja sitomaan kosteutta sitä ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden mukaan pyrkien tasapainokosteuteen ympäristön kanssa. Hygroskooppisten materiaalien mm. sisäilman laatua parantava vaikutus perustuu niiden sisäilman suhteellisen kosteuden huippujen tasaamiseen kosteuspuskuroinnin avulla. Hirteen syntyvillä halkeamilla on myös hygroskooppisuutta edistävä vaikutus, sillä ne lisäävät puuaineen ja huoneilman kosketuspinta-alaa, joka korreloi suoraan puun kykyyn luovuttaa ja sitoa huoneilman kosteutta tarvittaessa. (Puuinfo 2020g)

4.3 Lämpötekkinen käyttäytyminen

Puun huokoisuuden vuoksi sen lämmönjohtavuus on vähäinen ja se vähenee entisestään puun tiheyden laskiessa. Tämän takia nykypäivän vaatimusten mukaan uudisrakennuksilta vaadittavat lämmöneristys arvot eivät yleensä täyty pelkästään hirsiseinillä, joita ei ole lisäeristetty. Tästä johtuen suunnittelijan on arvioitava lämmönpitävyyttä ottaen huomioon koko talon rakenteiden keskimääräisen lämmöneristyskyvyn. (Vuolle-Apiala 2012, s.117) Puun lämmönjohtavuuteen vaikuttavat puun tiheys sekä kosteus. Kosteuden kasvaessa prosenttia, kasvaa lämmönjohtokyky 2.7 prosenttia. Lämmönjohtavuus on myös noin kaksinkertainen puun syiden suunnassa verrattuna syitä vastaan kohtisuorassa. (Siikanen 2008, s.44)

Puun lämpökapasiteetti eli lämmönvaraamiskyky riippuu puun kosteudesta, tiheydestä, syysuunnasta sekä lämpötilasta. Männyllä ja kuusella keskimääräisenä arvona voidaan pitää $2300 \frac{J}{kg \cdot K}$ lämpötila alueella 0 - +100 °C . Kosteuden kasvaminen parantaa puun lämmönvaraamiskykyä, sillä veden ominaislämpö on korkeampi kuin puulla. Hirren hyvän lämpökapasiteetin vuoksi järeä hirsiseinä ei välttämättä tarvitse lisäeristystä vaan toimii kohtalaisen hyvin sellaisenaan ulkoseinärakenteena. Vertailun vuoksi puun lämmöneristyskyky on 400 kertaa parempi kuin teräksen sekä 12 kertaa parempi kuin betonin. Puu onkin ainoa materiaali näistä kolmesta, mikä kestää sekä kuormituksia että toimii lämmöneristeenä samanaikaisesti. (Puuinfo 2020e)

4.5 Akustiset ominaisuudet

Hirsi on materiaalina akustisilta ominaisuuksiltaan toimiva, sillä pehmeä puinen materiaali absorboi ääntä hyvin heijastamatta niitä samalla tavalla kuin kovat materiaalit. (Vuolle-Apiala 2012, s.117). Hirsi ei kuitenkaan ole ääneneristäjänä hyvä ja lisäääneneristys on yleensä tarvittavaa, jos halutaan parantaa hirsiseinän ääntä eristäviä ominaisuuksia. Eristämätön hirsirakenne luokitellaan akustiseksi yksinkertaiseksi rakenteeksi, koska hirsirakennukset ovat yksimateriaalisia rakennuksia, eikä niitä ole eristetty. Yksinkertaisessa rakenteessa täytyy ottaa huomioon suunniteltaessa ilmaäänieristävyyttä rakenteen jäykkyys, rakenteen massa, ilmatiiviys sekä rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutus, jolla tarkoitetaan tilasta toiseen rakennusosan kuljettamaa ääntä. Askeläänieristyksen suunnittelussa täytyy myös ottaa huomioon pintarakenteen joustavuus. (Puuinfo 2021). Hirsiseinän ääneneristävyyyteen vaikuttaa itse hirsiseinän massa, jäykkyys sekä varauksen tiiviys esimerkiksi.

