

1990-luvun hirsitalon energiatehokkuuden parantaminen



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeen Ammattikorkeakoulu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK

Syksy, 2018

Jenna Väänänen

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK
Visamäki

Tekijä	Jenna Väänänen	Vuosi 2018
Työn nimi	1990- luvun hirsitalon energiatehokkuuden parantaminen	
Työn ohjaaja /t	Ville Pulkkinen	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia 1990-luvulla valmistuneen hirsirakennuksen energiatehokkuutta ja sen parantamista rakenneratkaisuja muuttamatta. Energiatehokkuusvaatimukset kiristyvät jatkuvasti kohti nollaenergiataloa, joka tuottaa yhtä paljon energiaa kuin kuluttaa. Vanhojen rakennusten energiankulutus on huomattavasti suurempi kuin nykypäivänä valmistuvien pientalojen, mikä lisää painetta energiatehokkuuden parantamiselle.

Opinnäytetyössä pyrittiin tutkimaan hirrelle ominaisia piirteitä ja miten hirsirakentamiseen vaikutetaan määräysten tasolla. Myös korjausrakentamista koskevat määräykset käsiteltiin opinnäytetyössä. Energiatehokkuuden ja lämpöhäviöiden laskentaan perehdyttiin Ympäristöministeriön asetusten mukaisesti.

Opinnäytetyöstä luotiin asukkaille tietopaketti, josta löytyy mahdollisuudet energiatehokkuuden parantamiselle sekä mitä toimenpiteitä suositellaan tehtäväksi asukkaiden antamien toiveiden mukaisesti.

Avainsanat hirsirakentaminen, energiatehokkuus, korjausrakentaminen

Sivut 38 sivua, joista liitteitä 3 sivua

Degree Programme in Construction Engineering
Visamäki

Author	Jenna Väänänen	Year 2018
Subject	Improving energy efficiency of a log house built in 1990s	
Supervisors	Ville Pulkkinen	

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to research energy efficiency of a log house that was built in the 1990s and how to improve it without changing the structure of the house. Energy efficiency requirements are increasingly stricter towards to zero-energy building which produces as much energy as it uses. Our housing stock has a high energy consumption compared to the houses built nowadays which increases the pressure to improve energy efficiency in the stock.

This thesis studies typical features of a log house and how it is regulated in the National Building Code of Finland. In addition, regulations of improving the energy performance of buildings were considered. Calculations of energy efficiency and heat loss are based on Ministry of the Environment regulations.

As a result of the thesis an information tool for the users was produced. It contains possibilities to improve energy efficiency and which actions are recommend performing.

Keywords log house, energy efficiency, renovation

Pages 38 pages including appendices 3 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	HIRSIRAKENTAMINEN SUOMESSA	2
2.1	Hirsirakentamisen historiaa	2
2.2	Hirsirakentaminen nykypäivänä.....	2
3	HIRSI RAKENNUSMATERIAALINA	3
3.1	Hirren ominaisuudet	4
3.1.1	Hirsiseinän kosteuskäyttäytyminen.....	4
3.1.2	Painumat	5
3.1.3	Hirsirakenteen ilmanpitävyys	6
3.1.4	Ääneneristys.....	6
3.1.5	Paloluokitus	7
3.1.6	Rakenteellinen suojaus.....	7
3.2	Hirsityypit.....	8
4	HIRSITALON ENERGIATEHOKKUUS.....	12
4.1	E-luku	12
4.2	Rakennuksen lämpöhäviö	15
4.2.1	Vaipan lämpöhäviö.....	16
4.2.2	Vuotoilman lämpöhäviö	19
5	KOHDEHIRSITALO	20
5.1	Yleistiedot	20
5.2	Rakenteet.....	23
5.3	Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä	23
5.4	Energiatehokkuus	23
6	ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN	25
6.1	Korjausrakentamishankkeen hyödyt.....	25
6.2	Määräykset	26
6.3	Rakenteet.....	28
6.3.1	Ulkoseinä	28
6.3.2	Ikkunat ja ovet.....	29
6.3.3	Ylä- ja alapohja	30
6.4	Ilmanvaihto	32
6.5	Lämmitysjärjestelmä.....	32
7	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET	35

Liitteet

Liite 1	Lämpöhäviö lattia
Liite 2	Lämpöhäviö katto
Liite 3	Lämpöhäviö seinä

1 JOHDANTO

Hirsirakentaminen kuuluu suomalaiseen rakennusperinteeseen oleellisena osana. Suomen kuuluessa pohjoiseen havupuuvyöhykkeeseen, on hirsirakentamiselle ollut luontaiset edellytykset. Hirsirakennuksia löytyy rakennuskannastamme niin loma-asuntoina, kuin nykyään määräänsä nostattavina pientaloina. Hirrestä on alettu myös rakentaa jopa päiväkoteja ja kouluja.

1990-luvun laman aikana voimakas rakentamisen trendi pysähtyi, mikä johti rakentamiseen käytettävien kustannusten pienenemiseen ja rakentamisen kiireellisyyteen. Käytettävät materiaalit eivät olleet laadukkaimpia lämpöhäviöiden ja energiatehokkuuden kannalta. Työmaa-aikaisiin suojauksiin ei kiinnitetty huomioita, jolloin rakennuksen altistuivat suurille kosteusvaurioille.

Vuoden 2018 alussa astui voimaan uudet rakentamismääräykset, jotka koskevat koko rakentamista. Rakentamisessa pyritään jatkuvasti siirtymään Euroopan unionin ilmastopolitiikan mukaisesti kohti nollaenergiataloa, joka tuottaa energiaa yhtä paljon kuin kuluttaa. Tämä luo haasteen Suomen rakentamiskannalle sääolosuhteiden vaihteluiden vuoksi sekä erityisesti hirsiseinälle, jonka lämmönjohtavuus on suuri verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. Korjausrakentamiselle on annettu raja-arvoja, joiden mukaan rakennuksen energiatehokkuutta on parannettava ja jotka ovat verrannollisia uusien rakentamismääräysten asetusten raja-arvoihin.

Työn tavoitteena on tutkia, miten 1990-luvulla rakennetun hirsirakentamisen energiatehokkuutta voitaisiin parantaa rakenneratkaisuja muuttamatta. Työssä perehdytään hirsirakentamiseen Suomessa, niin historiassa kuin nykypäivänäkin sekä hirteen rakennusmateriaalina. Hirsitalon energiatehokkuutta ja sen parantamista pohdittiin Suomen rakentamismääräyskokoelman ja rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa -oppaan avulla.

2 HIRSIRAKENTAMINEN SUOMESSA

2.1 Hirsirakentamisen historiaa

Hirsi on toiminut rakennusmateriaalina jo kivikaudesta lähtien. Alkujaan hirrestä valmistettiin kivikirveellä salvottuja muutaman kerroksen hirsikerroksia, jonka päällä oli turpeella peitetty kotamainen kattorakenne. Vanhin Suomesta löydetty hirsikehikko, joka sijaitsee Laatokan lähellä, on noin 1200 vuotta vanha. Hirsitalot ja -työkalut kehittyivät rautakaudella. Pääasialliseksi rakennusmateriaaliksi hirsi tuli noin vuoden 600 paikkeilla (Vuolle-Apiala 2012, 8).

Hirsi toimi tärkeimpänä rakennusmateriaalina 1950-luvulle asti, sillä sitä oli helposti saatavilla. Uudelleenrakentamisen aikana, sotavuosien jälkeen, hirren käyttö väheni, sillä tarvittiin nopeampia menetelmiä talojen tuottamiseen ja rakentamiseen. (Hirsitaloteollisuus ry n.d.)

Nykyaikaisen teollisen hirren valmistus alkoi 1950-luvulla, suurimmaksi osin vapaa-ajan asuntojen tuotantona. Hirsitalo kehittyi voimakkaasti 1970- ja 1980-luvuilla uusilla tiiveys-, lämmöneristys- ja rakenteiden painumiserätyksillä.

2.2 Hirsirakentaminen nykypäivänä

Liimaamalla valmistetut mittatarkat hirret mahdollistavat suurten, myös teollisten, rakennusten valmistamisen. Tietokoneohjattu teollinen esivalmistus antaa myös mahdollisuuden mittatarkalle tekemiselle ja hirren tuotannon tehostamiselle, ja siten hirsirungon nopean pystyttämisen.

Hirren käyttö julkisissa rakennuksissa ja kerrostaloissa on lisääntymässä. Nykypäivänä hirsitalojen osuus kaikista valmisosataloista on noin 20 %.

OMAKOTIRAKENTAMISEN KEHITYS JA ERI TYYPPISTEN TALOPAKETTIIEN OSUUSKEHITYS SUOMESSA							
Vuosi	Omakoti-aloitukset 1000 kpl	Eri tyyppisten valmisosatalojen osuus					
		Valmisosataloja 1000 kpl		Teollinen hirsi	Puulementti, precut ym.	Betoni/ Tiili/harkko	
		%	kpl				
2011	11,2	71	8,0	%	12	77	12
2012	9,3	75	7,0	%	13	75	12
2013	8,0	75	6,0	%	14	74	12
2014	6,8	72	4,8	%	17	71	12
2015	6,5	72	4,5	%	18	70	12
2016	6,9	71	4,9	%	19	69	11
A2017	7,3	72	5,3	%	20	70	10

Taulukko 1. Valmisosatalojen kehitys Suomessa (Rakennustutkimus RTS Oy 2017.)

Suomalaiset hirsitalot herättävät mielenkiintoa myös ulkomailla ja vuonna 2009 hirsitaloja vietiin yli 60 maahan. Suomi on hirren valmistuksen johtava valmistajamaa.

3 HIRSI RAKENNUSMATERIAALINA

Hirsirakentaminen kiehtoo ihmisiä sen ekologisuuden ja terveellisen sisäilman vuoksi. Hirrestä rakennettaessa valmista seinäpintaa ulko- ja sisäpuolella syntyy tehokkaasti ja lisäeristetyllä hirsiseinällä pystytään rakentamaan matalankin energialuokan talo.

Hirsi on rakennusmateriaalina ekologinen. Hirren valmistus kuluttaa fossiilista polttoainetta huomattavasti vähemmän, kuin muut rakennusmateriaalit ja elinkaartensa loppupäässä, hirsiseinät voidaan myös kierrättää.

Puusta valmistetut rakennusmateriaalit ovat hygroskooppisia aineita, jotka sitovat itseensä ympäröivän ilman vesihöyryä tai luovuttavat sitä takaisin, kun ympäröivän ilman suhteellinen kosteus vaihtelee. Jokaista lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta (RH) vastaa puuaineen tasapainokosteus, mikä tarkoittaa, että siihen tulevan ja siitä poistuvan vesihöyryn määrä on yhtä suuri.

3.1 Hirren ominaisuudet

Suomessa käytettävä hirren materiaali on yleisesti mäntyä, mutta osittain myös kuusta. Kuusi on enemmän taipuva vääntyilemään sekä luomaan suurempia halkeamia kuin mänty.

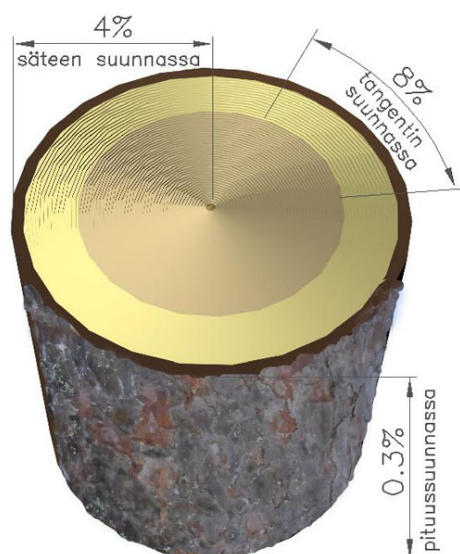
Hirsirakennuksen erityisominaisuuksiin kuuluu painuminen ja puun eläminen. Suomalaisen massiivipuisen pientalon runkoon varastoituu 52–64 % enemmän bioenergiaa kuin tavanomaisessa puurunkoisessa pientalossa (Ruuska & Häkkinen 2013).

Hirret luokitellaan muiden sahatavaroiden tapaan lujuusluokkiin. Höylähirsien lujuusluokkana käytetään luokkaa C22, lamellihsirsillä luokkaa C24 ja pyöröhsirsillä luokkaa C30.

3.1.1 Hirsiseinän kosteuskäyttäytyminen

Massiivipuutena rakennusmateriaalina hirsiseinä sitoo ympäristöstä diffuusiolla vesihöyryä, joka voi sitoutua hygroskooppiseen aineeseen tai vapautua ja siirtyä takaisin ympäristöön. Tämä ominaisuus tuo hirsiseinälle ominaisuuden varastoida huoneilmasta ylimääräistä kosteutta ja taas luovuttaa sitä sisäilman kosteuden ollessa alhainen. Hirren kosteus vaihtelee eri vuodenaikojen ilman suhteellisen kosteuden mukaan.

Puun kosteuden vaihtelu aiheuttaa hirsiseinän halkeilua. Kuivuessaan puun soluissa oleva vesi poistuu, jonka seurauksena puu kutistuu. Koska kehän suuntainen kutistuma on kaksinkertainen säteen suuntaiseen verrattuna, syntyy hirteen jännityksiä. Ja kun jännitys kasvaa yli vetolujuuden, puu halkeaa. Hirsien halkeamien suuruuteen vaikuttaa hirren kosteus ja koko.



Kuva 1. Puun kutistuminen eri suunnissa (Puuinfo n.d.).

