



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Arttu Ikola

Pientalon energiatehokkuuden parantaminen

Opinnäytetyö

Syksy 2024

Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Arttu Ikola

Työn nimi alaotsikoineen: Pientalon energiatehokkuuden parantaminen

Ohjaaja: Juho Lohilahti

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 46

Liitteiden lukumäärä: 6

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin keinoja vanhan pientalon energiatehokkuuden parantamiseen. Työssä käytiin läpi omakotitalon energijakaumia sekä tyypillisimpiä rakenteita ja niiden lämmöneristyskykyjä. Rakenteiden tutkimisen lisäksi tuotiin esiin erilaisia tapoja lisäeristämiseen, rakennuksen tiiviiden parantamiseen sekä ilmanvaihtoon.

Tutkimuskohteena työssä oli vuonna 1995 rakennettu omakotitalo, jossa käytiin tekemässä tutkimusta lämpökamerakuvauksella. Lämpökameratutkimuksen tuloksien perusteella omakotitaloon tehtiin korjaussuunnitelma sekä malli energiatodistuksesta.

¹ Asiasanat: energiatehokkuus, omakotitalot, korjausrakentaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Arttu Ikola

Title of thesis: Improving the energy efficiency of a detached house

Supervisor: Juho Lohilahti

Year: 2024

Number of pages: 46

Number of appendices: 6

In this thesis, ways to improve the energy efficiency of an old detached house were investigated. The work went through the energy distribution of a single-family house, as well as the most typical structures and their thermal insulation capabilities. In addition to examining the structures, various methods for additional insulation, improving the tightness of the building and ventilation were brought up.

The research object in the work was a single detached house built in 1995, where research was carried out using thermal imaging. Based on the results of the thermal camera survey, a repair plan and a model of the energy certificate were made for the detached house.

¹ Keywords: energy efficiency, detached houses, renovation building

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	1
1 JOHDANTO	2
2 PIENTALON ENERGIATEHOKKUUS	3
2.1 Energian käyttö	3
2.2 Energiatodistus.....	6
2.2.1 Energialuokat	6
2.2.2 E-luku.....	8
2.3 Asuinrakennusten lämmitystavat ja niiden kehittyminen	9
2.4 Tyypillisimmät rakenteet ja U-arvot	12
2.4.1 Alapohja.....	13
2.4.2 Ulkoseinät	14
2.4.3 Yläpohja.....	15
2.4.4 Ikkunat ja ovet.....	15
3 KORJAUSRAKENTAMISEN ENERGIAMÄÄRÄYKSET	17
4 KORJAUSRAKENTAMISEN SUUNNITTELU.....	19
4.1 Korjausrakentamisen hyödyt	19
4.2 Selvitykset.....	20
4.2.1 Ilmatiheysmittaus.....	20
4.2.2 Lämpökamerakuvaus.....	20
4.2.3 Asbestikartoitus.....	21
4.2.4 Kosteusmittaukset.....	22
4.3 Hankkeen eteneminen	22
5 KORJAUSTOIMENPITEET	23
5.1 Tiiviiden parantaminen	23

5.2	Lisäeristäminen yleisesti	23
5.3	Alapohjan lisäeristys.....	23
5.4	Ulkoseinien lisäeristys	26
5.5	Yläpohjan lisäeristys.....	30
5.6	Ikkunoiden vaihto	32
5.7	Ilmanvaihto	32
6	TUTKIMUKSET	35
6.1	Lämpökamerakuvaus	35
6.2	Rakennekatselmus.....	35
6.3	Kohteen parannustoimenpiteet ja tulokset	36
6.3.1	Ilmanvaihdon mitoitus	36
6.3.2	Yläpohjan lisäeristys	38
6.4	Energiatodistuksen laatiminen.....	39
7	POHDINTA JA YHTEENVETO.....	42
	LÄHTEET	43
	LIITTEET	46

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Talon pohjapiirustus liitteenä huoneiden ilmavirtauksiin	38
Kuva 2. Yläpohja.....	39
Kuvio 1. Eri vuosina rakennetut talot	3
Kuvio 2. Asumisen energiankulutus käyttökohteiden mukaan vuonna 2020.....	5
Kuvio 3. 1980-luvun rakennuksen energiankulutuksen jakautuminen	6
Kuvio 4. Energiatodistukset vuosina 1980–2000	8
Kuvio 5. Omakotitalojen lämmitystavat vuosittain	11
Kuvio 6. Rintamamiestalon kellarin ja asuinkerroksen välipohjarakenne	13
Kuvio 7. Puukoolattu betonilaatta alapohja	14
Kuvio 8. Kaksoislaatta alapohja	14
Kuvio 9. Kioto-Pyramidi.....	19
Kuvio 10. Asbestin käyttö rakentamisessa eri aikakausina.....	21
Kuvio 11. Puurakenteinen alapohja korjattuna selluvillaeristeellä.....	25
Kuvio 12. Ulkopuolelta lisäeristetty hirsiseinä	27
Kuvio 13. Ulkopuolelta lisäeristetty purueristeinen seinä	28
Kuvio 14. Yläpuolinen lisälämmöneristäminen.....	31
Kuvio 15. Sisäpuolinen lisäeristys.....	32
Kuvio 16. Painovoimainen ilmanvaihto	33
Kuvio 17. Koneellisen tulo- poistoilmanvaihdon toiminta	34

Kuvio 18. Energiatodistuksen etulehti	41
Taulukko 1. 2013- vuoden luokitteluperusta asuinpientalolle	7
Taulukko 2. Esimerkki asuinkerrostalon energiatarpeesta	9
Taulukko 3. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet.....	12
Taulukko 4. Ikkunoiden energialuokitukset	16
Taulukko 5. Yläpohjan tuuletusvälit	30
Taulukko 6. Ilmavirrat huoneittain	38

Käytetyt termit ja lyhenteet

- Lämmönläpäisykerroin, U-arvo** kertoo rakennuksen vaipan lämmöneristyskyvyn. U-arvon yksikkö on watti kelviniä neliometriä kohden W/m^2K .
- Ilmanvuotoluku q50** kertoo rakennusvaipan keskimääräisen vuotoilmavirran tunnissa 50 Pascalin paine-erolla pinta-alaan nähden.
- Lämmöntalteenotto** tarkoittaa ilmanvaihdossa poistoilmasta hyödynnettävää lämpöä rakennuksen tuloilmaan.

1 JOHDANTO

Suomen rakennuskanta vanhenee omakotirakentamisen vähentymisen takia parhaista vuosista. Euroopan Unioni haluaa pienentää rakennusten lämmitykseen käytettävää energiaa ja panostaa uusiutuviin energialähteisiin. Suomessa vanhojen rakennusten energiaremontit tulevat entistä ajankohtaisimmiksi.

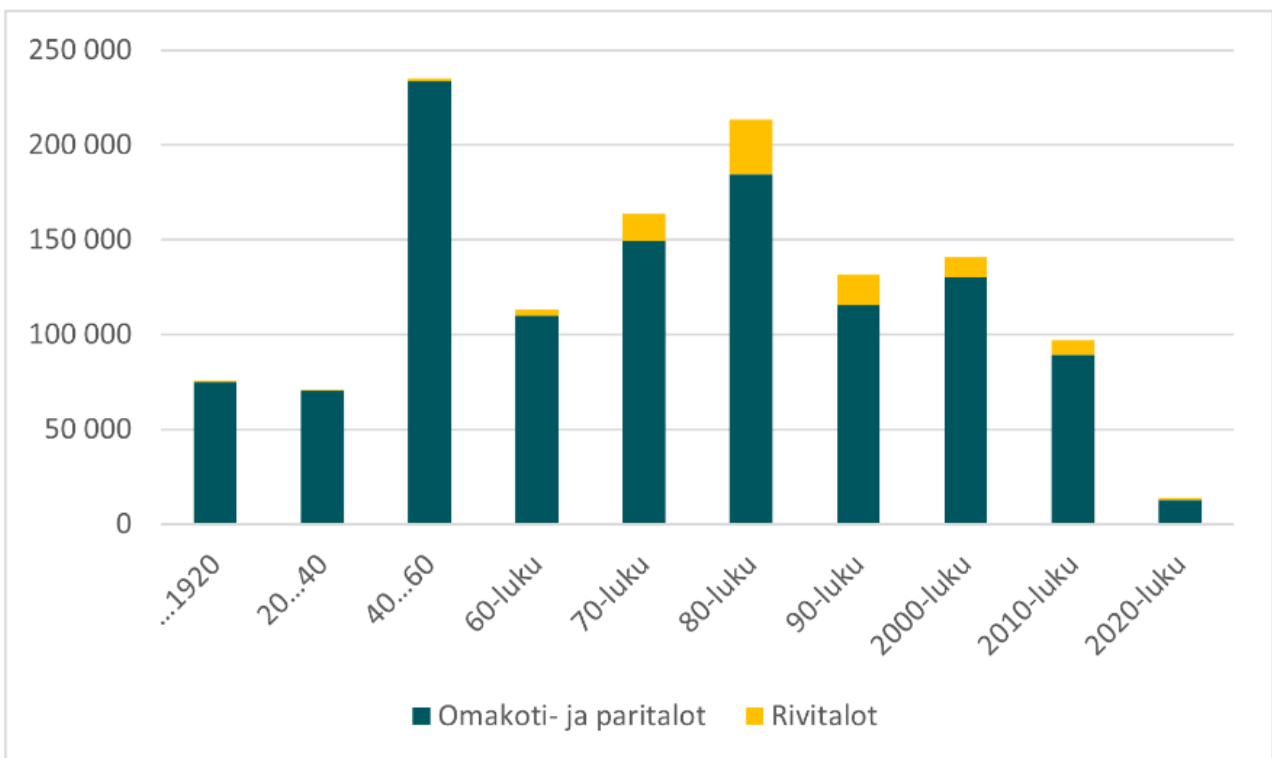
Vanhojen rakennusten energiaremontteihin liittyy kuitenkin paljon kysymyksiä. Ketään ei haluta painostaa korjaamaan valmiiksi toimivaa rakennusta, mutta milloin korjausrakentaminen kannattaa ottaa harkintaan. Suomessa on myös suojeltuja omakotitaloja, joiden julkisivuun ei saa tehdä merkittäviä muutoksia.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan erilaisia keinoja pientalon energiatehokkuuden parantamiseen. Opinnäytetyössä tutkitaan keinoja rakennusten lisäeristämiseen, ilmastuotoihin sekä ilmanvaihdon parannuksiin. Tavoitteena on tuoda selkeä näkemys siitä, miten vanhoja rakennuksia tulisi korjata järkevästi ja tuomalla rakennukselle lisää käyttöikä.

2 PIENTALON ENERGIATEHOKKUUS

2.1 Energian käyttö

Rakentamisen määräykset ovat ohjanneet talonrakentajia jo 1970-luvun energiakriisistä alkaen kohti energiatehokkaampaa rakentamista (Hänninen, 2022, s. 64). 1970-luvulla oli pulaa öljystä, jonka seurauksena rakennuksiin määrättiin paksuntamaan seinien eristevahvuutta sekä pienentämään ikkunoita. Energiamääräykset ovat kasvattaneet rakentamisen hintaa, mutta energiatehokas rakennus maksaa itsensä myöhemmin takaisin lämmityskustannusten laskiessa.



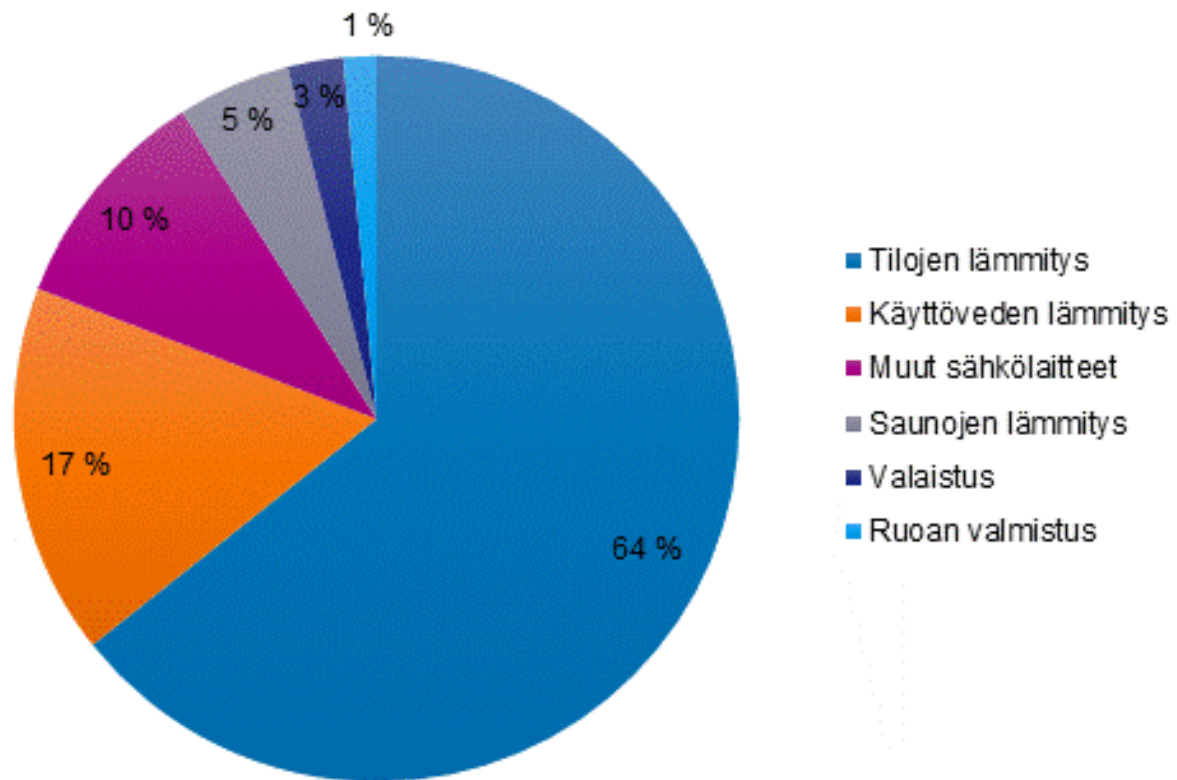
Kuvio 1. Eri vuosina rakennetut talot (Tilastokeskus, 2021)

Kuvio 1 näyttää Suomessa eri vuosikymmeninä rakennettujen omakoti-, pari- ja rivitalojen määrän (Tilastokeskus, 2021). Kuviosta huomaa, että rakentaminen on ollut vilkasta aina 1980-luvulle saakka. 1990-luvun lama laski rakennuskantaa huomattavasti aiemmista vuosikymmenistä. Kuviosta voidaan päätellä, että Suomen rakennuskanta omakoti- pari- ja rivitaloasuntojen osalta on melko iäkästä.

”Uusi rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EU/2024/1275) edellyttää EU:n jäsenmailta kansallista rakennusten perusparannussuunnitelmaa” (Ympäristöministeriö, 2024). Suomen tulee esittää perusparannussuunnitelmassa toimenpiteet, joilla rakennuskanta pyritään saamaan päästöttömäksi vuoteen 2050 mennessä sekä keinot, joilla saavutetaan asuinrakennusten energiatehokkuudelle asetetut tavoitteet. Suunnitelman mukaan yksittäisille asuinrakennuksille ei aseteta määräaikaan sidottuja velvoitteita. Parannussuunnitelmassa on myös esitettävä ne toimet, joilla energiaremontteja voidaan rahoittaa, lisätä energiatehokkuuden osaamista ja koulutusta sekä huomioida haavoittuvassa asemassa olevat kotitaloudet. Suomen tulee toimittaa parannussuunnitelman luonnos EU-komissiolle viimeistään joulukuussa 2025. EU tulee kommentoimaan suunnitelmaluonnosta puolen vuoden aikana ja lopullinen suunnitelma on toimitettava vuoden 2026 lopussa.

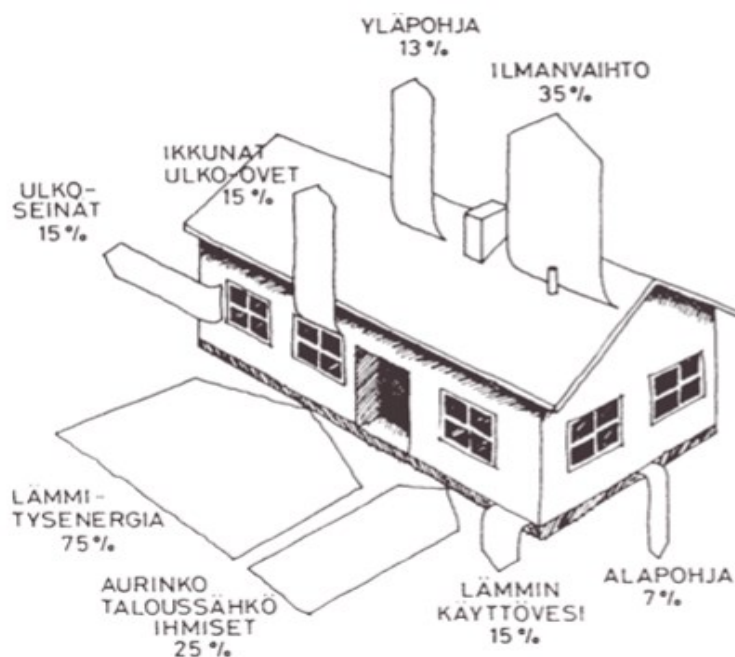
Rakennusten lämmitykseen kuluu noin 22 % koko Suomen energiantuotannosta ja se aiheuttaa noin 25 % kasvihuonekaasupäästöistä (Alanne ym., 2024, s. 75). Omakoti- ja paritaloissa asuu Suomessa noin 1,2 miljoonaa ihmistä. Näistä kuusi prosenttia kuuluu heikoimpiin energialuokkiin F ja G. Tämä kuusi prosenttia aiheuttaa rakennuskannan lämmityksen päästöistä noin neljänneksen. Energian käyttöä kuvataan E-luvulla ja keskienergiankulutuksella.