Hirsiseinä voi olla myös sisä- tai ulkopuolelta lisäeristetty, jolloin rakenne luokitellaan kaksinkertaiseksi rakenteeksi. Kaksinkertaisessa rakenteessa puoliskot on kytketty toisiinsa koolauksella. Koolauksen välissä käytettävällä lämmöneristeellä on merkittävä vaikutus saavutettavaan ilmaääneneristävyyyteen. Ääntä eristävästä puu rakenteesta tulisikin lähes aina muodostaa kaksinkertainen rakenne. Tämä pätee myös hirsiseinissä, jos käytettävä hirsi on liian ohutta. Seinä voidaan myös lisääänieristää, jolloin päästään vaadittuun ääneneristys tasoon. (RT 82-11168 2014, s.12)

Suunnittelussa voidaan myös vaikuttaa hirren akustiseen käyttäytymiseen valitsemalla tiheämpää puuta tai pintakäsittelmällä hirsiseinä oikealla tavalla, mikä auttaa

vähentämään äänen heijastumista kuin myös parantamaan huonetilan akustiikkaa. Liitoksissa ja saumoissa on tärkeää, että ne ovat tiiviitä, jotta äänet eivät pääse liikkumaan niiden läpi.

4.4 Tiheys

Tiheys on sahatavaran tärkein fysikaalinen ominaisuus. Tiheydellä tarkoitetaan tilavuudeltaan yhden kuutiometrin suuruisen kappaleen painoa. Hirsirakentamisessa yleisesti käytettävillä männyllä ja kuusella tiheys on noin $400\text{-}500 \text{ kg/m}^3$. Koska puun kosteus vaikuttaa puun tiheyteen tiheys määritellään yleensä 15 % kosteustilassa, mutta se voidaan myös määritellä muissakin eri kosteustiloissa. Tiheys määrittyy puun kasvunopeuden perusteella, johon vaikuttavat kasvupaikka, ilmasto, ravinteet sekä kasvuolot. Myös puun ikä vaikuttaa puun tiheyteen ja Suomessa tiheys kasvaakin puun iän mukana niillä puulajeilla, joilla tiheys kasvaa ytimeä pintaa kohti. (Siikanen 2008, s.43)

Puun lujuusominaisuudet määräytyvät pääasiassa tiheyden kautta. Tiheä puu kestää paremmin taivutusta niin poikittais- kuin pitkittäissuunnassakin. Puun anisotrooppisuuden takia lujuuteen vaikuttaa, missä suunnassa syitä vastaan puuta kuormitetaan. Syy suunnassa puun tiheys on suoraan verrannollinen taivutuslujuuden kanssa. Syy suuntainen vetolujuus on 10-20 kertaa suurempi verrattuna puun vetolujuuteen kohtisuoraan syitä vastaan. Vetolujuus on myös suoraan verrannollinen puun tiheyteen. (Puuinfo 2020d). Tiheyden kasvaessa myös puun kimmoisuus ja kulutuskestävyys kasvavat. Yleensä kimmomoduuli on säteen suuntaisesti 1.5-2.0 kertaa suurempi kuin tangentin suuntaisesti. (Siikanen 2008, s.47)

Koska tiheys on niin keskeinen sahatavaran ominaisuus, on rakennussuunnittelijan otettava keskeisesti huomioon puun tiheys mitoittaessaan rakenteita ja varmistaessaan rakennuksen toiminnalliset vaatimukset kuten lämmöneristys, kestävyys ja kosteudenhallinta.

4.6 Hengittävyys

Hengittävä rakenne on terminä yleinen ilmaisu, joka usein tulkitaan väärin niin rakennusalalla kuin yleensäkin ihmisten mielessä. Termi käsitetään, että hengittävässä rakenteessa ilma pääsee liikkumaan hengittävän rakenteen läpi, vaikka tästä ei ole kyse. Tilanne, jossa ilma pääsee liikkumaan rakenteen läpi on aina rakennusvirhe. Hengittävällä rakenteella tarkoitetaan rakennetta, jossa diffuusion avulla rakenteen ulkovaippa sallii ilman sisältämien kaasujen osapaineiden tasoittumisen. Hirsirakennuksissa hirsien hygroskooppiset ominaisuudet mahdollistavat rakenteen hengittävyyden. (Puuinfo 2020i).