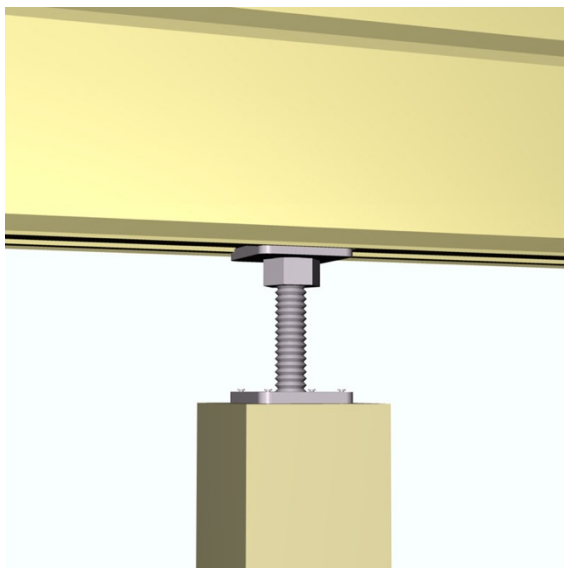
Hirsien halkeamilla on positiivinen vaikutus kosteuden vaihtelun pienentämiseen. Halkeamat kasvattavat hygroskooppisen puun ja sisäilman kosketuspinta-alaa, jossa diffuusio tapahtuu. Mitä enemmän kosketuspinta-alaa rakenteessa on, sitä enemmän se pystyy sitomaan ja luovuttamaan huoneilman kosteutta.

3.1.2 Painumat

Hirsiseinille tyypilliset painumat johtuvat rakennuksen painosta puulle ja saumoille sekä puun kuivumisesta aiheutuvat painumiset. Hirsiseinä painuu hirsityypistä riippuen 10- 50 mm jokaista seinän korkeusmetriä kohden (Puuinfo n.d.)

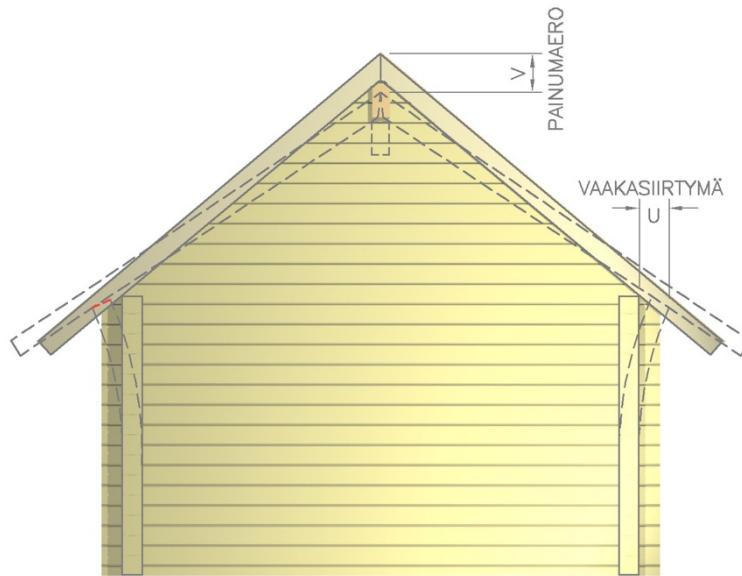
Käsin veistetyt pyöröhirret painuvat noin 50 mm/m ja teollisesti valmistetut höylähirret noin 25 mm/m. Ristiinliimatulla lamellihirrellä painumat ovat erittäin pieniä. Kuivassa sisätilassa, jossa kosteusprosentti on pienempi, seinät painuvat vähemmän kuin ulkoilman kanssa kosketuksissa olevat seinät.

Painumat otetaan huomioon liitoksissa, jossa painuvat hirsirakenteet liitetyvät painumattomiin rakenteisiin. Esimerkiksi ikkunat ja ovet, rankarakenteiset väliseinät, portaat sekä pilarit ovat näitä. Ei-kantavien rakenteiden liitokset varataan painumavaralla ja kantavat rakenteet kierrejalalla.



Kuva 2. Kierrejalka (Puuinfo n.d.).

Välipohjan ja seinän liitoksessa tulee liittyä suunnitella siten, että välipohja liikkuu seinän mukana. Kattorakenteissa katon painuma harjalla on suurempi kuin räystäällä, aiheuttaen palkkien liikkumisen ulospäin. Kattokannattajat kiinnitetään seinän päälle liikkeen mahdollistavalla kiinnikkeellä siten, etteivät kannattajat painuessaan liikuta seinälinjaa. (Puuinfo n.d.)



Kuva 3. Kattorakenteiden liike (Puuinfo n.d.).

3.1.3 Hirsirakenteen ilmanpitävyys

Tiiviissä rakennuksessa ilmanvaihto on tehokas, epäpuhtaudet vähenevät sisäilmasta ja huoneilma tuntuu raikkaalta. Pienhiukkaset eivät pääse rakenteiden läpi sisälle ja ilmanvaihdon lämmöntalteenottokone toimii tehokkaasti.

Ilmanpitävyysvaatimuksilla estetään hallitsematon vuotoilma rakenteiden läpi ja varmistetaan hallittu ilmanvaihdon toiminta. Hirsirakenteella on samat rakennusvaipan ilmanpitävyysvaatimukset kuin muilla rakenteilla tehdyillä rakennuksilla. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$. Hirsirakennusten ilmanvuotoluvun keskiarvo q_{50} on $1,6 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ (Puuinfo n.d.)

Hirsirakenteessa kriittisimmät kohdat ovat ulkovaipan eri rakenneosien liitokset ja läpiviennit. Kun vaipan kosteustekninen toiminta saadaan hallittua tiiviillä liitoksilla ja läpivienneillä, talon käyttöikä kasvaa.

3.1.4 Ääneneristys

Rakennuksen ääneneristävyysvaatimuksissa on määritelty, että ulkovaipan ääneneristys on oltava vähintään 30 desibeliä. Pienin sallittu äänitasoeroluku asuntojen välillä on 55 desibeliä ja uloskäytävästä asuinhuoneeseen 39 desibeliä. Suurin sallittu askeläänitasoluku asuntojen välillä on 53 desibeliä ja uloskäytävästä asuinhuoneeseen 63 desibeliä. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä, 769/2017.)

Hirsiseinän ääneneristävyys riippuu seinän massasta, varauksen leveydestä ja hirsiseinän jäykkyydestä. Eristämättömässä hirsirakenteessa ilmaääneneristysluku vaihtelee 30-40 desibelin välillä, kun taas lisäeristetyllä hirsiseinällä ilmaääneneristävyyksiluksi saadaan 43-54 desibeliä. Hirsiseinät voidaan eristää sisä- tai ulkopuolelta. (Puuinfo n.d.)

3.1.5 Paloluokitus

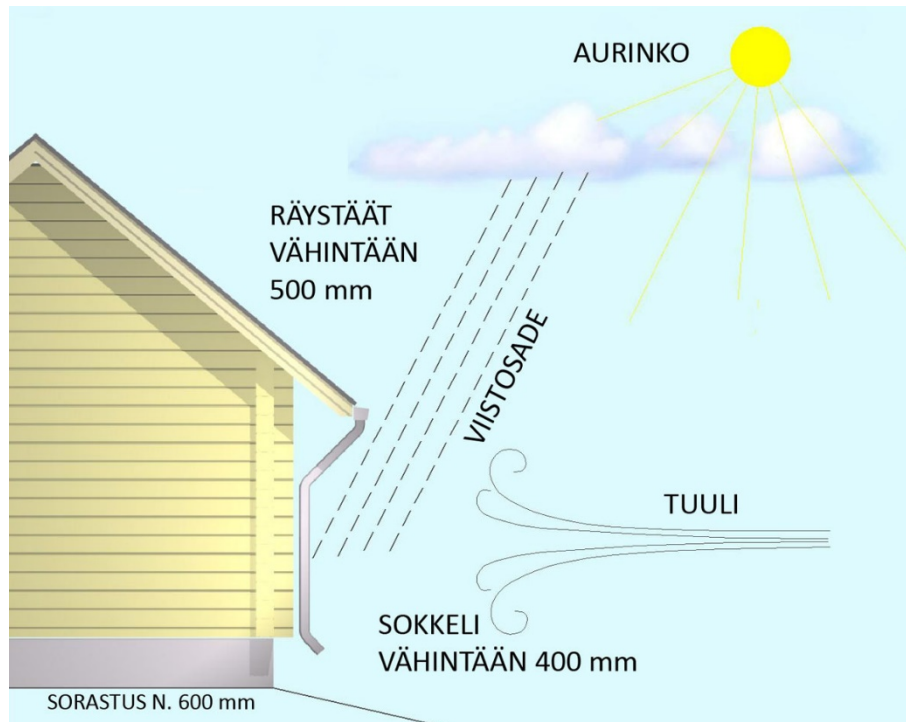
Paloturvallisuudeltaan hirsi on erittäin turvallinen. Hirsi palaa hiiltymällä 1,0 mm/minuutissa, joten sen käyttäytyminen on ennakoitavissa ja palotilanteessa puun pintaan muodostuva hiili hidastaa puun palamista entisestään.

Paloluokitukseltaan hirsi kuuluu luokkaan D-s2,d0. Merkintä D tarkoittaa sitä, että materiaalin osallistuminen paloon on hyväksyttävissä, s2 sitä, että savuntuotto on vähäistä ja d0 sitä, että palavia pisaroita tai osia ei esiinny. (Puuinfo n.d.)

3.1.6 Rakenteellinen suojaus

Puun kosteuskäyttäytyminen on hirren säilyvyydessä suurin vaikuttava tekijä. Lahottajat ja homesienet alkavat kasvamaan vasta kun puun kosteus ylittää 20 prosenttia ja lämpötila on yli +5°C. Jotta puun kosteuspitoisuus nousisi yli 20 prosentin, tulisi ilman suhteellisen kosteuden olla pitkäaikaisesti yli 85 prosenttia. Auringon ultraviolettivalo vaikuttaa myös hirren säilyvyyteen. Ultraviolettivalo tunkeutuu puuainekseen noin 0,1 mm syvyyteen ja hajottaa puun solujen liima-ainetta, ligniiniä. (Puuinfo n.d.)

Hirsirakennusten perustuksista kapillaarisesti nouseva vesi katkaistaan esimerkiksi karkealla sorakerroksella. Viistosateen ja auringon ultraviolettisäteilyn aiheuttamat vahingot saadaan vähennettyä ja estettyä asentamalla vähintään 500 mm leveät räystäät. Räystäskourut ja syöksytorvet ohjaavat katolta tulevat sadevedet hallitusti maahan, jolloin julkisivu ei vahingoitu roiskevedestä. Hirsirakenteet ja –saumat tulee suunnitella tuuletumaan ja pysymään kuivina. Maanpinnan yläpuolelle ulottuvan sokkelin korkeus suositellaan olevan yli 400 mm, jottei sulamisvedet ja kasvit pääse lahottamaan hirsii sekä alimman hirsikerran ja sokkelin väliin tulee asentaa kapillaarisen kosteuden katkaiseva sokkelikaista. Rankoissa sääolosuhteissa sijaitsevien hirsirakenteiden seinät voidaan suojata pysty- tai vaakasuuntaisella lautaverhouksella. (Puuinfo n.d.)



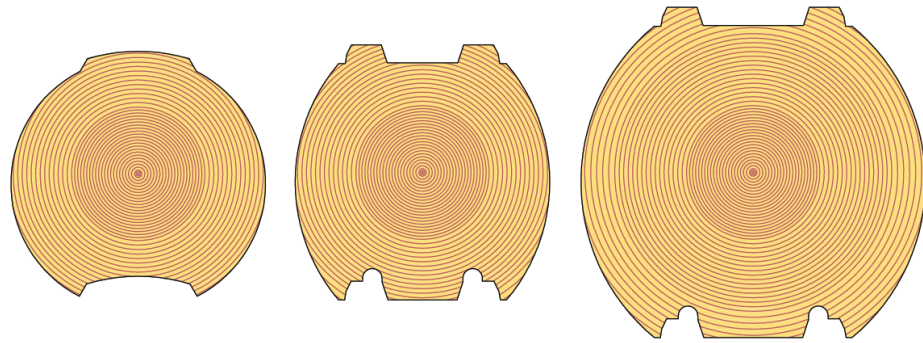
Kuva 4. Rakennukseen vaikuttavat olosuhteet (Puuinfo n.d.).

Hirsijulkisivut voidaan suojata rakenteellisesti, kemiallisesti tai pinnoittamalla. Rakenteellisessa suojauksessa pyritään pitämään kosteusrasitus hirsipinnoilla mahdollisimman pienenä. Kemiallisessa suojauksessa ja pinnoituksessa tarkoituksena on suojata hirsiseinä sienikasvustoilta, estää kosteuden imeytymistä puuhun, suojata julkisivua ultraviolettisäteilyltä sekä muodostaa kosteutta hylkivä kalvo puun pinnalle. Käsittelyaineet voivat olla peittäviä tai läpikuultavia.

3.2 Hirsityypit

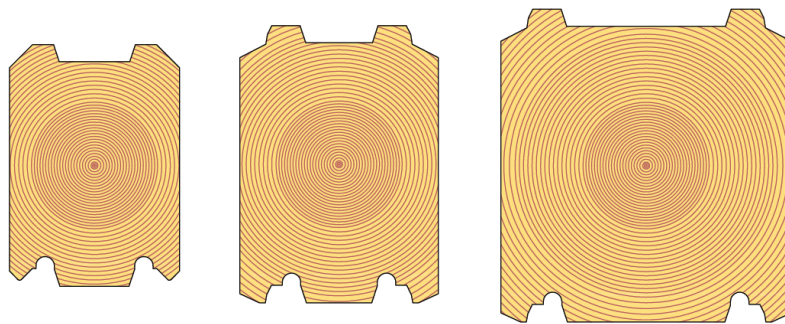
Hirsien poikkileikkauksien koot ja pituudet vaihtelevat valmistajakohtaisesti raaka-aineiden ja työstökoneiden mukaan. Hirsien muodot ovat kulmikas- ja pyöröhirsi. Pisimmillään hirret voivat olla noin 12 metriä pitkiä teollisen valmistuksen, lamellihirsien ja sormijatkosten vuoksi. Lamellihirsien ansiosta hirsirakennusten ilmatiiveys, painuminen ja lämmöneristys eivät tuota enää ongelmia suunnittelussa.