Energian käyttö asuinrakennuksissa on vähentynyt huomattavasti vuosikymmenten aikana (Alanne ym., 2024, s. 29). 1960-luvulla valmistuneiden rakennusten keskivuosikulutus on noin 240 KWh/m², kun taas 2010-luvulla valmistuneiden rakennusten keskivuosikulutus on noin 85 KWh asuineliötä kohden. Suomessa kiristettiin 1980-luvulla rakennusten energiankäyttöä koskevia vaatimuksia merkittävästi ja sitä uudemmat rakennukset ovat pääasiassa energialuokkaa D tai parempia.



Kuvio 2. Asumisen energiankulutus käyttökohteiden mukaan vuonna 2020 (Tilastokeskus, 2021)

Rakennuksen energiankäyttö jakaantuu tilojen lämmityksen tai jäähdytyksen, käyttöveden lämmityksen, sähkölaitteiden ja valaistuksen käytöstä (Alanne ym., 2024, s. 26). Vanhemmissa rakennuksissa lämmityksen osuus energiankäytöstä on merkittävä, mutta nykyisten rakennusten paremman lämmöneristyksen ansiosta lämmityksen osuus on aina vain pienempi. Kuvio 2 näyttää energiankäytön jakaantumisen keskiarvoltaan kaikissa omakotitaloissa vuonna 2020.



Kuvio 3. 1980-luvun rakennuksen energiankulutuksen jakautuminen (Suomen rakennusinsinöörien liitto (RIL), 2015)

Kuviossa 3 on esitetty vanhemman 1980-luvun omakotitalon energiankäytön jakaantuminen. Kuvioista huomaa, että ilmanvaihdon osuus energiankulutuksesta on merkittävä (35 %), koska lämmöntalteenottoa ei ollut vielä käytössä.

2.2 Energiatodistus

2.2.1 Energialuokat

Rakennuksen energialuokat ovat osa Euroopan unionin ja Suomen energiatehokkuusdirektiivin tavoitteita vähentää rakennusten energiankulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä (Alanne ym., 2024, s. 28). Energialuokat tarjoavat mittariston, jonka avulla voidaan arvioida rakennuksen energiatehokkuutta ja siten vertailla eri rakennuksia toisiinsa. Rakennusten energiatehokkuutta kuvataan luokilla A-G, joista luokka A on paras ja G huonoin. Energiatodistus on laadittava jokaisesta uudisrakennuksesta ja jokaisesta myytävästä tai vuokrattavasta asuinrakennuksesta. Asetus koskee myös vanhan rakennuksen laajennusta tai lämpimän tilan kasvattamista. Alle 50 neliöisestä talosta tai loma-asunnosta energiatodistusta ei tarvita. Energiatodistuksen laatii sertifioitu henkilö ja se on voimassa 10 vuotta.

Rakennuksen energialuokkaan vaikuttaa myös käytettävä energiamuoto (Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimista, 2017). E-luku kerrotaan jollain seuraavista energiamuotojen kertoimista, jolloin saadaan lopullinen arvo, mikä määrittää rakennuksen energialuokan. Energiamuotojen kertoimet perustuvat poliittisiin päätöksiin, joilla halutaan ohjata rakentajia kohti vähähiilisiä lämmitysratkaisuja.

Energiamuotojen kertoimet ovat:

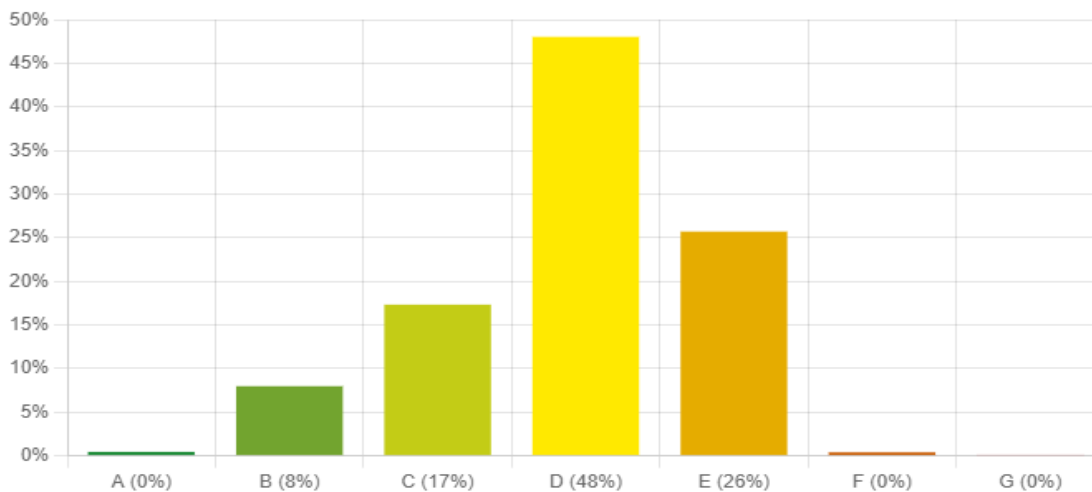
- Sähköenergian kerroin 1,2
- kaukolämmön kerroin 0,5
- kaukojäähdytyksen kerroin 0,28
- fossiilisten polttoaineiden kerroin 1,0
- uusiutuvien polttoaineiden kerroin 0,5

Taulukko 1. 2013- vuoden luokitteluperusta asuinpientalolle

Energialuokka	Energiankulutus (KWh/m²/vuosi)
A	< 94
B	95–164
C	165–204
D	205–284
E	285–414
F	415–484
G	485 <

ENERGIATODISTUKSET LAKI 2018 (27273 KPL)

Energiatehokkuusluokka i



E-Luku i

Keskiarvo
Paras 15%
Heikoin 15%

214 kWh/m²/vuosi
Alle 147 kWh/m²/vuosi
Yli 278 kWh/m²/vuosi

Kuvio 4. Energiatodistukset vuosina 1980–2000 (Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA), i.a.)

Kuvio 4 näyttää 1980–2000 luvun rakennusten jakaantumisen energialuokkiin. Jopa 26 % tuon ajan rakennuksista kuuluu vielä energialuokkaan E. EU:n tavoitteena on korjata kaikki asuinrakennukset vähintään luokkaan D vuoteen 2033 mennessä (Euroopan parlamentti, 2023).

2.2.2 E-luku

E-luku on energiatehokkuuden vertailuarvo, joka on energiamuotojen kertoimilla ja rakennuksen käytön mukaan laskettu arvo (Hänninen, 2022, s. 64). E-lukuun ei vaikuta esimerkiksi se, miten kauan kyseinen asukas pitää saunaa päällä tai miten hän valmistaa ruoan. E-luku kertoo, miten paljon rakennus tarvitsee ostoenergiaa lämmitettyä nettoalaa kohden (kWh/m²/vuosi). Luku sisältää tilojen lämmityksen tarpeen, käyttöveden lämmityksen, sähkölaitteet, ilmanvaihdon sekä muiden taloteknisten laitteiden energian tarpeen. E-luku saadaan laskettua kaavalla: ostoenergia * energiamuodon kerroin (Suomen

Rakennusinsinöörien liitto (RIL), 2015, s. 24). Taulukossa 2 on esitetty energiajakaumaa asuinkerrostaloissa 1940-luvulta tähän päivään.

Taulukko 2. Esimerkki asuinkerrostalon energiatarpeesta (RIL, 2015)

Karkea talotyyppi kuvaus	Talot 1940 – 1959	Talot 1960 – 1975	Talot 1975 – 2011	Talot 2012 – kWh/m ² .	Talot Luokka B kWh/m ² .	Talot Luokka A kWh/m ² .
Lämpöenergian tarve	140–200	110–150	80–110	70–85	45–70	45–65
	100–150	80–120	45–70	35–45	25–40	25–35
Käyttöve-						
	Sähköenergian tarve	30–50	25–45	25–45	35–45	35–50
	-LVI lait-	15–25	15–25	15–25	30–35	30–40
	15–25	10–20	10–20	5–10	5–10	5–10
Energiantarve vht.	170–250	140–190	105–155	105–130	76–110	75–115
Uusiutuvan energian				0 %	10 %	40 %
Ostoenergian kulutus vht.	170–240	140–185	115–150	105–130	70–90	<40
E-luku	191–240	161–190	131–160	101–130	76–100	<75
Energialuokka	F	E	D	C	B	A

2.3 Asuinrakennusten lämmitystavat ja niiden kehittyminen

Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2020 suosituin lämmitysmuoto Suomessa oli kaukolämpö, mutta tähän tilastoon on laskettu mukaan kaikki asuinmuodot. Kotona lämmittämiseen poltettavien polttoaineiden niin kiinteiden, kuin myös nestemäisten aineiden poltto on vähentynyt 1980-luvulta nykyiseen merkittävän paljon (Tilastokeskus, i.a.). Lämmitysmuodon valintaan vaikuttaa talon sijainti, sisäilman laadun vaatimukset ja energiamääräykset (RIL, 2015, s. 85). Lämpöpumppujen markkinoille tulo sekä öljyn korkea hinta on saanut muutokset aikaan öljylämmityksestä luopumisessa.

Kaukolämmitys on useiden kulutuskohteiden yhteinen lämmönjakojärjestelmä, jossa vesi lämmitetään tuotantolaitoksessa ja siirretään kaukolämpöverkkoa pitkin asiakkaan

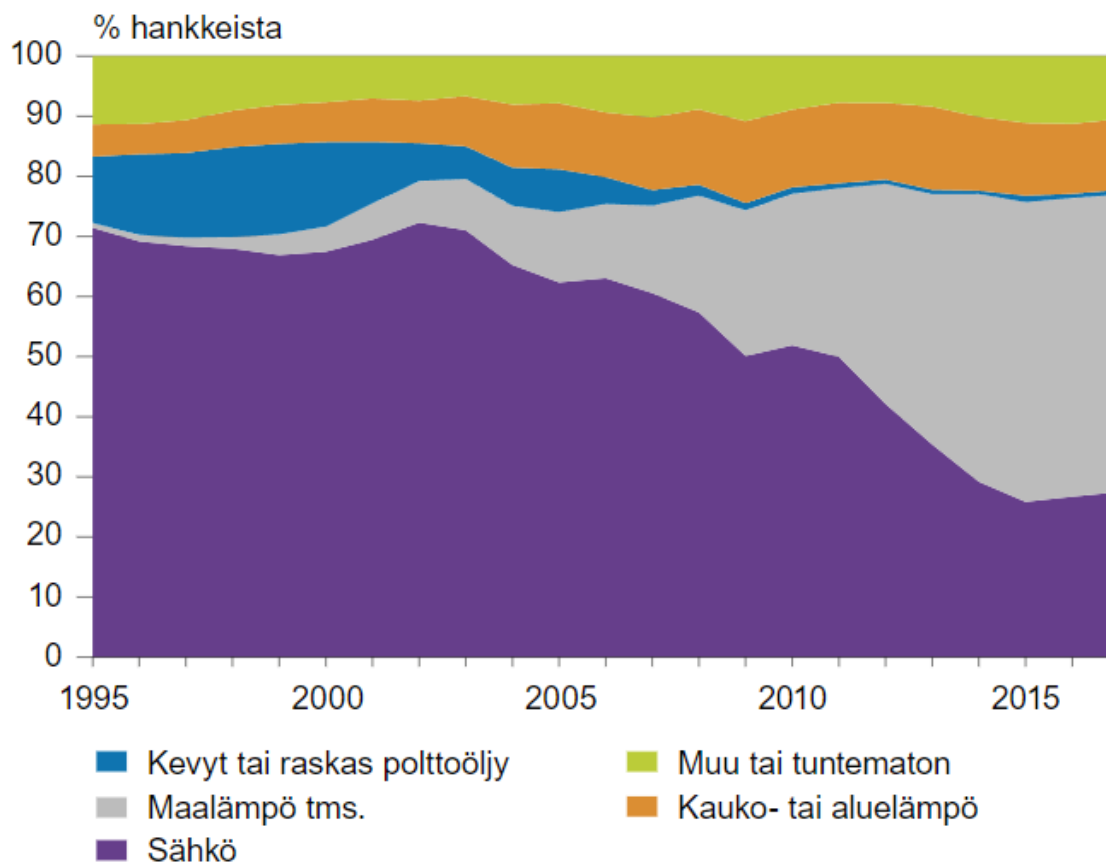
lämmönjakokeskukseen (Rakennustieto, 2007). Kaukolämmön vesi kiertää lämmönvaihtimen läpi ja palaa sen jälkeen jäähtyneenä paluuputkea pitkin takaisin tuotantolaitokseen.

Maalämpö on lämmitysmuoto, jossa hyödynnetään maahan varastoitunutta energiaa ja geo-termistä energiaa (Gebwell, i.a.). Maahan asennettua keruupiiriä eli lämmönkeruuputkistoa pitkin kiertää jäätymätön maaliuos, johon maahan varastoitunut lämpö siirtyy. Lämmönkeruuputkistossa kiertävä maaliuos tulee maalämpöpumpun höyrystimelle, jossa se kohtaa jääkylmän kylmäaineen, joka aiheuttaa kylmäaineen höyrystymisen. Kaasuuntunut höyry johdetaan kompressoriin, joka puristaa sen korkeaan paineeseen lämmittäen kaasun. Kaasu ohjataan toiseen lämmönvaihtimeen, jossa se luovuttaa lämmön lämmitysjärjestelmässä kiertävään veteen.

Lämpöpumppuja on erilaisia, mutta niiden toimintaperiaate on kaikissa sama (Scanoffice, i.a.). Ulkoyksikkö ottaa ulkoilmasta energiaa ja ulkoyksikössä oleva puhallin kierrättää ulkoilmaa höyrystimen läpi. Ulkoyksikössä oleva kompressori puristaa laitteen kylmäaineen niin, että kylmäaineen olomuoto muuttuu höyrystinkennossa nesteestä höyryksi. Kompressori puristaa kaasuksi muuttuneen kylmäaineen korkeampaan paineeseen, joka nostaa aineen lämpötilaa. Kuuma kaasu ohjataan ulkoyksiköltä sisäyksikön lauhduttimeen, jossa se luovuttaa lämpöä.

Kevytöljylämmityksessä rakennuksen lämmitys- ja käyttövesi lämmitetään öljypolttimen ja vesikattilan avulla (Rakennustieto, 2007). Järjestelmä koostuu öljysäiliöstä, öljypolttimesta, vesikattilasta ja erilaisista putkistoista ja kierukoista. Lämpö muodostuu öljyn palamisesta kattilan alaosassa, joka lämmittää yllä olevan kattilaveden. Lämmitysmuoto aiheuttaa öljyn polttamisen vuoksi myös ympäristölle haitallisia savukaasuja ja päästöjä.

Sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan sähkövastuksen avulla yleensä suoraan lämmitettävässä tilassa (Rakennustieto, 2007). Lämpö voidaan tuottaa huonetilassa lattialämmityksen, kattolämmityksen tai patterilämmityksen avulla. Sähkölämmitystä voidaan hyödyntää myös vesikiertoisessa lämmityksessä, jolloin sähkövastus lämmittää veden, jonka avulla lämpö välittyy huonetilaan. Suora sähkölämmitys on ollut Suomessa suosituin pientalon lämmitysmuoto vielä 1990-luvulla (Tilastokeskus, 2021).



Kuvio 5. Omakotitalojen lämmitystavat vuosittain (Tilastokeskus, 2018)

Kuvio 5 näyttää omakotitalojen lämmitystapojen muutoksen vuosittain. Vuonna 1995 sähkölämmitys oli vielä selkeästi yleisin lämmitystapa, joka perustui sähkön halpaan hintaan ja lämmitystavan edulliseen rakennushintaan. Öljylämmitys oli myös yleinen vielä vuonna 1995, mutta 2000-luvun alussa sen suosio alkoi huomattavasti laskea. Nykyisin suosituin lämmitystapa omakotitalossa on maalämpö (Tilastokeskus, 2018).

