

Emilia Isokangas

HIRSIRAKENTAMINEN SUOMESSA OSANA KESTÄVÄÄ KEHITYSTÄ

Kandidaatintyö
Arkkitehtuuri
Markku Karjalainen
Teemu Hirvilammi
Huhtikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Emilia Isokangas: Log construction in Finland as part of sustainable development
Tampereen yliopisto
Arkkitehtuurin TkK-tutkinto-ohjelma
Kandidaatintyö
Huhtikuu 2022

Hirttä on käytetty Suomessa rakennusmateriaalina varhaisista ajoista lähtien sen pitkäaikaisuuden sekä ominaisuuksien vuoksi. Ilmastonmuutos on yksi tämän päivän keskeisimmistä ongelmista ja rakentamisella on iso vaikutus siihen. Askeleita parempaan on jo tehty ja Suomi pyrkii hiilineutraaliksi 2035 mennessä. Muutosta voidaan saada aikaiseksi valitsemalla oikeat rakennusmateriaalit. Ilmastonmuutokselle haitallista on hiilidioksidi, jota puurakennukset pystyvät varastoimaan itseensä suuria määriä. Tämän takia puu ja erityisesti hirsi on ekologisin ja ympäristöystävällisin rakennusmateriaali sen hiilineutraaliuden ja kestävyuden takia. Hirsistä tehtyjen rakennuksien ilmastovaikutukset seuraavien vuosikymmenten aikana ovat huomattavasti pienemmät verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin.

Tässä työssä tutkitaan hirren ominaisuuksia ja sen vaikutuksia rakentamisessa. Eri-tyisesti tutkimuksessa keskitytään hirsirakentamiseen kestävässä kehityksessä. Tulevaisuudessa pitäisi keskittyä rakentamisen vastuullisuuteen ja vaikutuksiin pitkällä aikavälillä, jotta tuleville sukupolville taataan yhtä hyvät mahdollisuudet elää.

Tutkimuksen alussa taustoitukseksi käsitellään hirsirakentamisen monia vuosisatoja kestäneitä juuria suomalaisessa rakennuskulttuurissa sekä Suomen puustoa. Menneisyydestä siirrytään nykypäivään ja hirttä tarkastellaan rakennusmateriaalina. Tämän jälkeen syvennytään hirsirakentamiseen kestävä kehityksen eri näkökulmista. Tutkimuksessa perehdytään hirren hyviin ominaisuuksiin ja pyritään perustelemaan niiden paikkansapitävyys ja vaikutukset. Hirsirakennuksen pitkäaikaisuuteen vaikuttaa myös sen muuntojoustavuus ja viihtyvyys, joten tutkimuksessa pohditaan myös kestävää suunnittelua. Hirsirakentamisen tulevaisuutta sekä sen kehitystä käsitellään omassa kappaleessaan. Lisäksi työssä käsitellään esimerkkikohteiden avulla hirsirakentamisen positiivisia vaikutuksia ympäristön lisäksi myös ihmisiin. Työssä aihetta käsiteltävät osiot perustuvat aiheesta löytyviin julkaisuihin sekä kirjallisuuteen.

Tutkimuksesta kävi ilmi, että hirsi on laadukas ja ekologinen rakennusmateriaali ja sillä on huomattavia terveydellisiä vaikutuksia. Hirren hiilijalanjälkeä ja hiilikädenjälkeä tutkittaessa huomasi, kuinka paljon hirsirakentaminen tukee kestävä kehitystä. Hirsirakennukset toimivat hiilinieluina. Rakentaminen on puun ympäristöystävällisintä käyttöä, koska rakennuksissa puun hiilidioksidi saadaan varastoitua pisimmäksi ajaksi, sekä näin pois ilmakehästä. Hirsirakenteen ollessa elinkaarensa lopussa se voidaan jalostaa biopolttoaineeksi, laittaa energiantuotantoon tai uusiokäyttöä. Tulevaisuudessa tullaan rakentamaan energiaa tuottavia rakennuksia ja hirttä pystytään hyödyntämään älykkäämmillä tavoilla. Hirsirakentamisella voidaan kompensoida muualta syntyviä päästöjä ja helpottaa sukupolville kaatuvaa ilmastotaakkaa.

Avainsanat: Hirren ominaisuudet, hirsirakentaminen, kestävä kehitys, kestävä suunnittelu, vastuullisuus, hiilikädenjälki

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. SUOMEN PUUSTO JA PUURAKENTAMISEN HISTORIA.....	3
2.1 Suomen puusto	3
2.2 Puurakentamisen historia	4
2.3 Hirsirakentamisen historia	4
3. HIRSIRAKENTEET	7
3.1 Hirren ominaisuudet	7
3.2 Hirsityypit.....	9
3.1 Hirsisuunnittelu ja hirsirakentamisen haasteet.....	10
5. HIRREN VASTUULLISUUS	13
5.1 Kotimaisuus ja pitkäaikaisuus	13
5.2 Energiatehokkuus ja ympäristöystävällisyys	14
5.3 Hiilijalan- ja hiilikädenjälki.....	16
5.4 Ilmastonmuutos	19
5.5 Käyttäjien hyvinvointi.....	19
5.6 Hirsirakentamisen innovaatiot	21
6. HIRSIRAKENTAMISEN TULEVAISUUS	23
7. HIRSIKOhteet	25
7.1 Pudasjärven hirsikoulukampus.....	25
7.2 Pilke tiedepäiväkoti Siru	27
7.3 Koneunion Oy liiketila.....	29
8. YHTEENVETO	31
LÄHTEET.....	33
KUVALÄHTEET.....	38

1. JOHDANTO

Hirren rooli puurakentamisessa ulottuu hyvin pitkälle historiassa. Suomessa hirsirakentaminen alkoi jo ensimmäisen vuosisadan lopussa ja ulottuu nykypäivään asti. Puu on uusiutuva luonnonvara, jonka ekologiset ominaisuudet ovat kiistattomia. Suomen pinta-ala koostuu 71,6 % metsistä ja puuston kasvu on ollut suurempi kuin hakkuiden määrät jo monia vuosia. Puurakentaminen kannattaa Suomen omavaraisuutta ja oikeilla tavoilla hoidettuna sekä käytettynä se lisää kestäväää kehitystä. (Puuinfo)

Puusta rakennettujen rakennuksien osuus Suomessa vuonna 2020 oli 31 % (Pajakkala 2020, 5). Puurakentaminen on laskenut 2000-luvulla ja muita rakennusmateriaaleja on valittu esimerkiksi rakentamisen kiireen vuoksi. Näitä rakennuksia saatetaan purkaa jo kahdenkymmenen vuoden kuluttua. Rakentamisen tavoitteina kuuluisi nopeiden vaihtoehtojen sijaan olla pitkäaikaisuus, kotimaisuus, ekologisuus sekä terveellisyys. Vastuullinen rakentaminen katsoo tulevaisuuteen nykytarpeiden sijaan ja huolehtii rakennuksen koko elinkaaresta. Oikein hoidettuna hirsirunkoinen rakennus voi kestää jopa vuosisatoja ja hillitsee täten myös ilmastonmuutosta. (Honka et al. 2021c, 5)

Tässä työssä tutkitaan hirren käyttöä sekä uudis- että korjausrakentamisessa sekä sen vaikutuksia ja hyötyjä kestävässä kehityksessä. Tutkimuksessa esitellään syitä, joiden takia hirsi on hyvä vaihtoehto rakennusmateriaaliksi, sekä sitä, miten hirttä voidaan käyttää hyödyksi kestävässä suunnittelussa.

Ensimmäinen käsittelyluvussa kerrotaan Suomen puustosta, sillä se on keskeisessä osassa hirsirakentamista. Samassa luvussa käsitellään taustatiedoksi puurakentamisen historiaa sekä hirsirakentamisen historiaa. Toisessa luvussa esitellään hirren ominaisuudet, hirsityypit, hirren haasteet sekä keskeisimmät kohdat hirsirakennuksia suunniteltaessa.

Kolmannessa luvussa käsitellään kestäväää kehitystä käsitteenä sekä rakentamista osana sitä. Neljäs luku keskittyy hirsirakentamisen vastuullisuuteen. Luvussa tarkastellaan teemoja hirren kotimaisuudesta, pitkäaikaisuudesta, energiatehokkuudesta ja ympäristöystävällisyydestä sekä hirren hiilijalan- ja hiilikädenjäljestä. Luvussa pohditaan myös tapoja, joilla hirsirakentamista voidaan käyttää ilmastonmuutosta vastaan ja miten sillä voidaan päästä kohti ilmastotavoitteita. Sama luku käsittelee hirsirakentamista käyttäjän näkökulmasta ja sen hyvinvointia lisäävistä ominaisuuksista. Viimeinen osio

tästä luvusta käsittelee innovaatioita, joita hirsirakentamisessa on kehitetty viime aikoina.

Viidennessä luvussa siirrytään käsittelemään sitä, miten hirsirakentaminen on kehittynyt viimeisen vuosikymmenen aikana ja pohditaan mikä hirsirakentamisen tulevaisuus on. Kuudennessa käsittelyluvussa tuodaan esille kolme kohdetta ympäri Suomea, joissa hirttä on käytetty rakennusmateriaalina. Esimerkkikohteiden avulla tutkimus luo konkreettisen kuvan hirsirakentamisen saavutuksista ja tutkimuksessa esitettyjen näkemysten paikkansapitävyydestä.

2. SUOMEN PUUSTO JA PUURAKENTAMISEN HISTORIA

2.1 Suomen puusto

Suomessa puuston määrästä kertovia tilastoja tuottaa 5–10 vuoden välein tehtävä valtakunnan metsien investointi (VMI). Isot, yli 200 000 hehtaarin alueet määritellään ryp-päissä otettavilla maastokoealoilla ja pienempiä alueita voidaan tutkia maastotiedoilla, satelliittikuvilla sekä muilla numeerisilla tiedoilla. (Luonnonvarakeskus 2015)

Investointien 2019–2020 mukaan Suomen puuvarannot kasvavat vuosittain noin 103 miljoonaa kuutiometriä, ja siitä poistumaa on vaihtelevasti noin 85 miljoonan kuutiometrin ympärillä. On arvioitu, että suurin mahdollinen ylläpidettävissä olevan aines- ja energiapuukertymän arvio on 80,5 miljoonaa kuutiometriä vuodelle 2025 asti. Vuoden 2036 jälkeen arvio on jo lähempänä 89 miljoonaa. (Luonnonvarakeskus 2015) Vuosina 2016–2020 Suomen puuston hakkuumahdollisuudesta toteutui 90 %, mutta taso vaihteli alueittain (Maa- ja metsätalousministeriö).

Vielä 1950- ja 1960-luvulla oltiin tasapainotilanteessa, jossa puun kasvu ja käyttö olivat vuosittain yhtä paljon. Talouden kasvua alettiin kerryttämään lisäämällä soiden ojituksia, parantamalla metsänhoitoa sekä elvyttämällä vanhoja metsiä. Myös ilmastonmuutoksella on ollut puuston kasvua lisäävä vaikutus. Nykyään puuston tilavuus on 1,7-kertainen 1960-lukuun verrattuna. (Luonnonvarakeskus 2015)

Suomen pinta-alasta noin 75 % on metsää, ja se tekee suhteutettuna Suomesta Euroopan metsäisimmän maan. Metsää Suomesta löytyy noin 22,8 miljoonaa hehtaaria, ja puun tuotantoon sopivaa metsää siitä on 20,2 miljoonaa hehtaaria. Suomen metsät kuuluvat havumetsävyöhykkeelle, ja Suomessa on neljä valtapuulajiketta. Ne ovat mänty, kuusi, hieskoivu ja rauduskoivu. Koko puustosta mäntyä on n. 50 %, kuusta 30 % ja lehtipuita 20 %. Männyn määrä johtuu pitkälti siitä, että männyn tukkea pidetään arvokkaampana kuin kuusen tukkea. (Maa- ja metsätalousministeriö)

Puuteollisuuden suurin osa raaka-aineista tulee Etelä- ja Keski-Suomesta. Valtio omistaa Suomessa suurimman osan suojelluista metsäalueista, joita on koko metsistä 12 %. Suojellut metsäkohteet sijaitsevat lähinnä Pohjois-Suomessa, joten sieltä ei voi tuottaa yhtä paljoa raaka-ainetta. Etelä- ja Keski-Suomessa puusto on myös runsaampaa ja rehevämpää, sillä Pohjois-Suomen karut olot eivät suo yhtä hyviä elinolosuhteita. (Kallio 2018)

2.2 Puurakentamisen historia

Vanhimmat löydöt puurakentamisesta maailmalla viittaavat aikaan noin 4000 eKr. Suomessa puurakennuksista löytyy hyvin vähän tietoa ajalta ennen keskiaikaa. Tiedetään kuitenkin, että Suomessa kiinteää asumista alkoi esiintyä jo rautakaudella 500 eKr-1200 jKr. Tällöin puu oli pääasiallinen rakennusmateriaali, ja se piti asemansa 1900-luvulle asti. (Purdy 2010, 17)

Ensimmäiset kunnolliset asuinrakennukset Suomessa olivat niin sanottuja pitkiä taloja tai paalutaloja. Näissä asumuksissa paalut asetettiin pystyyn rakennuksen kulmiin, minkä jälkeen paalut yhdistettiin toisiinsa ohuemmillä puunrungoilla. Tällaisia puurakennuksia ei ole säästynyt, mutta vanhin pystyssä oleva puurakennus Suomessa on hirsistä tehty ja se on Kihniössä sijaitseva Tarsian aitta vuodelta 1441. (Luukkonen 2017, 10) 1400-luvun puurakentamista Suomessa edustaa myös Kokemäellä sijaitseva hirsinen Pyhän Henrikin saarnahuone (kuva 1) (Hirsiteollisuus).