Pyöröhirsien (kuva 5) halkaisijat vaihtelevat 150 mm 230 mm:iin, riippuen onko profiilit tehty massiivipuusta vai lamelliahiosta. Pyöröhirsi valmistetaan sorvaamalla yhdestä puusta tai liimatusta lamelliahiosta. Pyöröhirsi on ”perinteisin” hirsiprofiili pyöreällä muodolla. (Puuinfo n.d.)



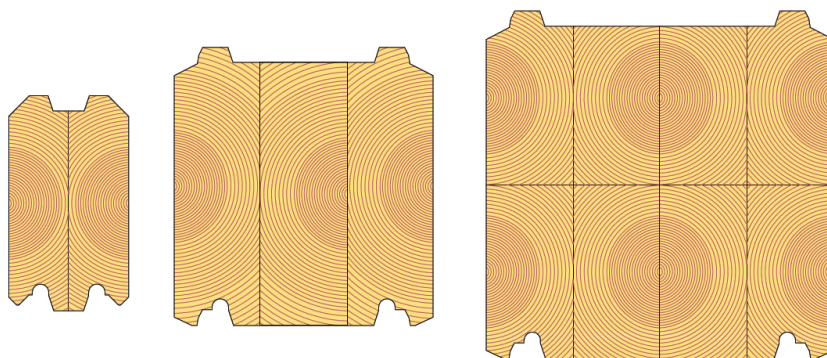
Kuva 5. Tyypillisiä pyöröhirsitä (Puuinfo n.d.).

Höylähirsien (kuva 6) yleinen leveys on 90–205 mm ja korkeus 170–220 mm. Höylähirsi valmistetaan kokonaisesta tukista ja hirren ulko- ja sisäisivut piiluttaa koneellisesti tai käsin veistämällä. (Puuinfo n.d.)



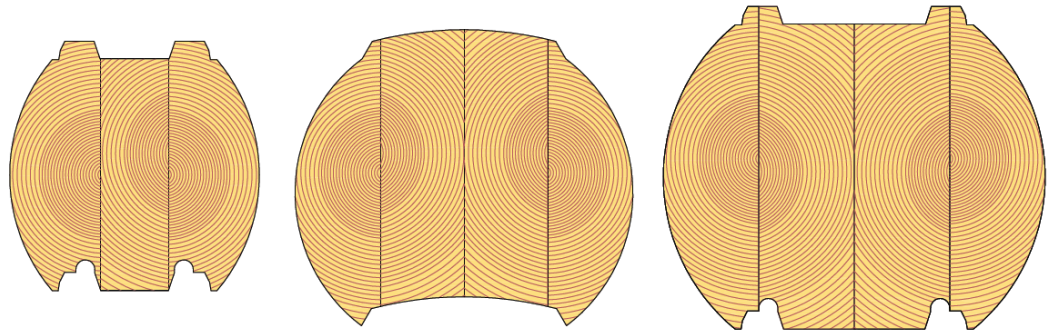
Kuva 6. Tyypillisiä höylähirsitä (Puuinfo n.d.).

Lamellihirret (kuva 7) liimataan kahdesta tai useammasta puusoirosta joko pysty-, vaaka- tai ristisaumoin. Lamellihirressä kestävämpi sydänpuu on hirren pinnassa, mikä tekee lamellihirrestä lähes halkeilemattoman ja vääntymättömän. Leveydet vaihtelevat valmistajan mukaan 90–275 mm välillä ja korkeudet 170–275 mm välillä. (Puuinfo n.d.)



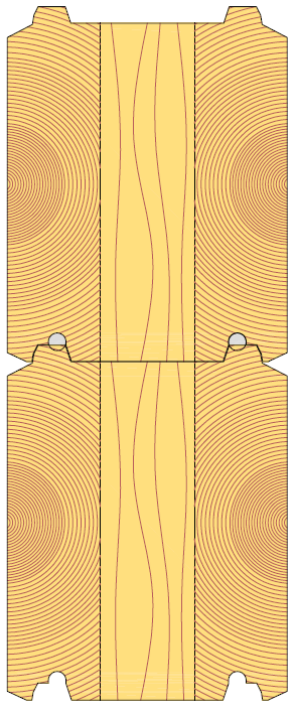
Kuva 7. Tyypillisiä lamellihirsitä (Puuinfo, n.d.).

Lamellipyöröhirsien (kuva 8) valmistustapa on samanlainen kuin lamellihöylähirsien. Lamellipyöröhirsien halkaisija vaihtelee 170–260 mm välillä. (Puuinfo n.d.)



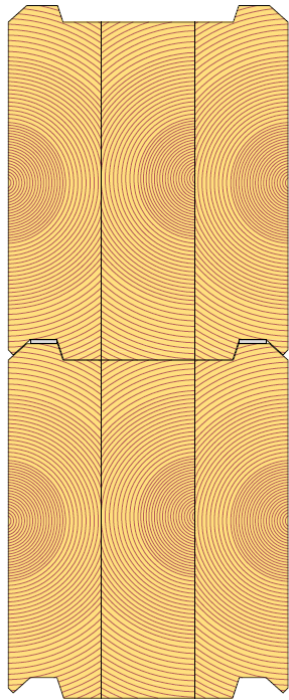
Kuva 8. Tyypillisiä lamellipyöröhirsiä (Puuinfo n.d.).

Painumattomassa hirressä (kuva 9) osa lamelleista (yleensä keskilamelli/lamellit) on asetettu pystysuuntaan, jolloin hirsirakenteiden painumat on saatu mahdollisimman pieneksi. (Puuinfo n.d.)



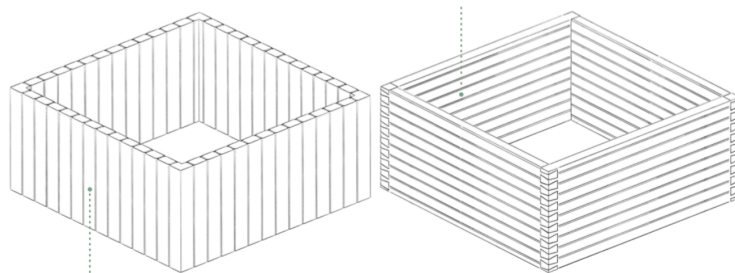
Kuva 9. Painumaton hirsi (Puuinfo n.d.).

Modernissa hirsisaumassa (kuva 10) hirsien välinen sauma jää erittäin ohueksi. Modernilla hirsisaumalla pystytään luomaan asuinrakennuksia, jotka eivät julkisivultaan muistuta hirsirakennusta. (Puuinfo n.d.)



Kuva 10. Moderni hirsisauma (Puuinfo n.d.).

Hirrestä pystytään valmistamaan pysty- ja vaakahirsirakenteita. Vaakahirsirakenteessa hirret ovat vaakatasossa ja ne muodostavat kehämäisen rakenteen. Pystyhirsirakenteessa hirret on sijoitettu pystysuuntaan, jolloin mahdollistetaan suurten ikkunapinta-alojen käyttö sekä rakenteen painumattomuus pystysuunnassa. Pääasiassa hirrestä valmistettavat lämpimät rakennukset ovat vaakahirsirakenteita, sillä pystyhirsirakenteessa puun kuivumisesta johtuva kutistuminen aiheuttaa ongelmia tiiveyden osalta.



Kuva 11. Pystyhirsi- ja vaakahirsirakenne (Puuinfo n.d.).

4 HIRSITALON ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuus on yksi kolmesta tavoitteesta, jotka EU on asettanut Euroopan energia- ja ilmastopolitiikalle. Energiatehokkaissa rakennuksissa on hyvä ja vedoton sisäilma, vaipan rakenteissa tehokas lämmöneristävyyys, ilmavuodot on minimoitu, laitteista ja ihmisistä vapautuva lämpöenergia hyödynnetty, lämmitystarvetta vähennetty lämpöä varaavilla massiivisilla rakenteilla, lämmitys toteutettu taloudellisesti sekä koneellisessa ilmanvaihdon poistoilmassa hyödynnetty lämmöntalteenottoa.

Energiatehokkaissa rakennuksissa käyttöenergiaa tarvitaan vain vähän, mutta rakennuksen valmistamiseen, huoltamiseen ja purkamiseen voi kuluu aiempaa enemmän sitoutunutta energiaa. Hirteen on varastoitunut ilmakehän hiiltä ja uusiutuvaa bioenergiaa, joka voidaan hyödyntää rakennuksen purkamisen jälkeen polttamalla. Suomalaisen massiivipuisen pientalon runkoon varastoituu 52–64 % enemmän bioenergiaa kuin tavanomaisessa puurunkoisessa pientalossa (Ruuska & Häkkinen, 2013).

Hirsitalolla tiedetään olevan ympäristömyönteisiä ominaisuuksia, raaka-aine hirsitalossa on uusiutuva luonnonvara ja ympäristöystävällinen vaihtoehto. Hirsitalon energialaskenta ei eroa paljoa tavallisen puurankaisen talon laskennasta, hirsitalossa vain ulkoseinät ovat hirttä, muut rakenneosat ovat yleensä samat kuin puurankaisessa talossa.

4.1 E-luku

Hirsitalon E-lukuvaatimukset löytyvät Ympäristöministeriön asetuksesta uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017) 2 luvusta 4 momentista. Laskennallisen energiatehokkuuden vertailuarvon yksikkönä käytetään kWh_E/(m²a) ja se on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa.

Ympäristöministeriön asetuksessa 1010/2017 rakennukset on jaettu käyttötarkoituksiluokkiin niiden käytön ja koon mukaan. Jokaisella käyttötarkoitukseluokalla on oma E-luvun raja-arvot, jota ei tule ylittää suunniteltaessa rakennusta:

Luokka 1) Pienet asuinrakennukset

- a) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on 50 - 150 m²
 - E-luvun raja-arvo $200 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$ kWh_E/(m²a)
- b) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 150 m² kuitenkin enintään 600 m²
 - E-luvun raja-arvo $116 - 0,04 \times A_{\text{netto}}$ kWh_E/(m²a)
- c) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 600 m²

- E-luvun raja-arvo 92 kWh_E/(m²a)
- d) Rivitalo ja asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia enintään kahdessa kerroksessa
 - E-luvun raja-arvo 105 kWh_E/(m²a)
- Luokka 2) Asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia vähintään kolmessa tasossa
 - E-luvun raja-arvo 90 kWh_E/(m²a)
- Luokka 3) Toimistorakennus, terveyskeskus
 - E-luvun raja-arvo 100 kWh_E/(m²a)
- Luokka 4) Liikerakennus, tavaratalo, kauppakeskus, myymälärakennus lukuun ottamatta päivittäistavarakaupan alle 2 000 m² yksikköä, myymälähalli, teatteri, ooppera-, konsertti- ja kongressitalo, elokuvateatteri, kirjasto, arkisto, museo, taidegalleria, näyttelyhalli
 - E-luvun raja-arvo 135 kWh_E/(m²a)
- Luokka 5) Majoitusliikerakennus, hotelli, asuntola, palvelutalo, vanhainkoti, hoitolaitos
 - E-luvun raja-arvo 160 kWh_E/(m²a)
- Luokka 6) Opetusrakennus ja päiväkotia
 - E-luvun raja-arvo 100 kWh_E/(m²a)
- Luokka 7) Liikuntahalli lukuun ottamatta uimahallia ja jäähallia
 - E-luvun raja-arvo 100 kWh_E/(m²a)
- Luokka 8) Sairaala
 - E-luvun raja-arvo 320 kWh_E/(m²a)
- Luokka 9) Muu rakennus, varastorakennus, liikenteen rakennus, uimahalli, jäähalli, päivittäistavarakaupan alle 2 000 m² yksikkö, siirtokelpoinen rakennus
 - Ei raja-arvoa

Rakennuksen E-luku lasketaan rakennuksen ostoenergiankulutuksesta jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla. Ostoenergiankulutukseen sisältyy kaukolämmön ja -jäähdytyksen kulutus vuodessa, polttoaineen sisältämän energia kulutus vuodessa ja sähkön kulutus vuodessa, joita joko korotetaan tai pienennetään energiamuotojen kertoimia käyttäen. Energiatehokkuuden vertailuluku saadaan kaavasta:

$$E = \frac{f_{kau.läm.} Q_{kau.läm.} + f_{kau.jääh.} Q_{kau.jääh.} + \sum f_{polttoaine} Q_{polttoaine} + f_{sähkö} W_{sähkö}}{A_{netto}}$$

jossa

E rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku, kWh_E/(m² a)

Q_{kau.läm.} kaukolämmön kulutus, kWh/a

Q_{kau.jääh.} kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a

Q_{polttoaine} polttoaineen sisältämän energian kulutus, kWh/a

W_{sähkö} sähkön kulutus vuodessa, missä on otettu huomioon vähennykset rakennukseen kuuluvalla laitteistolla ympäristöstä vapaasti hyödynnettävästä energiasta otettu energia siltä osin, kuin se on käytetty rakennuksessa, kWh/a

f_{kau.läm.} kaukolämmön energiamuodon kerroin

f_{kau.jääh.} kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin

f_{polttoaine} polttoaineen energiamuodon kerroin

f_{sähkö} sähkön energiamuodon kerroin

A_{netto} rakennuksen lämmitetty nettoala, m².

Energiamuotokertoimien tarkoituksena on kannustaa energiatehokkaaseen rakentamiseen ja kestäväan luonnonvarojen käyttöön. Uusiutumattomilla energiamuodoilla kertoimet ovat suurempia, jolloin rakennus tulee suunnitella vähemmän kuluttavammaksi. Uusiutuvilla energiamuodoilla kertoimet ovat pienempiä, jolloin energiatehokkuuden vertailulukuaatiimuksia on helpompi saavuttaa.