2.4 Tyypillisimmät rakenteet ja U-arvot

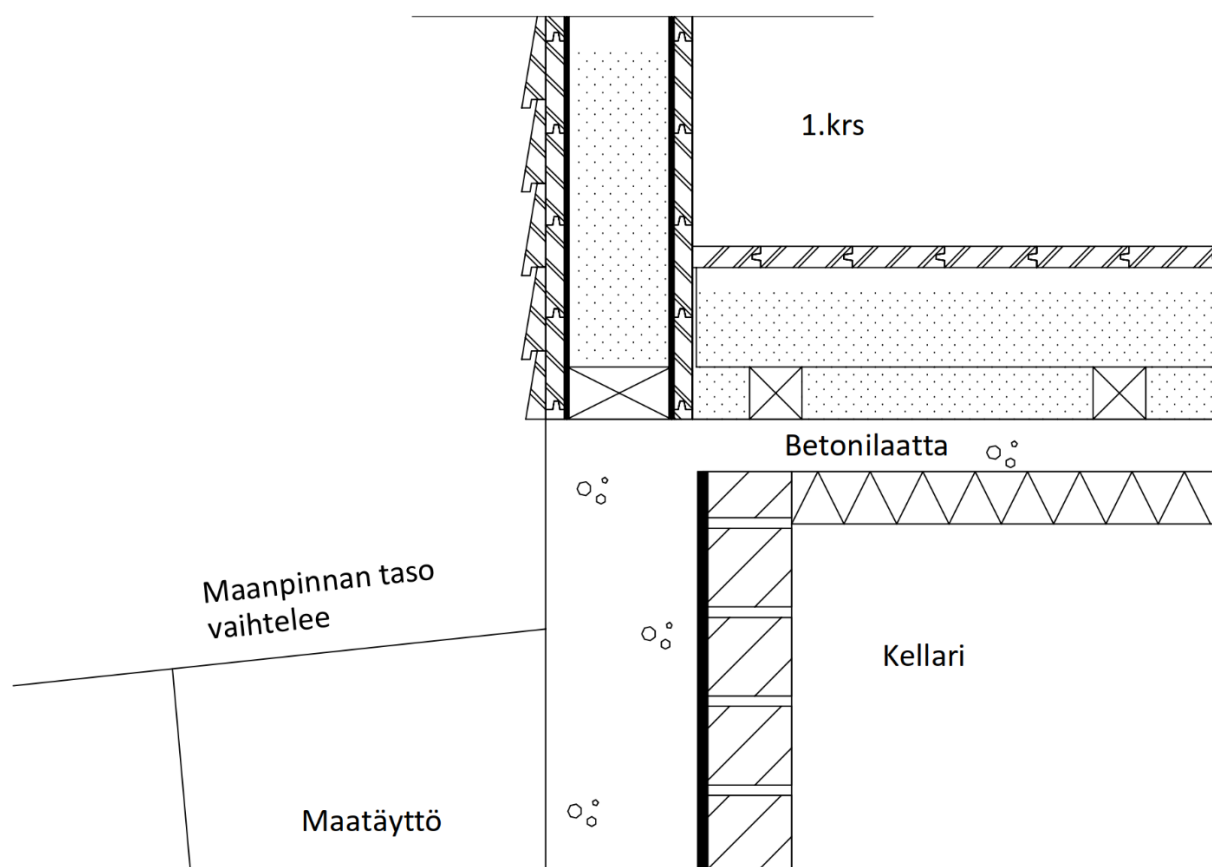
Taulukko 3. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet (Ympäristöministeriö, 2018)

Rakennusosa	Rakennusluvan vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-2018-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17*	0,17*
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätillainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Puolilämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26*	0,26*
Maanvarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätillainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

Rakenteiden lämmönläpäisykerroin eli U-arvo kuvaa rakenteen läpi vakio-olosuhteissa siirtyvää lämpövirtaa rakenteen pinta-alan ja sen yli lämpötilaeron suhteen (Ojanen ym., 2017, s. 19). U-arvon yksikkö (W/m^2K) on sitä pienempi, mitä vähemmän sen kautta siirtyy lämpöä samalla lämpötilaerolla. U-arvoon ei vaikuta auringon säteily tai ilmavirtaus rakenteen läpi. U-arvon laskennassa käytetään kuitenkin lämmöneristeen läpäiseville raoille korjauskerrointa muuttamaan raon U-arvoa heikentävää vaikutusta. U-arvo on käyttökelpoinen suure vertailtaessa rakenteiden lämmöneristävyttä. Taulukossa 3 on esitetty rakennusmääräysten vuosittaiset U-arvo vaatimukset.

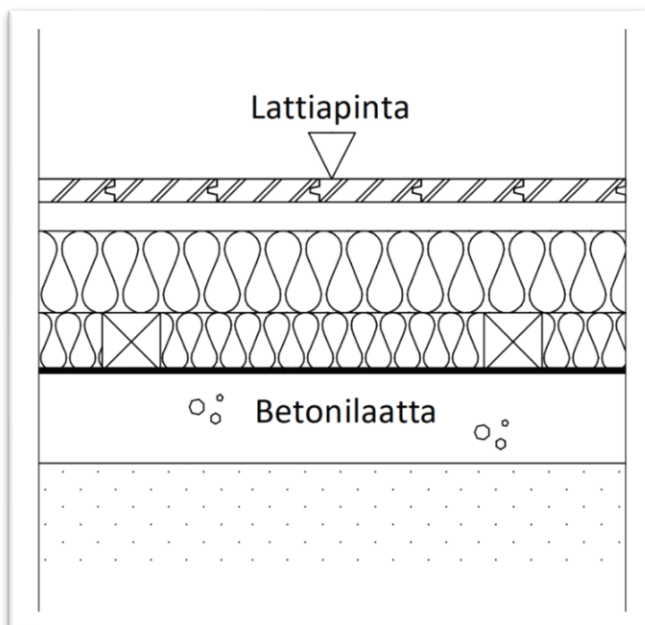
2.4.1 Alapohja

Alapohjarakenteita on vuosien aikana rakennettu monella eri tavalla. 1950-luvulla oli tyypillistä, että omakotitalossa oli kellari (Käyhkö, 2023). Kellarin seinät olivat usein sisäpuolelta vedeneristettyjä ja lämmöneristettyjä, jossa piilee riskirakenne. Asuinkerroksen ja kellarin välissä oli yleensä betonilaatta, jossa kylmäsilat olivat yleisiä ja betonilaatan päälle rakennettu puukoolattu lattia myös riskirakenne.

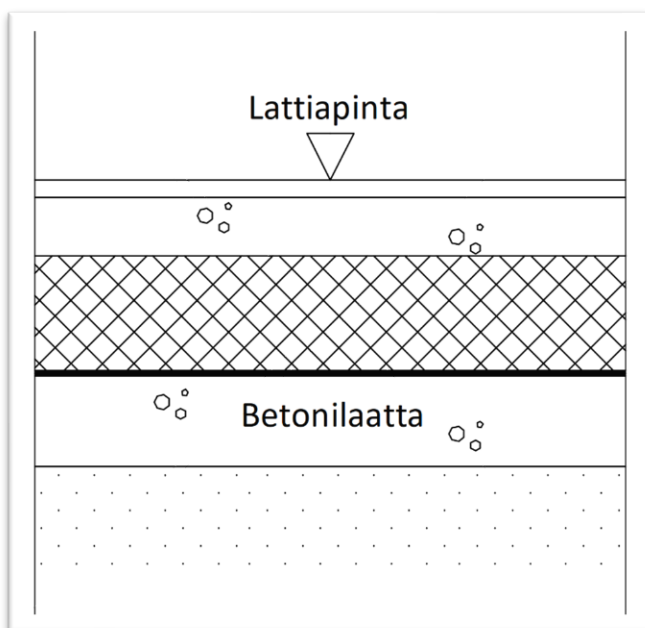


Kuvio 6. Rintamamiestalon kellarin ja asuinkerroksen välipohjarakenne (Käyhkö, 2024)

1960-luvulla kellareista alettiin luopua ja alapohja rakennettiin yleensä betonilaatan päälle koolattuna ja yläpuolelta eristettynä puulattiana (Käyhkö, 2023). Aikakaudella rakennettiin myös rossipohjaisia omakotitaloja ja kaksoislaattaisia alapohjia. 1960-luvun alussa puukoolattu lattia saatettiin eristää myös purueristeellä. Betonilaatan päälle tehtiin yleensä vedeneristys, jolla pyrittiin estämään maakosteuden nousu rakenteisiin. Näitä samoja alapohjarakenteita käytettiin vielä 1990-luvulla, mutta jo 1970-luvulla osa suunnittelijoista alkoi suosia alapuolelta eristettyä betonilaattarakennetta. Kuvioissa 8 ja 9 on esitetty tyypillisiä alapohjarakenteita 1960–1990-luvulta.



Kuvio 7. Puukoolattu betonilaatta alapohja (Käyhkö, 2023)



Kuvio 8. Kaksoislaatta alapohja (Käyhkö, 2023)

2.4.2 Ulkoseinät

1900-luvun alun hirsirakenteisista ulkoseinistä alettiin siirtyä rankarunkoisiin ulkoseiniin 1930-luvulla lähinnä kustannustehokkuuden takia (Käyhkö, 2023). Aluksi rankarunkoisissa seinissä käytettiin eristeenä yleensä sahanpurua tai kutteria, mutta joskus myös turvetta

tai sammalta. Mineraalivillaeristeeseen alettiin siirtyä 1960-luvulla. Ongelma ulkoseinära-kenteissa oli pitkään heikko tuuletus ulkoverhouksen takana. Vasta 1980-luvulla alettiin kiinnittää huomiota tuuletusrakoihin ulkoverhouksen takana.

2.4.3 Yläpohja

Yläpohjien eristystavat ovat muuttuneet aikakausittain samaan tyyliin kuin ulkoseinienkin (Käyhkö, 2023). 1960-luvulle asti yläpohja ja vesikatto oli tyypillisesti harjakattoinen. 1960-luvulla alettiin rakentaa matalia tasakattoisia tai loivalla harjakatolla olevia taloja. Loivien kattojen ja yläpohjan tuuletuksissa oli tyypillisesti puutteita. Sahanpurueristettä ja muita orgaanisia materiaaleja on käytetty 1960-luvulle asti. Höyrynsulkumuovi ja tiivistyspaperi tulivat kuvioihin mukaan 1970-luvulla. Nykyajan puhalluseristeet ja ekovillat ovat tulleet markkinoille 1990-luvulla.

2.4.4 Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden lämmöneristävyydellä on merkittävä vaikutus talon lämpöhäviöihin (Motiva, 2024). Uusi ikkuna voi olla vanhaa ikkunaa 10 kertaa tehokkaampi eristämään lämpöä. Ikkunoiden vertailulle on olemassa E-arvo, johon on laskettu ikkunan U-arvo, auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin g-arvo ja ikkunan ilmanvuotoluku L. G-arvo kertoo, miten paljon ikkuna päästää auringonsäteilyä läpi. Pieni g-arvo tarkoittaa vähäisempää läpäisyä. E-luvun yksikkö on esimerkiksi 100 kWh/m², joka tarkoittaa, että jokainen ikkunan neliömetri luovuttaa vuoden aikana 100kW/h energiaa.

Vanhan ikkunan E-arvo voi olla esimerkiksi 250 kWh/m², kun taas uuden ikkunan E-arvo voi olla 35 kWh/m² (Pihla, 2022). Ikkunat on luokiteltu asteikolla A++ - G. Taulukossa 4 on esitetty ikkunoiden energialuokitukset ja niiden E-arvot.

Taulukko 4. Ikkunoiden energialuokitukset (Pihla, 2022)

Ikkunan energialuokka	E-arvo (kWh/m²)
A++	< 45
A+	45–64
A	65–84
B	85–104
C	105–124
D	125–144
E	145–164
F	165–184
G	185 <

3 KORJAUSRAKENTAMISEN ENERGIAMÄÄRÄYKSET

Suomen rakentamismääräyskokoelma sai ensimmäisen korjausrakentamista koskevan säädöksen vuonna 2013 (Ojanen ym., 2017). Rakennuksen energiatehokkuutta täytyy ympäristöministeriön asetuksen 4/13 mukaan parantaa luvanvaraisen korjauksen yhteydessä aina, kun se on toiminnallisesti, teknisesti ja taloudellisesti järkevää (Nieminen & Virta, 2016, s. 7). Korjaustoimenpiteet voivat kohdistua esimerkiksi rakennuksen teknisiin järjestelmiin, rakenteisiin tai rakennusosiin. Kiinteistön omistajalla on kuitenkin vapaus päättää, miten rakennuksen energiatehokkuutta parannetaan. Mikäli muuta tarvetta korjauksiin ei ole, ei energiaremonttia tarvitse erikseen lähteä tekemään. Korjausrakentamista säätelee Suomen rakentamismääräyskokoelma 2/11.

Rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen on olemassa kolme eri vaihtoehtoista tapaa sen toteutukseen (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, 2013). Ensimmäinen tapa on parantaa vaipan rakenteen U-arvoa seuraavien ohjearvojen mukaisesti:

-Ulkoseinä: Alkuperäinen U-arvo*0,5 W/m²K, kuitenkin enintään 0,17 W/m²K. Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä alkuperäinen U-arvo*0,5, kuitenkin enintään 0,60 W/m²K.

-Yläpohja: Alkuperäinen U-arvo*0,5 W/m²K, kuitenkin enintään 0,09 W/m²K.

-Alapohja: Parannetaan mahdollisuuksien mukaan, mutta ei saa heikentyä

-Ikkunat ja ovet: Uudet U-arvo vähintään 1,0 W/m²K. Vanhoja korjattaessa parannetaan lämmönpitävyyttä mahdollisuuksien mukaan.

Julkisivukorjaamisen yhteydessä on helppoa parantaa samalla myös rakenteen U-arvoa (Nieminen & Virta, 2016, s. 9). Julkisivu- ja kattorakenteiden U-arvon tulisi puolittua korjausten jälkeen alkuperäiseen U-arvoon nähden. Vanhan rakenteen U-arvon ei tarvitse siis vastata uuden rakennuksen vaatimia U-arvoja. Alkuperäisenä U-arvona käytetään suunnitelmista saatuja arvoja tai taulukon 3. mukaisia ohjeellisia arvoja.

Energiatehokkuutta voidaan parantaa myös laajemmassa peruskorjauksessa, joka kohdistuu rakenteiseen ja taloteknisiin järjestelmiin. Korjausten avulla pienennetään rakennuksen kokonaisenergiankulutusta ja siihen on kaksi erilaista tapaa. Ensimmäinen tapa perustuu

ostoenergiankulutukseen suhteessa rakennuksen pinta-alaan. Vaatimus pien-, rivi- ja ketjutaloille on $<180 \text{ kWh/m}^2$, a. Toinen tapa perustuu alkuperäiseen E-lukuun ja sen pienentämiseen kaavalla $0,8 \cdot E$ -laskettu.

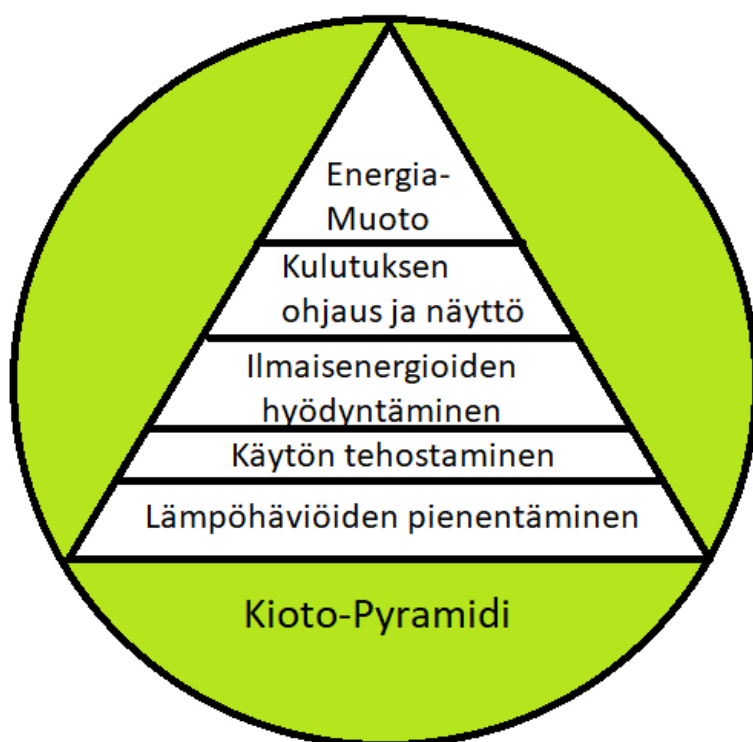
Laajemmassa peruskorjauksessa täytyy kuitenkin suunnitella tarkasti energiaremontti ja sen vaatimat talotekniset vaatimukset. Rakennuksen teknisiä järjestelmiä korjattaessa on noudatettava seuraavia vaatimuksia (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, 2013):

1. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä eli lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 45 %.
2. Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$.
3. Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään $1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$.
4. Ilmastointijärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään $2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$.
5. Lämmitysjärjestelmien hyötysuhdetta parannetaan laitteiden ja järjestelmien uusimisen yhteydessä mahdollisuuksien mukaan.

4 KORJAUSRAKENTAMISEN SUUNNITTELU

4.1 Korjausrakentamisen hyödyt

Korjausrakentamisella haetaan lisää elinikää ja rakenteiden toimivuutta vanhalle rakennukselle tai rakenteille (Ojanen ym., 2017). Hyvin lämmöneristetty, energiatehokas, ilmatiiviideltään riittävä ja kosteusteknisesti toimiva rakennus on viihtyisä ja kustannustehokas. Korjauksen tavoitteena on saada rakennukseen hyvä sisäilma. Hyvin lämmöneristetyissä rakennuksissa sisäpintojen lämpötilat ovat lähellä sisälämpötilaa jopa kylminä vuodenaikoina. Rakennuksen ilmatiiviyys tulee olla riittävä, jotta ilmanvaihto toimii hyvin ja saadaan aikaa vedottomuus. Vanhan rakennuksen ilmanvaihto on usein riittämätön huonetiloihin ja asukkaisiin nähden.



Kuvio 9. Kioto-Pyramidi (Ojanen ym., 2017)

YK:n ilmastosopimusta täydentävä Kioton pyramidi tuli voimaan vuonna 2005. Pyramidi esittää energiatehokkaan rakennuksen suunnittelumallia. Pyramidin pohja rakentuu siihen, että panostetaan lämpöhäviöiden pienentämiseen. Kuvio 9 esittää Kioton pyramidin eri portaat.