Ulkovaipan hengittävyys mahdollistaa myös hiilidioksidin diffuusion, mikä tasaa ilman hiilidioksidi pitoisuutta yö aikaan. Rakenteen hengittävyydellä ei korvata ilmanvaihtoa, mutta se toimii ilmanlaatua edistävänä tekijänä. Erityisesti hengittävyydellä on keskeinen vaikutus huoneilman kosteuteen. (Siikanen 2008, s.151).

Rakennussuunnittelijan pitää ottaa huomioon hirsirakenteiden luonnollinen hengittävyys suunnittelussa, ja niiden tuomat vaikutukset rakennuksen toimintaan. Liitokset sekä ilmanvaihto täytyy suunnitella niin, että ne tukevat hirsirakenteiden luonnollista hengittävyyttä. Tämä voi sisältää ilmanvaihtokanavien sijoittelua ja mitoitusta sekä tarvittaessa mekaanista ilmanvaihtoa. Liitoksissa pyritään valitsemaan liitosratkaisuja, jotka sallivat ilman ja kosteuden liikkumisen oikeaoppisesti rakenteen läpi. Myös pintakäsittelyssä täytyy harkita hirsipintojen käsittelyä, jolla voidaan säädellä hirsien hengittävyyttä kuin myös suojata rakennusta kosteudelta sekä likaantumiselta.

4.7 Palonkestävyys

Puurakenteita käyttöä ja soveltuvuutta rajoittaa niiden palotekniset ominaisuudet. Puun käyttäytyminen palotilanteessa perustuu puun ligniinin ja hemiselluloosan pehmenemiseen lämpötilan noustessa. Pehmenemisen nopeuteen vaikuttaa puun kosteus, mitä kosteampi puu on sitä nopeammin se alkaa pehmetä lämpötilan noustessa.

Rakennusosiin kohdistuvat vaatimukset kuvataan seuraavilla merkinnöillä:

R	Kantavuus
E	Tiiviys
I	Eristävyys

Hirsi on materiaalina paloturvallinen, vaikka se luokitellaan palavaksi materiaaliksi. Se levittää syttyttyään paloa, mutta se kuitenkin syttyy hitaasti. Vaikka puun sekä puupohjaisten tuotteiden epäkohtana pidetään niiden palavuutta, kuitenkin niiden käyttäytyminen palossa on hyvin tunnettu, joten se voidaan mitoittaa kestäväksi palotilanteessa tarkasti. Tästä syystä kantavat puurakenteet ovat jopa teräs- sekä esijännitettyjä betonirakenteita turvallisempi vaihtoehto palotilanteessa. (Siikanen 2008, s.164). Hirsi kuuluu rakennusmateriaalina paloluokkaan D-s2,d0. Mikä tarkoittaa, että hirren osallistuminen paloon on hyväksyttävissä, palaessa savuntuotto on vähäistä ja, että palavia pisaroita ei esiinny palotilanteessa. Puuninforin julkaisun (Hirsirakenteiden ominaispiirteitä 14.7.2020) mukaan hirsirakenne ylittää REI 30 palonkestävyyteen kun käytetään 92 mm paksua höylähirttä tai 150 mm paksua pyöröhirttä. REI 60 kestävyys saavutetaan, kun käytetään 148 mm paksua höylä- tai 236 mm paksua pyöröhirttä esimerkiksi. Myös korkeammat palokestävyys luokat on mahdollista toteuttaa.