Energiamuotojen kertoimet ovat:

- sähkö	1,2
- kaukolämpö	0,5
- kaukojäähdytys	0,28
- fossiiliset polttoaineet	1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

E-luvun laskentamenetelmälle on asetettu vaatimukset, jossa tulee ottaa huomioon rakennusosien ja niiden liitosten lämpöominaisuudet, rakennuksen ilmanpitävyyden, ilmanvaihdon ilmavirran; sisäilman lämpötilan; lämpimän käyttöveden tarpeen; ilmanvaihdon lämmöntalteenoton; lämpökuormat henkilöistä, valaistuksesta, sähkölaitteista, lämpimästä käyttövedestä ja auringosta; tilojen ja ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän lämpö- ja sähköenergian tarpeen; käyttöveden lämmitysjärjestelmän

lämpö- ja sähköenergian tarpeen; ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian tarpeen sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergiatarpeen. Sekä jos rakennukseen suunnitellaan aurinkokeräin, aurinkopaneeli tai jätevedentalteenotto, niin tulee ottaa huomioon aurinkokeräimen lämmöntuotto, aurinkopaneelin sähköntuotto ja jäteveden lämmöntalteenotto ja niiden hyödyntäminen rakennuksessa.

Massiivipuorakennuksille on annettu E-lukuvaatimuksiin helpotuksia. Edellä esitetyt E-luvun raja-arvot voidaan ylittää käyttötarkoituksiluokan 1a rakennuksessa 20 prosentilla, 1b-c rakennuksessa 15 prosentilla ja muussa käyttötarkoitukseluokan 1d-8 rakennuksessa 10 prosentilla. Käytännössä siis 50 – 150 m²:n pientalon E-luku saa olla 20 prosenttia raja-arvoa korkeampi, 150 – 600 m²:n ja yli 600 m²:n pientalon E-luvun arvo saa ylittyä 15 prosenttia raja-arvosta sekä rivitaloissa, asuinkerrostaloissa, toimistorakennuksissa, liikerakennuksissa, opetusrakennuksissa yms. E-luku saa olla 10 prosenttia raja-arvoa suurempi.

Hirsirakennuksesta on mahdollista saada nykypäivänä erittäin energiatehokas. Nykyaikaisella teknologialla pystytään toteuttamaan tiiviitä ratkaisuja, jotka mahdollistavat energiatehokkaan talon sekä hirren ominaisuus varata lämpöä tuo rakennukselle energiasäästöä. E-lukuun pystytään vaikuttamaan alentavasti myös toimivalla lämmöneristyksellä, ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla, hyvillä ikkunoilla ja ovilla sekä talon pinta-alalla ja kerrosluvulla.

4.2 Rakennuksen lämpöhäviö

Rakennuksen lämpöhäviö on rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö, joka saa olla enintään vertailuratkaisun lämpöhäviön suuruinen. Lämpöhäviö kertoo kuinka paljon rakennuksesta johtuu lämpöä ulkoilmaan esimerkiksi ulkoseinän kautta.

Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa suuresti vaipan tiiveys ja lämmöneristävyys. Hirttä käytetään erityisesti kantavissa ulkoseinärakenteissa, jolloin mahdollisia vuotokohtia ovat ikkuna- ja oviaukkojen liitokset sekä ala-, ylä- ja välipohjien liitos hirsiseinään.

4.2.1 Vaipan lämpöhäviö

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan eri rakennusosien pinta-alojen ja lämmönläpäisykertoimien perusteella kaavasta

$$\Sigma H_{\text{joht}} = \Sigma(U_{\text{ulkoseinä}}A_{\text{ulkoseinä}}) + \Sigma(U_{\text{yläpohja}}A_{\text{yläpohja}}) + \Sigma(U_{\text{alapohja}}A_{\text{alapohja}}) + \Sigma(U_{\text{ikkuna}}A_{\text{ikkuna}}) + \Sigma(U_{\text{ovi}}A_{\text{ovi}})$$

jossa

ΣH_{joht}	rakennuksen vaipan lämpöhäviö, W/K
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A	rakennusosan pinta-ala, m ² .

Rakennuksen vaipan lämpöhäviöiden vertailuarvot lämpimälle tai jäähdytettävälle kylmälle tilalle ovat seuraavat:

a) seinä	0,17 W/(m ² K)
b) massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm	0,40 W/(m ² K)
c) yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m ² K)
d) ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17 W/(m ² K)
e) maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/(m ² K)
f) ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0 W/(m ² K)

Siirtokelpoisen rakennuksen sekä puolilämpimän tilan vertailuarvot:

a) seinä	0,26 W/(m ² K)
b) massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm	0,60 W/(m ² K)
c) yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14 W/(m ² K)
d) ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,26 W/(m ² K)
e) maata vasten oleva rakennusosa	0,24 W/(m ² K)
f) ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,4 W/(m ² K)

Loma-asunnoksi suunnittelun pientalon vertailuarvot:

a) seinä	0,24 W/(m ² K)
b) massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 130 mm	0,80 W/(m ² K)
c) yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,15 W/(m ² K)
d) ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,19 W/(m ² K)
e) maata vasten oleva rakennusosa	0,24 W/(m ² K)
f) ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,4 W/(m ² K)

Vertailuarvoissa massiivipuuseinällä tarkoitetaan vähintään keskimääräisesti 180 mm paksua seinää, jossa kantavana rakenteena toimii massiivipuuhuuhun. Loma-asumiseen suunnitelluissa pientaloissa kyseinen seinä on vähintään 130 mm. Massiivipuuseinä voi olla myös kokonaan tai osittain lämmöneristetty. Tyypillisiä massiivipuukurakenteita ovat hirsirakenteet.

Hirsirakenteiden vertailuarvot ovat suurempia kuin muiden seinärakenteiden, sillä puuhun sitoutunut hiili hillitsee ilmastonmuutosta. Kevennetyillä arvoilla pyritään myös turvaamaan perinteinen hirsirakentaminen ja sen erityispiirteet.

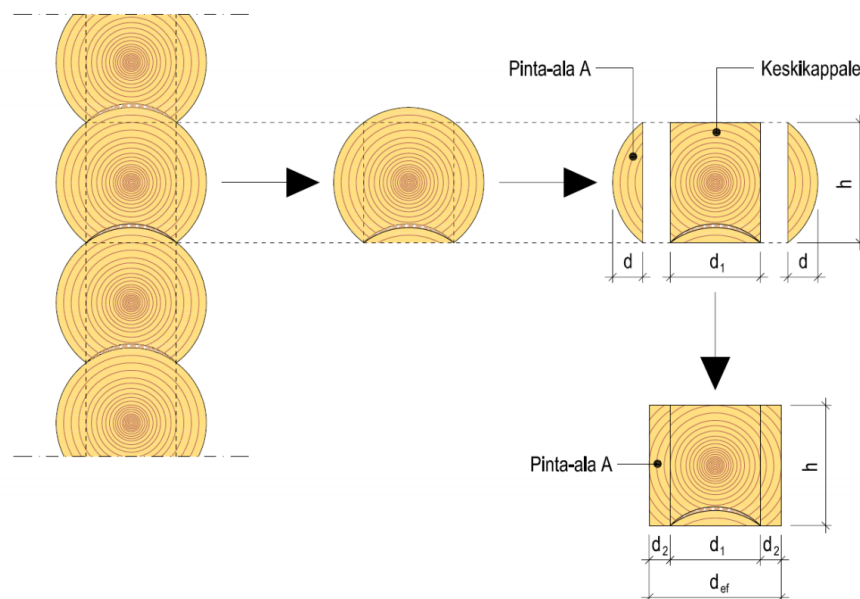
Hirsiseinän lämpöhäviön suuruuteen vaikuttavat hirren paksuus, hirren muoto (höylähirsi vai pyöröhirsi) sekä mahdollisten lämmöneristysten paksuus. Alla olevassa taulukossa on esitetty tyypillisten höylähirsien ja pyöröhirsien ohjeelliset U-arvot.

Hirsi mm	Eristys (mm)					
	0	50	75	100	125	150
HH70	1,33	0,48	0,39	0,31	0,26	0,23
HH95	1,04	0,43	0,36	0,29	0,25	0,22
HH110	0,92	0,41	0,35	0,28	0,24	0,21
HH120	0,85	0,4	0,34	0,27	0,23	0,2
HH135	0,77	0,38	0,32	0,26	0,22	0,19
HH180	0,6	0,34	0,27	0,23	0,2	0,18
HH205	0,53	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17
HH270	0,41	0,27	0,24	0,2	0,18	0,16
Ø130	0,89	0,4	0,32	0,26	0,22	0,19
Ø150	0,79	0,38	0,3	0,25	0,22	0,19
Ø170	0,72	0,36	0,29	0,24	0,21	0,18
Ø190	0,64	0,34	0,28	0,23	0,2	0,18
Ø210	0,58	0,33	0,27	0,23	0,2	0,17
Ø230	0,53	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17

Taulukko 2. Eristämättömien ja sisäpuolisesti lisälämmöneristettyjen seinärakenteiden ohjeelliset U-arvot ($W/m^2 K$). (Hirsi $\lambda_n=0,12 W/(mK)$, villa $\lambda_D=0,037$). HH=höylähirsi ja Ø=pyöröhirsi.

Hirsiseinän U-arvon vertailuarvo lämpimälle tilalle ympäristöministeriön asetuksessa on $0,40 W/(m^2 K)$. U-arvo vaatimuksissa on annettu hirrelle myös minimipaksuus, 180 mm, jolloin U-arvoksi saadaan höylähirrellä $0,6 W/(m^2 K)$. Kasvattamalla höylähirsiseinän paksuutta 90 mm, jolloin hirsiseinän paksuudeksi tulisi 270 mm, U-arvoksi saadaan $0,41 W/(m^2 K)$. Tällä höylähirren paksuudella saavutettaisiin asetuksen vertailuarvo. 50 mm:n lisälämmöneristyksellä hirren paksuus vertailuarvon täyttymiseksi tulisi olla vain 120 mm.

Pyöröhirttä käytettäessä tulee ensin laskea hirren tehollinen paksuus, eli pyöreän hirren pinta-ala muunnetaan vastaamaan suorakulmiota, jotta saataisiin laskettua seinän U-arvo.



Kuva 12. Pyöröhirsiseinän tehollisen paksuuden määrittämisen periaate (Puuinfo n.d.).

Pyöröhirrellä U-arvon vertailulukuun $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ei päästä ilman lisälämmöneristettä. Pyöröhirren ollessa halkaisijaltaan 130 mm , saadaan U-arvoksi $0,89 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ilman lisälämmöneristeitä. Lisäämällä lämmöneristettä 50 mm paranee U-arvo jo vertailuluvun tasolle arvoon $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$.

Hirsiseinän U-arvo vaatimusten täyttymistä voidaan kompensoida muissa rakenneosissa, kuten alapohjassa ja yläpohjassa, jolloin rakennuksen ominaislämpöhäviötä tasataan. Kompensatio perustuu Ympäristöministeriön vuonna 2017 julkaisemaan tasauslaskentaoppaaseen. Tasauslaskennalla otetaan huomioon myös rakennuksen vaippa, vuotoilma ja ilmanvaihto.

Hirsiseinän U-arvoa on myös mahdollista parantaa lisäeristämällä seinää sisä- tai ulkopuolelta. Sisäpuolisessa lämmöneristyksessä riskitekijäksi hirsiseinälle tulee rakenteen kosteusteknisen toiminnan heikkeneminen. Hirsiseinän viileneminen voi edesauttaa kosteuden kondensoitumista tai homeen kasvuun vaadittavia olosuhteita.

Hirsirakennukset kuluttavat vähemmän lämpöenergiaa, kuin U-arvojen perusteella on laskettu. Tämä johtuu siitä, että hirsirakenteet varastoivat auringosta tulevaa lämpöenergiaa. (Honkarakenne Oyj, n.d.)

4.2.2 Vuotoilman lämpöhäviö

Vuotoilmalla tarkoitetaan rakenteiden läpi ja liitoksien kautta vuotavaa ilmaa. Vuotoilman suuruuteen vaikuttaa rakenneosien tiiveys ja rakenneosan ympärillä vallitsevat olosuhteet.

Hallitsemattomat vuotoilmat vaikuttavat alentavasti asumisviihtyvyyteen ja sisäilman laatuun. Tiiviissä rakennuksessa vedon tuntua ei ole ja seinäpinnat ovat tasaisen lämpimiä. Hyvä ilmanpitävyys alentaa myös rakennuksen energiankulutusta sekä edesauttaa myös ilmanvaihdon toimimista suunnitellusti.

Vuotoilman ominaislämpöhäviö saadaan kertomalla ilman tiheys, ilman ominaislämpökapasiteetti ja vuotoilmavirta keskenään.

$$H_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma}$$

jossa

$H_{vuotoilma}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s

Vuotoilmavirta syntyy paine-eroista, joita aiheuttavat tuuli ja lämpötilaerot. Sen suuruuteen vaikuttaa vaipan ilmanpitävyys, rakennuksen sijainti ja korkeus, ilmanvaihtojärjestelmä ja käyttötapa. Vuotoilmavirta $q_{v,vuotoilma}$ lasketaan kaavalla:

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \times x} A_{vaippa}$$

jossa

$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²)
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala, m ²
x	on kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja näitä korkeammille rakennuksille 15
3600	on kerroin, joka muuttaa ilmavirran yksiköstä m ³ /h yksikköön m ³ /s.

Ilmanvuotoluvulla kuvataan rakennuksen tiiveyttä. Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) voi olla enintään $4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, kyseistä arvoa käytetään laskennassa, jos tarkempaa ilmanvuotolukua ei ole määritelty. Tarkempi ilmanvuotoluku voidaan osoittaa teollisen talonrakennuksen laadunvarmistusmenettelyllä tai mittaamalla. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku voidaan laskea ilmanvuotoluvusta n_{50} kaavalla

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{\text{vaippa}}} V$$

jossa

q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$
n_{50}	rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
V	rakennuksen tilavuus, m^3
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m^2 .

Alle $2 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ ilmanvuotoluku on yleisesti ottaen hyväksyttävä taso. Hirsitaloissa ilmanvuotoluku q_{50} uusissa pientaloissa on keskimäärin $1,6 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Vertauksena puutalolle ja kivitalolle ominainen ilmanvuotoluku on keskimäärin $1,1 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

Hirsirakennuksessa päästään hyviin ilmantiiveys lukuihin asentamalla saumoihin ja nurkkiin joustavia solumuovi- tai solukumitiivisteitä. Hirsiseinän ulkopintaan voidaan myös asentaa paperipohjainen ilmansulku, jolla on hyvä vesihöyrynläpäisevyys.