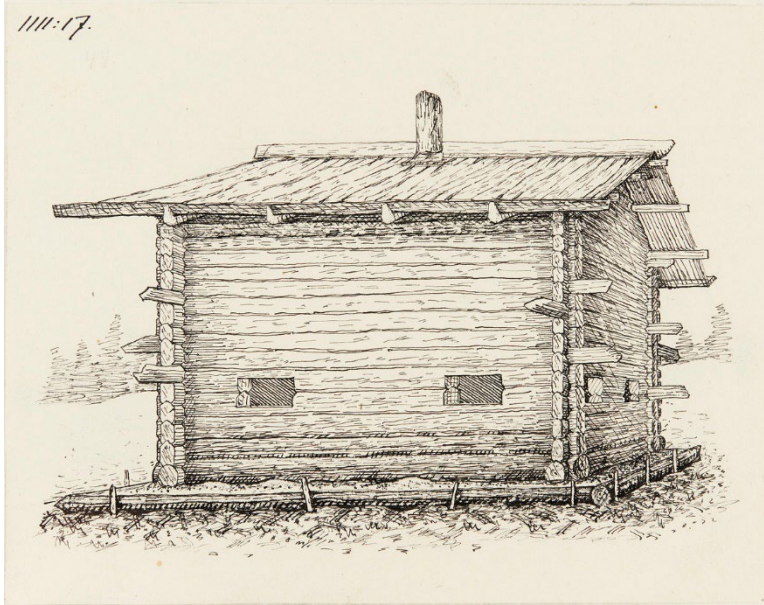


Kuva 1. Pyhän Henrikin saarnahuone Kokemäellä (Aaltonen)

2.3 Hirsirakentamisen historia

Hirsirakentaminen on kehittynyt havupuuvyöhykkeellä, jossa sille on luontaiset edellytykset, eli metsää ja erityisesti havupuuta (Jussila *et al.* 2001, 6). Suomessa hirsirakentamisella on pitkä historia. Ensimmäisiä alkukantaisia hirsirakennelmia olivat kodat noin

600–900-luvulla, mutta jo 1000-luvulla hirsirakentaminen alkoi yleistyä Suomessa viljelyn myötä. Ihmisille kasvoi tarve asua ympäri vuoden samassa paikassa, ja hirsi toimi hyvänä perusta- ja seinämateriaalina. (Keppo 2002) Nämä savupirteiksi (kuva 2) kutsutut asumukset olivat nykyisen hirsirakentamisen esimuoto (Vaara Aihkitalot).



Kuva 2. Savupirtti (Sjöström)

Hirrestä rakennetut asumukset pysyivät melko samanlaisina 1700-luvulle asti, koska pisin käytettävä leveys hirrelle oli noin 7 metriä. Sahateollisuus alkoi kehittyä 1700-luvulla, jolloin hirrelle opittiin hiljalleen tekemään liitoksia ja täten seinän maksimileveyttä pystyttiin kasvattamaan. (Keppo 2002) 1800-luvulla muut rakennusmateriaalit alkoivat viedä hirren asemaa ajan merkittävimpänä rakennusmateriaalina. Hirrestä alettiin tuolloin rakentaa teollistumisen myötä myös uudenlaisia kaupunkirakennuksia porvariston tarpeisiin. Hirsirakennuksen malli muuttui maalaismaisesta tuvasta karoliiniseen malliin, jossa oli erilliset seurustelutilat, makuutilat ja keittiö. (Hannu 2018)

1900-luvun alussa hirsirakentaminen oli vielä yleisin rakennusmuoto, mutta 1930-luvulla lautarakentaminen eli rankarakentaminen syrjäytti perinteisen hirsirakentamisen jatkuvakäyttöisiin rakennuksiin lähes kokonaan (Keppo 2002). Hirsirakentamista ei kuitenkaan unohdettu täysin, sillä rakennustapa oli luotettava ja se osattiin parhaiten. 1950-luvun alkupuolella yleistyi teollinen hirrenvalmistus. Aluksi teollisen tuotantoprosessin kehityksessä itse hirret olivat vähäisiä. Kohteena olivat pitkään koneiden kehittäminen ja toimintatapojen parantaminen. Kun tuotantoprosessi oli kehittynyt, alettiin keskittyä myös itse tuotteeseen, eli hirteen ja hirsitaloihin. Ensimmäinen teollinen tuote oli höylähirsi. (Keppo 2006, 9) Teollisen valmistuksen päämääränä oli muun muassa kek-

siä tuotteelle ratkaisuja tiiviyteen, kutistumiseen ja lämmöneristykseen liittyvissä ongelmissa. Tämä kehitystyö johti siihen, että hirsi alkoi valtaamaan takaisin paikkaansa suosittuna rakennusmateriaalina. (Jussila et al. 2001, 6) Hirsirakentaminen on pitänyt asemansa 2020-luvulle asti ja mistään muusta rakennusmateriaalista ei Suomessa ole yhtä paljon kokemusta ja taitoa. Suomalaisessa lomarakentamisessa hirsi on pysynyt kautta aikojen valtamateriaalina. Noin 70 prosenttia uusista loma-asunnoista ovat hirsirakenteisia. (Jussila et al. 2001, 6)

Hirsirakentaminen on jatkanut kasvuaan viimeiset 20 vuotta, ja joka neljäs uusista rakennuksista nykyään ovat hirrestä rakennettuja. (Vaaran Aihkitalot). Nykyään suomalainen hirsiteollisuus toimii tietokoneavusteisen suunnittelun pohjalta, joka usein myös ohjaa tietokoneohjattua valmistusta. Tietokoneohjattu teollinen esivalmistus mahdollistaa muun muassa erittäin mittatarkkojen hirsirakenteiden valmistuksen sekä hirsien esikuivauksen. Näiden ominaisuuksien takia hirsikehikon pystytys työmaalla tapahtuu vain muutamassa päivässä ja sen takia runko joutuu säiden armoille mahdollisimman lyhyeksi ajaksi. (Hirsitaloteollisuus)

Suomi on maailman johtava teollisten hirsitalojen valmistaja ja Suomesta löytyy myös maailman suurin yksittäinen hirsitaloja valmistava yritys Kontio (kuva 3). Suomalaiset teolliset hirsitalot ovat herättäneet kiinnostusta ulkomailla ja hirsitaloja viedään Suomesta jo yli 30 eri maahan. (Jussila et al. 2001, 7)



Kuva 3. Maailman suurin yksittäinen hirsitaloja valmistava yritys on Kontio (Kontio)

3. HIRSIRAKENTEET

3.1 Hirren ominaisuudet

Hirttä käytettiin 19000-luvulla lähinnä vapaa-ajan asuntoihin sekä pientaloihin. 2000-luvulla hirttä on alettu käyttämään niiden lisäksi myös julkisissa rakennuksissa, kuten esimerkiksi kerrostaloissa, kouluissa ja päiväkodeissa. (Puuinfo)

Hirsi on kokopuinen paksu rakennustarvike, jota tuotetaan männystä ja kuusesta sekä joskus harvoin haavasta. Hirsi voi muodoltaan olla kulmikas tai pyöreä. Hirsiä käytetään yleisesti kantavana seinärakenteena, mutta niillä rakennetaan entistä enemmän myös ei-kantavia seiniä. Perinteinen rakennustapa Suomessa on asettaa hirret vaakasuuntaan, mutta hirret voidaan asetella myös haluttaessa pystysuuntaan, jolloin hirren painuma saadaan minimoitua. Hirsikerrat, eli yksittäiset hirsitukit, asetetaan päällekkäin ja ne yhdistetään nurkista salvoksilla eli nurkkaliitoksilla (Honka 2021). Nurkkaliitoksia on monia erilaisia, joista eniten käytettyjä nurkkaliitoksia ovat perinteinen ristinurkka, koteloitu lyhytnurkka, lohennyrtönurkka ja jiirinurkka. Kaikkiin hirsityyppeihin pätee samanlaiset veistoperiaatteet. Hirteen tehdään varaussalvos ja nurkkasalvos, jotta mahdollistetaan hirsikertojen tiivis pinoaminen päällekkäin. Pyöröhirteen tehdään koiran-kaulasalvos, ja höylähirteen sekä saharirsiin suoranurkka. Nurkat ovat hirsirakenteiden tärkein osa, jotta rakennus pysyy koossa. (Puuproffa)

Hirren painuma tarkoittaa seinien laskeutumista, joka johtuu puun kuivumisen aiheuttamasta kutistumisesta, saumojen tiivistymisestä sekä rakenteille kohdistuvasta painosta. (Puuinfo) Hirsirakenteiden painumat ovat noin 10 mm-60 mm/rakennuksen korkeusmetri riippuen hirsityypistä. Rakennuksen sisällä olevien seinien painuma on kosteuspiitoisuuden vuoksi noin 10 mm/korkeusmetri enemmän kuin ulkoseinissä. Hirren painuma on otettava huomioon rakennusta suunniteltaessa ja rakenteita tehdessä. (Keppo 2006, 10)

Ennen hirren maksimipituus oli noin 7 metriä saatavilla olevan puuston takia, mutta nykyään teollisella valmistuksella ja hirren muodon avulla voidaan saada aikaiseksi hyvin pitkkiä hirsiä. Pituuden lisäämiseksi hirsikertoja yhdistetään vaarnoilla, eli tapeilla, jotka estävät myös hirsien sivuttaisen siirtymisen. (Puuinfo)

Hirttä työstetään valmistuksessa sorvaamalla, höyläämällä tai veistämällä. Jokaiseen hirsikertaan tehdään varaus, joka tarkoittaa hirteen veistettyä uurretta. Varauksen

avulla hirsikerrat saadaan yhdistettyä tiiviisti toisiinsa sekä hirsien halkeilu vaakasuunnassa estetään. Tiivis varaus estää myös veden pääsemisen rakenteisiin. Varauksia on kolmenlaisia: avovaraus ja umpivaraus, sekä niiden yhdistelmä. (Puuinfo)

Följəri, karapuu ja kierrejalka ovat kaikki hirsirakenteita tukevia elementtejä. Följəri on tukipuu, jota käytetään pitkien seinien ja aukkojen tuennassa pystysuuntaisesti joko yhdellä tai molemmilla rakennuksen sivuilla. Karapuu täytyy asentaa hirsiseinille tehtyihin aukokuihin, sillä se estää katkaistujen hirsipäätyjen liikkumisen sivusuunnassa. Kierrejalka toimii pystysuuntaisten rakenteiden, kuten esimerkiksi tukipilarien tukena. (Puuinfo)

Puu on hygroskooppinen aine, joka sisältää vettä riippuen sitä ympäröivästä ilman suhteellisesta kosteudesta ja lämpötilasta. Vuodenaikojen mukaan hirsi imee itseensä kosteutta tai luovuttaa sitä, jolloin sen kosteusprosentti vaihtelee. Puun kosteus aiheuttaa sen kuivussa puun halkeilua sekä seinärakenteen painumista. (Keppo 2006, 10)

Hirren kehän suuntainen kutistuma on kaksinkertainen sen säteen suuntaiseen kutistumaan verrattuna. Puu halkeaa silloin, kun puun kuivumisesta johtuvat jännitteet ylittävät vetolujuuden. Puuhun syntyvät halkeamat ovat sitä suurempia, mitä kosteampi ja suurempi puu on. Halkeamien ei yleisesti katsota vaikuttavat rakenteen lujuusarvoihin tai lämmönjohtavuuteen. (Keppo 2006, 10)

Hirsirakenne on erittäin paloturvallinen rakennusmateriaali. (Kontio; Puuinfo 2020) Hirsi palaa hiiltymällä 1 mm/ minuutti, joten palotilanteissa on helppo ennakoida rakenteiden käyttäytyminen. Puun pintaan palava hiili suojaa myös puun sisusta palotilanteessa. Hirren paloluokkaan voidaan parantaa valitsemalla paksumpi hirsi rakennusmateriaaliksi. (Puuinfo 2020) Puun syttymisnopeus riippuu vaikutusajasta sekä lämpötilasta. Pitkällä aikavälillä puun käyttölämpötilan maksimi on 105 astetta ja lyhyellä aikavälillä 150 astetta. (Jussila *et al* 2001, 11)