Puun käyttäytyminen palotilanteessa perustuu sen hiiltymiseen. Hiilikerros muodostaa puun pinnalle lämmön siirtymistä hidastavan kerroksen, jonka ansiosta palo etenee hitaasti erityisesti massiivisessa puutavarassa kuten hirressä. Puun hiiltymisnopeus on noin 0.8 millimetriä minuutissa. Puurakenteen paloteknisen suunnittelun kannalta on tärkeää tuntea puun hiiltymisnopeus. (Siikanen 2008, s.146)

Hirsirakenteita voidaan suojata useammalla eri tavalla palotilanteessa. Hirsi voidaan suojaverhoilla esimerkiksi palonsuoja-aineilla tai käyttämällä levymäisiä palonsuojaverhouksia. Rakennuksessa voidaan myös käyttää sprinkleri järjestelmää palon sammuttamiseksi ja sen leviämisen hidastamiseksi. Kuitenkin kantavissa puurakenteissa, palkeissa tai pilareissa esimerkiksi ei tarvitse käyttää erikseen palosuojausta, kunhan ne säilyttävät niille määrättyt suojaamis- ja kantokyvyn vaaditun ajan verran palotilanteessa. (Siikanen 2008, s.146)

Paloteknisessä suunnittelussa käytetään ympäristöministeriön määäämiä paloluokkia P0, P1, P2 ja P3. Paloluokkia P1, P2 ja P3 käytetään, kun rakennus suunnitellaan noudattaen

palomääräysten paloluokkia ja lukuarvoja taulukkomitoituksen mukaan. Paloluokkaa P0 eli toiminallista palomitoitusta käytetään, kun on kyseessä vaativampi rakennuskohde, jonka palomitoituksessa käytetään osin tai kokonaan oletettua palokehitystä, joka kattaa rakennuksen todennäköiset palotilanteet. (Ympäristöministeriö 848/2017)

Tyypillisesti hirsirakennukset kuuluvat Suomessa paloluokkaan P2, mikä tarkoittaa, että rakenne kestää standardoidun tulipalon kohtalaisen hyvin. Paloluokkaan vaikuttavat useat tekijät, kuten käyttötarkoitus, rakenteen koko sekä palosuojauksen tehokkuus, joten P2 luokitus ei ole vakio. Rakennussuunnittelijan on tärkeä ymmärtää, että paloluokat voivat vaihdella eri rakennusosien ja käyttötarkoitusten välillä samassa rakennuksessa. Suunnittelijan tehtävänä on varmistaa, että hirsirakennus täyttää paikalliset paloturvallisuusvaatimukset ja, että suunnitellaan ja rakennetaan turvallisesti käyttötarkoitukseensa nähden. (Siikanen 2008, s.164)

4.8 Hirren painumat

Hirsirakennuksia suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon hirsiseinille ominainen painuminen. Painuminen aiheutuu puun kuivumisesta, hirsiseinän saumojen tiivistymisestä sekä hirsiseinän kuormituksesta. Rakenteiden painuminen on noin 10–50 mm/korkeusmetri riippuen hirsityypistä. Hirrelle on jätettävä suunnitteluvaiheessa painumisvaraa. (RT 82-11168 2014, s.4). On olemassa myös painumatonta hirttä, jossa painumien huomiointitarpeet vastaavat muita puurakenteita.

Perinteistä hirttä käytettäessä tulee ottaa huomioon kohdat, jossa rungon painuminen on otettava erityisesti huomioon. Tällaisia kohtia ovat hirsiseinän koolaukset, muuratut seinät, rankarakenteiset väliseinät sekä kattoa kannattelevat pilarit. Painuminen on myös otettava huomioon ikkunoiden ja ovien kanssa, sillä kumpiakaan ei saa kiinnittää suoraan hirteen painumisen vuoksi. Vaan väliin on asennettava karapuut, jotka kestävät hirren elämisen ja painumisen. On myös otettava suunnittelussa huomioon, jos hirsiväliseinän päältä tuetaan ylä- tai välipohjarakenteita, että rakennuksen sisällä olevat hirsiseinät painuvat ulkoseiniä enemmän niiden alemman kosteuspitoisuuden takia. (Kultahirsitalot 2022b)