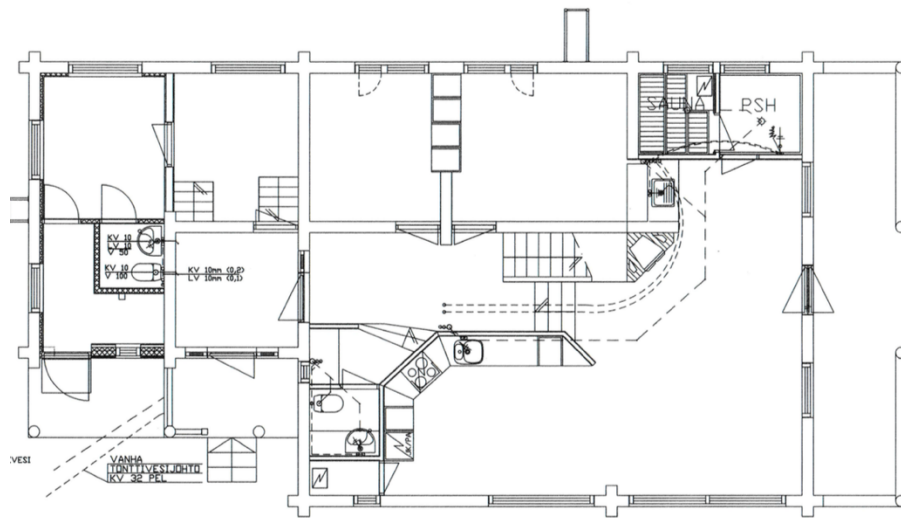
5 KOHDEHIRSITALO

5.1 Yleistiedot

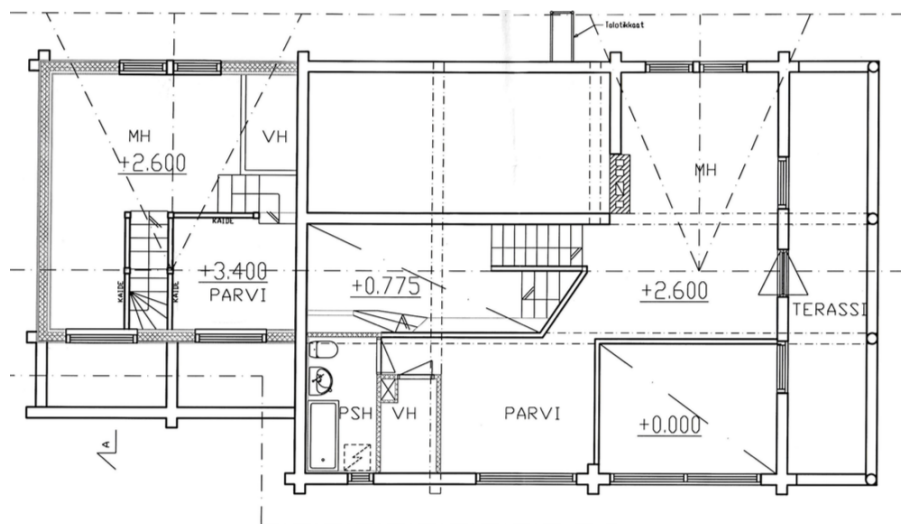
Rakennus on 1,5-kerroksinen omakotitalo, joka sijaitsee Hämeenlinnan taajama-alueella Hirsimäessä. Talo on valmistunut vuonna 1994.

Rakennuksen ala on 145 m^2 ja huoneistoala 108 m^2 . Talolle on tehty laajennus vuonna 2004, mutta sitä ei oteta huomioon laskettaessa rakennuksen energiatehokkuutta, sillä ulkoseinäratkaisut eivät ole samat kuin muualla talossa. Muuten rakennus on alkuperäisessä kunnossa pientä pinta- ja huoltokorjauksia lukuun ottamatta.

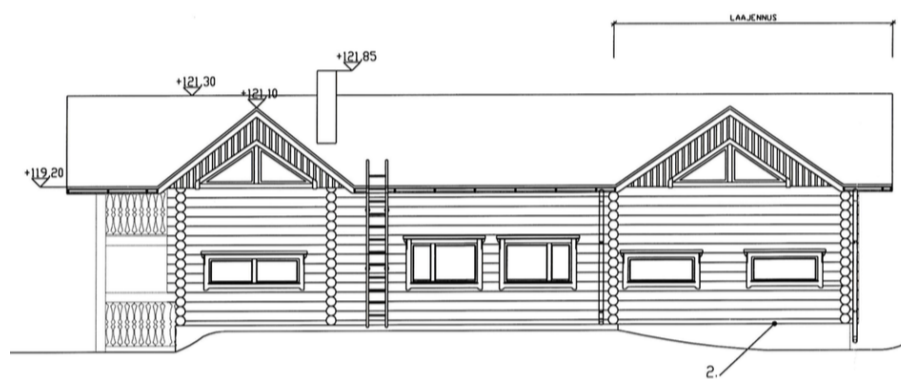
Ongelmaksi rakennuksessa asukkaat mainitsivat vedon tunteen ja suuret lämpötilojen vaihtelut parven ja ensimmäisen kerroksen välillä. Talo on myös yli 20 vuotta vanha, eikä hirsisaumojen tiiveyden pysymistä alkuperäisestä ole varmistettu, joten mahdolliset tiiveysmittaukset ja lämpökamerakuvaukset ovat tarpeen.



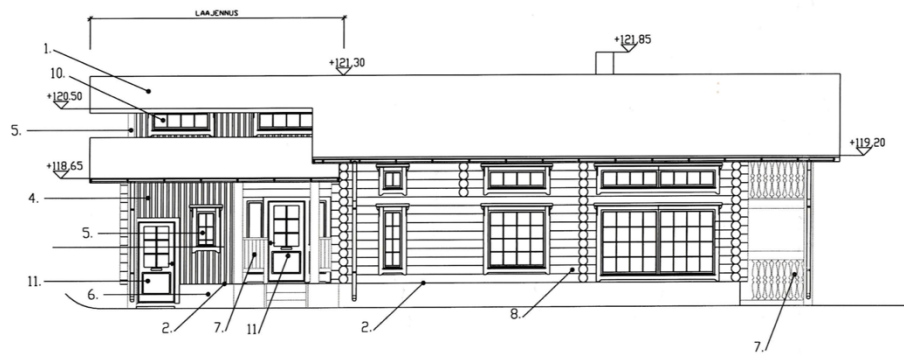
Kuva 13. Pohjapiirros 1. kerros



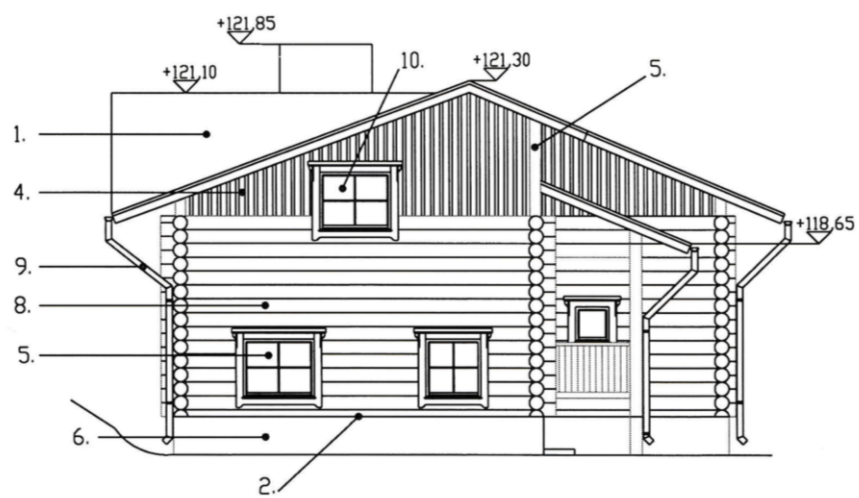
Kuva 14. Pohjapiirros 2. kerros



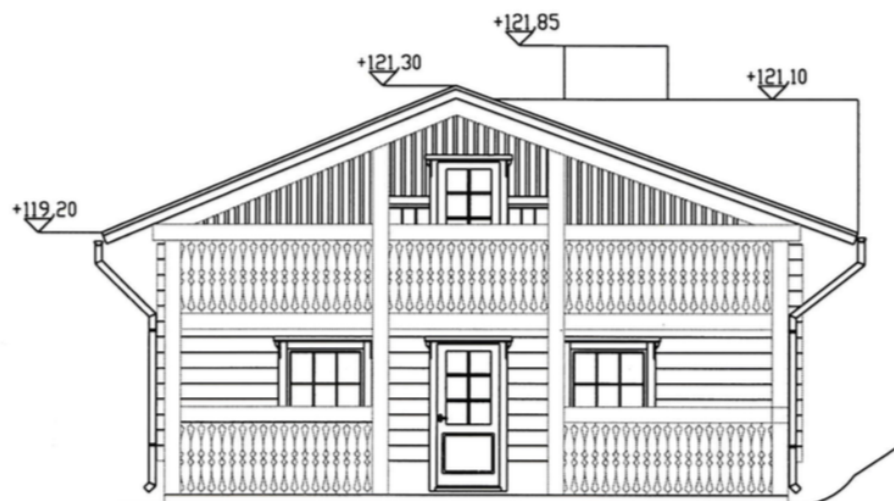
Kuva 15. Julkisivu koilliseen



Kuva 16. Julkisivu lounaaseen



Kuva 17. Julkisivu luoteeseen



Kuva 18. Julkisivu kaakkoon

5.2 Rakenteet

Kohteen ulkoseinärakenteena on 230 mm paksu pyöröhirsiseinä. Ulkoseinän U-arvo on 0,53 W/(m² K). Tiivistysmateriaalina hirsien välissä on käytetty puukuitueristettä.

Kohteessa on bitumikermikatto yläpohjarakenteena. Kerrokset ulkoa sisälle ovat seuraavat:

- 6 mm bitumi
- 23 mm ponttilaudoitus
- 150 mm tuuletusväli
- 200 mm eristys ja runko
- 0,25 mm höyrynsulkumuovi
- 22 mm sisäverhous (puu).

Alapohjarakenne kohteessa on maanvarainen, rakenteet sisältä ulkopuolelle ovat seuraavat:

- 28 mm laotalattia
- 200 mm eristys ja runko
- 100 mm betonilaatta
- 100 mm EPS.

Yläpohjarakenteen U-arvo on 0,217 W/m²K. Alapohjarakenteen U-arvo on 0,139 W/m²K.

Ikkunoita eikä ovia ei ole rakennuksen käytön aikana korjattu tai vaihdettu, vaan ne ovat alkuperäiset. 1990- luvulla rakennetulle omakotitalolle tyyppillisesti ikkunat ovat kohdetalossa kolmilasiset ikkunat, joiden U-arvo on 2,1 W/(m² K). Ulko-ovet ovat massiivisia puuovia, U-arvoltaan ovet ovat 1,4 W/(m² K).

5.3 Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä

Lämmitysjärjestelmänä toimii suora sähkölämmitys. Lämmönjako toimii sähköpattereiden välityksellä. Sähkölämmityksen lisäksi kohteessa on varaava takka sekä Mitsubishi Electric MSZ-AP25VGK ilmalämpöpumppu tehostamassa lämmitystarvetta. Käyttövesi lämmitetään käyttövesivaraajalla, malliltaan JÄSPI VLM 300 s.

Ilmanvaihtojärjestelmä kohdetalossa on painovoimainen ilmanvaihto.

5.4 Energiatohokkuus

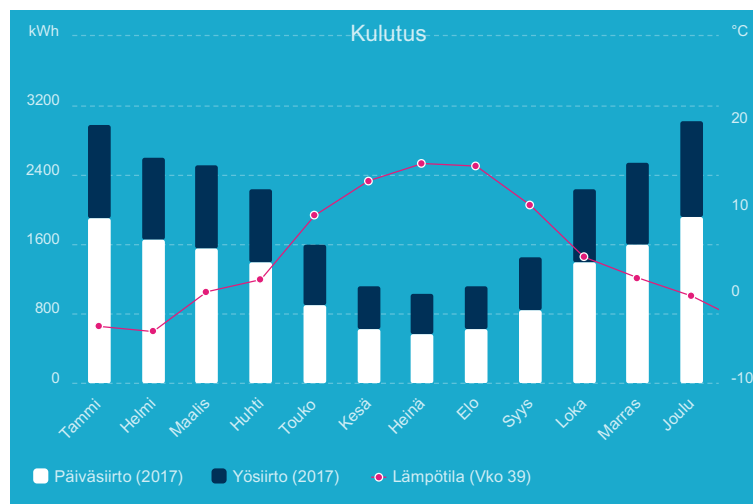
Rakennuksen energiatohokkuusluku eli E-luku laskettiin käyttämällä sivulla laskentapalvelut.fi sijaitsevaa energialaskentapalvelua. Kohteeseen käytettiin olemassa olevan rakennuksen energiantodistuksen laskijaa. Lasken-

nassa ei pystytty kaikki arvoja määrittämään tarkasti, sillä osa lähtötiedoista olivat puutteellisia, mutta laskennalla päästiin tarpeeksi lähelle totuudenmukaista arvoa. Energiatodistuskurin avulla E-luvuksi saatiin 306 kWh/m². Rakennuksen energiatehokkuusluokaksi saadaan täten E.