Hirren säilyvyys riippuu pitkälti puun kosteuspitoisuudesta. Puun kosteuden ollessa 20 % ja lämpötila vähintään 5 astetta, alkavat siinä kasvaa lahottaja- ja sinistäjäsienet. Puun kosteus nousee tämän arvon yläpuolelle vasta, kun ilmankosteus pysyy pitkään 85 asteessa. Rakennuksen alimmat hirret ovat säilyvyyden kannalta heikoimmat, sillä ne ovat alttiina sade- ja roiskevesille. Hirret tulee siis pitää riittävän kaukana maasta ja niitä pitää suojella oikein, jotta hirsi on pitkäaikainen. (Keppo 2006, 10; Puuinfo 2020)

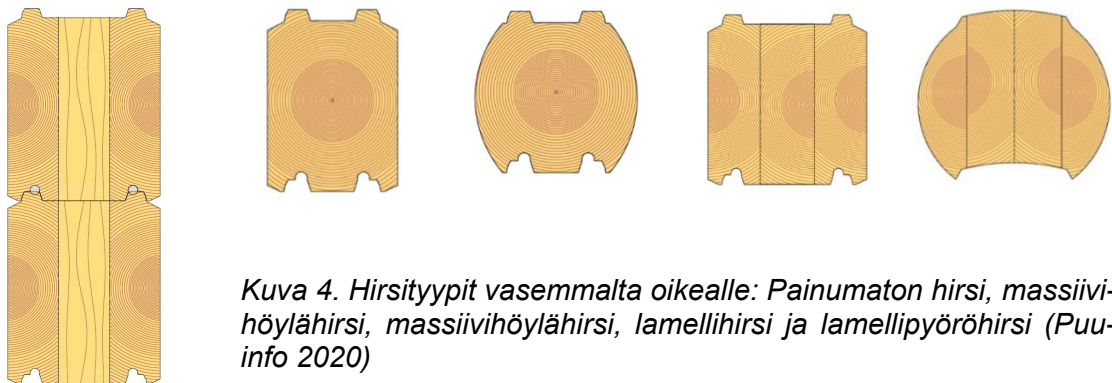
3.2 Hirsityypit

Suomessa hirren materiaalina käytetään pääasiassa mäntyä, mutta myös kuusta voi käyttää hirren materiaalina. Mäntyä käytetään enemmän, sillä kuusella on taipumus vääntyilyyn sekä isoihin halkeamisiin. (Hirsikoti 2014)

Hirret jaotellaan niiden ominaisuuksien mukaan, joita ovat koostumus ja muoto. Höylähirsi on joko massiivirakenteinen tai valmistettu liimaamalla useampia kappaleita yhteen. (Hirsikoti 2014) Massiivihirsi valmistetaan yhdestä puusta ja se on perinteisempi hirsityyppi. Massiivihirret ovat joko suorakaiteen tai pyöreän mallisia. Massiivihöylähirsi (kuva 4) on pyöröhirttä kestävämpi, sillä siinä pintapuu on työstetty pois ja kestävä sydänpuu on tuotu esille. Suorakaiteen mallisen hirren leveys vaihtelee välillä 95–205 mm. Massiivipyöröhirressä (kuva 4) on säilytetty puun poikkileikkausmuoto tai sitä lähellä oleva muoto. Työstö ei juuri muuta puun sisäisiä jännitteitä, joten puun ei kierry paljon. Pyöröhirsitä työstetään koneellisesti sorvaamalla tai käsin veistämällä. Pyöröhirren leveys vaihtelee välillä 150–230 mm (Puuproffa)

Lamellihirreksi (kuva 4) kutsutaan hirsityyppiä, jossa useampia samansuuntaisia lamelleja on liimattu toisiinsa kiinni. Lamelleja voidaan liimata yhdestä tai useammasta puusirosta joko vaakaan, pystyyn tai ristiin. Lamellirakenne mahdollistaa poikkileikkaukseltaan massiivipuuhirsitä suurempien hirsien valmistamisen. Lamellihirsi ei kärsi myöskään niin suurista kosteusmuodonmuutoksista kuin massiivipuuhirsi. (Puuinfo 2020)

Melko uutena markkinoille on tuotu myös painumaton hirsi (kuva 4). Painumaton hirsi on lamellihirsi, jossa keskimmäisen lamellin syysuunta on pystyyn, kun muut syyt menevät vaakaan. Ristikkäiset lamellikerrokset vähentävät seinän painumista merkittävästi ja tämän takia hirttä kutsutaan painumattomaksi. Painumattomien hirsien pinnat ovat aina höylättyjä ja koot vaihtelevat. (Puuinfo 2020)



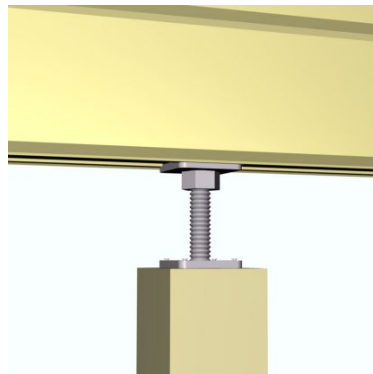
Kuva 4. Hirsityypit vasemmalta oikealle: Painumaton hirsi, massiivihöylähirsi, massiivihöylähirsi, lamellihirsi ja lamellipyöröhirsi (Puuinfo 2020)

3.1 Hirsisuunnittelu ja hirsirakentamisen haasteet

Hirsirakennuksia suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon monia asioita. Myös oikeaoppinen ja helppo huolto täytyy huomioida jo suunnitteluvaiheessa, jotta rakennuksesta saadaan mahdollisimman pitkäaikainen. Niin kuin muihinkin rakennusmateriaaleihin, hirsirakentamiseen liittyy myös haasteita, jotka vaikuttavat suunnitteluprosessiin. (Hirsikoti 2014)

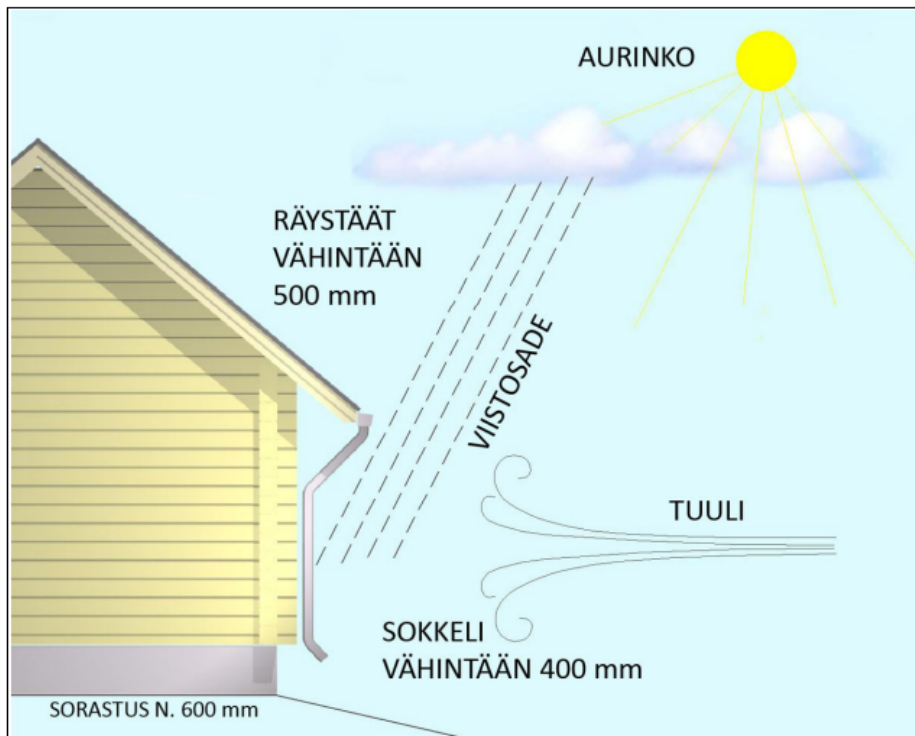
Hirsiseinän tulee olla tiivis ilmanpitävyydeltään. Tiiviillä rakenteella saadaan haitalliset ilmavuodot minimoitua ja rakennus pysyy energiatehokkaana. Tiiviillä rakenteella estetään myös vesihöyryn kulkeutuminen rakenteisiin. Vaadittu tiiviys saavutetaan varauksien muotoilulla, hirsikertojen välissä käytetyillä tiivisteillä sekä nurkkaliitoksissa käytetyillä turpoavilla tiivisteillä. Tärkeää on myös se, miten vaipparakenteet liitetään hirsirunkoon ja se, että niissä on otettu huomioon hirsirakenteiden painuminen. Asennustyön huolellinen suorittaminen on suuressa roolissa tiiviiden saavuttamisessa. (Hirsikoti 2014) Tiivis rakenne takaa sen, että rakennus on energiatehokas (Honka). Asennustyön suorittaminen huolellisesti vaatii hyvää ja toimivaa suunnittelua. (Hirsikoti 2014)

Haasteellisinta hirsirakennuksen suunnittelussa on painumien huomioon ottaminen. Puun kuivattamisesta huolimatta hirressä on aina jonkin verran kosteutta, joka ajan kuluessa näkyy rakenteiden painumisena puiden kuivuessa. Hirsi saattaa kuivua rakenteissa jopa kaksi vuotta. Painumista lisää myös rakennuksen kuorma, joka kaikki kohdistuu kantavalle seinärungolle. (Hirsikoti 2014) Suunnittelussa tulee myös huomioida se, että jotkin rakennuksen osat painuvat ja toiset eivät. Painumattomia osia ovat esimerkiksi rankarakenteiset väliseinät, hirsiseinien koolaukset, tulisijat ja kantavat pilarit. Rakennuksen osille tulee jättää liikkuma- ja säätövaraa. (Keppo 2006) Painumien laskeuminen suunnitteluvaiheessa on erityisen tärkeää, sillä rakenteet eivät välttämättä laskeudu samalla tavalla ja se voi aiheuttaa esimerkiksi kosteusvaurioita vesikatossa. Näitä ongelmia voidaan ehkäistä hyvillä eristyksillä ja säätöjaloilla sekä -kiekoilla (kuva 5). (Hirsikoti 2014)



Kuva 5. Säätöjalka hirsiseinän ja liikkumattoman rakenteen välissä, joka huomio hirsien painuman. (Hirsikoti 2014, 18)

Hirsiseinä tulee suojata rakenteellisesti sekä ulkopuolisesti (kuva 6). Räystäiden pitää olla tarpeeksi pitkät, vähintään 500 mm, varsinkin jos rakennuksessa on ulkonevat hirsinurkat. Rakennuksen perustus täytyy nostaa vähintään 300 mm maanpinnasta, suositeltavaa olisi 400 mm. Alin hirsi on myös eristettävä perustuksesta sokkelikaistalla ja bitumihuovalla. Perustuksen vierelle täytyy laittaa myös soraa noin 600 mm kaltevasti niin, että vesi valuu pois rakennuksesta ja ulkoseinä on suojattu roiskevesiltä. (Hirsikoti 2014)



Kuva 6. Hirsisuunnittelussa huomioon otettavia seikkoja, jotta rakennuksen pitkäikäisyys ja kestävyys säilyvät (Hirsikoti 2014, 20)

Hirsirakentamista pidetään yleisesti kalliina vaihtoehtona. Yleisesti hirsitalon hinta on 15–20 % kalliimpi kuin esimerkiksi elementtitalopakettin hinta. Toisaalta esimerkiksi paikalla rakennetun kivitalon hinta tulee kalliimmaksi kuin hirsitalon hinta. Hirsitalon hintaan vaikuttaa se, minkälaisen hirsityypin valitsee sekä talon yksityiskohtien määrä. Myös sillä on vaikutusta, rakentaako ja suunnitteleeeko talon itse vai rakennuttaako sen. Hirsitalossa on kuitenkin paljon valmista pintaa sekä sisä-, että ulkopuolella, joka laskee viimeistelyjen kustannuksia. Arvioituna hirsitalon rakentaminen perustuksineen ja maatoineen maksaa noin 2000–3000 €/m² (Perustava). Teetetyissä omakotitaloissa runkomateriaalin valinnalla ei ole suurta merkitystä kokonaiskustannuksiin. Puu-, kivi- ja hirsitalojen rakentamiskustannukset ovat melko lähellä toisiaan. Isoimmat erot kustannuksissa tulevat muiden valintojen perusteella. (Pientaloteollisuus 2019)

4. KESTÄVÄ KEHITYS

Kestävä kehitys tarkoittaa maailmalaajuisesti tapahtuvaa jatkuvaa muutosta, joka ohjataan niin, että nykyisille sekä tuleville sukupolville turvataan hyvät elämisen mahdollisuudet. Kestävän kehityksen tarkoituksena on, että tapahtuva muutos ei tapahdu tulevien sukupolvien kustannuksella. Kestävää kehitystä voidaan kuvata prosessina, jonka tavoitteena on muuttua entistä kattavammaksi monipuoliseksi kokonaisuudeksi jatkuvasti. (Ympäristöministeriö)

Kestävä kehitys huomio ympäristön näkökulman lisäksi myös ihmiset, taloudelliset näkökulmat sekä ihmisoikeudet. Muutokset eivät tue kestävää kehitystä, jos ne eivät ota kaikkia näitä osapuolia huomioon samanaikaisesti. Esimerkiksi taloudellinen kehitys, jonka takia ympäristöä tuhoetaan, ei ole kestävää kehitystä. Kestävää kehitystä edistävät teot vaativat sopeutumista luonnon kestokykyyn sekä maapallon luonnonvaroihin. (Suomen YK-liitto)