Suunnittelu vaiheessa hirren painumiseen voidaan vaikuttaa materiaalivalinnoilla, jossa on tärkeä valita laadukasta ja tasalaatuista puumateriaalia, joka on vähäpaineista. Tämä

auttaa minimoimaan epätasaisen painumisen. Liitoksissa pitää myös huomioida hirsien painuminen. Liitosten on oltava riittävän kestäviä ja joustavia, jotta ne eivät vaurioidu hirren painuessa. Kosteudenhallinta on myös keskeinen tekijä hirren painumisen hallinnassa. Suunnittelijan täytyykin varmistaa, että rakennusmateriaalit asennetaan ja suunnitellaan siten, että ne estävät kosteuden kertymisen rakenteisiin ja täten mahdollistavat puun luonnollisen kuivumisen. Suunnittelija voi valita myös käytettäväksi erilaisia elastisia tiivisteitä ja liitoksia, mitkä mahdollistavat rakenteen joustavuuden ja painumisen ilman vaurioita. Painumisen huomioon ottaminen suunnittelussa on myös tärkeää rakennuksen ilmapitävyyden kannalta.

4.9 Hirren ekologisuus

Hirsi on materiaalina erittäin ekologinen valinta jo pelkästään sen uusiutuvuuden takia ja se toimii rakennuksessa elinkaarensa ajan hiilinieluna. Eli hirsiseinä sitoo hiiltä ilmakehästä ja säilyttää sen elinkaarensa ajan. Hirsiseinän hiilinieluvaikutus kasvaa merkittävästi seinän paksuuden lisääntyessä. (Alasaarela 2008) julkaisussa kerrotaan kuinka 130 mm paksuisen hirsiseinän U-arvon kompensoinnin vaikutus on 7-12% eli suhteellisen pieni. Kuitenkin alle 200 mm:n paksuisia massiivihirsiseiniä ei yleensä käytetä ympärivuotiseen asumiseen tarkoitetuissa taloissa. Sen sijaan, kun tarkastellaan paksuimpia hirsiseiniä, on niiden vaikutus jo merkittävä. Esimerkiksi 30 vuoden aikana jaettuna hiilinieluvaikutus voi olla jopa 45%, ja 50 vuoden aikana jaettuna se voi edelleen olla 27%. Hirsiseinään sitoutuukin 10 kertaa suurempi hiilimäärä, kuin mitä sen valmistuksen yhteydessä vapautuu.

Laadukkaasti rakennettujen hirsirakennusten kestävyys sekä kierrätettävyyys tekevät rakennuksista ekologisempia ja vähemmän ympäristöä rasittavampia verrattuna useisiin muista eri materiaaleista rakennettuihin rakennuksiin. Hirsitalot poikkeavatkin muista rakennustyyleistä juuri siten, että hirsikehikko voidaan purkaa hirsä rikkomatta ja pysyttää aina uudelleen. Puretut hirret voidaan käyttää joko uudelleen rakentamisessa, ne voidaan hyödyntää energiana tuotannossa tai niistä voidaan valmistaa toista puumateriaalia (Karjalainen 2015, s.10)

Suunnittelija pystyy valinnoillaan vaikuttamaan rakennus hankkeen ekologisuuteen keskeisesti. Hirsirakennus voidaan suunnitella energiatehokkaaksi tekemällä kestäviä valintoja suunnittelu hetkellä. Esimerkkinä voidaan pitää ikkunoiden hyödyntämistä

lämmön keräämiseen sekä niiden sijoittelua talossa, jotta saadaan maksimaalinen hyöty energiatehokkuuden kannalta sekä valitsemalla rakennuksen lämmitysjärjestelmä niin, että se toimii uusiutuvilla energianlähteillä.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Aiheesta on kirjotettu useampikin kandidaatintyö, mutta tässä työstä pyrittiin luomaan kuitenkin uniikki sekä selkeä ja johdonmukainen kokonaisuus aiheesta. Samankaltaisissa kirjallisuuskatsauksissa esiintyvät tulokset ja tiedot aiheesta ovat samoja, eikä eroavaisuuksia ole koska teos ei perustu kokeellisuuteen vaan jo olemassa olevan tiedon keruuseen ja sen esittämiseen omin sanoin.