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIA TEHOKKUUDESTA				
Laskennallinen ostoenergiakulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				
Lämmitetty nettoala, m ²	108			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	? / ?			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Painovoimainen ilmanvaihto			
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon korbimella painotettu energiakulutus
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	25424	235	1.20	282.5
Puu	5000	46	0.50	23.2
Sähkön kulutukseen sisällyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	2270	21.0		
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				306
Rakennuksen energiatehokkuusluokka				
Käytetty E-luvun luokittelustaikko	Erilliset pientalot			
Luokkien rajat asteikolla	A: ...88	B: 89 ... 150	C: 151 ... 187	
	D: 188 ... 267	E: 268 ... 397	F: 398 ... 467	
	G: 468 ...			
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	E			
<small>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei soveltu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokset, sulanapolttimilmykset ja ukvokat eivät sisälly E-lukuun.</small>				

Kuva 19. Yhteenveto rakennuksen energiatehokkuudesta. (Laskentapalvelut.fi)

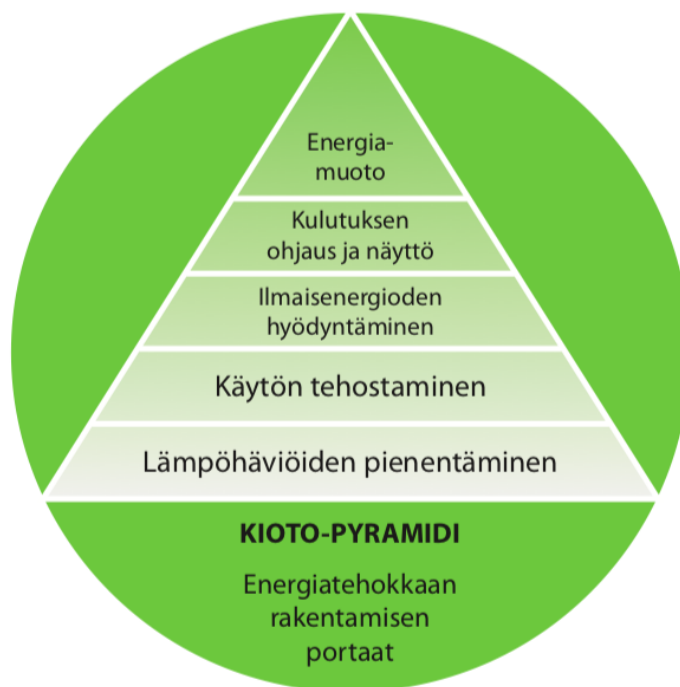
Rakennuksen energiatehokkuus laskettiin myös kokonaisenergiakulutuksen perusteella. Rakennuksesta on saatavilla kokonaisenergiakulutus, joka on ollut vuonna 2017 24 478,65 kWh. Kokonaisenergiakulutus kerrotaan energiamuodon, eli suoran sähkön, kertoimella 1,2, jolloin rakennuksen ostoenergian määräksi saadaan 29 374,38 kWh. Kokonaisenergiakulutus jaetaan lämmitetyllä nettoalalla, jolloin kyseisen kohteen energiatehokkuudeksi saadaan 272 kWh/m². Rakennuksen energiatehokkuusluokaksi saadaan täten E.



Taulukko 3. Kokonaiskulutuksen jakauma vuonna 2017. (Elenia)

6 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Rakennuksen energiatehokkuutta parannettaessa tavoitteena on oikein lämmöneristetty rakennus, jossa ilmanvaihto toimii vaaditulla tasolla sekä kosteusteknisesti toimiva rakennusvaippa.



Kuva 20. Kioton pyramidi esittää keinot energiatehokkuuden parantamiseksi (Ojanen, Nykänen & Hemmilä 2017, 25.).

Energiatehokkuutta parannettaessa pyritään aloittamaan lämpöhäviöiden pienentämisellä, jonka jälkeen yritetään tehostaa energian käyttöä ilmaisenergioiden (aurinkoenergia yms.), energiatehokkaiden laitteiden sekä tarpeenmukaisen käytön ja kulutuksen näytön avulla.

Ennen korjausrakentamishankkeeseen ryhtymistä on hyvä teetättää rakennukselle kuntotutkimuksia, joista pystytään selvittämään esimerkiksi rakenteiden kantavuus ja rakennuksen vakaus, rakennusosien kosteustasapaino ja muut rakennusfysikaaliset toiminnot sekä sisäilmaston terveellisyys. Näin pystytään myös määrittämään välttämättömät ja tarpeettomat korjaustoimenpiteet sekä tarvittavien korjaustoimenpiteiden laajuus. Muutostöitä tehtäessä tulee myös aina varmistaa muutostöiden vaikutus rakennuksen toimintaan kokonaisuutena. (Ojanen, Nykänen & Hemmilä 2017, 35.)

6.1 Korjausrakentamishankkeen hyödyt

Korjausrakentamiseen ryhtyminen saatetaan kokea epämiellyttävänä asiana kustannusten vuoksi. Mutta laadukkailla materiaaleilla ja tarkoin

suunniteluilla korjaustoimenpiteillä voidaan saada huomattaviakin välittömiä ja välillisiä säästöjä, jotka kompensoivat korjaushankkeen aikaisia investointeja.

Ensimmäinen hyöty korjausrakentamishankkeen jälkeen, minkä asukas kokee konkreettisesti, on käyttömukavuuden paraneminen. Tasaiset huonelämpötilat ja niiden helppo säädettävyys, vedon tunteen väheneminen, ilmanvaihdon toimivuus sekä sisäilman laadun paraneminen tekevät arjesta viihtyisämmän. Myös potentiaalisissa häiriötilanteissa, energiatehokkuuden parantamisella mahdollistetaan sisäilman olosuhteiden pysyminen viihtyisinä pidempään.

Korjausrakentamishanke ylläpitää rakennuksen arvoa, mahdollisesti jopa nostaa sitä. Energiatehokkuuden parantua ja lämpöhäviöiden pienentyessä rakennuksen ylläpidon energiankulutus vähenee, jolloin saadaan luotua taloudellisia säästöjä. Vaihdettaessa vanhat rakennusosat, esimerkiksi ikkunat ja ovet, uusiin laukkaisempiin, saadaan myös huoltokustannuksista säästöjä huoltojakson ja teknisen käyttöiän pidentyessä. Huolto myös yleensä helpottuu.

6.2 Määräykset

Rakennuksen energiatehokkuuden parantamiselle on annettu raja-arvoja määräysten tasolla. Tällä pyritään siihen, että tehtävät korjaukset olisivat tehokkaita ja veisivät Suomen rakentamiskantaa kohti Euroopan Unionin ilmastopolitiikan tavoitetta parantaa energiatehokkuutta ja pienentää kasvihuonepäästöjä 20 % vuoden 1990 tasosta.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (4/13) sekä Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta (2/17) antaa vaatimukset energiatehokkuuden parantamiselle.

Energiatehokkuuden parantamisen osoittamiselle on annettu kolme vaihtoehtoa, jotka perustuvat suunnittelu- ja toteutustapaan. Nämä vaihtoehdot ovat rakennusosakohtaiset parannukset, rakennuksen standardikäyttöön perustuvan energiankulutuksen pienentämiseen sekä rakennuksen standardikäyttöön perustuvan kokonaisenergiankulutuksen pienentämiseen.

Rakennusosakohtainen parannus perustuu alkuperäisen rakennusosan U-arvon parantamiseen. Jokaiselle rakennusosalle on annettu kerroin, jolla kerrotaan alkuperäinen U-arvo ja jonka alle uusi U-arvo tulee toteutua. Ulkoseinän alkuperäinen U-arvo kerrotaan kertoimella 0,5, mutta U-arvovaatimus on kuitenkin enintään 0,17 W/(m² K). Yläpohjassa alkuperäinen U-arvo kerrotaan kertoimella 0,5, mutta U-arvovaatimus on kuitenkin enintään 0,09 W/(m² K). Alapohjalle ei ole kerrointa annettu, vaan alapohjaa

parannetaan mahdollisuuksien mukaan. Vaihdettaessa uudet ikkunat ja ulko-ovet tulee niiden olla U-arvoltaan $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ tai parempia sekä vanhoja ikkunoita ja ovia korjattaessa tulee lämmönpitävyyttä parantaa mahdollisuuksien mukaan.

Rakennuksen standardikäyttöön perustuvan energiankulutuksen pienentäminen perustuu rakennuksen vuosittaisen normaalikäytön energiankulutuksen suhteessa rakennuksen pinta-alaan. Tämä vaihtoehto ei sisällä rakennuksen koko vuorokauden kulutusta.

- Pien-, rivi- ja ketjutilat $\leq 180 \text{ kWh}/\text{m}^2$
- Asuinkerrostalot $\leq 130 \text{ kWh}/\text{m}^2$
- Toimisto $\leq 145 \text{ kWh}/\text{m}^2$
- Opetusrakennus $\leq 150 \text{ kWh}/\text{m}^2$
- Päiväkoti $\leq 150 \text{ kWh}/\text{m}^2$
- Liikerakennus $\leq 180 \text{ kWh}/\text{m}^2$
- Majoitusliikerakennus $\leq 180 \text{ kWh}/\text{m}^2$
- Muu liikuntahalli kuin jää- tai uimahalli $\leq 170 \text{ kWh}/\text{m}^2$
- Sairaala $\leq 370 \text{ kWh}/\text{m}^2$

Kokonaisenergiankulutuksen eli E-luvun pienentäminen perustuu alkuperäisen E-luvun parantamiseen. Vaatimukset on annettu käyttötarkoitukseluokan mukaan, joka perustuu Ympäristöministeriön asetukseen uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017). Uuden E-luvun ei tarvitse alittaa E-lukuvaatimuksia, jotka tuodaan esille asetuksessa (1010/2017).

- Pien-, rivi- ja ketjutilat (luokka 1): E-vaadittu $\leq 0,8 \times \text{E-laskettu}$
- Asuinkerrostalot (luokka 2): E-vaadittu $\leq 0,85 \times \text{E-laskettu}$
- Toimisto (luokka 3): E-vaadittu $\leq 0,7 \times \text{E-laskettu}$
- Liikerakennus (luokka 4): E-vaadittu $\leq 0,7 \times \text{E-laskettu}$
- Majoitusliikerakennus (luokka 5): E-vaadittu $\leq 0,7 \times \text{E-laskettu}$
- Opetusrakennus ja päiväkotit (luokka 6): E-vaadittu $\leq 0,8 \times \text{E-laskettu}$
- Muu liikuntahalli kuin jää- tai uimahalli (luokka 7): E-vaadittu $\leq 0,8 \times \text{E-laskettu}$
- Sairaala (luokka 8): E-vaadittu $\leq 0,8 \times \text{E-laskettu}$

Energiatehokkuuden parannus tulee toteuttaa siten, ettei rakennuksen käyttäminen sen käyttötarkoitukseen ei esty. Rakennuksen energiatehokkuutta ei tarvitse parantaa korjausrakentamishankkeessa, jos sitä ei pystytä tekemään kustannustehokkaasti. Eli rakennukselle on tehtävä taloudellinen tarkastelu, jonka jakson pituus on asuinrakennuksissa 30 vuotta ja muissa 20 vuotta ja jossa lasketaan maksavatko korjausrakentamishankkeeseen tehdyt investoinnit itsensä takaisin.

Mahdollisten rakennusten teknisten järjestelmien peruskorjauksessa, uudistuksessa tai uusimisessa noudatetaan Ympäristöministeriön asetuksessa (2/17) annettuja vaatimuksia:

- Parannettaessa tai lisättäessä kohteeseen poistoilmanvaihto, tulee sen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde olla 45 %.
- Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,0 kW/(m³/s).
- Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 1,0 kW/(m³/s).
- Lämmitysjärjestelmien hyötysuhdetta parannetaan laitteiden ja järjestelmien uusimisen yhteydessä mahdollisuuksien mukaan.
- Vesi- ja/tai viemärijärjestelmien uusimiseen sovelletaan, mitä uudisrakentamisesta säädetään.

6.3 Rakenteet

Rakenteiden kautta johtuvilla lämpöhäviöillä on merkittävä vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen. Lämpöhäviöiden määrä ulkovaipan kautta on noin 50 prosenttia kaikista pientalon lämpöhäviöistä (Puuinfo, 2013). Rakennusosien liitokset tulee ottaa huomioon ilmanpitävyyden kannalta. Erityisesti ikkunoiden tai ovien ja seinän, seinien ja alapohjan, seinien ja yläpohjan sekä ulkoseinien nurkat ja läpiviennit ovat kriittisimpiä kohtia hirsirakennuksessa.

Kohteeseen ei ole tehty tiiveysmittausta eikä lämpökuvausta, mitkä kertoisivat rakennuksen ilmanpitävyyden ja mahdolliset vuotokohtat sekä rakenteelliset kylmäsilat. Erityisesti hirsiseinän painumisesta johtuvat tiiveyden heikkenemiset saataisiin selville tiiveysmittauksella ja lämpökuvauksella. Ilmavuodot sisä- ja ulkoilman välillä aiheuttavat vedon tunnetta, lisäävät energiankulutusta ja mahdollistavat kosteuden kertymisen rakenteisiin sekä epäpuhtauksien kulkeutumisen huonetilaan. Ilmanvuotomittauksen ja lämpökamerakuvausten avulla pystyttäisiin arvioimaan rakennuksen vaipan kunto ja kohdistamaan välttämättömät korjaustoimenpiteet.

6.3.1 Ulkoseinä

Rakennuksen ulkoseinän kokonaispinta-ala on huomattava osa ulkovaipasta. Laskentapalvelut.fi osoitteessa olevan energianlaskentapalvelun mukaan kyseisen kohteen ulkoseinien kautta kulkevan lämpöhäviön osuus kaikista lämpöhäviöistä on melkein 40 %, sillä ulkoseinän U-arvo on erittäin huono. Hirsiseinän lämmönvarauskyvyn vuoksi seinän U-arvo on laskennallista arvoa parempi.

Ulkoseinärakennetta on mahdollista lisäeristää, jolloin lämpöhäviöt vähentyvät. Mahdollista lisäeristystä tehtäessä tulee seinän kosteuskäyttä-

tymistä tutkia tarkemmin. Hirsiseinän lisäeristämisessä pyritään eristämään ulkopuolelta, jolloin kosteustekninen heikkeneminen on pienempi riski kuin sisäpuolisessa lämmöneristyksessä. Sisäpuolisessa lisälämmöneristyksessä riskiksi muodostuu hirsiseinän ja alapohjan tai hirsiseinän ja yläpohjan liitoksen ilmatiiveys, erityisesti vanhan ja uuden rakenteen väliin muodostuva mahdollinen kosteuskonvektio. Sisäpuolisessa eristyksessä ei pystytä myöskään poistamaan rakenteen kylmäsiltoja. Lisälämmöneristyksessä tulee ottaa myös huomioon hirsiseinän viileneminen, joka voi edesauttaa kosteuden kondensoitumista tai homeen kasvuun vaadittavia olosuhteita. (VTT, 2008.)