Kestävä rakentaminen tarkastelee rakentamista ekologisista, taloudellisista, kulttuurillisista sekä sosiaalisista näkökulmista. Ekologinen kestävyys tarkoittaa sitä, että luonnon kestokykyyn sopeutetaan ihmisen taloudellinen ja aineellinen toiminta. Ekologinen kestävyys korostaa ympäristötehokkuutta. Taloudellinen kestävyys tavoittelee talouden kasvua, joka on sisällöllisesti ja laadullisesti tasapainossa. Sosiaalinen kestävyys pyrkii takaamaan jatkuvan hyvinvoinnin edellytykset kaikille sukupolville. Kulttuurillinen kestävyys tarkoittaa sitä, että eri alueiden ja kansojen identiteettiä, perinteitä, perinneympäristöä ja kulttuuria vaalitaan. (Puuinfo 2020)

Kestävän rakentamisen päätavoitteena on tuottaa pitkäikäisiä, materiaali- ja energiatehokkaita sekä mahdollisimman vähähiilisiä rakennuksia, jotka ovat muuntojoustavia, terveellisiä, viihtyisiä ja arvonsa säilyttäviä. Näitä tavoitteita täytyy tutkia sekä rakennuksien, että rakenteiden kannalta. Erityisen tärkeää on siirtää rakentamisen painopiste investointivaiheesta rakennuksen koko elinkaareen tarkasteluun. (Rakennusteollisuus)

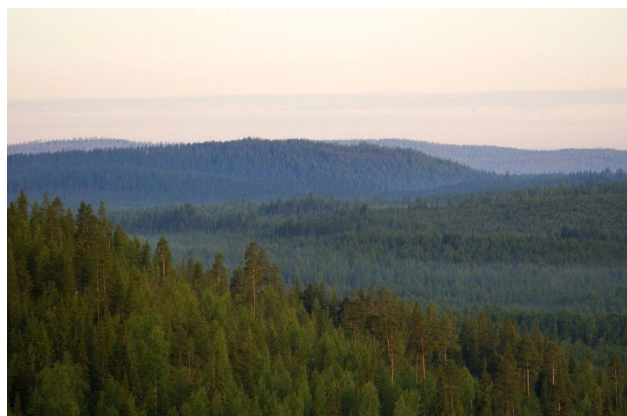
5. HIRREN VASTUULLISUUS

Vastuullinen rakentaminen tarkoittaa sitä, että hankkeen suunnitteluosaaminen on monipuolista ja eri rakennusmateriaalien keskinäinen käyttäytyminen ymmärretään. Se pitää sisällään myös sen, että rakennuksen pitkäaikaisuus huomioidaan jo suunnittelu- vaiheessa ja rakennuksesta huolehditaan sen elinkaaren loppuun saakka. Pitkäaikaisuuden lisäksi vastuulliseen toimintaan kuuluu se, että rakennus on muuntojoustava. Rakennusta voidaan tarvita toiseen käyttötarkoitukseen vuosikymmenien päästä ja sen on pystyttävä muuntumaan käyttötilanteen ja -tarpeen mukaan. (Honka *et al.* 2021c, 5)

Lyhyesti kuvailtuna vastuullinen rakentaminen alkaa lähtökohdasta, jossa jokaiselle pyritään luomaan hyvä ja terve elämä. Tätä pyritään tuottamaan pitkäaikaisilla rakennuksilla, jotka ovat taloudellisesti kannattavia. Rakennukset rakennetaan ekologisesti ympäristöä kunnioittaen. Nämä rakennukset kantavat sosiaalista vastuuta hyvinvointia tukevia tiloja tarjoamalla. (Honka *et al.* 2021c, 43)

5.1 Kotimaisuus ja pitkäaikaisuus

Hirsi on suomalaisen luonnon uusiutuva tuote, joten rakennusmateriaalit tulevat läheltä. Metsävarat ovat Suomessa kasvussa ja hirsien tuottajat istuttavat kaadetun puun tilalle aina uuden puuntaimen. 90 prosenttia Suomen metsistä (kuva 7) on PEFC- sertifioituja metsiä ja niistä hakatut puut tukevat kestäväää metsätaloutta. (Maa- ja metsätalousministeriö) Kotimaisen hirren valinta parantaa suomalaista puutuotantoa ja tukee kotimaista yritystoimintaa. Hirsirakentaminen voi on parhaimmillaan olla täysin kotimaista,



Kuva 7. Suomen metsä (Haapaluoma-Höglund 2019)

jos puuraaka-aineet, hirsituotanto sekä rakennuksen pystyttäminen valitaan oikein. (Honka *et al.* 2021c, 85, 86)

Hirttä on käytetty niin monia vuosisatoja rakentamisessa, että sen kestävyyttä ja pitkäaikaaisuutta on voitu tutkia kaikkina eri vuodenaikoina. Tutkimusten avulla on voitu luotettavasti todeta puun pitkäaikaiskestävyys. Nämä ominaisuudet löytyvät hirrestä, kunhan materiaalia hoidetaan hyvin. (Ainoakoti) Hirrellä on itsellään myös luonnollisia ominaisuuksia, jotka suojaavat sitä esimerkiksi kosteusvaurioilta (Puuinfo). Oikein hoidettuna hirsirakennus voi kestää jopa vuosisatoja ja lopulta rakennuksessa käytetty puu palaa luontoon. Hirsi on biohajoava tuote, ja sen elinkaaren päätyttyä puu voidaan jalostaa esimerkiksi biopolttoaineeksi tai laittaa energiantuotantoon. Näiden vaihtoehtojen lisäksi hirsimateriaali voidaan kierrättää uuteen käyttöön osiin purettuina tai jopa kokonaisena. Käytetystä hirrestä voidaan työstää myös uutta sahatavaraa, jolloin sen elinkaari alkaa alusta. (Hirsitaloteollisuus 2009) Pitkäaikaaisuutta hirsirakennuksessa lisäävät myös kestävät puupinnat, jotka vaativat vähän remontteja. Massiivisella hirsirakenteella saadaan kerralla valmista pintaa molemmin puolin seinää, jolloin ikääntyviä materiaaleja on vain yksi. (Honka *et al.* 2021c, 7)

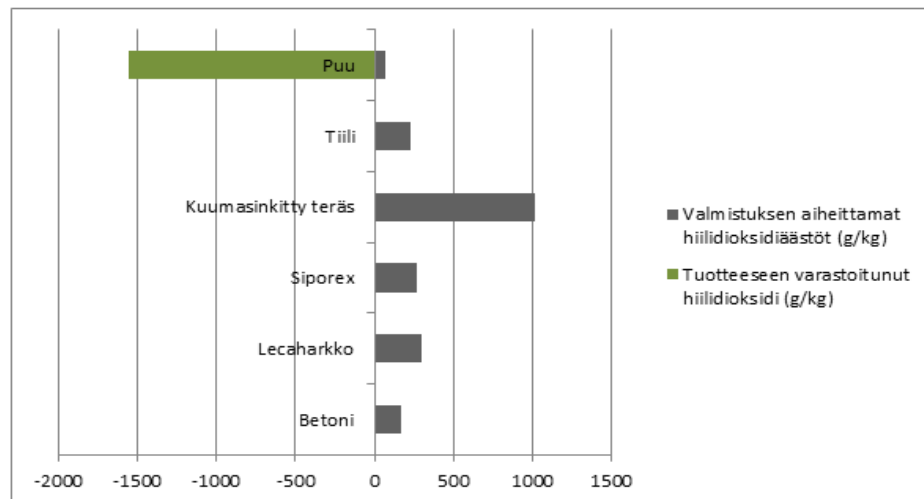
5.2 Energiatehokkuus ja ympäristöystävällisyys

Rakennus on sitä ympäristöystävällisempi, mitä pienempi on sen energiankulutus. Rakennuksen ympäristöystävällisyyteen vaikuttaa sen koko elinkaari. Pelkästään ympäristöystävällisen ja uusiutuvan rakennusmateriaalin valitseminen ei riitä. Yhtä tärkeää on huomioida sekä rakennusmateriaalin valmistuksesta syntyvät päästöt, että itse rakennuksen tuottamat päästöt. (Motiva 2020)

Ympäristöministeriön (2022) mukaan vuoteen 2025 mennessä tulee pakolliseksi Suomessa se, että rakennusprosessille tehdään päätöslaskelmat jo rakennuslupavaiheessa. Komission ehdotusten mukaan rakennuksien tulisi olla päästöttömiä vuoteen 2030 mennessä, julkisten rakennusten jo 2027. Päästölaskelmiin kuuluu esimerkiksi

selvitys rakennusmateriaaleista ja siitä, kuinka paljon materiaalien valmistus ja kuljetaminen tuottavat päästöjä. Hirrellä on muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna pienimmät valmistuksesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ja suurin tuotteeseen varastoituneen hiilidioksidin määrä (taulukko 1). (Puuinfo)

Taulukko 1. Eri rakennusmateriaalien valmistuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt (Puuinfo)



Rakentamisratkaisuna hirsirakentaminen on edullinen vaihtoehto, sillä materiaali on aurinkoenergian tuottamaa. Merkittävää on, että hirsien valmistukseen tarvitaan vain vähän energiaa. Tällöin hiilidioksiinipäästöjä syntyy valmistusvaiheessa vähän (Honka). Hirsi on uusiutuva ja paikallinen rakennusmateriaali, joten sen kuljetuksista ei synny paljoa päästöjä. Puu materiaalina on kevyt, kuutio puuta painaa vain viidesosan betonikuution painosta. Tämän takia kuljetuspäästöt ovat pienempiä ja puun keveys helpottaa myös rakentamisvaiheen päästöjä sillä rakennusmaalla ei tarvita järeitä nostureita. Keveyden ansioista esivalmistus voidaan viedä pitkälle, jolloin työmaavaihe on lyhyt ja projekti ympäristöystävällinen. Hirsirakennuksiin ei tarvita suuritöisiä tai kalliita seinien eristys- ja pinnoitusvaiheita, joka nopeuttaa aikataulua entisestään työmaalla. (Hoivarakentajat 2021)

VTT:n julkaiseman tutkimuksen mukaan puumateriaaleista hirsi tuottaa koko elinkaarensa aikana vähiten hiilidioksidipäästöjä sekä kuluttaa vähiten energiaa. Tutkimuksen mukaan kokonaisenergiakulutus hirsirakennuksilla oli lähes sama, kuin perinteisellä puutalolla, mutta tilanne muuttui, kun huomioon otettiin valmistuksessa aiheutuva energiankulutus ja hiilijalanjälki. Hirsitalojen materiaaleihin liittyvät kasvihuonepäästöt olivat tutkimuksen mukaan 50 vuoden tarkasteluajalla kolmanneksen puutaloa pienemmät. (Häkkinen *et al.* 2013)

Nykyisellä teknologialla valmistetut hirret, etenkin painumattomat hirret ovat rakenteeltaan tiiviitä. Myös perinteisistä hirsistä rakennettava talo voidaan varmistaa riittävän tiiviiksi, joka lisää kodin energiatehokkuutta. Hirsiseinä omaa luonnostaan lämmönvarauskyvyn. Tämä tarkoittaa sitä, että auringon lämmöstä rakennus varaa itseensä lämpöä ja kylmemmällä puolestaan viileyttää ja luovuttaa näitä tasaisesti ympäristöönsä. Lämpötila hirsirakennuksessa on siis tasainen, joka vähentää lämmitys- ja viilennystarvetta. Tämä säästää energiakustannuksia. (Ainoakoti) Lämmityskustannuksia hirsitalo vähentää 5 prosenttia ja viilennyskustannuksia jopa 50 prosenttia. Hirsitalon energiakustannuksia vähentää myös se, että rakennusta ei tarvitse ylläpitää ja korjata usein, sillä hirsirunko on kestävä. (Haapaluoma-Höglund 2019)

5.3 Hiilijalan- ja hiilikädenjälki

Hiilijalan jäljellä kuvataan tuotteen tai tekemisen kuormitusta ilmastolle koko sen elinkaaren ajalta. Hiilijalanjälki kuvastaa siis sitä, kuinka paljon jokin tietty tuote tai tekeminen aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä. Nämä päästöt lisäävät ilmaston lämpenemistä. Suomessa asuminen (kuva 8) ja erityisesti lämmitys tuottaa 30 prosenttia hiilipäästöistä. (OptiWatti)



Kuva 8. Asumisen muodostama hiilijalanjälki Suomessa (YIT)