4.2 Selvitykset

Korjausrakennuksessa haastavaa on rakennuksen tunteminen ja sen kartoittaminen (Ojanen ym., 2017). Vanhan rakennuksen kartoittaminen vaatii usein asiantuntijoiden yhteistyötä ja vanhojen dokumenttien tutkintaa. Vanhasta rakennuksesta on hyvä kartoittaa vaipan alkuperäiset rakenteet, mahdolliset korjatut rakenteet sekä ilmanvaihtoon liittyvät asiat. Vanhasta rakennuksesta on hyvä teettää sisäilmatutkimusta sekä ottaa rakenteista asbestinäytteitä. Rakennesuunnittelijaa voi olla myös hyvä konsultoida tutkimukseen liittyen.

Korjausrakentaminen ja rakenteiden lämmöneristävyyden parantaminen ei todennäköisesti ole mahdollista kaikkien rakenneosien kannalta (Ojanen ym., 2017). Energiaremontissa on hyvä kartoittaa rakennuksesta ne heikoimmat osat, joita lähdetään parantamaan. Rakennuksesta on hyvä kartoittaa ilmavuodot, kylmäsilat ja mahdolliset huonon eristyksen omaavat rakenteet. Nämä toimenpiteet onnistuvat lämpökamerakuvausella ja ilmatiiveysmittauksella. Rakennusvaipan vuodot vaikuttavat huonolla tavalla myös ilmanvaihtoon.

4.2.1 Ilmatiiveysmittaus

Ilmatiiveysmittauksessa huonetilaan luodaan 50 Pa:n paine-ero ulkoilmaan nähden (Ojanen ym., 2017). Mittaus tehdään sekä ali- ja ylipaineolosuhteissa. Ilmavirta mitataan ja siitä lasketaan vuotoilmalle luku (q_{50}), joka tarkoittaa vaipan pinta-alaa ja aikayksikköä kohden ($m^3/(h/m^2)$). Mittauksesta selviää ilmavuodon kokonaismäärä sekä suurimmat ilmavuotokohdat. Mittauksen tehdessä kylmänä vuodenaikana saadaan mittaukseen yhdistettyä lämpökamerakuvaus, jolla voidaan selvittää pahimmat vuotopaikat.

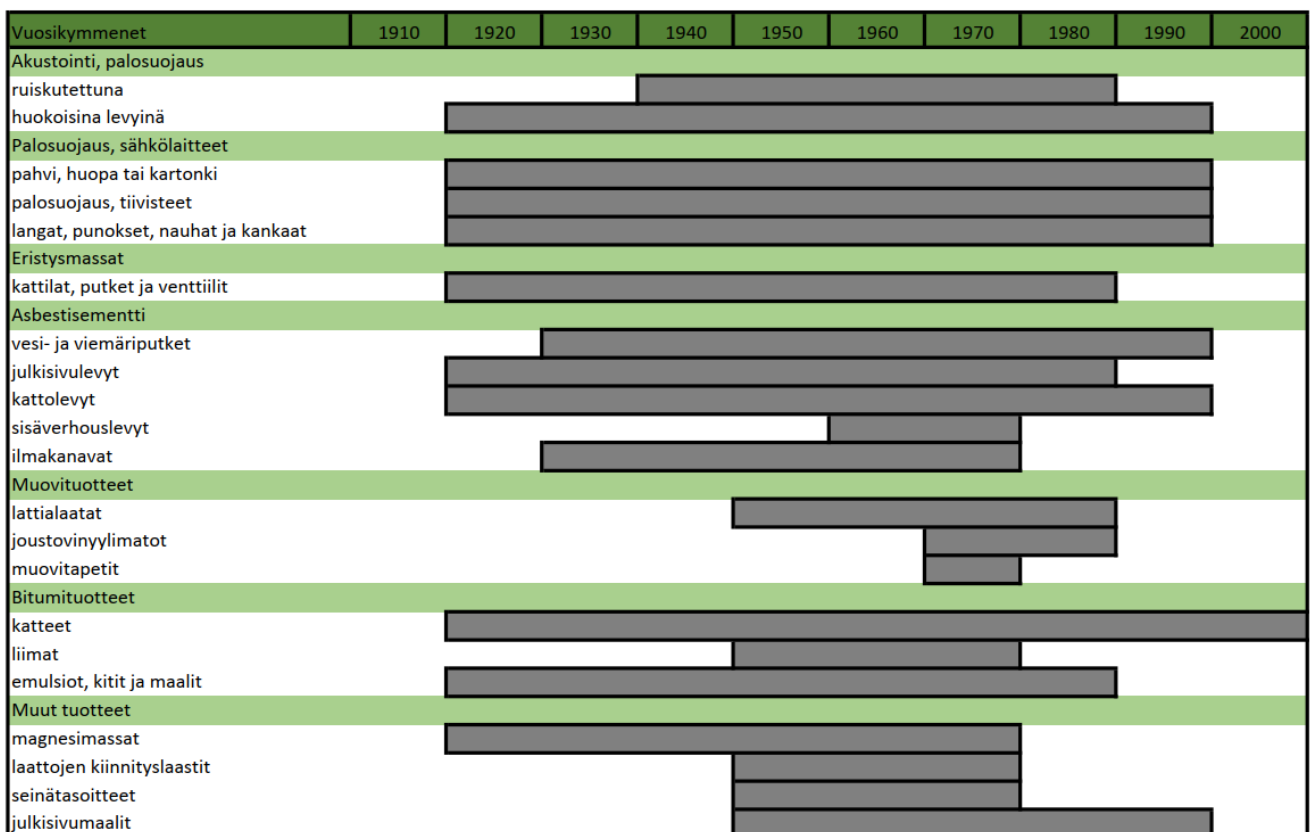
4.2.2 Lämpökamerakuvaus

Lämpökamerakuvaus voidaan tehdä myös erillisenä toimenpiteenä ilman tiiveysmittausta (Talotekniikka-lehti, 2024). Lämpökamerakuvaus edellyttää tiettyjä olosuhteita ja valmisteluja ennen itse kuvausta. Lämpökamera tulisi olla kalibroitu viimeisen kahden vuoden sisään. Kuvatessa sisä- ja ulkolämpötilan ero ei saa olla alle 15 astetta. Sisätiloissa tulisi olla lievä alipaineistus kuvatessa.

4.2.3 Asbestikartoitus

Asbestipurkuun ja asbestitöihin liittyvä laki tuli voimaan vuonna 2016 (Ojanen ym., 2017). Ennen vuotta 1994 rakennetuissa rakennuksissa on käytetty asbestipitoisia rakennusmateriaaleja. Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta (798/2015) määrää asbestin kartoitukselle seuraavaa: 1) Asbestikartoituksessa on paikallistettava purettavassa kohteessa oleva asbesti, 2) Asbestikartoituksessa on selvitettävä asbestin ja sitä sisältävien materiaalien laatu ja määrä, 3) Asbestikartoituksessa on selvitettävä rakenteissa olevan asbestin ja sitä sisältävien materiaalien pölyävyys niitä käsiteltäessä tai purettaessa.

Asbestikartoituksesta tulee laatia raportti, joka kertoo yksiselitteisesti, mitä rakenteita on tutkittu. Raportista tulee myös löytyä toimenpidesuosituksia ja kustannusarvio. Asbestikartoituksen saa suorittaa henkilö, jolla on tuntemusta asbestityöstä. Kuviossa 10. on esitetty asbestin käyttö rakennuksissa vuosittain.



Kuvio 10. Asbestin käyttö rakentamisessa eri aikakausina (Ojanen ym., 2017)

4.2.4 Kosteusmittaukset

Kuntotutkimusten keskeinen osa on myös kosteusmittaukset rakenteille (Ojanen ym., 2017). Korjattavan rakenteen kunto kannattaa selvittää perusteellisesti, koska esimerkiksi kosteusvaurioitunutta seinärakennetta ei missään nimessä kannata lähteä lisäeristämään.

4.3 Hankkeen eteneminen

Korjausrakentaminen tulee ajankohtaiseksi silloin, kun rakennuksen käyttöikä alkaa lähentyä loppuaan tai rakennuksessa on havaittu ongelmia tai puutteita (RIL, 2015). Korjausrakennushanketta aloittaessa täytyy aina miettiä korjausrakentamisen laajuutta ja kiinteistön nykyistä kuntoa sekä arvoa (Ojanen ym., 2017). Suunnitteluvaiheessa on hyvä miettiä talon pitkän tähtäimen suunnitelmaa PTS (Energiatehokas koti, 2024). PTS helpottaa omakotitalon omistajaa suunnittelemaan remontteja ja niiden aikataulua. Mikäli omakotitalosta ei ole tehty PT-suunnitelmaa, on hyvä konsultoida kuntotutkijaa luomaan rakennukselle sellainen. Rakennuslupaa korjaukseen tulee hakea, mikäli remontissa tehdään uudisrakentamiseen verrattavia töitä. Toimenpidelupa tarvitaan silloin, kun rakennukseen tehdään pienempiä muutoksia. Oman asuinkunnan rakennusvalvonta kertoo, millaisen luvan tai ilmoituksen tarvitsee remonttia varten.

5 KORJAUSTOIMENPITEET

5.1 Tiiviyn parantaminen

Tiiveyden parantamisella on tarkoitus estää hallitsemattomat vuotoilmat sisäilmaan (Laine ym., 2022). Tiiveyden parannuskorjauksessa tiivistetään yleensä rakenteiden liitoskohtia, saumoja, läpivientejä tai kokonaisia lattioita, seiniä tai kattoja. Tiivistämisen tarkoituksena ei ole tehdä kodista asuttavaa muovipussia, vaan parantaa vuotopaikkoja ja energiahukkaa lähtötilanteeseen nähden. Korjauksen käyttöikä riippuu tiivistyksessä käytetyistä materiaaleista.

Tiivistämisessä on tärkeää tuntea rakenteen kosteustekninen toiminta (RIL, 2015, s. 200). Rakenteen tiivistäminen väärillä materiaaleilla saattaa estää sen kuivumista sisäilmaan. Ennen tiiveyden parantamista onkin hyvä konsultoida rakennesuunnittelijaa. Silloin, kun tiivistämisellä haetaan energiatehokkuuden parantamista, on hyvä suunnata korjaukset merkittävimpiin vuotopaikkoihin. Vanhoissa rakennuksissa merkittävimpiä vuotopaikkoja ovat yleensä ikkunat, alapohja ja sen liittymät, yläpohjan liittymät sekä sähkörasioiden aukot ulkoseinissä. Heikoimmat paikat selviävät parhaiten lämpökamerakuvauksen avulla. Ilmatiiveyttä harvemmin lähdetään kuitenkaan parantamaan ainoana toimenpiteenä.

5.2 Lisäeristäminen yleisesti

Kaikessa lisäeristämisessä tulee ottaa huomioon rakenteen nykyinen kunto ja sen rakennusfysikaaliset ominaisuudet (RIL, 2015, s. 200). Lisäeristäminen kannattaa suunnitella huolella, jotta sillä ei pilata koko rakennusta. Lisäeristämisen tarkoitus on myös korjata rakenteen toimivuutta ja lisätä rakennuksen käyttöikää. Kaikessa lisäeristämisessä tulee tarkistaa mahdolliset kosteusvauriot sekä poistaa vaurioituneet rakenteet. Kosteusvaurioituneen rakenteen päälle ei saa lähteä suorittamaan lisäeristystä.

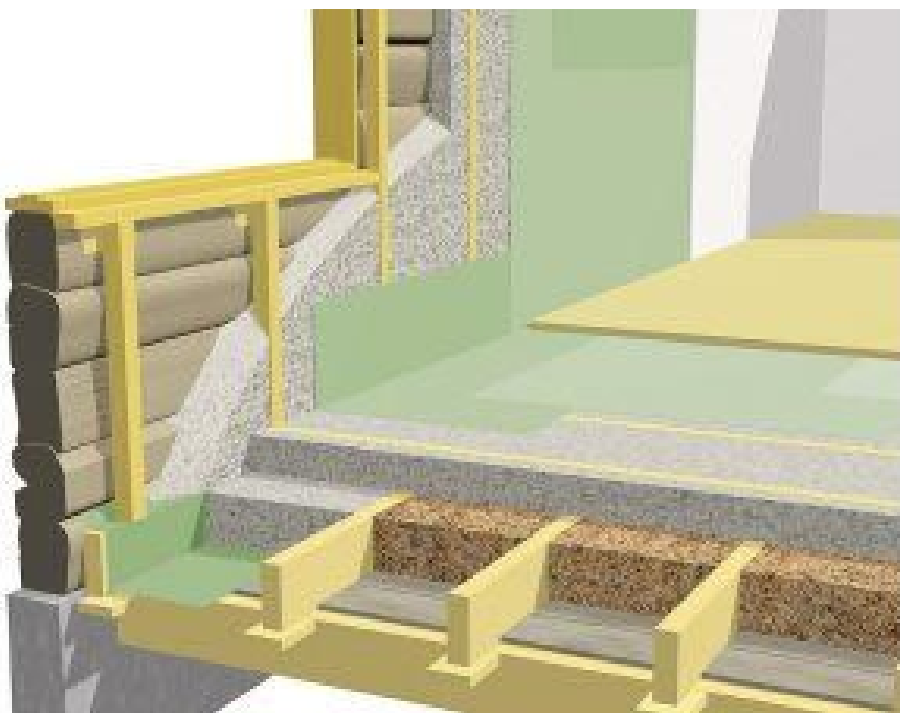
5.3 Alapohjan lisäeristys

Alapohjan lisäeristys on tavanomaista tuulettuvissa alapohjissa, mutta ei juurikaan maanvaraisessa alapohjassa (RIL, 2015, s. 200). Lämmöneriste voidaan asentaa alapohjan

alle, koska yläpuolinen lisälämmöneriste aiheuttaisi ongelmia sisäkorkeuden ja ovien kanssa. Tuulettuvan puisen alapohjan lämmöneristeiden vaihtaminen esimerkiksi putkiremontin yhteydessä on tavanomaista. Lisäeristäminen on harvinaisempaa myös siksi, että lämpöhäviöt alapohjan kautta eivät ole prosentuaalisesti niin merkittäviä kokonaislämpöhäviöt huomioiden. Mikäli lattiarakenteita ei pureta, on ulkopuolinen lisäeristäminen kuitenkin kosteusteknisesti järkevä ratkaisu (Nieminen & Virta, 2016, s. 25). Ulkopuolinen lisäeristys voidaan toteuttaa eristeellä, jossa ei ole kasvupohjaa mikrobeille. Hyvä vesihöyrynläpäisevyys parantaa rakenteen kuivumiskykyä ulospäin.

Alapohjan lisäeristys voidaan kuitenkin toteuttaa, jos halutaan parantaa asumismukavuutta, mikäli lattia tuntuu talvisin kylmältä (Ojanen ym., 2017). Puurakenteisen alapohjan avaamisen yhteydessä kannattaa tarkistaa lattianiskat ja vanhojen eristeiden kunto. Mikäli alapohja on eristetty sahanpurulla tai muilla orgaanisilla materiaaleilla, on sahanpurueriste hyvä vaihtaa nykyaikaiseen mineraalivillaeristeeseen tai selluvillaan. Alapohjan alapuolelle kannattaa asentaa myös tuulensuojalevy. Puurakenteista alapohjaa korjattaessa on hyvä tarkistaa myös höyrynsulun kunto. Selluvillaa käytettäessä suositellaan käyttämään ilman-sulkupaperia (Ojanen ym., 2017). Mikäli höyrynsulkua ei ole tai se on huonossa kunnossa, kannattaa se korjata remontin yhteydessä. Rossipohjan riittävä tuuletus on tärkeää myös tarkistaa. Nykyohjeen mukaan tuuletusaukkojen määrä tulisi olla 4–8 prosenttia alapohjan pinta-alasta (Rakennustieto, 2010).

Vanha puukoolattu lattia voidaan korjata myös Finnfoamm FL-k600 rossipohjaeristeellä, mutta yleensä koolausjako vanhoissa taloissa ei ole kyllin tarkka, jotta korjaus tällä tapaa onnistuisi helposti. Mikäli korjaus kuitenkin tällä tapaa suoritetaan, voidaan FL-k600 210 päälle valaa vielä tasoitevalu, johon saa esimerkiksi lattialämmityskaapelin samalla kertaa. FL-k600 210 eristeellä alapohjan U-arvo parantuu arvoon 0,17W/m²K.



Kuvio 11. Puurakenteinen alapohja korjattuna selluvillaeristeellä (Ekovilla, 2017)

Kuviossa 11 on vanha hirsirakenteinen omakotitalo, jossa sahanpurueriste on vaihdettu selluvillaeristeeseen. Lattianiskojen päälle on koolattu vielä 100 millimetrin koolauspuut ja selluvillaeriste. Vanhan purueristeisen alapohjan U-arvo parantuu 250 millimetrin selluvillaeristellä sekä 25 millimetrin runkoleijona -tuulensuojalla arvoon $0,16\text{W/m}^2\text{K}$.

Betonilaatan päälle koolattu puulattia on myös suhteellisen helppo korjata (Ojanen ym., 2017). Toimenpiteessä ei tarvitse purkaa koko lattiaa, vaan pelkästään puukoolaus ja eristeet. Korjausopas suosittelee käyttämään Finnfoamm FL-300 eristettä betonilaatan päälle yhteensä 130 mm (60+ 70 mm). Tällä toimenpiteellä voidaan korvata betonilaatan päälle koolattu 25 + 100 millimetrin koolaus + eriste. Vanhan rakenteen U-arvo on reuna-alueelta $0,31\text{W/m}^2\text{K}$ ja sisäalueelta $0,18\text{W/m}^2\text{K}$. Uuden rakenteen U-arvo on reuna-alueelta $0,21\text{W/m}^2\text{K}$ ja sisäalueelta $0,14\text{W/m}^2\text{K}$.