Tämä kandidaatintutkielma ei käsitellyt hirsirakentamiseen liittyen mitään uutta, mutta se vahvisti jo ennestään tiedettyä tietoa. Hirsirakentaminen on kestävä, ekologinen sekä näyttävä rakennusmuoto, joka tulee kehittymään tulevaisuudessa yhä enemmän. Tutkielma tukee jo aikaisemmin aiheesta tehtyjä töitä, sillä esitetyt tiedot ovat yhteneviä keskenään ja ne on hankittu uskottavista lähteistä.

Työssä saadut tulokset ovat luotettavia, sillä ne on hankittu lähteistä, joissa aihetta “hirsirakentaminen” on käsitelty objektiivisesta näkökulmasta. Osa lähteistä on vanhempia kun taas osa on ihan viime vuosilta, mutta niiden ajankohtaisuus ei kuitenkaan ole muuttunut. Vanhempien lähteiden tietoja on varmistettu muista lähteistä, että ne ovat vielä ajan tasalla sekä relevantteja.

Työn tulosten perusteella tulevaisuudessa voitaisiin tutkia vielä enemmän kuinka hirsirakenteita sekä rakennuksia voitaisiin digitalisoida ja tehdä hirsirakennuksista älykkäitä ja mukautuvia teknologia avulla esimerkiksi ympäristön muutoksiin. Jatkotutkimuksia voitaisiin tehdä vielä hirsien akustisten ominaisuuksien parantamisen kannalta. Erityisesti hirsien kykyyn eristää ääntä.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Rakennussuunnittelijan täytyy ottaa huomioon useita eri hirren fysikaalisia ominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia ovat mm. kosteustekniset, lämpötekniset sekä akustiset ominaisuudet. Kiristyvien rakennusmääräysten takia suunnittelijan tulee ottaa suunnittelussa rakennuksen toiminta huomioon yhä enemmän kokonaisuutena ja löytää ratkaisu useaan eri ongelmaan laiminlyömättä toista. Hirret antavat kuitenkin suunnittelijalle paljon mahdollisuuksia sillä se kestää kuormituksia mutta se toimii myös eristeenä. Hirrellä on myös paljon fysikaalisia ominaisuuksia, jotka helpottavat suunnittelijan tehtävää. Suunnittelijan tulee osata kuitenkin hyödyntää näitä ominaisuuksia, jotta ne voidaan käyttää hyödyksi rakennuksessa.

Hirren rakennusfysikaalisia ominaisuuksia tutkitaan jatkuvasti hirren käytön lisääntyessä niin normaalissa rakentamisessa kuin myös uniikkeimmissa hankkeissa. Tutkimusaiheina ovat hirren tutumpia ominaisuuksia kuten energiatehokkuus ja lämmöneristys, joissa pyritään esimerkiksi parantamaan hirren energiatehokkuutta erityisesti kylmissä ilmastoissa kuin myös innovatiivisten eristemateriaalien ja -ratkaisujen käyttö hirsirakentamisessa. Uusia tutkimusaiheita ovat erilaiset hybridimateriaalit, joissa hirsirakenteita yhdistetään teräksen ja betonin kanssa kuin myös digitaalisten työkalujen käyttö hirsirakentamien suunnittelussa ja toteutuksessa.

7 YHTEENVETO

Hirsirakentamisella on hyvin pitkä ja rikas historia Suomessa, eikä mistään muusta materiaalista ole samanlaista kokemusta ja osaamista kuin hirrestä. Hirsirakentaminen on kehittynyt jatkuvasti historiansa aikana aina satulakatollisista hirsikodista nykypäivän tietokonemallinnettuihin hirsihuviloihin. Hirsirakentaminen on alkanut kasvattamaan kiihtyvällä tahdilla suosiotaan rakennusmateriaalina hirren loistavien sisäilmaominaisuuksien, ekologisuuden sekä itse hirsirakentamisen nopean kehityksen avulla.

Rakennussuunnittelijat tulevat siis tulevaisuudessa törmäämään hirteen rakennusmateriaalina yhä enemmän, joten suunnittelijan on tärkeää tuntea hirsi rakennusmateriaalina sen käyttäytyminen rakenteessa sekä sen fysikaaliset ominaisuudet, joita tässä kandidaatintutkielmassa tutkittiin.