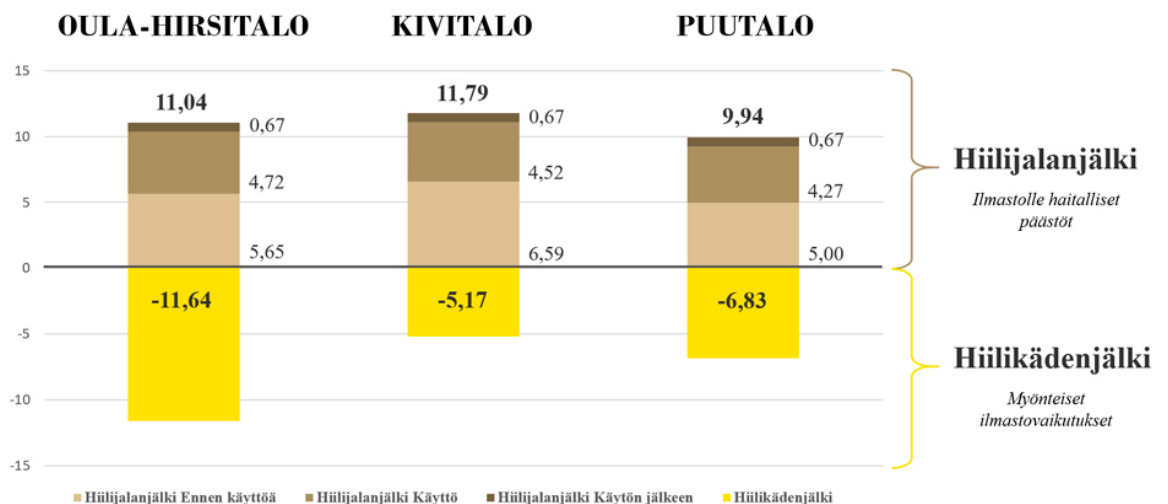
Virkkunen (2020) kertoo, että rakentamisen hiilijalanjälki pystytään laskemaan. Laskennan tarkoituksena on selvittää, kuinka paljon rakennus aiheuttaa päästöjä elinkaarensa

aikana alkaen rakennustuotteiden valmistuksesta ja päättyen rakennuksen purkamiseen. Laskennan avulla voidaan jo suunnitteluvaiheessa löytää mahdollisimman vähäpäästöinen vaihtoehto. Laskentaan sisältyy rakennusmateriaalit, työmaatoiminnot, kuljetukset, energian käyttö, huollot ja korjaukset sekä purku ja loppusijoitus.

Hiilijalanjäljen laskennan yhteydessä lasketaan myös hiilikädenjälki. Hiilikädenjäljellä mitataan rakennusten myönteisiä ilmastovaikutuksia, kuten esimerkiksi rakenteisiin sitoutunut hiili ja rakennustuotteiden kierrätys. (Virkkunen 2020)

Hirsirakennuksien hiilijalanjälki on hieman pienempi kuin muista materiaaleista rakennetuilla rakennuksilla. Suurin ero hirrellä löytyy kuitenkin muihin materiaaleihin verrattuna sen hiilikädenjäljestä (kuva 9). (Virkkunen 2020)

Taulukko 2. Eri rakennusmateriaaleista rakennettujen talojen hiilijalan- ja hiilikädenjälkien vertailu (Honka)



Hirren tuotantoketju on ekologinen. Rakentamistarkoitukseen ei puun valmistamiseen tarvita paljoa tuotantoenergiaa. Tämä energiantarve on vain puolet sementin valmistukseen ja 20 prosenttia tiilen valmistukseen vaatimasta energiasta. (Honka) Hirren matkalla metsästä taloksi syntyy puolet enemmän energiaa kuin sitä kuluu. Aluksi hirsitikki kuljetetaan tehtaalle, jossa se sahataan, kuivataan ja jatkojalostetaan. Tuotteiden valmistuksessa syntyy hakkuujätettä, kuten sahanpurua ja lastua, jotka voidaan käyttää bioenergiana myöhemmin. Kun puuta poltetaan, siitä syntyvä energia on jo olemassa olevaa hiiltä, joka on ilmakehästä sitoutunut puuhun. Fossiiliset polttoaineet, kuten öljy

tai maakaasu puolestaan vapauttavat ilmakehään uutta hiiltä maan sisältä. Tämän takia esimerkiksi hirren tuotannosta syntyneet hakkuujätteet eivät nosta hirren hiilijalanjälkeä. Kaatopaikkajätettä hirren tuotantoprosessissa ei synny juuri lainkaan. (Kontio)

Romppainen (2019) mukaan puu sitoo itseensä hiiltä ilmakehästä noin puolet oman painonsa verran. Hirsi toimii siis hiilinieluna, joka nostaa hirrestä tehtyjen rakennusten hiilikädenjälkeä. Puukuutio, joka painaa 500 kilogrammaa, sitoo itseensä siis noin 250 kilogrammaa hiiltä. Karjalainen (2021) kertoo, että puu varastoi itseensä hiilidioksidia ilmasta riippumatta siitä, tuotetaanko siitä jotain. Puun lahotessa hiilidioksidi vapautuu takaisin luontoon, mutta rakennuksessa hiilidioksidi säilyy. Erityisesti hirsirakentamisessa hiili pysyy muita puumateriaaleja paremmin sitoutuneena, sillä hirsiiä työstetään kaikkein vähiten ja hiilidioksidi ei pääse vapautumaan ilmakehään.

Suomessa rakennettu hirsiomakotitalo, joka on 145 neliön kokoinen, sisältää keskimäärin yli 90 kuutiota hirttä. 90 kuutiota hirttä varastoi itseensä noin 46 000 kilogrammaa. Tämä määrä hiilidioksidia kompensoi polttomoottorin käyttöä yli 24 vuoden ajalle. Lukema voidaan laskea siitä, että keskimääräinen ihminen ajaa vuodessa noin 14 000 kilometriä ja kilometriä kohden syntyy 135 grammaa hiilidioksidipäästöjä. Tähän omakotitaloon tarvittava puumäärä kasvaa Suomessa kesäpäivänä alle minuutissa. (Romppainen 2019)

Toinen hyvä esimerkki hirren hiilikädenjäljestä on Honka (2021b) suunnitelma hirsimarket, joka toteutettaisiin Helsingin Perhosniittyyn. 1800 neliöisen marketin rakennusmateriaaliksi valittaessa hirsi, sitoutuu kaupan puurakenteisiin hiilidioksidia 143 tonnia. Tämä määrä sitoutunutta hiilidioksidia auttaa kompensoimaan 28 600 ajomatkaa kaupalle. Ajomatkat ovat tässä tilanteessa määritelty viiden kilometrin mittaisiksi. Sen lisäksi, että hirsimarketti pystyy vastaamaan ilmastostrategisia tavoitteita, pystyy se myös helpottamaan muualta syntyviä päästöjä. Samanlaisia ilmastohyötyjä ei saavuteta muilla rakennusmateriaaleilla rakentaessa (Honka *et al.* 2021c, 12).

5.4 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos, joka tarkoittaa ympäristön monimuotoisuuden heikkenemistä sekä luonnonvarojen ylikulutusta, on vakavimpia ongelmia Suomessa. Valtioneuvoston mukaan ilmastonlämpeneminen täytyy saada pidettyä 1,5 asteessa ja tätä varten yhteiskunta tarvitsee nopeita muutoksia. (Valtioneuvosto)

Yksi tavoite, jolla näitä muutoksia saadaan aikaiseksi, on se, että Suomi siirtyy hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä. Valtioneuvosto kuvailee tavoitetta seuraavasti: ”Hallitus toimii tavalla, jonka seurauksena Suomi on hiilineutraali vuonna 2035 ja hiilinegatiivinen nopeasti sen jälkeen. Tämä tehdään nopeuttamalla päästövähennystoimia ja vahvistamalla hiilinieluja.”

Asuminen on Suomessa suurin yksittäinen päästöjen aiheuttaja (YIT). Hirsirakennuksen ilmastovaikutukset tutkittaessa seuraavia vuosikymmeniä, on merkittävästi pienemmät kuin muista materiaaleista rakennettujen rakennusten. Hirsirakentaminen monien muiden joukossa on siis yksi keino saavuttaa tarvittavia tavoitteita. Mitä isompi rakennus, sitä enemmän päästöjä se aiheuttaa. Tämän takia hirsirakentaminen on nykyään kilpailuvaltti kaupungeille sekä yrityksille, sillä iso rakennus myös sitoo itseensä pientä rakennusta enemmän hiilidioksidia ja tuottaa kierrätysjätettä. (Honka *et al.* 2021c, 11)

Ilmastonmuutoksen kannalta kaupunkien rakentamisessa aletaan keskittyä erityisesti siihen, että isoja komplekseja aletaan tuottamaan hirsirakenteisena. Tällaisia kokonaisuuksia voivat olla esimerkiksi hirsiset koulut, kerrostalot, kirjastot ja korttelit. Kaupunkien muutosten lisäksi yksityisten ihmisten muutokset ovat tärkeitä. Myös niiden vaikutukset näkyvät pitkällä aikavälillä. (Honka *et al.* 2021c, 12)

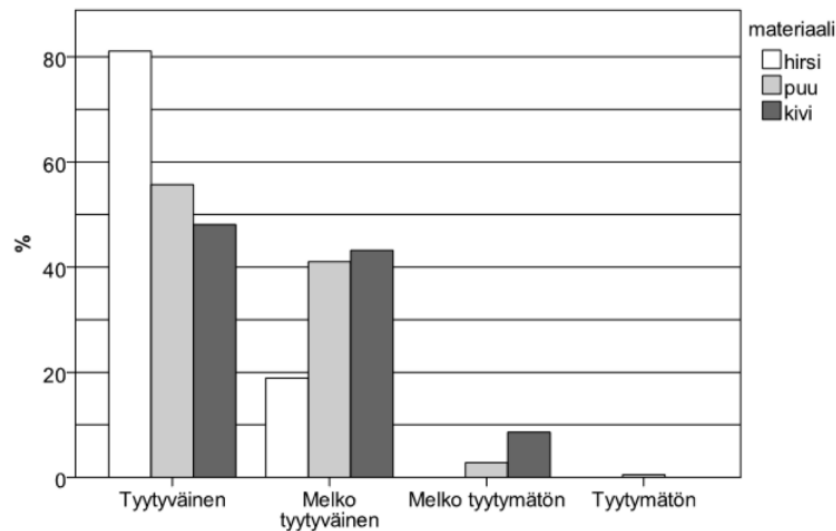
5.5 Käyttäjien hyvinvointi

Ihmiset viettävät 90 prosenttia ajastaan sisätiloissa (Kontio). Rakennuksen on tarkoitus luoda puitteen, joissa ihmisen on hyvä olla. Sisäilman laatu on yksi tärkeimpiä tekijöitä tällaisten olosuhteiden luomisessa. Puhdas hengitysilma ehkäisee terveysongelmia, kuten päänsärkyä, ihottumaa, väsymystä ja hengitystievaivoja. Huonolla sisäilmanlaadulla on myös vaikutusta asumisviihtyvyydelle sekä työteholle. (Sisäilmayhdistys 2008)

Havupuiden antibakteeriset luonnonyhdisteet pystyvät eliminoimaan ilmasta ja rakenteista bakteereita ja homeitiöitä (Honka). Puulla on luonnollinen ominaisuus, jonka avulla se pystyy tasaamaan ilmankosteuden vaihteluita. Hirret suojaavat rakennusta

kosteusvaurioilta, jotka usein saavat aikaan sisäilmaongelmat. Tavallinen ilmankosteus vaihtelee 33–35 prosentin välillä. (Honka 2020). Ilmankosteuden pysyessä tällä välillä, rakennukseen ei ala muodostua terveyttä heikentäviä tekijöitä, kuten hometta. Yksiaineisena seinärakenteena hirsirakennuksen seinissä ei ole rakenteellisia kerroksia, joihin kosteusvauriot useimmiten alkavat muodostua. Kun hirrestä tehdyssä rakennuksessa on hetkellisesti iso määrä ihmisiä, huoneilman kosteustaso nousee. Tällöin hirsirakenteet sitovat kosteutta itseensä ja tasapainottavat huoneen ilmaa. Kun ilmankosteus puolestaan laskee, rakenteet luovuttavat kosteutta takaisin sisäilmaan. Tämän hengittävyudeksi kutsutun ominaisuuden vuoksi hirsirakennuksen sisäilma on miellyttävä ympäri vuoden. (Fabloghouse 2018; Honka 2020)

Taulukko 3. Vuonna 2011 toteutettu tutkimus asukkaiden tyytyväisyydestä rakennuksen sisäilmaan eri materiaaleista rakennetuissa taloissa (Anttila et al. 2012)



Hirsirakenteinen talo tarjoaa myös muita aisteja helliviä ominaisuuksia. Hirsirakennuksessa on muun muassa hyvä akustiikka. Massiivipuiset hirsiseinät tasaavat ääniä, kuten kopinaa sekä kaikua luoden tunnelmasta ja äänimaailmasta rauhallisemman. Käyttäjien hyvinvointia lisää myös luonnon läheisyyden tunne, sillä hirsirakennuksessa on puuntuoksuinen ilma. (Honka et al. 2021c, 49) Lämmin ja luonnollinen hirsipinta (kuva 9) tuo kodikkuutta ja tuntuu miellyttävältä ihoa vasten. Puulla kerrotaan olevan ihmisiin myös psykologisia vaikutuksia fyysisten lisäksi. Psykologian tohtori Wallenius (2022) kertoo, että useammassa maassa tehtyjen tutkimusten perusteella puulla on positiivisia vaikutuksia ihmisten tunnetiloihin. Puurakenteiset ympäristöt alentavat pulssia ja verenpainetta sekä rauhoittavat.