Kaikissa näissä tapauksissa tulee muistaa korjausrakentamiselle asetetut vaatimukset liittyen energiatehokkuuden parantamiseen. Alapohjan osalta vaatimus on, että energiatehokkuutta tulee parantaa mahdollisuuksien mukaan, mutta ei saa huonontua.

5.4 Ulkoseinien lisäeristys

Ulkoseinän lisäeristäminen tapahtuu yleensä julkisivuremontin yhteydessä (RIL, 2015, s. 202). Julkisivuremontin yhteydessä tehtävä lisäeristäminen tarkoittaa ulkopuolista lisäeristämistä. Sisäpuolinen lisäeristäminen on lähtökohtaisesti rakennusfysikaalisesti huonompi vaihtoehto, sillä sisäpuolinen lisäeristys laskee kylmillä ulkolämpötiloilla alkuperäisen rakenteen lämpötilaa, joka lisää kosteuden kertymisen riskiä lisäeristeen alle. Joissakin kulttuurihistoriallisissa kohteissa ulkopuolinen lisäeristäminen ei ole mahdollista, jolloin sisäpuolinen lisäeristys on ainoa vaihtoehto parantaa energiatehokkuutta. Sisäpuoliseen lisäeristämiseen vaaditaan huolellinen suunnittelu, joka takaa kosteusteknisesti toimivan rakenteen. Toimivuuden takaamiseksi seinärakenteen vesihöyrynläpäisevyyden tulisi harventua sisältä ulospäin. Seinärakenteeseen ei saisi myöskään muodostaa kahta täysin tiivistä kalvoa, joka estää vesihöyrynläpäisevyyden täysin.

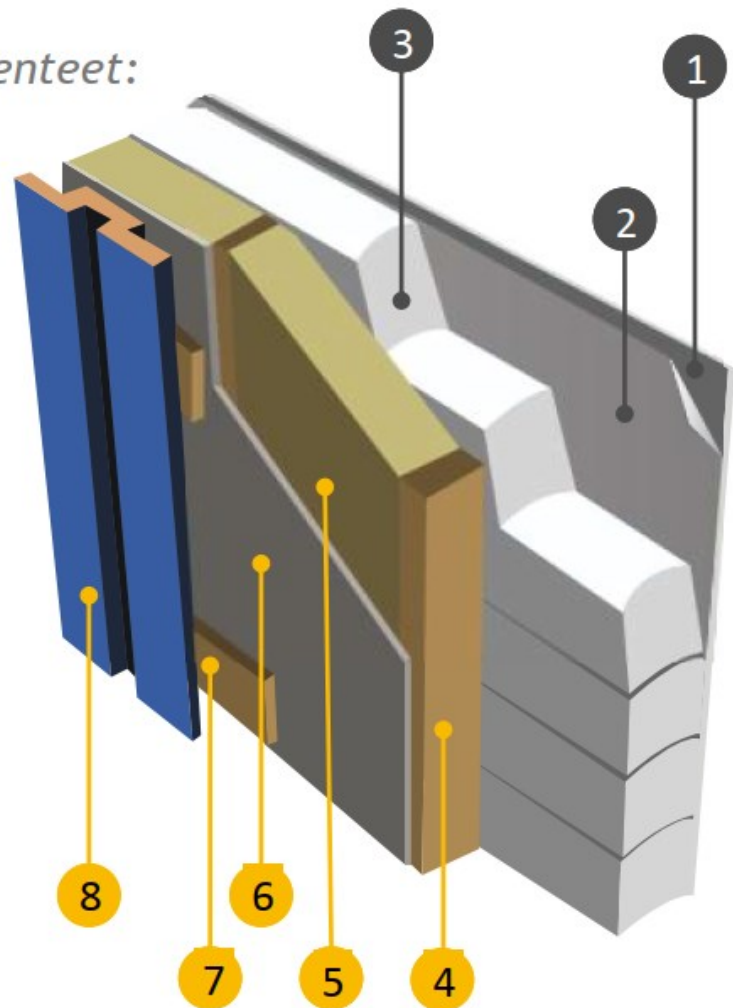
Rakennekerrokset

Vanhat säilytettävät rakenteet:

- 1 Sisäverhous
- 2 Höyryn- / ilmansulku
- 3 Hirsiseinä

Uudet rakenteet:

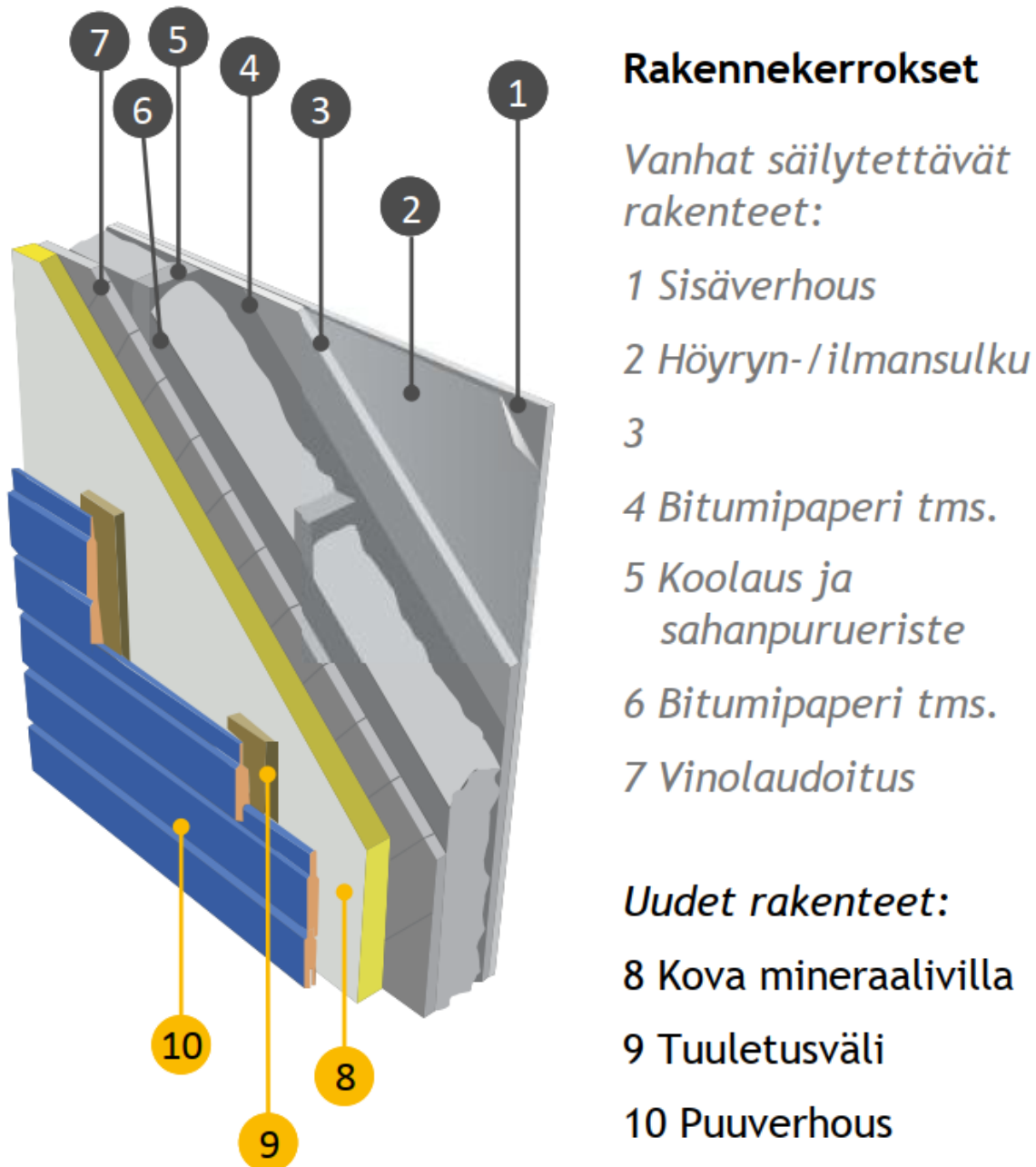
- 4 Koolaus
- 5 Uusi lämmöneriste
- 6 Tuulensuojalevy
- 7 Tuuletusväli
- 8 Ulkoverhous



Kuvio 12. Ulkopuolelta lisäeristetty hirsiseinä (Energiaopas, 2013.)

Kuviossa 12 on esitetty hirsiseinän ulkopuolinen lisäeristäminen. Tämä lisäeristysratkaisu on toimiva ratkaisu, kun se suoritetaan oikealla tavalla. Selluvillaeristeellä hirsirakenteen vesihöyrynläpäisevyys paranee ulospäin ja se pystyy sitomaan ja luovuttamaan kosteutta. Hirsiseinän päälle koolataan 50–100 millimetrin puukoolaus ja koolausten väliin asennetaan puukuitueriste. Koolauspuut täytyy asentaa myös ylä- ja alareunoihin, jotta eristeseen ei pääse tuulen aiheuttamat ilmavirtaukset. Koolausten ja eristeen päälle asennetaan vesihöyryä hyvin läpäisevä tuulensuojalevy esimerkiksi bituliittilevy. Tuulensuojalevyn päälle kaksinkertainen pystykoolaus laudalla tai ristiin koolaus. Julkisivu voidaan viimeistellä, vaikka hirsipaneelilla.

Sisäpuolinen lisäeristys 100 millimetrillä laskee hirsiseinän lämpötilan 20 celsiusasteen pakkasella noin 0 celsiusasteen tienoille. Tämä nolapiste alkaa kondensoimaan kosteutta eristekerroksen ja hirsiseinän väliin. Rakenteelle on mahdollista, että se kuivuu kevään ja kesän aikana, mutta tässä rakenteessa piilee selvä riski. Liitteessä 1 on esitetty hirsiseinän kosteustekninen toiminta niin sisäpuolelta ja ulkopuolelta lisäeristettynä.



Kuvio 13. Ulkopuolelta lisäeristetty purueristeinen seinä (Energiaopas, 2013)

Kuviossa 13 on esitetty purueristeisen seinän ulkopuolinen lisäeristäminen. Tässä rakenteessa ulkopuolinen eristys on toimiva ratkaisu, kun sen suorittaa oikein. Julkisivun purkamisen yhteydessä täytyy tarkastella ulkoseinärakenteen kuntoa julkisivun alta. Mikäli ulkoverhouksen takana on ollut huono tuuletus, on seinärakenne saattanut vaurioitua, jolloin lisäeristämistä ei kannata lähteä suorittamaan vaurioituneen seinän päälle. Purueristeiden kunto voidaan todentaa ainoastaan laboratorionäytteillä (Energiaopas, 2013.). Purueristeissä seinissä täytyy tarkastaa purujen painuma esimerkiksi koeporausilla. Parhaita koeporauspaikkoja ovat ikkunoiden alapuolet sekä ulkoseinien yläosat. Mikäli purueristeissä on vajausta, täytyy purueristeet joko vaihtaa uusiin eristeisiin tai täyttää runkovälit samankaltaisella purulla, mitä alun perin. Ulkopuolista vinolaudoitusta ei kannata lähteä purkamaan, jos ei halua eristää koko taloa uudestaan. Vinolaudoituksen purkaminen yleensä tarkoittaa sitä, että myös purut tulevat ulos samalla. Helpoin tapa lisäeristää on tuulensuojainnoitettu lämmöneriste, kuten Isover Facade. Isover Facade toimii sekä lämmöneristeinä että tuulensuojana. Eristeen päälle asennetaan normaalisti koolaus ja ulkoverhous.

Betoni- sekä tiilirakenteisten seinien lisäeristys toteutetaan aina ulkopuolelta (Nieminen & Virta, 2016). Lisälämmöneristys voidaan toteuttaa siten, että julkisivun ja lämmöneristeiden väliin jää tuuletusrako tai vaihtoehtoisesti myös tuulettumattomana. Mikäli julkisivu on verhottu tiilimuurauksella, joudutaan se purkamaan ja tekemään uusiksi. Tuulettumattomiin rakenteisiin tehdään eristeiden päälle rappaus.

Tiiliverhotun puurakenteisen seinän lisäeristys ei usein ole mahdollista ulkopuolelta, koska tiiliverhousta ei haluta tai kannata purkaa (Nieminen & Virta, 2016, s. 16). Tiiliverhotuissa taloissa on myös usein ongelmia tuuletuksen puutteellisuudessa tuulensuojan ja tiilen välissä. Huonosti tuulettuvassa seinässä tulee ongelmaksi tiilen korkea vesihöyrynvastus, joka estää rakennetta kuivumaan ulospäin. Riittävä tuuletusväli tiiliverhouksen takana on 40 millimetriä. Mikäli voidaan varmistua tiiliverhouksen riittävältä tuuletukselta, voi sisäpuolista lisäeristämistä harkita. Sisäpuolisen lisäeristämisen yhteydessä kannattane käyttää älykästä Intello XN höyrynsulkukangasta, jolla voidaan tehostaa seinän kuivumiskykyä.

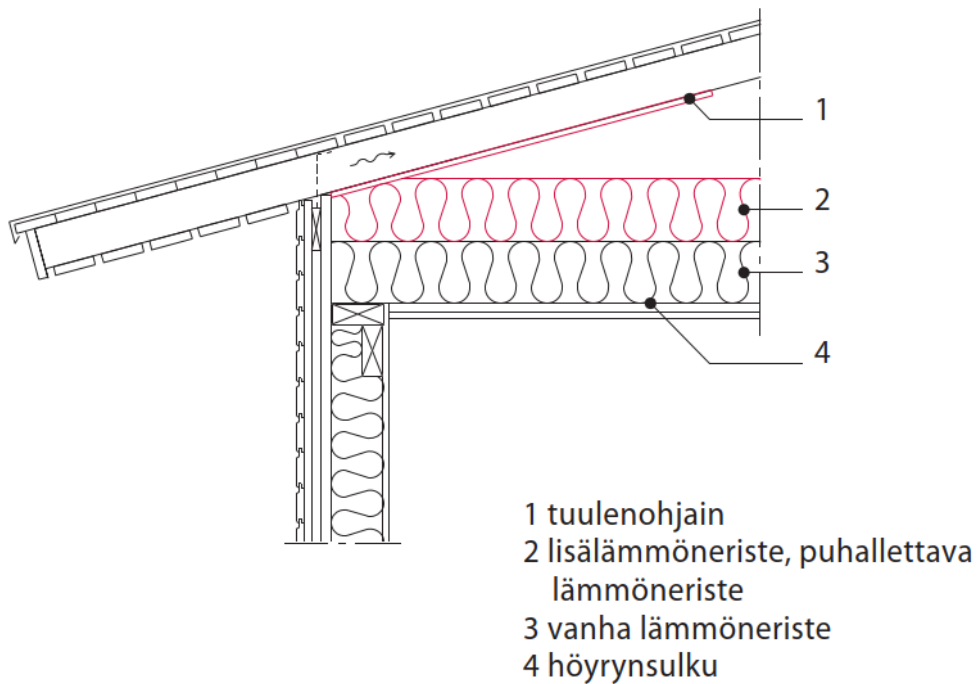
5.5 Yläpohjan lisäeristys

Yläpohjan lisäeristäminen on toimenpide, joka voidaan suorittaa ainoana toimenpiteenä tai vesikattokorjauksen yhteydessä (RIL, 2015, s. 206). Ullakkotilallisissa rakennuksissa lisäeristäminen toteutetaan kylmältä puolelta. Ilman ullakkotilaa olevat rakennukset voidaan lisäeristää sisäpuolelta, mutta siihen liittyy kosteusteknisen toiminnan tarkastelua.