Hirrellä on useita eri uniikkeja fysikaalisia ominaisuuksia, jotka suunnittelijan tulee tiedostaa. Hirsi on anisotrooppinen materiaali, eli se kutistuu ja turpoaa eri suuntiin eri tavoin. Hirrellä on myös hygroskooppisia ominaisuuksia, jonka avulla hirret tasaavat ympäristönsä kosteuseroja, mikä taas on osa tekijä hirsirakennusten tunnettuun loistavaan sisäilman puhtauteen. Puu on “kolmesta suuresta” eli betonista, teräksestä ja puusta ainoa materiaali, joka kestää sekä kuomia, että toimii lämmöneristeenä. Mikä tekee puusta rakennusmateriaalina monipuolisemman suunnittelijankin kannalta ja antaa tälle erilaisia mahdollisuuksia suunnittelu vaiheessa.

Suunnittelussa on otettava myös huomioon universaaleja asioita, jotka täytyy ottaa kaikkien materiaalien kanssa huomioon, kuten puun palokestävyys ja käyttäytyminen palotilanteessa, mikä on hyvin tunnettu ja mitoittaminen voidaankin tehdä tarkasti tästä syystä. Ekologisuus on myös yhä enemmän ja enemmän huomioon otettava tekijä rakentamisessa. Hirsien hiilidioksidia sitovien ominaisuuksien sekä uusiokäyttö mahdollisuuksien ansiosta hirsirakentaminen onkin selkeä suunnannäyttävä tällä alalla rakentamisessa.

LÄHDELUETTELO

Alasaarela, M. 2008 Hirsiseinään varastoituvan hiilen laskenta. Arkkitehtitoimisto

Inspis. Saatavissa:

https://www.hirsikoti.fi/assets/images/Tutkimukset/Muut_tutkimukset/hirsiseinan_hiilin_ielu1.pdf [Viitattu 16.3.2024]

Karjalainen, K. 2015. Hirsirakentaminen ja ekologisuus. Saatavissa:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88444/Karjalainen_Katja.pdf;jsessionid=7FCDC34D5C3648AB1D847EBD624EB2FE?sequence=1 [Viitattu 16.3.2024]

Keppo, J. 2002. Hirsitalon rakentaminen – Talonrakentajan käsikirja 3 rakentajan

tietokirjat. 3. korjattu painos. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy, s 8

ISBN:952_9796-15-3) [Viitattu 12.1.2024]

Kultahirsitalot, 2022a. Hirsirakentaminen suomessa-hirsitalojen historiaa

[verkkodokumentti]. Saatavissa:

<https://www.kultahirsitalot.fi/yleinen/hirsirakentaminen-suomessa-hirsitalojen-historiaa/> [Viitattu 17.1.2024]

Kultahirsitalo, 2022b. Perinteinen hirsirakentaminen – perusteet [verkkodokumentti].

Saatavissa: <https://www.kultahirsitalot.fi/hirsimokit/perinteinen-hirsirakentaminen-ohjeet-hirsimokkiin/> [Viitattu 26.2.2024]

Maa- ja metsätalousministeriö. Puurakentaminen ja puutuotteet [verkkodokumentti].

Saatavissa: <https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/puurakentaminen-ja-puutuotteet> [Viitattu 28.3.2024]

Puuinfo, 2020a. Hirsityypit ja perusprofiilit [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/materiaalivaihtoehdot/> [Viitattu 23.1.2024]

Puuinfo, 2020b. Hirsirakenteiden ominaispiirteitä [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/> [Viitattu 26.2.2024]

Puuinfo, 2020c. Kosteustekniset ominaisuudet [verkkodokumentti]. Saatavissa:
<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/puun-kosteustekniset-ominaisuudet/>
[Viitattu 5.2.2024]

Puuinfo, 2020d. Lujuusteknisiä ominaisuuksia [verkkodokumentti]. Saatavissa:
<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lujuusteknisiä-ominaisuuksia/> [Viitattu
5.2.2024]