Ulkoseinän lämmöneristyksessä hirsitalon julkisivu muuttuu hieman ja seinän paksuus kasvaa, jolloin tulee ottaa huomioon ikkunoiden sijoittelu syvyyssuunnassa, räystäiden pituus ja perustukset. Lisäeristämällä ulkoseinää pystyttäisiin vaikuttamaan rakennuksen energiatehokkuuteen myönteisesti.

Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (4/13) mukaan ulkoseinän U-arvon parantamiseen vaaditaan alkuperäisen U-arvon kertomista kertoimella 0,5, jolloin kohdetalon ulkoseinän U-arvo tulisi olla korjauksen jälkeen 0,265 W/m²K. Tähän vaatimukseen päästäisiin taulukon 2 mukaan 75 mm lisälämmöneristyksellä, jolloin U-arvoksi tulisi 0,26 W/m²K. Kasvattamalla lämmöneristystä 100 mm:iin saataisiin U-arvoksi 0,22 W/m²K, 125 mm lisälämmöneristyksellä U-arvo olisi 0,19 W/m²K ja 150 mm eristyksellä 0,17 W/m²K.

Kustannuksiltaan lisälämmöneristäminen ei tuota haluttuja säästöjä lämmityskustannuksissa, joten kohteen hirsiseinän lisälämmöneristämistä ei suositella. Ulkoseinän U-arvon täyttymistä voidaan kompensoida muissa rakenteissa. Kohteen julkisivua ei myöskään haluta muuttaa, jolloin lisälämmöneristäminen ei ole korjausvaihtoehtona kannattava.

Toimivammaksi ratkaisuksi ulkoseinän parantamisessa nähdään liitoksien ja rakenteen tiiveyden varmistaminen. Tiiveysmittauksella pystyttäisiin varmistamaan ulkonurkkien ja karmien ja rungon välisten saumojen tiiveys, mitkä ovat yleisesti vanhempien hirsirakennusten ongelmakohtia. Tarvittaessa hirsisaumoja voidaan tiivistää asentamalla niihin joustavia solumuovi- tai solukumitiivisteitä.

6.3.2 Ikkunat ja ovet

Ikkunat vuotavat yleensä suurimman osan rakennuksen ulkovaipan kautta kulkevista lämpöhäviöistä, jopa 30 prosenttia lämmitysenergiasta. Kohdetalossa ikkunapinta-ala on suuri verrattuna ulkoseinien pinta-alaan. Ikkunat ovat alkuperäiset, U-arvoltaan on heikot, mikä aiheuttaa suuret lämpöhäviöt ikkunoiden läpi. Asukkaat mainitsivat vetoisuuden tunnetta erityisesti alakerran ruokailutilassa, jossa on isot ikkunat ja käynti terassille.

Ensimmäisenä toimenpiteenä pyritään selvittämään ikkunoiden ja ovien kunto. Jos ikkunoita on mahdollista korjata ja täten parantaa niiden energiatehokkuutta, tehdään vaadittavat korjaustoimenpiteet. Korjaustoimenpiteitä voi olla ikkunoiden tiivistäminen, käyntien ja heloitusten kunnan arviointi ja lisälasin asentaminen sisäpuolteeseen. Jos korjauskustannukset ovat liian suuret, ikkunoiden vaihtaminen on kannattavampaa.

Vaihtamalla ikkunat lämmöneristyskyvyltään tehokkaammiksi, pystytään pienentämään rakennuksen E-lukua huomattavasti. Ovien pinta-ala kokonaispinta-alasta on huomattavasti pienempi kuin ikkunoiden ja ovet ovat yleensä suojattuja säärasituksilta, joten rakennuksen energiankulutuksen kannalta ovien vaihtamisella on pienempi merkitys kuin ikkunoiden vaihtamisella.

Kuntotutkimuksella saadaan tarkka tieto ikkunoiden kunnosta ja vaurioiden laajuuksista. Kuntotutkimuksen perusteella voidaan kohteessa päättää, pyritäänkö vanhoja ikkunoita korjaamaan vai vaihdetaanko ne uusiin lämmöneristyskyvyltään paremmiksi.

Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (4/13) mukaan rakennuksen ikkunoita ja ovia vaihdettaessa, tulee uusien olla U-arvoltaan $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vaihdettaessa vanhat, U-arvoltaan $2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ikkunat energiatehokkaisiin, U-arvoltaan $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ikkunoihin saadaan jopa 30 % säästöjä energiantarpeessa. Korjattaessa vanhoja ikkunoita ja ovia tulee energiatehokkuutta parantaa mahdollisuuksien mukaan.

Ikkunoiden ja ovien vaihtaminen lämmöneristyskyvyltään paremmiksi on korjaustoimenpide-ehdotuksista kannattavin. Ikkunoiden U-arvon ollessa heikko verrattuna uusien ikkunoiden U-arvoihin, on kannattavampaa vaihtaa ikkunat uusiin korjauksen sijasta. Vanhojen ikkunoiden lisätiivistämällä ei päästä lähelle uusien ikkunoiden U-arvoa. Ovien osalta suositellaan varmistamaan tiivisteiden kunto ja ovilevyn mahdollinen kieroutuminen, ja jos ovista löytyy huomattavia vahinkoja, suositellaan niiden vaihtamista.

Ikkunoita ja ulko-ovia vaihdettaessa tulee ottaa erityiseen huomioon ovien tiivistykset ja liittymät. Myös rakennuksen korvausilman riittävä saanti tulee varmistaa, sillä vanhoissa rakennuksissa ikkunoiden tiivisteiden ilma-vuodot toimivat usein ainoina korvausilmareitteinä.

6.3.3 Ylä- ja alapohja

Yläpohjan pinta-ala on merkittävä osa rakennuksen ulkovaipasta, siitä huolimatta yläpohjan kautta vuotavien lämpöhäviöiden osuus kaikista lämpöhäviöistä on pieni. Yläpohjan yläpuolinen lisälämmöneristäminen on kuitenkin korjaustoimenpiteistä helpoin suorittaa, etenkin jos tuuletustila on

tilava. Vanhan lämmöneristeen ollessa hyvässä kunnossa, voidaan lisäeristys asentaa suoraan vanhan eristeen päälle. Alapuolinen lisälämmöneristys on vaikeampi suorittaa kuin yläpuolinen ja se pienentää huonekorkeutta. Alapuolinen lisälämmöneristys tehdään, jos tuuletustila ei jää riittäväksi yläpuolisessa lisälämmöneristyksessä tai jos huonekorkeutta voidaan madaltaa.

Yläpohjan lisälämmöneristys tulee suorittaa ilman, että se muuttaisi rakenteen toimintaa. Yläpuolisina lisälämmöneristeinä korjauskohteissa suositellaan käytettäväksi luonnonmateriaaleja sekä eristäminen kehoitetaan tehtäväksi erityisesti puhallettavalla eristeellä, kuten ekovillalla, jolloin eriste saadaan kaikkien rakenteiden ympärille helposti. Alapuolisessa lisäeristyksessä suositellaan kuitulevyn käyttöä.

Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (4/13) mukaan yläpohjan U-arvon parantamiseen vaaditaan alkuperäisen U-arvon kertomista kertoimella 0,5, kuitenkin enintään U-arvon tulee olla 0,09 W/m²K. Kohteen yläpohjan U-arvoksi saatiin 0,217 W/m²K, jolloin kohdetalon yläpohjan U-arvo tulisi olla korjauksen jälkeen 0,11 W/m²K. Asentamalla 170 mm paksuinen ekovilla vanhan lämmöneristykseen päälle saataisiin uudeksi U-arvoksi 0,11 W/m²K, joka täyttäisi vaatimuksen.

Yläpohjan lämmöneristämisen ongelmaksi muodostuu riittämätön tuuletustilan korkeus. Kohteessa on 150 mm korkea tuuletustila, joten 170 mm paksuinen lämmöneriste ei mahdu tuuletustilaan. Yläpohjan alapuolisessa lisälämmöneristyksessä suositellaan käytettäväksi kuitulevyä, jonka lämmönjohtavuus on 0,056 W/mK. Kuitulevy yksin asennettuna yläpohjan alapuolelle ei tuota vaadittuja parannuksia U-arvoon. Yläpohjan lämpöhäviöiden osuus on pieni verrattuna esimerkiksi ulkoseinien ja ikkunoiden lämpöhäviöihin, eikä yläpohjan lisäeristämällä ei päästä haluttuihin tuloksiin, joten sitä ei suositella kohteeseen.

Hirsirakennuksissa hirsiseinän ja alapohjan liitos on riskikohta, minkä tiiveys kannattaa tarkistaa. Liitoksen tiiveyden parantaminen parantaa riittävästi haitallista vedontunnetta lattiatasossa. Alapohjan lisälämmöneristäminen suositellaan tehtäväksi vain, jos korjaus on välttämätöntä lattian kunnan tai vetoisuuden perusteella tai jos alapohja muiden toimenpiteiden vuoksi avataan. Alapohjan lisälämmöneristyksessä pyritään lisäämään uutta lämmöneristettä vanhan eristeen päälle. (Lämmöneristykseen parantaminen 2000, 8.)

Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (4/13) mukaan alapohjan U-arvon parantaminen pyritään tekemään mahdollisuuksien mukaan. Uuden rakennuksen maata vasten olevan alapohjan U-arvon vertailuarvo on 0,16 W/m²K. Nykyisen alapohjan U-arvo on alle vertailuarvon, joten alapohjan

energiatehokkuus on määräysten tasolla. Kohteessa ei ole tarvetta alapohjan lisälämmöneristämiseksi.

6.4 Ilmanvaihto

Rakennuksen painovoimainen ilmanvaihto perustuu ulko- ja sisäilman lämpötilaeroihin sekä tuulen vaikutukseen. Painovoimaisen ilmanvaihdon heikkouksena on puutteellinen ulkoilman saanti sekä runsas energiankulutus, talvisin lämpöhäviöt voivat olla runsaat suurten lämpötilaerojen vuoksi ja kesällä ilmanvaihto voi olla tehoton, koska lämpötilaerot eivät ole välttämättä riittävät ilman vaihtumiseksi. Rakennuksissa, joissa on painovoimainen ilmanvaihto, poistoilmavaihdosta huolehtii yleensä uuni ja tulisija sekä korvaava ilma saadaan korvausilmakanavista ja rakennuksen ulkovaipan vuotokohdista. Rakennuksen lisälämmöneristäminen ja tiivistäminen voivat heikentää painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaa. Sen vuoksi on tärkeää varmistaa rakennuksen korvausilman saanti erillisillä venttiileillä.

Rakennuksen painovoimaisen ilmanvaihdon tilalle voidaan asentaa koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto, jossa olisi lämmöntalteenotto. Lämmöntalteenoton hyötysuhde voi olla nykypäivänä jopa 80 prosenttia. Tällöin myös saataisiin energiankulutus pienemmäksi.

Ilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi vaatii uusien kanavien asentamista ja uusien läpivientien tekeminen on työlästä. Rakennusten käyttäjien mukaan tämänhetkinen ilmanvaihto on rakennuksessa tarpeeksi tehokas ja sisäilma vaikuttaa puhtaalta, joten ilmanvaihtojärjestelmää ei tarvitse vaihtaa.

6.5 Lämmitysjärjestelmä

Jopa 40 % pientaloista lämmitetään sähkölämmityksellä. Sähkölämmityksen edut ovat matalat investointikustannukset ja sen helppokäyttöisyys. Käyttökustannuksiltaan sähkölämmitys on kallis, sähkön hinta on noussut nopeasti verrattuna muihin, ja se jatkaa kasvamistaan.

Rakennuksen lämmöneristyksen parantaminen vaikuttaa lämmöntarpeeseen. Lisäämällä lämmöneristystä ja tekemällä ulkovaipasta tiiviimmän, pystytään vähentämään lämpöhäviöitä, jolloin myös lämmitystarve vähennee rakennuksessa. Myös ilmalämpöpumpulla ja varaavalla takalla saadaan vähennettyä sähkölämmityksen tarvetta.

Sähkölämmitysjärjestelmän muuttaminen muihin lämmitysvaihtoehtoihin on myös mahdollista, mutta toimenpiteenä se on suhteellisen suuri. Lämmitysjärjestelmää vaihdettaessa tulee miettiä investointikustannuksia suhteessa säästöön käyttökustannuksissa. Esimerkiksi sähkölämmityksen vaihtaminen kaukolämpöön on investointina noin 10 000 euron suuruinen

ja vuodessa se toisi säästöä vajaa 1000 euroa, kaukolämmön takaisinmaksuaika olisi 6,5 vuotta. (Oulun rakennusvalvonta, 2014.)

Kohteeseen on asennettu ilmalämpöpumppu, joka alentaa sähkölämmityksen tarvetta. Pohdittaessa lämmitysjärjestelmän vaihtamista tai parantamista, on poistoilmalämpöpumpun lisäys tai sähkölämmityksen vaihtaminen kaukolämpöön kannattavinta investointikustannuksiltaan ja käyttö-kustannuksiltaan.

7 YHTEENVETO

Nykypäivänä teollinen hirsirakentaminen antaa hirrelle paljon mahdollisuuksia ja hirsitalon rakentajat arvostavat hirren ominaisuuksia ja luonnollisuutta. Hirsiseinä on yksinkertainen rakenne, jossa ei ole kerrosta johon kosteus tiivistyisi, joten homeiden ja mikrobien vaatimia olosuhteita ei synny. Hirsiseinän ominaisuus varastoida ja luovuttaa kosteutta tasaa sisäilman kosteuden vaihtelua, mikä vaikuttaa positiivisesti hengitysterveyteen. Hirren valmistaminen kuluttaa fossiilisista polttoainetta vähemmän kuin muut materiaalit sekä se voidaan kierrättää elinkaaren loppupäässä, mikä tekee siitä ekologisen rakennusmateriaalin. Nykypäivänä hirrestä voidaan toimivilla suunnitteluratkaisuilla valmistaa erittäin energiatehokkaita rakennuksia, jotka eivät välttämättä edes muistuta sitä perinteistä pyörö-hirsistä valmistettua kesämökkiä järven rannalla.