Taulukko 5. Yläpohjan tuuletusvälit (RIL Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet, 2012)

Kattokaltevuus	min. tuuletusväli ¹⁾	ilmanottoaukot promillea/katto-m ²	poistoaukot promillea/katto-m ²
1:40 tai loivempi	300 mm	2,5	2,5
1:40–1:10	200 mm	2,5	2,5
1:10 tai jyrkempi	100 mm	2,0	2,0

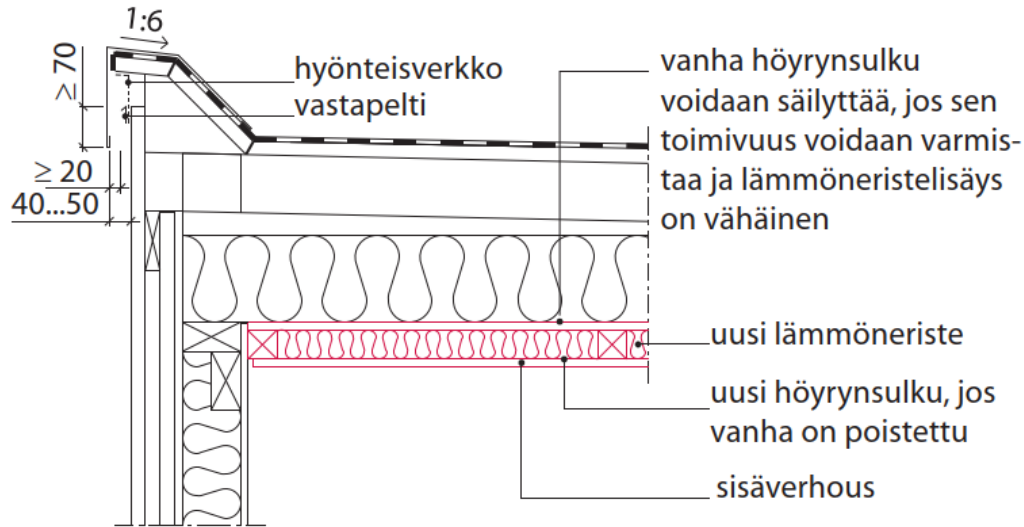
Yläpohjan eristys kylmältä puolelta kannattaa toteuttaa aina lähtökohtaisesti enemmän kuin sisäpuolelta eristäminen (Rakennustieto, 2014). Yläpuolisen lisäeristeeksi kannattaa valita samojen ominaisuuksien omaava eriste, kuin alkuperäinenkin. Kannattaa tarkistaa vielä ennen eristämistä, että kyseiset eristeet ovat yhteensopivia. Eristeeksi kannattaa valita vesihöyrynvastukseltaan pienempi kuin alkuperäinen. Ennen eristämistä tulee tarkistaa vanhojen eristeiden kunto. Yläpohjan lisäeristäminen ei saa huonontaa yläpohjan tuuletusta. Taulukossa 5 on esitetty RIL 107, 2012 asettamat vaatimukset yläpohjan tuuletukselle. Vanhan ja uuden eristeen väliin ei tule jättää vanhoja rakennusmateriaaleja, joita on saattanut jäädä ullakkotilaan lojumaan. Savupiippujen ja muiden eristäminen tulee myös huomioida. Mikäli vanhassa savupiipussa ei ole ympärillä palonkestävää villaa, tulee sinne asentaa sellainen. Mikäli vanha palovilla ei yllä uuden eristepinnan tasolle, tulee myös siihen lisätä uutta paloeristettä. Kuviossa 14 on esitetty yläpuolinen lisälämmöneristys yläpohjaan.



Kuvio 14. Yläpuolinen lisälämmöneristäminen (Rakennustieto, 2014)

Vinujen yläpohjarakenteiden lisäeristäminen voidaan toteuttaa kattoremontin yhteydessä esimerkiksi vaihtamalla vanhan tuulensuojalevyn tilalle paksumpi tuulensuojaeriste (Rakennustieto, 2014). Paksumman tuulensuojan asentaminen tekee kattorakenteesta korkeamman, mutta se voidaan korjata vaihtamalla uudet otsalaudat.

Sisäpuolinen lisäeristäminen tulee kyseeseen vain, jos sitä ei pääse ulkopuolelta tekemään (Rakennustieto, 2014). Sisäpuolisessa lisäeristämisessä tulee huomioida, että yläpohjan tuuletus on toimiva, yläpohjassa ei ole kosteusvaurioita sekä höyrynsulun kunto tulee tarkistaa tai olla tiedossa. Rakenteessa ei saa käyttää kahta höyrynsulkua. Kuviossa 15 on esitetty sisäpuolinen lämmöneristys loivassa kattorakenteessa.



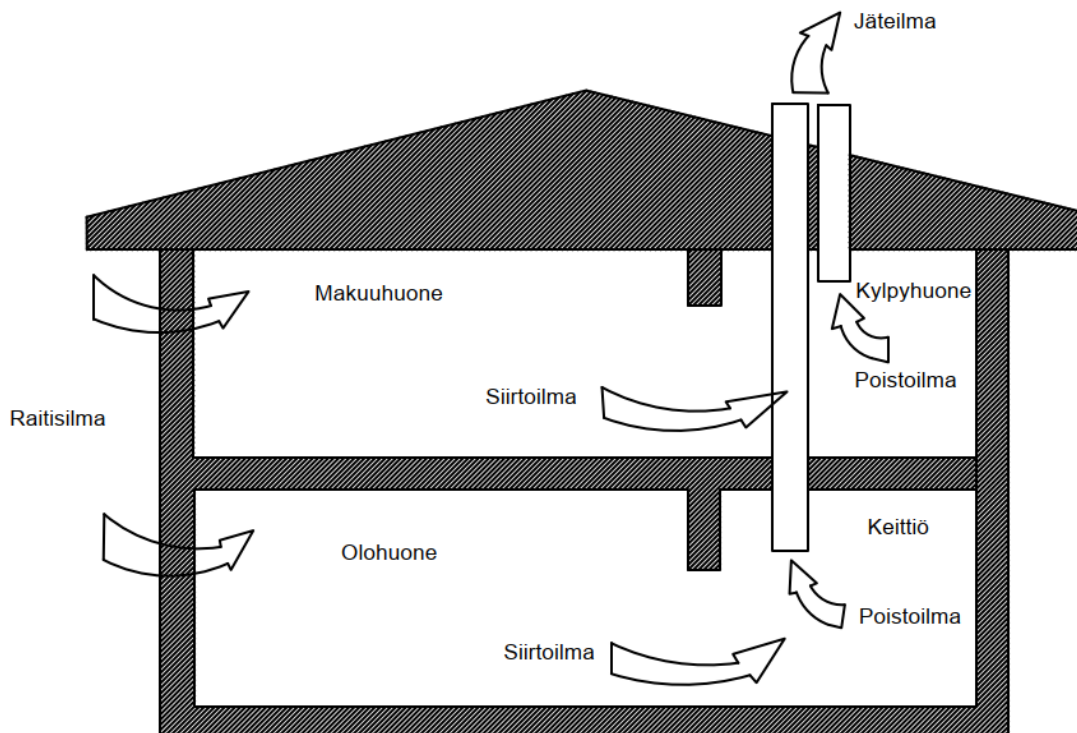
Kuvio 15. Sisäpuolinen lisäeristys (Rakennustieto, 2014)

5.6 Ikkunoiden vaihto

Ikkunoiden vaihto on yksi helpoimmista tavoista parantaa vanhan talon energiatehokkuutta (RIL, 2015). Vanhojen ikkunoiden U-arvo voi olla luokkaa 2,4–2,8 W/m²K ja uusien ikkunoiden U-arvo alle 1,0 W/m²K. Uusien ikkunoiden vaihto saattaa muuttaa rakennuksen korvausilman saantia, joten ikkunoiden vaihdon yhteydessä tulee selvittää, tuleeko uusia korvausilmareittejä tehdä. Uusia ikkunoita saa myös varustettuna korvausilmaventtiilillä. Uusia ikkunoita valitessa kannattaa huomioida ikkunan vahvuus suhteessa seinärakenteen vahvuuteen.

5.7 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto on rakennuksen sisäilmaa hoitava kokonaisuus, jota on toteutettu lähinnä kolmella eri tavalla (Hänninen, 2022, s. 68). Aiemmin talojen ilmaa on hoitanut painovoimainen ilmanvaihto, joka perustuu yksinkertaiseen fysiikan lakiin. Hormi saa aikaan sen, että lämmin ilma sisällä alkaa nousta hormia pitkin ylös ja aiheuttaa huoneistoon alipaineen. Alipaine aiheuttaa korvausilmaventtiileistä raittiin ilman siirtymisen huoneistoon. Kuviossa 16 on esitetty painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta. Korvausilmaventtiilit on tavattu sijoittaa olohuoneeseen ja makuuhuoneisiin. Hormi taas on ollut lähtökohtaisesti keskellä taloa.



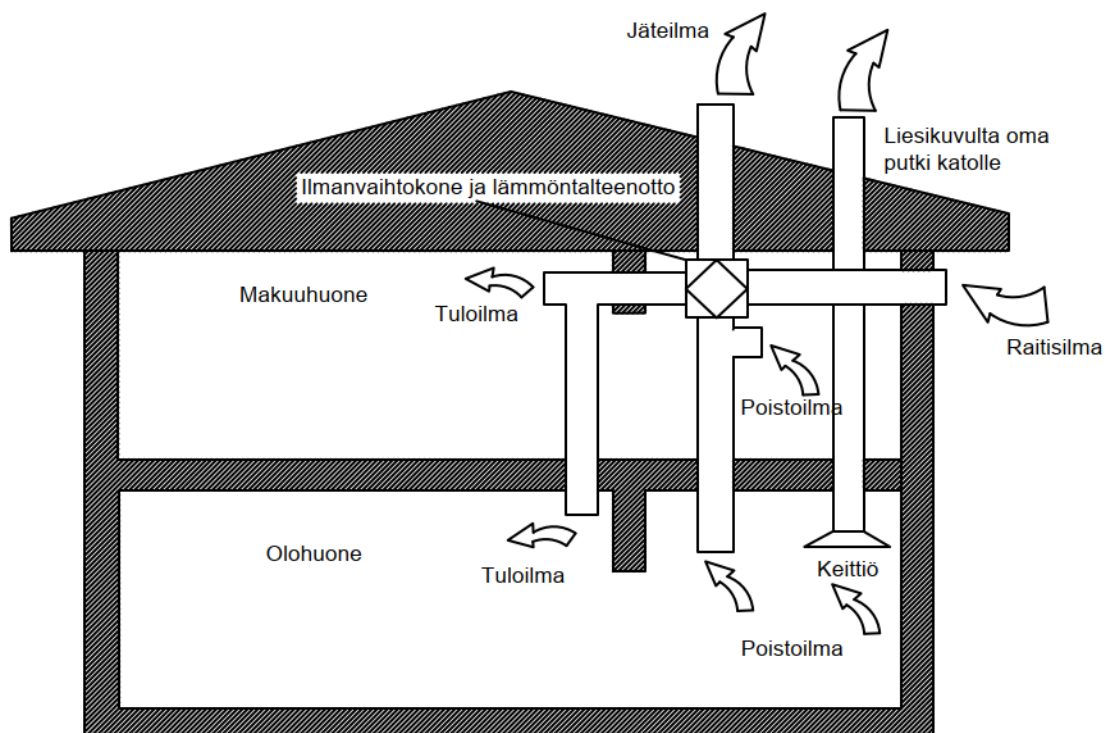
Kuvio 16. Painovoimainen ilmanvaihto (Hengityslitto, i.a.)

Painovoimaisen ilmanvaihdon ongelmia piilee energiakriisin aikaan rakennetuissa 1970-luvun taloissa, joissa korvausilmaventtiilien rakentamista välteltiin (Finluft, i.a.). Ajatuksena tässä on ollut rakentaa talosta tiivis ja energiatehokas. Näissä rakennuksissa valitsee erittäin huono sisäilma ja mahdolliset homeongelmat. Muita painovoimaiseen ilmanvaihtoon liittyviä ongelmia ovat vedon tunne sisällä, hajuhaitat, huonosti vaihtuva ilma kesällä ja kosteuden kertyminen sisätiloihin.

Painovoimaista ilmanvaihtoa lähdeettäessä korjaamaan, täytyy miettiä ratkaisuja rakennuskohtaisesti ja budjetin näkökulmasta. Budjetin ollessa rajallinen kannattaa kiinnittää huomiota raitisilmaventtiilien paikkaan ja riittävyteen. Hormin aukot kannattaa myös tarkistaa siltä varalta, että ne ovat tukkeutuneet (Finluft, i.a.).

Vanhaan rakennukseen jälkikäteen asennettu koneellinen poistoilmanvaihto voi aiheuttaa ongelmia sisäilmassa ja rakenteiden kunnossa, mikäli korvausilmaa ei tule riittävästi oikeaa reittiä (RIL, 2015, s. 210). Jäteilmaputki on parhaimmassa tapauksessa suunnattu rakennuksen vesikatolle, mutta aina se ei ole mahdollista. Seinään asennettu jäteilmaputki tulee sijoittaa sellaiseen paikkaan, että se ei huononna raitisilman laatua.

Jätkikäteen asennettava koneellinen tulo- poistoilmanvaihto tulee suunnitella rakennuskohtaisesti (RIL, 2015, s. 210). Ilmanvaihtoon liittyvät muutokset ovat luvanvaraisia toimenpiteitä, joista pitää olla yhteydessä kunnan rakennusvalvontaan. Rakennukseen, jossa on valmiiksi koneellinen poistoilmanvaihto, on helpompi lähteä toteuttamaan koneellista tulo- poistoa. Rakennuksen lämpöhäviö koneellisella poistolla voi olla jopa 30 % koko rakennuksen vuosilämpöhäviöistä. Uuden LTO-koneen avulla, jonka vuosihyötysuhde on 65 %, voidaan säästää lämmityskuluissa siis jopa 15–20 %. Uudessa ilmanvaihtojärjestelmässä voidaan hyödyntää vanhoja iv-kanavia. Koneellisen tulo- poiston lämmöntalteenoton vuosihyödyn täytyy olla nykymääräyksen mukaan 45 % korjauskohdeissa. Lisäksi LTO-koneen suurin teho saa olla enintään 2,0kW/m³/s. Kuviossa 17 on esitetty lämmöntalteenotolla varustetun koneellisen tulo- poistoilmanvaihdon toiminta.



Kuvio 17. Koneellisen tulo- poistoilmanvaihdon toiminta (Hengitysliitto, i.a.)

6 TUTKIMUKSET

6.1 Lämpökamerakuvaus

Opinnäytetyössä tehtiin tutkimusta neljästä eri ikäisestä omakotitalosta lämpökameralla. Omakotitalot olivat rakennettu vuosina 1970–1995. Ulkolämpötilat kuvauksissa olivat 5 celsiusasteen ja 7 celsiusasteen välillä. Nostetaan esille yhden kohteen, josta löytyi lämpökameralla puutteita vaipan eristekerroksessa. Omakotitalo on yksikerroksinen vuonna 1995 rakennettu ja sen huoneistoala on 106,5 m². Rakennus sijaitsee Isossakyrössä. Lämpökameralla otetut kuvat sekä rakennuksen alkuperäiset piirustukset löytyvät alemmaa liitteistä 2-3. Rakennuksen tämänhetkinen sähkön vuosikulutus on luokkaa 9500-10000 kWh ja polttopuita on poltettu 5 m³ vuodessa.

Tietoja rakennuksesta:

- Perustettu maanvaraisesti betonianturalla
- Sokkeli betonista paikalla valettu
- Ulkoseinät rankarunko puu verhottuna lomalaudoituksella
- Alapohja kaksoislaatta betonirakenne
- Yläpohja harjakattoinen naulalevyristikoilla rakennettu
- Vesikattona tiilikatto aluskatteella
- Lämmitysmuotona suorasähkölämmitys, ilmalämpöpumppu sekä lisäksi tulisija

6.2 Rakennekatselmus

Rakennus on rakenteiltaan alkuperäisessä kunnossa, lukuun ottamatta remontoitua kylpyhuonetta. Ulospäin rakennus vaikuttaa hyväkuntoiselta. Tiilikattoon on tehty pinnoitekäsittely kaksi vuotta sitten.

Rakennekatselmusta käytiin tekemässä yläpohjassa, jossa oli rakennusaikaisten määräysten mukaan noin 200 millimetriä puhalluseristettä. Yläpohjan U-arvo on siis noin 0,22 W/m²K. Yläpohjan tuuletus vaikutti toimivalta, vaikka alaräystäät ovatkin umpilaudoitettu. Aluskate vaikutti olevan hyvässä kunnossa lukuun ottamatta hormin liitosta. Tutkittiin myös

julkisivun verhouksen takana olevaa tuuletusrakoa. Tuuletus ulkoverhouksen takana oli toimiva.

6.3 Kohteen parannustoimenpiteet ja tulokset

Asukas on toivonut, että talo olisi energiatehokkaampi ja talven sähkölaskut olisivat pienempiä. Rakennuksessa on valmiiksi koneellinen poistoilmanvaihto, joten koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon asennus on yksi tapa saada aikaan merkittäviä säästöjä. Lämpökamerakuvauksesta selvisi, että rakennuksen vaipan eristekerroksen heikkoudet ovat selvästi yläpohjassa. Kuvaushetkellä ulkolämpötila oli 5 celsiusastetta ja silti yläpohjan kautta löytyi selviä kylmäsiltoja. Yläpohjan puhalluseristeen määrää kannattaa lisätä, sillä se on edullinen ja helppo toimenpide harjakattoisessa yksikerroksisessa talossa. Rakennuksen kokonaisenergiankulutusta lähdetessä parantamaan voidaan ottaa tavoitteeksi alittaa 180 kWh/m², mutta se voi olla hankalaa tämän ikäisellä rakennuksella ilman isompaa remonttia. Toinen vaihtoehto on lähteä parantamaan E-lukua alkuperäisestä kertoimella 0,8 * E-luku (alkuperäinen) (Ympäristöministeriö, 2013). Rakennuksesta ei ole energiatodistusta, joten alkuperäinen E-luku täytyy selvittää laskentaohjelman avulla käyttämällä sen ajan rakennusmääräysten vaatimia arvoja. Laskentojen perusteella alkuperäinen E-luku olisi tämänhetkisten energiamuotojen kertoimilla 309 kWh/m².

6.3.1 Ilmanvaihdon mitoitus

Koneellista tulo-poistoilmanvaihtoa rakentaessa LTO-koneen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde täytyy olla vähintään 45 % korjauskohteissa (Ympäristöministeriö, 2013). Markkinoilla on kuitenkin nykyään vieläkin energiatehokkaampia koneita kohtuullisella hinnalla, joten suosittelisin valitsemaan koneen, jonka vuosihyötysuhde on vähintään 75 %. D3/2012 mukaan koneellisen tulo- poistoilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku eli ominaissähköteho voi olla korkeintaan 2,0 kW/(m³/s). Omakotitalon ilmanvaihtokoneessa SFP-luku on yleensä alhaisempi kuin 2,0. Puhaltimen sähkömoottorin valinnassa suositellaan IE2- ja IE3-luokan moottoreita. Sähkömoottoreiden luokituksessa käytetään luokkia IE1 – IE4. Luokista IE4 on energiatehokkain vaihtoehto (RIL, 2015, s. 127). Pienissä lähinnä poistopuhaltimissa suositellaan EC puhaltimia, jotka ovat elektronisesti ohjattuja tasasähkömoottoreita, joiden hyötysuhde on parempi kuin vaihtosähkömoottoreiden.