Kuva 9. Omakotitalon hirsiseinä, joka on jätetty luonnolliseen väriinsä (Ollikainen)

5.6 Hirsirakentamisen innovaatiot

Hirrestä on viimeisten vuosien aikana kehitetty moduuleita, jotka voidaan kasata suurelementeiksi ja tämä nopeuttaa aikataulua sekä laskee kustannuksia. Esimerkiksi TeijoCon Oy valmistaa pystyhirsimoduuleita (kuva 10), jotka ovat nopeita rakentaa ja kuljettava rakennuspaikalle. Ne ovat myös ekologisia sekä muunneltavia tarpeen vaatiessa. (TeijoCon Oy) Toinen esimerkki hirsirakentamisen uusimmista innovaatioista on painumaton hirsi, joka poistaa perinteisen painuvan hirren haasteet. Painumaton hirsi tukee myös kehityksen tavoitteita, sillä se on tiivis, muovautuva, pitkäaikainen, nopea ja edullinen hirsituote. (Honka *et al.* 2021 s. 91–92) TeijoCon:in kehittämä moduuli sekä painumaton hirsi ovat hyviä esimerkkejä siitä, miten hirren käyttöä pyritään monipuolistamaan ja siten lisäämään rakentamisen vastuullisuutta.

Suomessa tyypillisintä rakennuskantaa ovat lähiökerrostalot ja suurin osa niistä on rakennettu 1960- ja 1970- luvuilla Tämä rakennuskanta alkaa nyt olla korjaustarpeessa. Vuonna 2011 astui voimaan palomääräykset, jotka mahdollistavat lähiötalojen ulkoseinien korjaamisen ja lisäkerrosten tekemisen myös puurakenteisena. (Puuinfo 2020) Myös hirttä voidaan käyttää lisärakentamisessa edistämään jo olemassa olevien talojen ekologisuutta. Esimerkiksi lisärakentaminen betonikerrostaloon voidaan tehdä betonin sijasta esimerkiksi massiivihirrestä, jolloin rakennuksen hiilijalanjälki laskee ja se tukee kestävä kehitystä aikaisempaa enemmän. Massiivipuuta voisi käyttää rakennusmateriaalina muuallakin kuin talojen lisärakentamisessa tai ulkoseinien korjaamisessa. Tällaisia kohteita voisivat olla esimerkiksi puiston penkit, yleiset katokset, kevyen liikenteen sillat, ovet ja meluesteet (Honka *et al.* 2021c, 15)



Kuva 10. TeijoCon Oy:n kehittämä pystyhirsimoduuli)

6. HIRSIRAKENTAMISEN TULEVAISUUS

Hirsirakentaminen on ollut kasvussa viime vuosikymmenen aikana (Hirsiteollisuus 2020). Syitä tähän on monia, mutta varmasti merkittävin on se, että hirsirakentaminen on kehittynyt paljon. Uudenlainen hirsiarkkitehtuuri helpottaa rakentamista kaupunkialueelle ja hirsirakennukset sopivat perinteisiä paremmin kaupunkimaisemaan. Nykyään voi olla jopa vaikeaa erottaa hirrestä rakennettu talo. (Ollikainen) Hirsitalojen valmistajat ovat kehittäneet moderneja ja valmiita hirsitalomallistoja, jotka sopivat monelle käyttäjälle. (Honka) Modernin ulkonäön lisäksi hirsirakenteiden uudet kehitelmät, kuten painumaton hirsi, on tehnyt hirsirakentamisesta aikaisempaa helpompaa. Saarelainen (2020) uskoo myös, että hirren tuotekehitys on vasta alussa, sillä hirsitalojen valmistajat testaavat ja kokeilevat monia uusia asioita (kuva 11). Valmistajat tekevät yhteistyötä muiden tahojen kanssa ja kokeilevat erilaisia hybridirakenteita löytääkseen uusia innovaatioita.



Kuva 11. Honkatalojen rakennuttama moderni hirsirakennus (Honkatalot)

Hirsitalojen suosio on kasvanut viimeiset kymmenen vuotta runsaasti. Nykyään joka neljäs uusi suomalaisomakotitalo on hirsirakenteinen. Teollisen hirren liikevaihto oli 329 miljoonaa euroa vuonna 2021, joka oli noin 30 % kasvu vuoteen 2020 verrattuna. Sama kehityssuunta jatkuu, ja kasvu tulee lisääntymään sekä kotimaassa, että ulkomaanviennissä. Vuoden 2022 alussa teollisten hirsitalovalmistajien tilauskannat ovat

olleet jopa 43 % enemmän verrattuna samaan ajankohtaan viime vuonna. Viime vuonna hirsiomakotitaloja rakennettiin noin 9000 kappaletta. Erityisesti Avaimet käteen-pakettiratkaisut ovat olleet suosiossa ja kyseinen hankintatapa kasvaa entisestään. (TM Rakennusmaailma 2022)

Hirren menestymisen kasvulle on myös muita tekijöitä. Toimitusjohtaja Aarne Jussilan (Hirsiteollisuus 2020) mielestä tärkeinä tekijöinä toimivat hyvä sisäilma sekä luonnonmateriaalien esteettisyys ja ekologisuus. Moderni hirsitalo on energiatehokas ja hirsirakentaminen on aikaisempaa monimuotoisempaa. Teollisen hirren laatu ja kilpailukyky on myös lisännyt kasvua. Hirsiseinä on paksuna rakennusmateriaalina toimivuudeltaan varma. Kilpailukyky ja kestävä kehitys on lisännyt isojen toimijoiden kiinnostusta ympäristöystävällisimpiin vaihtoehtoihin. Tulevaisuudessa nähdään varmasti hirsirakentamista esimerkiksi kerrostaloissa ja julkisissa rakennuksissa. Kouluissa, hoivakodeissa ja päiväkodeissa on jo huomattu hirsirakentamisen hyvät ominaisuudet, sillä sisäilmaongelmat ovat Suomen rakennuksissa yleinen vaiva (Hirsitaloteollisuus).

Hirsirakentamisen tulevaisuus on vaikuttanut ajoittain epävarmalta tiukentuvien energiavaatimusten sekä nollaenergiarakentamisen vaatimusten takia. Hirsirakentamiselle on kuitenkin annettu omia määräyksiä, jotka helpottavat vaatimuksia. Esimerkiksi hirsitalon U-arvo ja E-lukujen vaatimuksessa arvot voivat olla yli sallittujen lukemien. Tämä johtuu siitä, että lukemat voidaan kompensoida yhteenlasketussa lämpöväiyössä. Helpotuksia perustellaan erityisesti sen takia, että puuhun sitoutuneella hiilellä on ilmastomuutosta hillitseviä vaikutuksia. Myös hirsirakentamisen perinteet pelaavat oman osansa vaatimusten helpottamisessa. (Ympäristöministeriö)

7. HIRSIKOHTEET

7.1 Pudasjärven hirsikoulukampus

Maailman suurin hirsivalmistaja Kontio sijaitsee Pudasjärvellä. Vuonna 2009 Pudasjärven kouluissa ja päiväkodeissa oltiin vaikeuksissa tyypillisen sisäilmaongelman kanssa. Hirttä ei ollut ennen tuota käytetty julkisissa rakennuksissa, mutta Pudasjärvellä sitä kehitettiin ensimmäisen kerran. Vuonna 2014 Pudasjärvelle päätettiin rakentaa noin 10 000 neliöinen koulurakennus pääosin hirsirakenteisena. 2016 koulussa aloitti opiskelun 700 oppilasta ja koulu sai tittelikseen ”Maailman suurin hirsikoulukampus” (kuva 12, 13 ja 14) ja sitä se on edelleen. (Huusko 2018; Pudasjärvi)



Kuva 12. Pudasjärven hirsikoulukampus (Pudasjärvi City 2018)

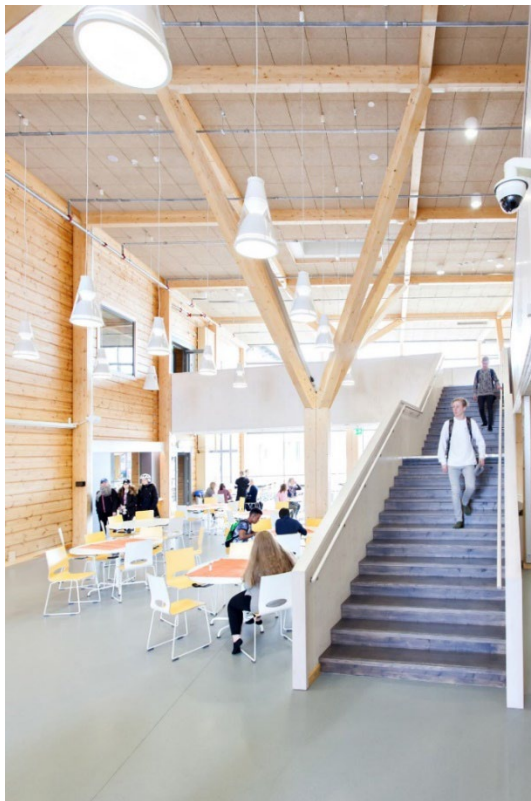
Uudella hirsikoulukampuksella tehtiin oppilaille ja henkilökunnalle sisäilmakysely ja tuloksena oli, että sisäilmaongelmia ei enää ollut ja monen oppilaan oireet, joita oli esiintynyt aikaisemmassa koulussa, olivat vähentyneet tai hävinneet. Hirsikoulukampusta

on kehuttu myös sen yllättävän hyvästä akustiikasta ja luonnonläheisestä tunnelmasta. (Huusko 2018)



Kuva 13. Pudasjärven hirsikampuksen julkisivu (Kinnunen)

Kampus on suunniteltu kestämään ainakin seuraavat 150 vuotta, joten tilat ovat rakennettu muuntojoustaviksi. (Pudasjärvi) Pudasjärven hirsikampus voitti vuoden 2016 Puumalkinnon (Rakennuslehti 2016).



Kuva 14. Pudasjärven hirsikoulukampuksen ruokala (Kinnunen)

7.2 Pilke tiedepäiväkoti Siru

Pilke päiväkodit Oy uudistavat päiväkotirakentamista Suomessa. Tähän mennessä Hoivarakentajat yhteistyössä Honka yrityksen kanssa ovat rakennuttaneet 17 hirsipäiväkotiä. (Pilke) Pilke päiväkodeilla on sopimus Hoivarakentajien kanssa, jonka perusteella hirsipäiväkoteja tullaan toteuttamaan yhteensä 35 kappaletta vuoteen 2024 mennessä (Honka et al. 2021a, 4).

Pilke päiväkotien tavoitteena on luoda lapsille kaikin tavoin hyvä päivä päiväkodissa. Tähän sisältyy hyvä ilman- sekä rakenteiden laatu. Pilke päiväkodit pyrkivät lisäämään rakentamisen vastuullisuutta, jonka takia hirsi on valikoitunut rakennusmateriaaliksi. (Pilke)

Pilke tiedepäiväkoti Siru (kuva 15, 16 ja 17) on Espoon lintuvaarassa sijaitseva Suomen suurin hirsipäiväkoti, joka avautui vuonna 2019. Päiväkoti on ekologisuuden lisäksi raikas sisäilmaltaan ja hyvä akustiikaltaan. Massiivihirsi tuo päiväkotiin tunnelmallisuutta ja rauhallisuutta, jota lapset sekä aikuiset kaipaavat päivän aikana. (Pilke 2019)



Kuva 15. Pilke tiedepäiväkoti Sirun julkisivu (Hoivarakentajat)



Kuva 16. Pilke tiedepäiväkoti Sirun julkisivu (Hoivarakentajat)

Siru hirsipäiväkoti on suunniteltu vastuullisesti, sillä projektissa on huomioitu tulevaisuus käyttötarpeissa sekä materiaaleissa. Tilat ovat suunniteltu muuntojoustaviksi, jotta vain pienellä remontilla rakennus voi toimia toisessa käyttötarkoituksessa myöhemmin. Hirsiseinät kestävät kovankin arjen kulutuksen ja säilyvät siisteinä. Yksiaineisena materiaalina hirsiseinien huoltaminen on edullista ja helppoa verrattuna keinotekoisiiin pintamateriaaleihin. (Honka *et al.* 2021a, 5)



Kuva 17. Pilke tiedepäiväkoti Sirun sisätila (Hoivarakentajat)

7.3 Koneunion Oy liiketila

Kolmas esimerkkikohde on Koneunion Oy:n uusi liiketila (kuva 18 ja 19), jonka yhtiö rakennuttaa Kempeleeseen. Projektin lähtökohtana oli toteuttaa mahdollisimman kestävä sekä ympäristöystävälliset tilat, jotka tukevat yrityksen imagoa. Yritys on alansa edelläkävijä ja halusi toteuttaa tulevan päätoimipaikkansa myös tulevaisuutta ajatellen. (Kaski 2021) Kempeleen kunnan elinkeinojohtaja Marjanen (2021) kertoo, että uuden liiketilan sijainti vilkkaan moottoritien varteen on erityisen hyvä, sillä se saattaa lisätä puunkäyttöä rakentamisessa muuallakin. Liiketilan rakentaminen hirrestä lisää kunnan tavoitteita kestävä kehityksen mukaisista ja ekologisista ratkaisuksista (Marjanen 2021). Myös Koneunionin toimitusjohtaja Timlin (2021) toteaa, että hanke näyttää suuntaa tulevaan ja inspiroi muitakin käyttämään puuta rakentamisessa.