Hirsirakennukselle on annettu helpotuksia energiatehokkuusvaatimuksissa. E-luvun raja-arvot voidaan ylittää käyttöluokittain 10-20 prosentilla ja massiivirakenteille on annettu oma U-arvon vertailuarvo. Hirsirakentaminen kuuluu osaksi Suomen rakennuskantaa ja helpotuksilla pyritään säilyttämään sen asema kyseissä kannassa. Euroopan Unionin ilmastopolitiikan kannalta hirsirakennus on laskennallisesti huono valinta, mutta hirsitalon ominaisuus sitoa itseensä auringon lämpöenergiaa ja täten kuluttaa vähemmän kuin U-arvon perusteella on laskettu ei kerro koko totuutta. Ominaispiirteidensä vuoksi hirsirakennusta voidaan sanoa ekoteoksi.

Energiatehokkuutta on mahdollista parantaa asukkaan toimesta sekä rakenteellisilla ratkaisulla. Asukkailla on monia mahdollisuuksia pienentää rakennuksen energiankulutusta, mitkä eivät vaadi isoja investointeja tai toimenpiteitä. Varaavalla takalla ja ilmalämpöpumpulla pystytään pienentämään sähkökäyttöisten lämmityspattereiden tarvetta, sisälämpötilan pudottaminen asteella voi vähentää energiankulutusta viidellä prosentilla sekä sähkökäyttöisten laitteiden vaihtaminen vähemmän kuluttaviin laitteisiin tuottaa energiansäästöä. Rakenteellisten ratkaisujen korjaustoimenpiteisiin ryhdytään vasta, kun asukkaan toimesta tehtävät toimenpiteet eivät ole vaadittavia haluttuihin energiasäästöihin tai kun rakenteet tulevat käyttöikänsä päähän.

Rakenteellista ratkaisuista ikkunoiden ja ovien vaihtaminen nykyajan energiatehokkaisiin, ulkoseinän lisälämmöneristäminen ulko- tai sisäpuolelta, ilmatiiveyden varmistaminen ja parantaminen sekä talotekniikan uusiminen ovat korjaustoimenpiteistä energiatehokkuuden parantamisen kannalta ja investointikustannuksiltaan kannattavimmat. Korjausrakentamishankkeen jokainen ratkaisu tehdään ammattilaisen suunnittelemana ja rakenteiden kunnon mukaan, jolloin lämpöhäviöt saadaan pieniksi ja siten energiasäästöt suuriksi. Lopputuloksena saadaan asumisviihtyisyydeltään toimiva rakennus, jonka käyttöikä kasvaa.

LÄHTEET

Elenia (n.d.) Rakennuksen kokonaiskulutus. Haettu 27.10.2018 osoitteesta <https://www.elenia.fi/>

Hirsitaloteollisuus (2014). *Hirsirakentamisen perusteet*. Itseopiskelumateriaali. Haettu 7.5.2018 osoitteesta http://www.hirsikoti.fi/assets/images/Koulutusmateriaali/Hirsirakentamisen_perusteet.pdf

Huotari, A. (2012). *Hirsitalon energiatehokkuus*. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Haettu 7.5.2018 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/45651/Huotari_Antti.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Laskentapalvelut.fi (n.d.) Haettu 27.10.2018 osoitteesta https://www.laskentapalvelut.fi/index_for_JRF.php

Motiva (2012). *Kodin energiaopas*.

Museovirasto (2000). *Lämmöneristyksen parantaminen*. Haettu 27.10.2018 osoitteesta <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/hirsi-seinän%20korjaus.pdf>

Närhi, J. (2012). *Hirsirunkoisen pienpuukerrostalon energiatehokkuuden parantaminen*. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Haettu 13.10.2018 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/39366/Narhi_Jari.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ojanen, T., Nykänen, E., Hemmilä K. (2017) *Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa*. Ympäristöministeriö.

Oulun rakennusvalvonta (n.d.) Energiakorjaus. Haettu 23.10.2018 osoitteesta <http://www.energiakorjaus.info>

Puuinfo (2013). Pientalon energiasaneeraus. Korjaustarpeen arviointi. Haettu 28.10.2018 osoitteesta <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/tee-se-itse/ohjeet/pientalon-energiasaneeraus/pientalon-energiasaneeraus/pientalonenergiasaneeraus-korjaustarpeenarviointi.pdf>

Puuinfo (2016). *P2-paloluokan hirsirakennus*. Tekninen tiedote. Haettu 7.5.2018 osoitteesta <https://www.puuinfo.fi/articles/p2-paloluokan-hirsirakennus>

Rakentajan Tietopalvelu RTI Oyj (2017). Suomirakentaa markkinakatsaus. Haettu 8.8.2018 osoitteesta <https://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/ok-suunnittelu/nain-suomi-rakentaa>

RakMk D3 (2012). Rakennuksen energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Haettu 7.5.2018 osoitteesta https://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Suomi.pdf

RT 11-11294 (2018). Uuden rakennuksen energiatehokkuus. Asetusten 788/2017 ja 1010/2017 tuomat muutokset. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 8.8.2018 osoitteesta <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2411294%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-114778/11294.pdf>

RT 82-11168 (2014). Hirsitalon suunnitteluperusteet. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 7.5.2018 osoitteesta <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2411168%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-111356/11168.pdf>

Ruuska & Häkkinen (2013). *Hirsitalon ympäristövaikutusten elinkaari-laskenta*. Espoo: VTT. Haettu 7.5.2018 osoitteesta http://www.hirsikoti.fi/assets/images/Tutkimukset/VTT/VTT_julkaisu_2013.pdf

Suomen virallinen tilasto (SVT) (2018). Asumisen energiankulutus [verkojulkaisu]. ISSN=2323-3273. 2016. Helsinki: Tilastokeskus. Haettu 27.7.2018 osoitteesta https://www.stat.fi/til/asen/2016/asen_2016_2017-11-17_tie_001_fi.html

VTT (2008). Lausunto rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. Haettu 8.8.2018 osoitteesta <http://www.ym.fi/download/noname/%7B648A4BF3-D2F6-4FEB-9DD4-8B90C1A49D2D%7D/31293>

Ympäristöministeriö (2017). Rakennusten energiamuotokertoimet uudistettu. Ympäristöministeriön tiedote. Haettu 31.7.2017 osoitteesta [http://www.ym.fi/fi/FI/Ajankohtaista/Rakennusten_energiamuotokertoimet_uudist\(45276\)](http://www.ym.fi/fi/FI/Ajankohtaista/Rakennusten_energiamuotokertoimet_uudist(45276))

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Haettu 7.5.2018 osoitteesta <http://www.ym.fi/download/noname/%7BFD99E48D-F28B-452E-8175-29EA77ABD4CA%7D/133872>

Ohjelmaversio 1.03	
Suunnitteluisto X	Työn nro X Päiväys X Tekijä X
Sivu 2 / 2	
Rakennuskohde X	Sisältö U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)

Puurakenteinen alapohja	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	b [mm]	s [mm]
Sisäpinta			0,1700		
1 Hirsi	28	0,120	0,2333		
2 Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	200	0,039	4,3975	48	600
3 Kipsilevy	100	1,700	0,0588		
4 Lämmöneriste	100	0,040	2,5000		
Ulkopinta			0,1700		

Rakenteen kokonaispaksuus	428 mm
Sisäpuoli	
700 650 600 550 500 450 400 350 300 250 200 150 100 50 0 -50 -100 -150 -200 -250 -300 -350 -400 -450 -500	Ulkopuoli

MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI		
Ei muuraussiteitä		
OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUDET		
f _a	0,920	<i>Eriste</i>
f _b	0,080	<i>Pystykoolaus</i>
f _c	0,000	<i>Vaakakoolaus</i>
f _d	0,000	<i>Koolausristeys</i>
OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET		
R _a	8,260	m ² K/W
R _b	4,799	m ² K/W
R _c	0,000	m ² K/W
R _d	0,000	m ² K/W
U-ARVO		
R' _T	7,810	m ² K/W
R'' _T	7,530	m ² K/W
U	0,130	W/m ² K
ΔU''	0,010	W/m ² K
ΔU _g	0,009	W/m ² K
ΔU _f	0,000	W/m ² K

ALAPOHJAN U-ARVO
U_c = 0,1389 W/m²K

VIRHEILMOITUKSET
.
.
.
.
.

Ohjelma-versio 1.03	
Suunnittelubimistö X	Työn nro X Päiväys X Tekijä X
Sivu 2 / 2	
Rakennuskohde X	Sisältö U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)

Puurakenteinen yläpohja	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	b [mm]	s [mm]
Sisäpinta			0,1000		
1 Hirsi	22	0,130	0,1692		
2 Lämmöneriste (sisältää koolauksen)	200	0,039	4,3975	48	600
3 Ilman- ja höyrnsulku	0,2	0,330	0,0006		
Ulkopinta			0,1000		

Rakenteen kokonaispaksuus 222 mm

MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI
Ei muuraussiteitä

OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUUED

f_a	0,920	<i>Eriste</i>
f_b	0,080	<i>Pystykoolaus</i>
f_c	0,000	<i>Vaakakoolaus</i>
f_d	0,000	<i>Koolausristeys</i>

OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET

R_a	5,498	m ² K/W
R_b	2,037	m ² K/W
R_c	0,000	m ² K/W
R_d	0,000	m ² K/W

U-ARVO

R'_T	4,840	m ² K/W
R''_T	4,767	m ² K/W
U	0,208	W/m ² K
ΔU''	0,010	W/m ² K
ΔU _g	0,009	W/m ² K
ΔU _f	0,000	W/m ² K

YLÄPOHJAN U-ARVO

U_c = 0,2169 W/m²K

VIRHEILMOITUKSET

Ohjelmaversio 1.03	
Suunnittelutoimisto X	Työn nro X Sivu 2 / 2
Rakennuskohde X	Sisältö U-arvon määrittäminen (SFS-EN ISO 6946)

Puurakenteinen ulkoseinä	d [mm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Sisäpinta			0,1300
1 Hirsi	230	0,120	1,9167
Ulkopinta			0,0400

<p>Rakenteen kokonaispaksuus 230 mm</p>	<p>MUURAUSSITEET ERISTEEN LÄPI</p> <p>Ei muuraussiteitä</p> <p>OSA-ALUEIDEN PINTA-ALAOSUDET</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>f_a</td> <td style="text-align: center;">1,000</td> <td><i>Eriste</i></td> </tr> <tr> <td>f_b</td> <td style="text-align: center;">0,000</td> <td><i>Pystykoolaus</i></td> </tr> <tr> <td>f_c</td> <td style="text-align: center;">0,000</td> <td><i>Vaakakoolaus</i></td> </tr> <tr> <td>f_d</td> <td style="text-align: center;">0,000</td> <td><i>Koolausristeys</i></td> </tr> </table> <p>OSA-ALUEIDEN LÄMMÖNVASTUKSET</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>R_a</td> <td style="text-align: center;">2,087</td> <td style="text-align: right;">m²K/W</td> </tr> <tr> <td>R_b</td> <td style="text-align: center;">0,000</td> <td style="text-align: right;">m²K/W</td> </tr> <tr> <td>R_c</td> <td style="text-align: center;">0,000</td> <td style="text-align: right;">m²K/W</td> </tr> <tr> <td>R_d</td> <td style="text-align: center;">0,000</td> <td style="text-align: right;">m²K/W</td> </tr> </table> <p>U-ARVO</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>R'_T</td> <td style="text-align: center;">2,087</td> <td style="text-align: right;">m²K/W</td> </tr> <tr> <td>R''_T</td> <td style="text-align: center;">2,087</td> <td style="text-align: right;">m²K/W</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td style="text-align: center;">0,479</td> <td style="text-align: right;">W/m²K</td> </tr> <tr> <td>$\Delta U''$</td> <td style="text-align: center;">0,000</td> <td style="text-align: right;">W/m²K</td> </tr> <tr> <td>ΔU_g</td> <td style="text-align: center;">0,000</td> <td style="text-align: right;">W/m²K</td> </tr> <tr> <td>ΔU_f</td> <td style="text-align: center;">0,000</td> <td style="text-align: right;">W/m²K</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; background-color: #ffffcc; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>ULKOSEINÄN U-ARVO</p> <p>$U_c = 0,4792 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> </div> <p>VIRHEILMOITUKSET</p> <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>	f_a	1,000	<i>Eriste</i>	f_b	0,000	<i>Pystykoolaus</i>	f_c	0,000	<i>Vaakakoolaus</i>	f_d	0,000	<i>Koolausristeys</i>	R_a	2,087	m ² K/W	R_b	0,000	m ² K/W	R_c	0,000	m ² K/W	R_d	0,000	m ² K/W	R'_T	2,087	m ² K/W	R''_T	2,087	m ² K/W	U	0,479	W/m ² K	$\Delta U''$	0,000	W/m ² K	ΔU_g	0,000	W/m ² K	ΔU_f	0,000	W/m ² K
f_a	1,000	<i>Eriste</i>																																									
f_b	0,000	<i>Pystykoolaus</i>																																									
f_c	0,000	<i>Vaakakoolaus</i>																																									
f_d	0,000	<i>Koolausristeys</i>																																									
R_a	2,087	m ² K/W																																									
R_b	0,000	m ² K/W																																									
R_c	0,000	m ² K/W																																									
R_d	0,000	m ² K/W																																									
R'_T	2,087	m ² K/W																																									
R''_T	2,087	m ² K/W																																									
U	0,479	W/m ² K																																									
$\Delta U''$	0,000	W/m ² K																																									
ΔU_g	0,000	W/m ² K																																									
ΔU_f	0,000	W/m ² K																																									