Energiatehokkaiden rakennusten ilmanvaihdon mitoituksessa käytetään pääsääntöisesti arvoa 0,35 l/s/m² normaalitilassa (RIL, 2015, s. 127). Energiatarkastelussa minimi ilmanvaihto on 0,15 l/s/m². Mitoituksessa käytetään ilmanvaihtuvuudelle yksikköä 0,5/h eli tunnin aikana huoneen ilmasta vaihtuu puolet, joka on mitoitettu huonekorkeudella 2,5 m. Hyvin suunnitellussa ilmanvaihdossa on neljä eri tehoporrasta. Normaalikäytön asentoja on kaksi, jossa toinen teholtaan pienempi 0,5/h ja toinen tehostettu 0,7/h. Kolmas on poissa-tila, jossa ilmanvaihtuvuus on 0,2/h ja neljäs tehostettu yö tuuletus 1,5/h.

Huonekohtaisen ilmanvaihtuvuuden määräksi lasketaan isommat makuuhuoneet kahdella ihmisellä eli noin 12 l/s/m² (RIL, 2015, s. 127). Pienemmät makuuhuoneet voidaan suunnitella arvolla 10 l/s/m². Tulo- poistoilmasuhte tulisi olla luokkaa 0,95–0,98 alipaineen puolella. Takkaa lämmittäessä ilmanvaihto tulisi saada ylipaineen puolelle säädettyä takkakytkimellä. Ylipaineen kanssa tulee kuitenkin olla huolellinen, sillä ylipaineistettu huoneilma pyrkii tunkeutumaan epätiivisiin rakenteisiin, joka voi aiheuttaa kondensoitumista ja homeongelmia.

Ilmavirtojen mitoitus (Finvac, 2019):

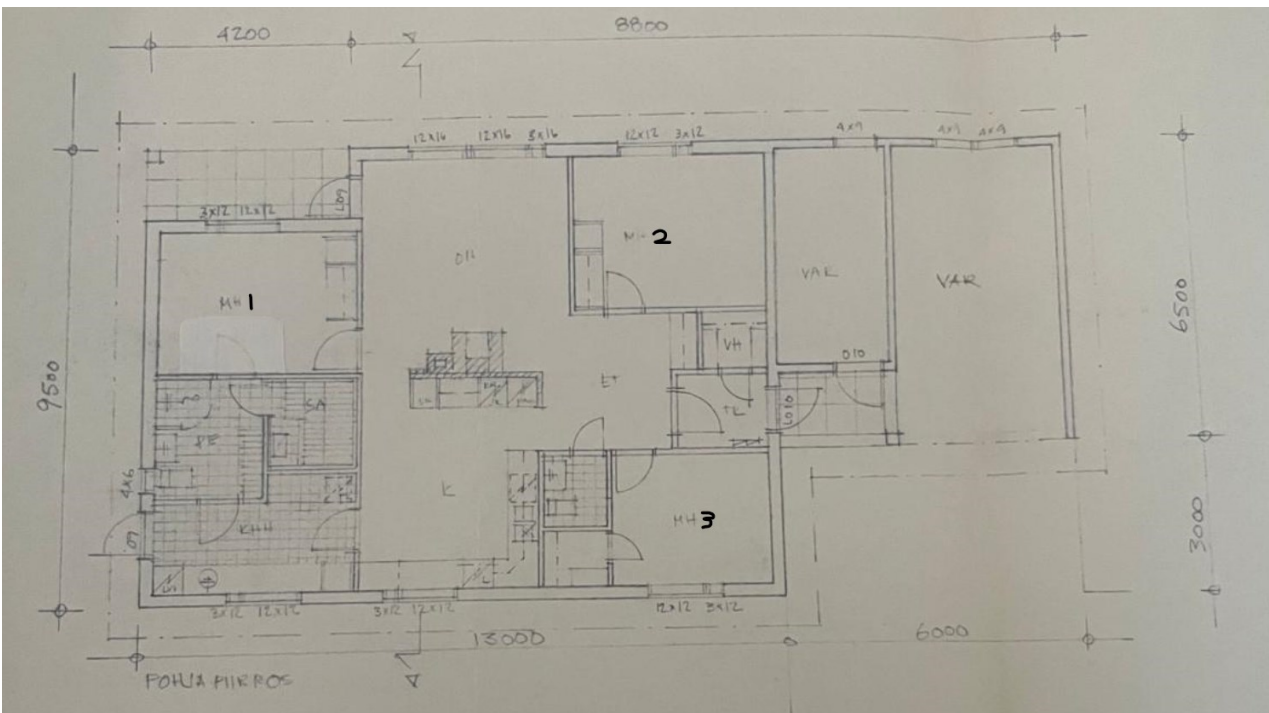
- koko asunpinta-alaa kohden laskettu ulkoilmavirta on vähintään 0,35 l/s/m² (vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,5/h 2,5 metrin huonekorkeudella) ja
- koko asunnon ulkoilmavirta on vähintään 18 l/s ja
- jokaisen asuinhuoneen ulkoilmavirta on vähintään 0,35 l/s/m² ja
- jokaiseen asuinhuoneeseen on tuotava ulkoilmaa vähintään 8 l/s ja yli 11m² huoneisiin 12 l/s.
- mikäli asunnossa on sauna, lisätään kokonaisulkoilmavirtaan 6 l/s.

Asunnon huoneistoalan ollessa 106,5 m², tulisi ulkoilmavirran olla: $106,5 \text{ m}^2 * 0,35 \text{ l/s} + 6 \text{ l/s} = 43,275 \text{ l/s}$. Tällä tuloksella ilmanvaihtuvuusluvaksi koko asunnossa tulee kaavalla: $((43,275 \text{ l/s} * 60 \text{ sek} * 60 \text{ min}) / 106,5 \text{ m}^2 * 2,5 \text{ m}) = 0,585 / \text{h}$. Taulukossa 6 on esitetty laskennalliset huonekohtaiset ilmavirtaukset ja kuvassa 1 huoneiden järjestys. Taulukossa 6 D2 mitoitus on perustilanne ilmanvaihtoa varten. D2 tehostus on laskettu kertoimella 1,3. Poissaolo on laskettu kertoimella 0,4. Takka-asento tuloilmat on laskettu kertoimella 1,1. Ilmanvaihtuvuuksien kertoimet laskettu kaavalla: $((\text{poistettu ilmamäärä (l/s)} * 3600) / \text{rakennuksen ilmatilavuus (107*2,5)})$.

Ilmanvaihtokoneeksi kannattaa valita esimerkiksi Vallox 096 MV L, jossa vuosihyötysuhde on 75 %, sekä kone on varustettu takka-toiminnolla. Keittiön liesikupu on syytä jättää omalle poistopuhaltimelle sekä mitoittaa poistoilma vähintään arvolle 25 l/s (RIL, 2015). Suositeltava arvo 25 l/s jää kuitenkin usein liian vähäiseksi, joten poisto on syytä olla jopa 40 l/s.

Taulukko 6. Ilmavirrat huoneittain

OKT 106,5m ²	OH +	KT -	MH1 +	MH2 +	VH1 -	MH3 +	VH2 -	WC -	KHH -	PH -	S +/-	tulo	poisto	ilmavaihtuvuus	suhde tulo-poisto
D2 mitoitus	8	11	12	12	3	8	3	8	7	11	6	46	49	0,659	0,939
D2 tehostus	10,4	14,3	15,6	15,6	3,9	10,4	3,9	10,4	9,1	14,3	7,8	59,8	63,7	0,857	0,939
Poissa	3,2	4,4	4,8	4,8	1,2	3,2	1,2	3,2	2,8	4,4	2,4	18,4	19,6	0,264	0,939
Takka	8,8	11	13,2	13,2	3	8,8	3	8	7	10	6,6	50,6	48,6	0,654	1,041



Kuva 1. Talon pohjapiirustus liitteenä huoneiden ilmavirtauksiin

6.3.2 Yläpohjan lisäeristys

Yläpohjan lisäeristäminen on suhteellisen edullinen, mutta kannattava toimenpide. Kuvassa 2 näkyy yläpohjan tämänhetkinen tilanne. Yläpohjaan kannattaa puhalltaa eristettä sen verran, jotta se saavuttaa nykyvaatimusten tason U-arvo 0,09 W/m²K. Eristeeksi valitaan esimerkiksi Ekovilla puhalluseriste, jonka U-arvo on 0,039 W/m²K. Eristettä tulee

puhaltaa siis 285 mm lisää, jotta se saavuttaa U-arvon 0,09 W/m²K. Liitteissä on laskenta U-arvon riittävydestä. Lisäeristys ei saa heikentää yläpohjan tuuletusta. Räystäälle tulee asentaa joko tuulensuojalevystä tai pahvista tuulenohjaimet, jotta tuuli ei pääse liikuttamaan eristeitä. Hormin ympäristä täytyy vuorata palosuojalevyllä vähintään 100 mm yläpohjan eristeen yläpuolelle. Hormin eristykseen voi käyttää esim. Isover FireProtect kivivilalevyä. Levyjä tulee asentaa 2x50mm ja saumat asennetaan limittäin.



Kuva 2. Yläpohja

6.4 Energiatodistuksen laatiminen

Vuoden 2008 alussa tuli voimaan laki energiatodistuksesta (Rakennustieto, 2018). Vuonna 2013 tulleen uudistuksen jälkeen energiatodistuksen laskentatapa muuttui ja tuli voimaan myös vanhoja rakennuksia koskeva laki. Energiatodistuksen tarvitsee nyt kaikki omakotitalot vuokrauksen tai myynnin yhteydessä muulle kuin lähiomaiselle. Energiatodistus tehdään sähköisesti energiatodistusrekisterissä ja sen voi laatia henkilö, jonka pätevyys

energiatodistuksen tekemiseen on todettu ja rekisteröity energiatodistusrekisteriin. Energiatodistus on voimassa 10 vuotta. Energiatodistuksen tekevän henkilön tulee havainnoida kyseinen rakennus paikan päällä. Rakennuksen tarkastus tehdään rakennuksen asiakirjojen perusteella, havainnoimalla sekä käyttäjiä haastattelemalla. Tarkastukseen kuuluu:

- vaipan rakenteet
- lämmitysjärjestelmä
- käyttöveden lämmitysjärjestelmä
- ilmanvaihto
- valaistus
- sähköiset erillislämmitykset
- muut järjestelmät, joilla on vaikutusta energiatehokkuuteen

Rakenteita, joita ei pääse tarkastelemaan käytetään laskennassa rakennusluvan myöntämisvuoden mukaan vaadittuja arvoja.

Tähän kohteeseen tehtiin malli energiatodistuksesta laskentapalvelussa. Energiatodistuksen laskentaan käytettiin arvoja, jotka perustuivat rakennusaikaisiin määräyksiin. Koneiden ja laitteiden arvot otettiin laskentatyökalun apuja käyttäen. Kohteelle tehtiin energialaskenta alkuperäisten arvojen mukaan sekä suunniteltujen parannusehdotusten arvojen mukaan. Energiatehokkuuden perusparannuksen vaatima alkuperäinen E-luku * 0,8 arvo alittuu helposti, mutta toisen tarkastelutavan vaatima 180 kWh/m² ei täyty. E-luku laskennassa arvoksi tuli 187 kWh/m², yläpohjan lisäeristämällä sekä ilmanvaihdon päivityksellä. Näillä muutoksilla rakennuksen energialuokka parantuisi juuri ja juuri C-luokkaan. Kohteeseen on asennettu ilmalämpöpumppu kaksi vuotta sitten, joka otettiin myös mukaan E-luku laskentaan. Kuviossa 18 on energiatodistuksen ensimmäinen sivu, jossa näkyy energialuokka ja E-luku. Liitteissä on esitetty energiatodistus kokonaisuudessaan sekä vanhoilla että parannusehdotuksen mukaisilla arvoilla.

ENERGIATODISTUS 2018

LUONNOSVERSIO - virallinen todistus ARA:n valvontajärjestelmästä

Rakennuksen nimi ja osoite: **OKT Kakunpolku**
Olemassaoleva rakennus

Pysyvä rakennustunnus:
 Rakennuksen valmistumisvuosi: **1995**
 Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:
Pientalo
 Todistustunnus:

Energiatodistus on laadittu:
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä:

	Energiatehokkuusluokka
A	
B	
C	C 2018
D	
E	
F	
G	

Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku	kWh _e /m ² vuosi
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus	187
(Huom! Ylioleva on 2018 säädöksen vaatimustaso mahdolliset helpotukset huomioiden)	136

Todistuksen laatija:

Yritys:

Sähköinen allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

25.10.2024

Viimeinen voimassaolopäivä:

25.10.2034

Huom! Todistuksessa esitetyt lukuja/laskentatuloksia ei tule käyttää Lämpöpumppujen/lämmitysjärjestelmän valintaan.

Kuvio 18. Energiatodistuksen etulehti

7 POHDINTA JA YHTEENVETO

Työssä oli tarkoitus perehtyä pientalon energiatehokkuuden parantamiseen korjausrakentamisen näkökulmasta. Korjausrakentaminen tuokin useita haasteita liittyen korjauksen toteutukseen ja suunnitteluun. Hyvin suunniteltu ja toteutettu korjaus tuo rakennukselle lisää käyttöikää sekä lisää asumismukavuutta. Lämpökamerakuvausten avulla sai hyvin kartoitettua vanhojen omakotitalojen heikkouksia ja korjaustarpeita.

Korjausrakentamiseen ryhdyttäessä tulee kohde kartoittaa perusteellisesti, jotta saadaan mahdollisimman laaja kuva korjauksen tarpeellisuudesta. Riittävä tutkimustyö on tärkeä perusta hankkeen onnistumiselle ja kustannustehokkuudelle. Rakennuksen vaipan korjauksissa on tärkeää tuntea rakenteen kosteustekninen käyttäytyminen eri olosuhteissa. Rakennushankkeen aikana työmaaolosuhteet eivät saa myöskään haitata rakennusta.

Energiatehokkaat ratkaisut asuinrakennuksissa ovat tärkeä osa siirryttäessä kohti hiilineutraalimpaa tulevaisuutta. Energiakorjauksissa on hyvä muistaa myös käytettävien materiaalien valmistamisen aiheuttamat ilmastopäästöt.

LÄHTEET

Alanne K., Hopolainen R., Hyvärinen J., Kaappola E., Ketomäki J., Kurnitski J., Könkö S., Pylsy P., Railio J., Seppänen O., Vuolle M., Vuorinen P. & Yrjölä J. (2024). Rakennusten energiatekniikka.

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA). (i.a.). Energiatodistusrekisteri. <https://www.energiatodistusrekisteri.fi/>

Ekovilla. (2017). Puhallusvilla. <https://ekovilla.com/tuotteet/puhallusvilla/>

Energiaopas. (2013). Oulun rakennusvalvonta, tekninen kortti 6.

Energiatehokas koti. (2024). Pientalon korjausten suunnittelu. https://www.energiatehokaskoti.fi/korjaaminen/pientalon_korjausten_suunnittelu

Euroopan parlamentti. (14.3.2023). Rakennusten energiatehokkuus. EU-parlamentti hyväksyi kantansa. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/press-room/20230310IPR77228/rakennusten-energiatehokkuus-eu-parlamentti-hyvaksyi-kantansa>

Finluft. (i.a.). Miten painovoimainen ilmanvaihto toimii?. <https://finluft.fi/painovoimainen-ilmanvaihto/>

Finvac. (2019). Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen

Gebwell. (i.a.). Miten maalämpöpumppu toimii?. <https://gebwell.fi/maalampo/miten-maalampo-toimii/>

Hengitysliitto. (i.a.). Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat/koneellinen-tulo-ja-poistoilmanvaihto-2/>

Hänninen P. (2022). Ekologisesti kestävä pientalo. Rakennustieto.