Kuva 18. Havainnekuva Koneunion Oy:n hirsisen liiketilan julkisivusta (Koneunion 2021)

Rakennus tulee olemaan noin 1000 neliön kokoinen ja hirsiseinät nousevat 12 metrin korkeuteen (Anttila 2021). Tällainen määrä hirttä CENTRIA TKI:n laskentojen mukaan sitoo hiiltä itseensä 132,5 tonnia. Päästökertoimet huomioiden tämä tarkoittaa konkreettisesti 56 700 diesel-polttoainelitra tuottamaa hiilidioksidimäärää. (Koneunion)



Kuva 19. Havainnekuva Koneunion Oy:n hirsisen liiketilan sisätiloista (Koneunion 2021)

8. YHTEENVETO

Tässä kandidaatintyössä aiheena oli tutkia hirsirakentamista ja sitä, millainen rooli sillä on kestävässä kehityksessä. Tarkoitukseni oli selvittää, kannattaako hirsi valita muiden rakennusmateriaalien sijasta ja voiko hirsirakentamisella saada aikaan positiivisia vaikutuksia sekä ympäristölle, että sen käyttäjille.

Ilmaston lämpeneminen ja luonnon ylikuormittuminen ovat suuri ongelma jo nyt, mutta erityisesti tuleville sukupolville. Askeleita parempaan on jo otettu, mutta muutosta täytyy tapahtua vielä paljon, ennen kuin voidaan sanoa tilanteen olevan hallinnassa. Negatiivisia ja positiivisia vaikuttajia tilanteeseen löytyy useita, mutta työn perusteella voidaan todeta, että hirsirakentaminen on osa positiivista. Ihminen oleskelee 90 % ajastaan sisätiloissa, joten rakentaminen on pakollista. Rakentamista voidaan kuitenkin ohjata suuntaan, joka on ekologista ja vastuullista.

Hirsirakentamisella on Suomessa pitkä historia ja mistään muusta rakennusmateriaalista ei ole yhtä paljon tietoa tai taitoa. Hirsirakentamisen suosio on ollut kasvussa viimeisen vuosikymmenen aikana ja nykyään joka neljäs rakennettava talo on hirsirakenteinen. Myös Suomen puuston määrä on kasvussa ja hakkuita voitaisiin toteuttaa nykyistä enemmän ilman, että metsät vähentyisivät. Materiaalina hirsi on uusiutuva ja kotimainen luonnonvara, joten lähtökohdat hirsirakentamiselle ovat suotuisat.

Erityisen tärkeää hirsirakentamisessa on hyvä suunnittelu ja se pitää ohjata kohti tulevaisuuden tarpeita nykyhetken sijasta. Hirsirakennus on kestävä ja pitkäaikainen materiaali, sekä muuntojoustava tarpeen tullessa. Haasteita kuitenkin löytyy, kuten tarpeeksi tiiviin ja energiatehokkaan ratkaisun löytäminen. Jotta saavutettaisiin mahdollisimman kestävä ja ekologinen lopputulos, tulee hirsirakentamisessa huomioida materiaalille ominaiset käyttäytymiset, kuten kosteuden kanssa reagointi, halkeilu sekä painuminen. Yhtä tärkeää on myös materiaalin ammattimainen työstö. Oikeanlainen valmistus ja työstö varmistavat, että hirsi saavuttaa täyden potentiaalinsa ja vastuullisuus säilyy. Puulla materiaalina on muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna pieni hiilijalanjälki, mutta hyvällä suunnittelulla pystytään minimoimaan nekin päästöt ja huomioimaan rakennuksen koko elinkaari.

Suurin uhka ilmastonmuutokselle on hiilidioksidi, jota vapautuu ilmakehään. Puut toimivat hiilinieluinä ja sitovat hiiltä itseensä. Rakentamalla hirrestä, saadaan hiilidioksidi pidettyä pois ilmakehästä jopa vuosisatojen ajan, kunhan sitä huolletaan oikein. Rakenn-

taminen on puiden ympäristöystävällisintä käyttöä, koska millään muulla keinolla hiilidioksidia ei saada varastoitua pois lahoavista metsistä. Hirsirakennuksen hiilikädenjälki kasvaa, mitä pidemmällä aikavälillä sitä tarkastellaan, sillä varastoidulla hiilidioksidilla saadaan kompensoitua muualta syntyviä päästöjä.

Ympäristön lisäksi hirsirakentamisella on todetusti positiivisia vaikutuksia käyttäjille. Hengittävä hirsirakennus luo raikkaan ja terveellisen sisäilman, joka tasaa luonnollisesti kosteudenvaihteluita. Hirsirakennuksessa on hyvä akustiikka ja stressiä pienentäviä ominaisuuksia, jonka takia hirsi sopii hyvin myös julkiseen rakentamiseen. Hirsi on saanut jalansijaa jo esimerkiksi koulu- ja päiväkotirakentamisessa, mutta materiaalin käyttöä tulisi lisätä kaikkeen rakentamiseen. Materiaali ei kuitenkaan ole yhtä joustava ja monikäyttöinen kuin esimerkiksi betoni, joten kehitystä täytyy vielä tapahtua.

Uudet hirsirakentamisen innovaatiot tulevat parantamaan hirren suosiota tulevaisuudessa. Moderni hirsiarkkitehtuuri sopii kaupungistuvaan maisemaan ja painumaton hirsi monipuolistaa materiaalin asettamia rajoja. Talojen rakentamisella on iso merkitys kestävään kehitykseen ja hirsirakentaminen ei yksinään vastaa tulevaisuuden tavoitteisiin. Selvää kuitenkin on, että hirsirakentamisella on suuri vaikutus tiellä kohti hiilineutraalia Suomea.

LÄHTEET

- Ainoakoti. Miksi hirsitalo on paras valinta kodiksi. Saatavissa: <https://ainoakoti.fi/miksi-hirsitalo/> [noudettu 11.4.2022]
- Anttila K., 2021. Timber-hirsi tekee hirsirakenteet kempeläläiseen liiketaloon – Toimitusjohtaja Onni Timlin pitää kohdetta merkittävänä avauksena uudenlaisessa puurakentamisessa. Saatavissa: <https://www.haapavesi-lehti.fi/uutinen/611103?brand=KP24.Settings.Brands&title=Timber-hirsi%20tekee%20hirsirakenteet%20kempel%C3%A4iseen%20liiketaloon%20%E2%80%93%20Toimitusjohtaja%20Onni%20Timlin%20pit%C3%A4%C3%A4%20kohdetta%20merkitt%C3%A4v%C3%A4n%C3%A4%20avauksena%20uudenlaisessa%20puurakentamisessa> [noudettu 14.4.2022]
- Anttila M., Pekkonen, M. ja Haverinen-Shaughnessy U., 2012. Asumisterveys ja -tyytyväisyys hirsitalossa. Saatavissa: https://kontio.studio.crasman.fi/pub/Pdf/asumisterveys_ja_tyytyvaisuus_hirsitalossaRaportti_thl.pdf [noudettu 13.4.2022]
- Haapaluoma-Höglund J., 2019. Hirsitalo on valinta paremman ilmaston hyväksi. Kontio. Saatavissa: <https://www.kontio.com/fi-FI/koe-kontio/stories/hirsitalo-on-valinta-pareman-ilmaston-hyvaksi/> [noudettu 12.4.2022]
- Hannu, 2018. Hirsirungon historia. Perinnemestari. Saatavissa: <https://perinnemestari.fi/kunnostaminen/historia-tyyli/hirsirungon-historia> [noudettu 21.1.2022].
- Hirsikoti, 2014. Hirsirakentamisen perusteet. Saatavissa: https://www.hirsikoti.fi/assets/images/Koulutusmateriaali/Hirsirakentamisen_perusteet.pdf [noudettu 23.3.2022].
- Hirsikoti. Hirsitalon ominaisuudet. Saatavissa: <https://vieskakoti.fi/hirsitalon-ominaisuudet/> [noudettu 24.2.2022].
- Hirsitaloteollisuus, 2009. Tuore tutkimus kertoo: Hirsitalon ympäristövaikutukset suotuisia. Saatavissa: <https://www.hirsikoti.fi/fi/media/tuore-tutkimus-hirsiseinan-elinkaaresta-kertoo-hirsitalon-ymparistovaikutukset-suotuisia> [noudettu 10.4.2022]
- Hirsitaloteollisuus. Suunnittelusta se lähtee. Saatavissa: <https://www.hirsikoti.fi/fi/suunnittelijalle> [noudettu 18.4.2022]
- Hoivarakentajat 2021. Rakentaminen on puun ympäristöystävällisintä käyttöä. Saatavissa: <https://hoivarakentajat.fi/rakentaminen-on-puun-ilmastoystavallisinta-kayttoa/> [noudettu 18.4.2022]
- Honka, 2020. Hirsirakennuksen sisäilma tukee työhyvinvointia. B2B-blogikirjoitus. Saatavissa: <https://www.honka.fi/fi/blog/2020/11/25/hirsirakennuksen-sisailma-tukee-tyohyvinvointia/> [noudettu 13.4.2022]
- Honka, 2021b. Hiiltä sitova hirsimarket kompensoi kauppamatkojen päästöjä. Saatavissa: <https://www.honka.fi/fi/blog/2021/04/09/hiilta-sitova-hirsimarket-kompensoi-kauppamatkojen-paastoja-2/> [noudettu 12.4.2022]

- Honka, Hoivarakentajat, Suomalaisen Työn Liitto, 2021c. Vastuullisesti kotimaisesta hirrestä. Saatavissa: https://hub.honka.fi/hubfs/Rakenna_vastuullisesti_kotimaisesta_hirresta_opas_DIGI_small.pdf?hsLang=fi-fi [noudettu 5.4.2022]
- Honka, Mediset Hoivarakentajat, Pilke, 2021a. Vastuullisen päiväkotirakentamisen opas. Pilke. Saatavissa: https://www.pilkepaivakodit.fi/wp-content/uploads/2021/02/Vastuullisen_paivakotirakentamisen_opas_DIGI-1.pdf [noudettu 14.4.2022]
- Honka. Hongan vastuullisuusohjelma: Rakennamme tulevaisuutta. Saatavissa: <https://www.honka.fi/fi/vastuullisuus/> [noudettu 18.4.2022]
- Honka. Ideamallisto: Modernit puutalot. Saatavissa: <https://www.honka.fi/fi/honka-frame-puutalot/ideamallisto-modernit-puutalot/> [noudettu 12.4.2022]
- Honka. Kestäviä taloja kestäväällä tavalla. Saatavissa: <https://www.honka.fi/fi/honkarakenne/parempaa-asumista/ekologisesti-kestava-valinta/> [noudettu 11.4.2022]
- Honka. Tervetuloa energiatehokkaaseen kotiin. Saatavissa: <https://www.honka.fi/fi/honkarakenne/parempaa-asumista/hirsitalon-energiatehokkuus/> [noudettu 18.4.2022]
- Huusko A., 2018. Pudasjärvi rakentaa hirrestä. Kontio. Saatavissa: <https://www.kontio.com/fi-FI/koe-kontio/stories/Pudasjarvi/> [noudettu 13.4.2022]
- Häkkinen T., Ruuska A., 2013. Hirsitalon ympäristövaikutusten elinkaarilaskenta. Hirsikoti. Saatavissa: https://www.hirsikoti.fi/assets/images/Tutkimukset/VTT/VTT_julkaisu_2013.pdf [noudettu 11.4.2022]
- Jussila, A., Pikkujämsä, P., Päätaalo H., 2001. Hirsitalon suunnittelu. Talonrakentajan käsikirja 6. Rakentajan tietokirjat.
- Kallio, H., 2018. Suomi on Euroopan metsäisin maa. Yle artikkeli. Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2018/11/19/suomi-on-euroopan-metsaisin-maa-tutki-milta-hii-linielumme-nayttaa-numeroina> [noudettu 24.1.2022].
- Karjalainen M., 2019. Rakentaminen on puun ympäristöystävällisintä käyttöä. Hoivarakentajat. Saatavissa: <https://hoivarakentajat.fi/rakentaminen-on-puun-ilmastoystavallisinta-kayttoa/> [noudettu 11.4.2022]
- Keppo, J., 2006. Hirsitalon rakentaminen. Talonrakentajan käsikirja 3. Rakentajan tietokirjat.
- Koneunion, 2021. Uusi hirsinen liiketila suuntaa puunkäytön lisäämiseen. Saatavissa: <https://www.koneunion.fi/uusi-hirsinen-liiketila-suuntaa-puun-kayton-lisaamiseen/> [noudettu 14.4.2022]
- Kontio. Usein kysytyt kysymykset - paloturvallisuus. Saatavissa: <https://www.kontio.com/fi-FI/ukk/miten-hirsi-ja-paloturvallisuus/> [noudettu 18.4.2022]
- Luonnonvarakeskus (Luke), (2015). Luotettavia metsävaratietoja 1920-luvulta lähtien. Saatavissa: <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info.htm> [noudettu 21.1.2022].