Puuinfo, 2020e Lämpötekniisiä ominaisuuksia [verkkodokumentti]. Saatavissa:
<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lämpötekniisiä-ominaisuuksia/> [Viitattu
5.2.2024]

Puuinfo, 2020f Palotekniset erityiskysymykset [verkkodokumentti]. Saatavissa:
<https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/palotekniset-erityiskysymykset/> [Viitattu
26.2.2020]

Puuinfo, 2020g. Puu sisäilman kosteuden tasaajana [verkkodokumentti]. Saatavissa:
<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisäilmavaikutukset/puu-sisäilman-kosteuden-tasaajana/>
[Viitattu 2.2.2024]

Puuinfo, 2020h. Rungon toimintaperiaate [verkkodokumentti]. Saatavissa:
<https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/rungon-toimintaperiaate/> [Viitattu 25.1.2024]

Puuinfo, 2020i. Puun käytön sisäilma- ja terveysvaikutukset [verkkodokumentti].
Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisäilmavaikutukset/hengittava-rakenne/>
[Viitattu 5.2.2024]

Puuinfo, 2021 Ääneneristys puutalossa [verkkodokumentti]. Saatavissa:
<https://puuinfo.fi/2021/08/26/aaneneristys-puutalossa/> [Viitattu 5.2.2024]

Puuproffa, 2024a. Hirsityypit [verkkodokumentti]. Saatavissa:
<https://puuproffa.fi/liitosten-arkki/hirsiliitokset/hirsityypit/> [Viitattu 25.1.2024]

Puuproffa, 2024b. Pitkänurkka [verkkodokumentti]. Saatavissa:
<https://puuproffa.fi/liitosten-arkki/hirsiliitokset/pitkanurkka/> [Viitattu 26.1.2024]

Puuproffa, 2024c. Salvostyyppit [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<https://puuproffa.fi/liitosten-arkki/hirsiliitokset/salvokset/salvostyyppit/> [Viitattu 26.1.2024]

Rakennusinsinöörien liitto, 2014. RIL 255-1-2014. Rakennusfysiikka 1.

Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki: Suomen

Rakennusinsinöörien liitto RIL ry 500.s 2014 ISBN: 978-951-758-589-7 [Viitattu 9.2.2024]

Ranta-aho I, & Paalijärvi J, 2021. Meillä kotona. Kelohonka rakennusmateriaalina –

kelopuun edut tuorehirteen verrattuna ja korkean hinnan salaisuus [verkkodokumentti].

Saatavissa: <https://www.meillakotona.fi/artikkelit/kelohonka-rakennusmateriaalina> [Viitattu 25.1.2024]

RT 82-11168, 2014. Hirsitalon suunnitteluperusteet. Rakennustieto RT: 11 s. [Viitattu 12.1.2024]

Sipiläinen, I. 2022. Kiertotaloutta vuosisatojen takaa. Puuinfo. [verkkodokumentti].

Saatavissa: <https://puuinfo.fi/2022/05/24/hirsirakentaminen-kiertotaloutta-vuosisatojen-takaa/> [Viitattu 7.1.2024]

TM Rakennusmaailma, 2022. Joka neljäs uusi omakotitalo rakennetaan hirrestä

[verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://rakennusmaailma.fi/joka-neljas-uusi-omakotitalo-rakennetaan-hirresta/> [Viitattu 17.1.2024]

Unto, S. 2008. Puurakentaminen. Tampere: Rakennustieto Oy, 331.s ISBN: 978-951-682-862-9. 14 s. [Viitattu 12.1.2024]

Vaaran Aihkitalot, Hirsitalojen historiaa. [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<https://www.aihkitalot.fi/aihki-hirsitalo/historia/> [Viitattu 12.1.2024]

Vuolle-Apiala, R. 2012. Hirsitalo - Ennen ja nyt. 1 painos. Porvoo: Bookwell Oy. 131.s ISBN: 978-952-254-073-7 [Viitattu 26.1.2024]

Ympäristöministeriön asetus, 848/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Annettu Helsingissä 12.12.2017 [Viitattu 26.2.2024]