Luukkonen, J., 2017. TEOLLISEN PUURAKENTAMISEN EDISTÄMINEN SUOMESSA. Karelia ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/121996/Luukkonen_Jesse_2017_02_01.pdf?sequence=1&isAllowed=y [noudettu 21.1.2022].

Maa- ja metsätalousministeriö. Metsätalouden kestävyys. Saatavissa: <https://mmm.fi/metsat/metsatalous/metsatalouden-kestavyys> [noudettu 5.4.2022]

Maa- ja metsätalousministeriö. Suomen metsien kasvua ja kestävyyttä koskevat laskelmat. Saatavissa: <https://mmm.fi/metsat/metsatalous/metsatalouden-kestavyys/kestavyutta-koskevat-laskelmat> [noudettu 18.4.2022]

Maa- ja metsätalousministeriö. Suomen metsävarat. Saatavissa: <https://mmm.fi/metsat/suomen-metsavarat> [noudettu 24.1.2022].

Motiva, 2020. Rakentaminen ja rakennukset. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/julkinen-sektori/kestavat-julkiset-hankinnat/tietopankki/rakentaminen-ja-rakennukset> [noudettu 14.4.2022]

Ollikainen. Painumaton hirsi tuo hirsitalot kaupunkimaisemaan. Saatavissa: <https://ohr.fi/rakentajille/painumaton-lamellihirsi/> [noudettu 12.4.2022]

OptiWatti, 2019. Hiilijalanjälki – mitä siitä pitää tietää. Saatavissa: <https://www.optiwatti.fi/hiilijalanjalki-mita-siita-pitaisi-tietaa/> [noudettu 11.4.2022]

Pajakkala, P., (2020). Rakentamisen näkymät, puurakentamisen näkökulma. Puupäivä-webinaari. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/11/Rakentamisen-ja-puurakentamisen-nakymat-Pekka-Pajakkala-5.11.2020-Puupaiva-webinaari.pdf> [noudettu 18.1.2020].

Perustava. Hirsitalon rakentaminen ja hirsitalon perustukset. Saatavissa: <https://www.perustava.fi/blogi/rakentajan-vinkit/hirsitalon-rakentaminen-ja-hirsitalon-perustukset> [noudettu 23.3.2022].

Pientaloteollisuus, 2018. Omakotitalon rakentamiskustannukset 2019. Saatavissa: <https://www.pientaloteollisuus.fi/fin/rakentajalle/keskimaarainen-omakotitalo/kustannukset/> [noudettu 18.4.2022]

Pilke, 2019. Pilke tiedepäiväkoti Siru. Saatavissa: <https://www.pilkepaivakodit.fi/paivakodit/espoo/lintuvaara/pilke-tiedepaivakoti-siru/> [noudettu 14.4.2022]

Pilke. Hirsipäiväkoti- aistiystävällistä päiväkotirakentamista. Saatavissa: <https://www.pilkepaivakodit.fi/hirsipaivakodit/> [noudettu 14.4.2022]

Pudasjärvi. Koulun esittely. Saatavissa: <https://www.pudasjarvi.fi/perusopetus/peruskoulut-ja-alueet/hirsikampus/koulun-esittely/> [noudettu 13.4.2022]

Purdy, S., 2010. Suomalainen moderni puuasuntorakentaminen 1990- ja 2000-lukujen vaihteessa. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/25316/URN:NBN:fi:juu-201010012828.pdf?sequence=1%27> [noudettu 21.1.2022].

Puuinfo 2020. Puurakentaminen ja kestävä kehitys. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/2020/06/18/puurakentaminen-ja-kestava-kehitys/> [noudettu 18.4.2022]

- Puuinfo, 2020. Lähiötalonkorjaus ja lisärakentaminen. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/lahiotalon-korjaus-ja-taydennysrakentaminen/> [noudettu 14.4.2022]
- Puuinfo. Hirsirakenteet, ominaispiirteitä. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/> [noudettu 24.1.2022].
- Puuproffa. Hirsityypit. Saatavissa: <https://puuproffa.fi/liitosten-arkki/hirsiliitokset/hirsityypit/> [noudettu 23.3.2022].
- Puuston kasvu ja käyttö, 2020. Puuinfo. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/suomen-metsat-2/puuston-kasvu-ja-kaytto/> [noudettu 17.1.2022].
- Rakennuslehti, 2016. Pudasjärven hirsikoulukampus sai vuoden 2016 puupalkinnon. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2016/11/pudasjarven-hirsikoulukampus-sai-vuoden-2016-puupalkinnon/> [noudettu 13.4.2022]
- Rakennusteollisuus. Kestävä rakentaminen on vastuullista rakentamista. Saatavissa: <https://www.ykliitto.fi/yk-teemat/kestava-kehitys> [noudettu 4.4.2022].
- Saarelainen M., 2020. Hirsirakentamisen historia ja tulevaisuus. Hirsipodi. Honka. Saatavissa: <https://www.honka.fi/fi/blog/2020/09/09/hirsipodi-historiallinen-hirsi-jakso-4/> [noudettu 12.4.2022]
- Satu, 2018. 5 syytä valita hirsitalo. Fabloghouse. Saatavissa: <https://fabloghouse.com/2018/12/25/5-syyta-valita-hirsitalo/>
- Sisäilmayhdistys, 2008. Sisäilmaoireet. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Sisailmaoireet> [noudettu 13.4.2022]
- Suomen YK-liitto. Kestävä kehitys. Saatavissa: <https://www.ykliitto.fi/yk-teemat/kestava-kehitys> [noudettu 4.4.2022].
- Taitoa tuhannen vuoden takaa. Hirsitaloteollisuus. Saatavissa: <https://www.hirsikoti.fi/fi/hirsirakentaminen> [noudettu 21.1.2022].
- TeijoCon Oy. TeijoTube. Saatavissa: <http://www.teijocon.com/teijotube/> [noudettu 5.4.2022]
- Vaaran Aihkitalot. Hirsitalot ennen ja nyt. Saatavissa: <https://www.aihkitalot.fi/yritys/historia/> [noudettu 21.1.2022]
- Virkkunen, A., 2020. Antti Virkkusen 15-minuutin tietoisuus. Vimeo-video. Julkaistu 9.6.2020. Saatavissa: <https://www.honka.fi/fi/blog/2020/10/23/talon-paastojen-laskentamita-hiilijalanjalki-ja-hiilikadenjalki-tarkoittavat-talon-rakennusprojektissa/> [noudettu 11.4.2022]
- Wallenius M. Wood construction reduces stress and offers a healthy living environment. Wood for Good. Saatavissa: <https://woodforgood.com/news-and-views/2014/05/15/wood-construction-reduces-stress-and-offers-a-healthy-living-environment/> [noudettu 13.4.2022]
- YIT. Asumisen hiilijalanjalki. Saatavissa: <https://www.yit.fi/asunnot/kestava-asuminen/asumisen-hiilijalanjalki> [noudettu 12.4.2022]

Ympäristöministeriö. Mitä on kestävä kehitys? Saatavissa: <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys> [noudettu 4.4.2022].

Ympäristöministeriö. Suomen rakennusmääräyskokoelma. Saatavissa: <https://ym.fi/rakentamismaaraykset> [noudettu 12.4.2022]

Ympäristöneuvosto. 2022. Hallitus linjasi kantansa rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistamiseen. Valtioneuvosto. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/hallitus-linjasi-kantansa-rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-uudistamiseen> [noudettu 10.4.2022]

KUVALÄHTEET

Kuva 1. Aaltonen, E. Pyhän Henrikin Saarnahuone. Forssan museo (Valokuva) Saatavissa: <https://finna.fi/Record/museovirasto.653DC131371207CC310A7FC2B9C4F747> [noudettu 20.1.2022]

Kuva 2. Sjöström J. Savupirtti. Museovirasto, kansatieteen kuvakokoelma. Saatavissa: <https://finna.fi/Record/museovirasto.653DC131371207CC310A7FC2B9C4F747> [noudettu 20.1.2022]

Kuva 3. Kontio. Kontio - Johtava hirsitalovalmistaja. Saatavissa: <https://www.honkatalot.fi/tuotevalikoima/hirsitalot/> [noudettu 14.4.2022]

Kuva 4. Puuinfo. Hirsityypit ja perusprofiilit. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/materiaalivaihtoehdot/> [noudettu 23.3.2022]

Kuva 5. Hirsikoti, 2014. Hirsirakentamisen perusteet. Saatavissa: https://www.hirsikoti.fi/assets/images/Koulutusmateriaali/Hirsirakentamisen_perusteet.pdf [noudettu 14.4.2022]

Kuva 6. Hirsikoti, 2014. Hirsirakentamisen perusteet. Saatavissa: https://www.hirsikoti.fi/assets/images/Koulutusmateriaali/Hirsirakentamisen_perusteet.pdf [noudettu 14.4.2022]

Kuva 7. Haapaluoma-Höglund J., 2019. Hirsitalo on valinta paremman ilmaston hyväksi. Kontio. Saatavissa: <https://www.kontio.com/fi-FI/koe-kontio/stories/hirsitalo-on-valinta-paremman-ilmaston-hyvaksi/> [noudettu 13.4.2022]

Taulukko 1. Puuinfo. Puurakenteissa hiili säilyy pitkään. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/puurakenteissa-hiili-sailyy-pitkaan/> [noudettu 5.4.2022]

Kuva 8. YIT. Vaikuta asumisen hiilijalanjälkeesi. Saatavissa: <https://www.yit.fi/asunnot/kestava-asuminen/asumisen-hiilijalanjalki> [noudettu 13.4.2022]

Taulukko 2. Honka. Talon päästöjen laskenta – mitä hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki tarkoittavat talon rakennusprojektissa? Saatavissa: <https://www.honka.fi/fi/blog/2020/10/23/talon-paastojen-laskenta-mita-hiilijalanjalki-ja-hiilikadenjalki-tarkoittavat-talon-rakennusprojektissa/> [noudettu 14.4.2022]

Taulukko 3. Anttila M. et al., 2012. Asumisterveys ja -tyytyväisyys hirsitalossa. Saatavissa: https://kontio.studio.crasman.fi/pub/Pdf/asumisterveys_ja_tyytyvaisyys_hirsitalossa_raportti_thl.pdf [noudettu 13.4.2022]

Kuva 9. Ollikainen. Yksilölliset hirret yli 45 vuoden kokemuksella. Saatavissa: <https://ohr.fi/> [noudettu 14.4.2022]

Kuva 10. TeijoCon Oy. TeijoTube. Saatavissa: <http://www.teijicon.com/teijotube/> [noudettu 13.4.2022]

Kuva 11. Honkatalot. Hirsitalot. Saatavissa: <https://www.honkatalot.fi/tuotevalikoima/hirsitalot/> [noudettu 14.4.2022]

Kuva 12. Kontio. Pudasjärvi rakentaa hirrestä. Saatavissa: <https://www.kontio.com/fi-FI/koe-kontio/stories/Pudasjarvi/> [noudettu 13.4.2022]

Kuva 13. Kinnunen J. Pudasjärven hirsikampus. Juha M. Kinnunen. Saatavissa: <https://juhamkinnunen.com/pudasjarven-hirsikampus> [noudettu 13.4.2022]

Kuva 14. Kinnunen J. Pudasjärven hirsikampus. Juha M. Kinnunen. Saatavissa: <https://juhamkinnunen.com/pudasjarven-hirsikampus> [noudettu 13.4.2022]

Kuva 15. Hoivarakentajat. Tiedepäiväkoti Siru. Saatavissa: <https://hoivarakentajat.fi/project/tiedepaivakoti-siru/> [noudettu 14.4.2022]

Kuva 16. Hoivarakentajat. Tiedepäiväkoti Siru. Saatavissa: <https://hoivarakentajat.fi/project/tiedepaivakoti-siru/> [noudettu 14.4.2022]

Kuva 17. Hoivarakentajat. Tiedepäiväkoti Siru. Saatavissa: <https://hoivarakentajat.fi/project/tiedepaivakoti-siru/> [noudettu 14.4.2022]

Kuva 18. Koneunion. Uusi hirsinen liiketila suuntaa puunkäytön lisäämiseen. Saatavissa: <https://www.koneunion.fi/uusi-hirsinen-liiketila-suuntaa-puun-kayton-lisaamiseen/> [noudettu 14.4.2022]

Kuva 19. Koneunion. Uusi hirsinen liiketila suuntaa puunkäytön lisäämiseen. Saatavissa: <https://www.koneunion.fi/uusi-hirsinen-liiketila-suuntaa-puun-kayton-lisaamiseen/> [noudettu 14.4.2022]