Käyhkö K. (2023), Rakennukset – tietoa eri aikakausien rakennuksista, <https://www.rakennukset.fi/>

Laine K., Sandström V., Lammi T., Pitkäranta M., & Laamanen P., (2022), Rakenteiden ilmatiiveyden parantaminen

- Motiva. (17.10.2024). Ikkunoiden energiatehokkuus.
https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_pientalo/ikkunoiden_energiatehokkuus
- Nieminen J. & Virta J. (2016). Rakennusten lisälämmöneristäminen.
- Ojanen T., Nykänen E. & Hemmilä K. (2017). Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa -Opas. Motiva.
- Pihla. (11.11.2022). Uusilla ikkunoilla voi säästää tuhansia euroja.
<https://www.pihla.fi/artikkelit/uusilla-ikkunoilla-voi-saastaa-tuhansia-euroja/>
- Rakennustieto. (2007). Rakennusten lämmitysjärjestelmät.
- Rakennustieto. (2010). Alapohjarakenteita (RT 83-11009).
- Rakennustieto. (2014). Yläpohjan lisälämmöneristäminen (RT 83-11161).
- Rakennustieto. (2018). Energiatodistus (RT 18-11293).
- Scanoffice. (i.a.). Ilmavesilämpöpumpun toiminta. <https://scanoffice.fi/ilma-vesilampopumput/opas/ilmavesilampopumpun-toiminta-ja-sahkonkulutus/ilmavesilampopumpun-toiminta/>
- Suomen rakennusinsinöörien liitto (RIL). (2012). Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. (RIL 107-2015).
- Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL. (2015). Energiatehokas asuinrakennus -kohtien nollaenergiarakentamista (RIL 249-2015).
- Talotekniikka-lehti. (5.2.2024). Lämpökamera avuksi lämpövuotojen havaitsemisessa.
<https://talotekniikka-lehti.fi/lampokamera-avuksi-lampovuotojen-havaitsemisessa-kuvien-tulkinnassa-pitaa-olla-tarkkana/>
- Tilastokeskus. (2021). Asumisen energiankulutus käyttökohteen mukaan.
<https://stat.fi/aihe/asuminen-ja-rakentaminen>
- Tilastokeskus. (2021). Vuosina 1920-2020 rakennetut omakoti-, pari- sekä rivitalot.
<https://stat.fi/aihe/asuminen-ja-rakentaminen>
- Tilastokeskus. (2018). Uusiutuva energia valtaa alaa pientalojen lämmityksessä.
<https://stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2018/uusiutuva-energia-valtaa-alaa-pientalojen-lammityksessa>

Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015.
<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150798>

Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista 788/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170788>

Ympäristöministeriö. (2024). Kansallisen rakennusten perusparannussuunnitelman laatiminen. <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM037:00/2024>

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. (2013).

LIITTEET

Liite 1

Liite 2

Liite 3

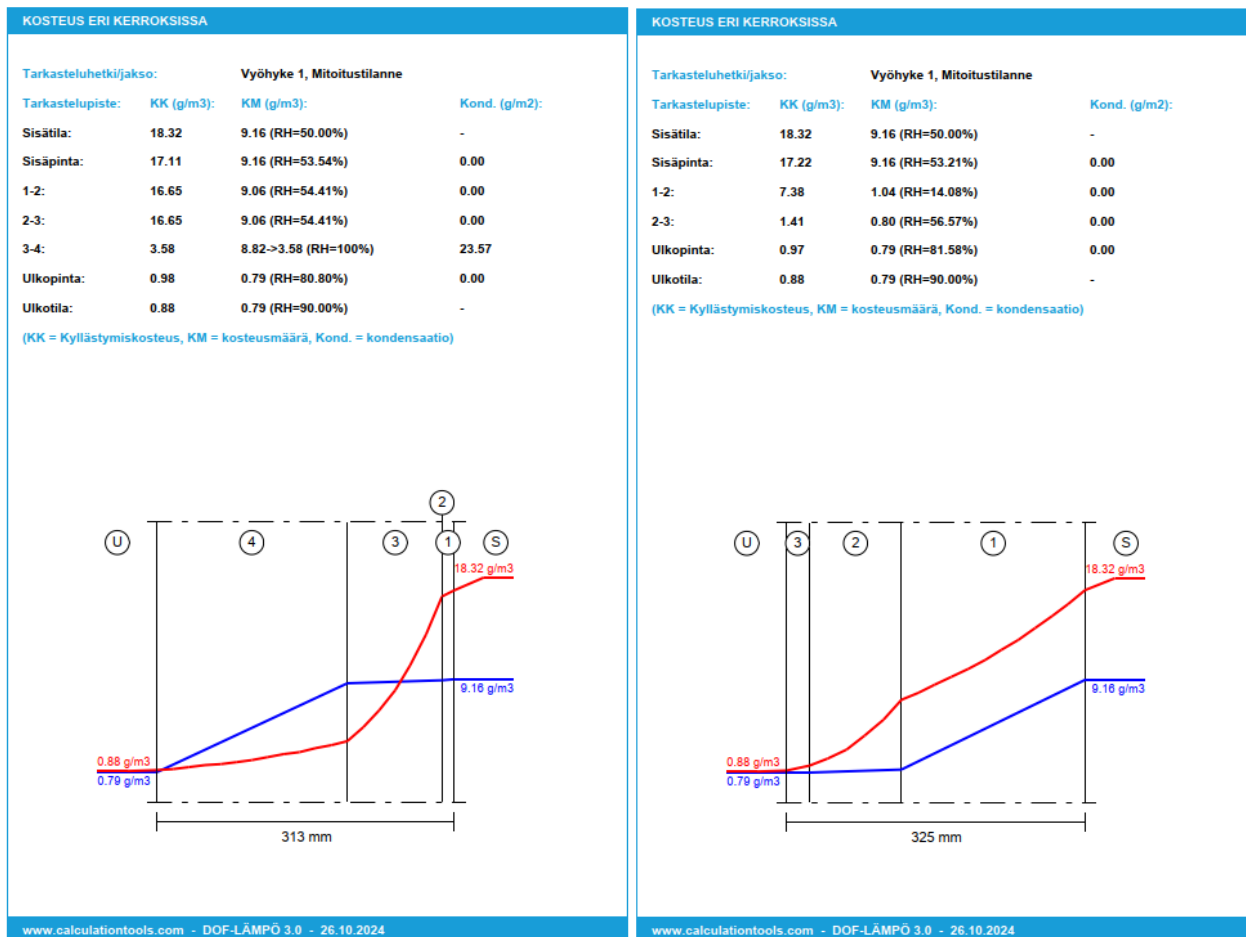
Liite 4

Liite 5

Liite 6

Liite 1

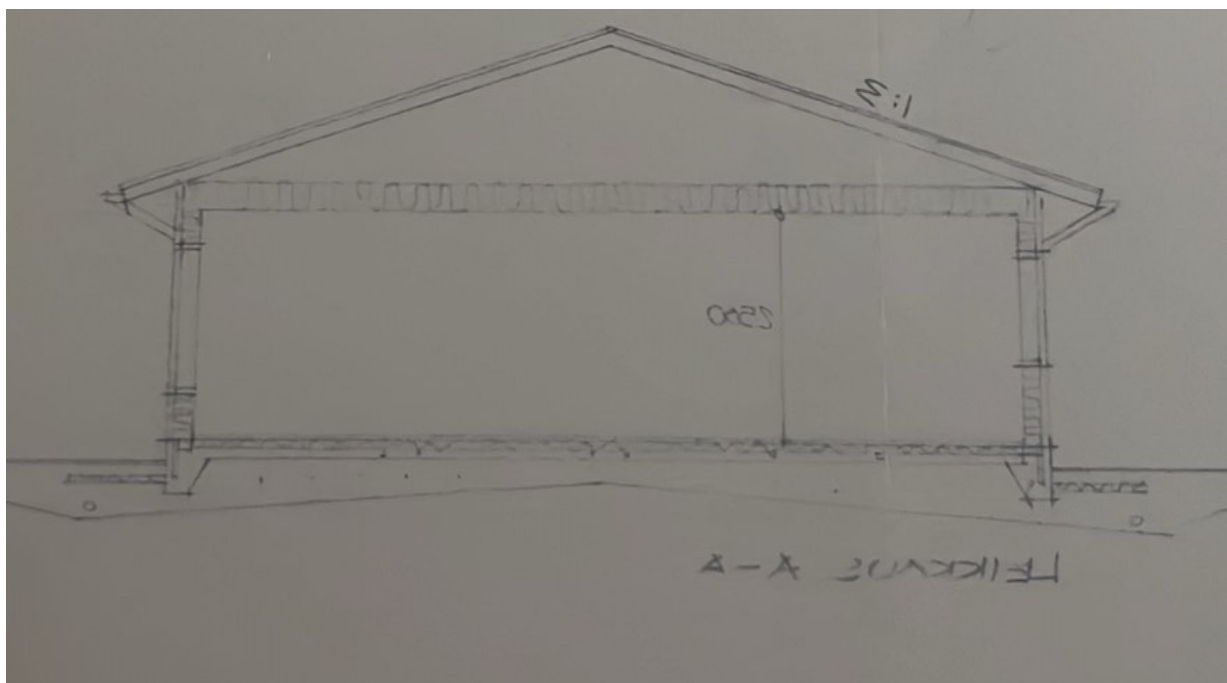
Hirsiseinän ulko- ja sisäpuolinen eristäminen

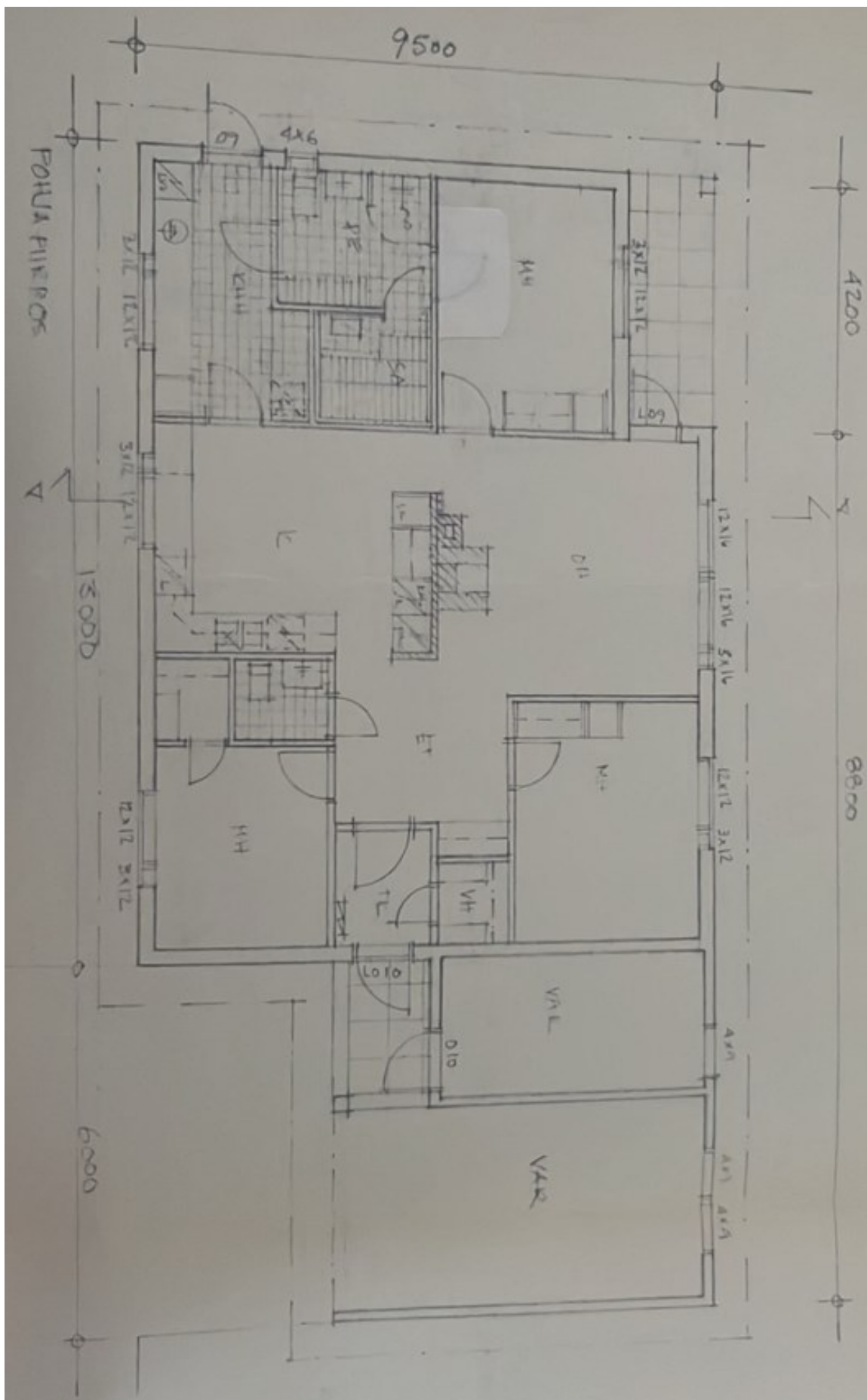


Vasemmalla sisäpuolelta lisäeristetty ja oikealla ulkopuolelta lisäeristetty hirsiseinä.

Liite 2

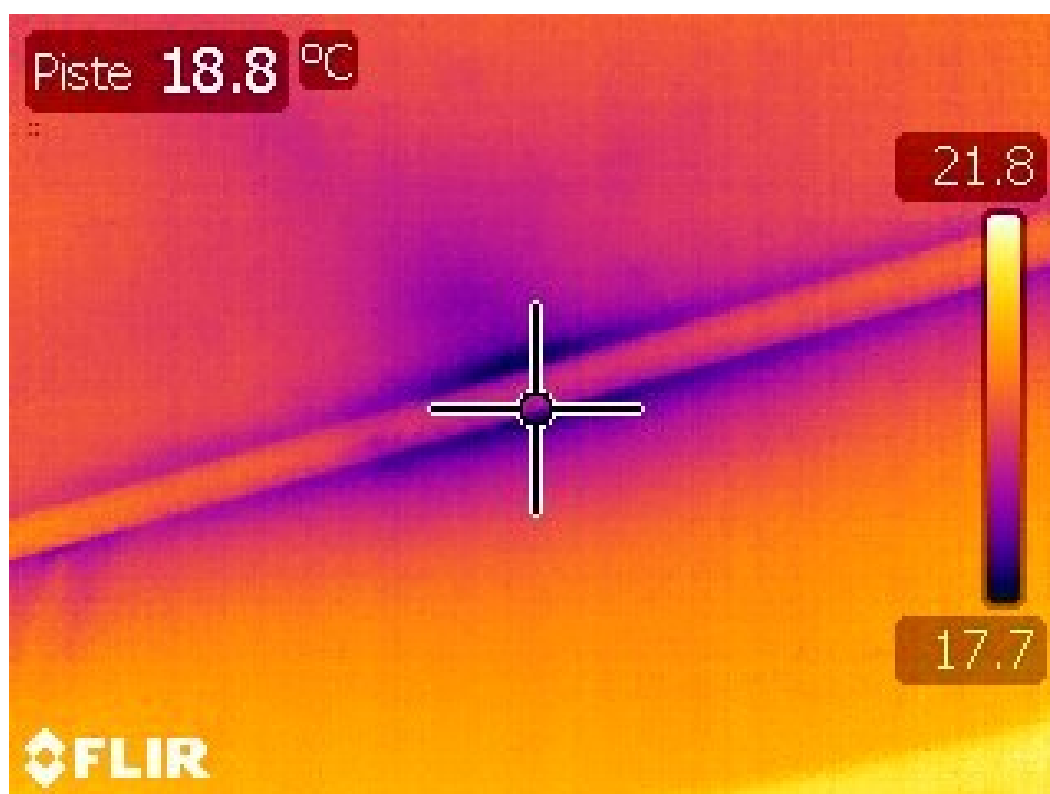
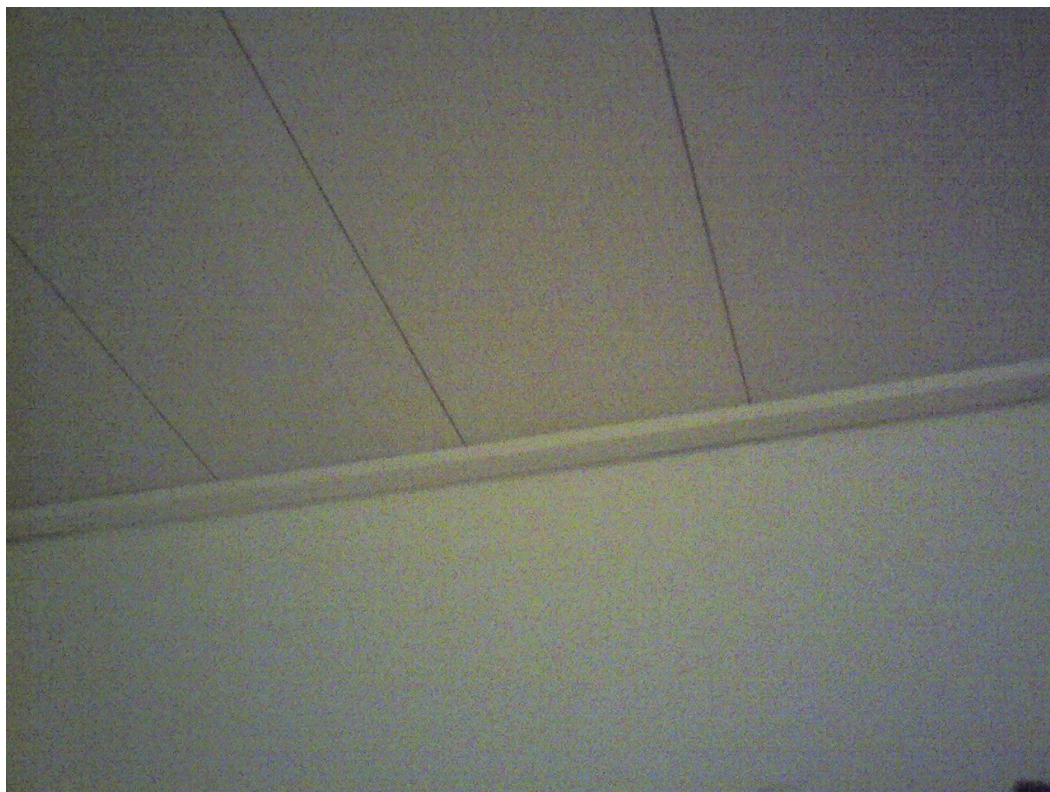
Kakunpolku kuvat ja piirustukset

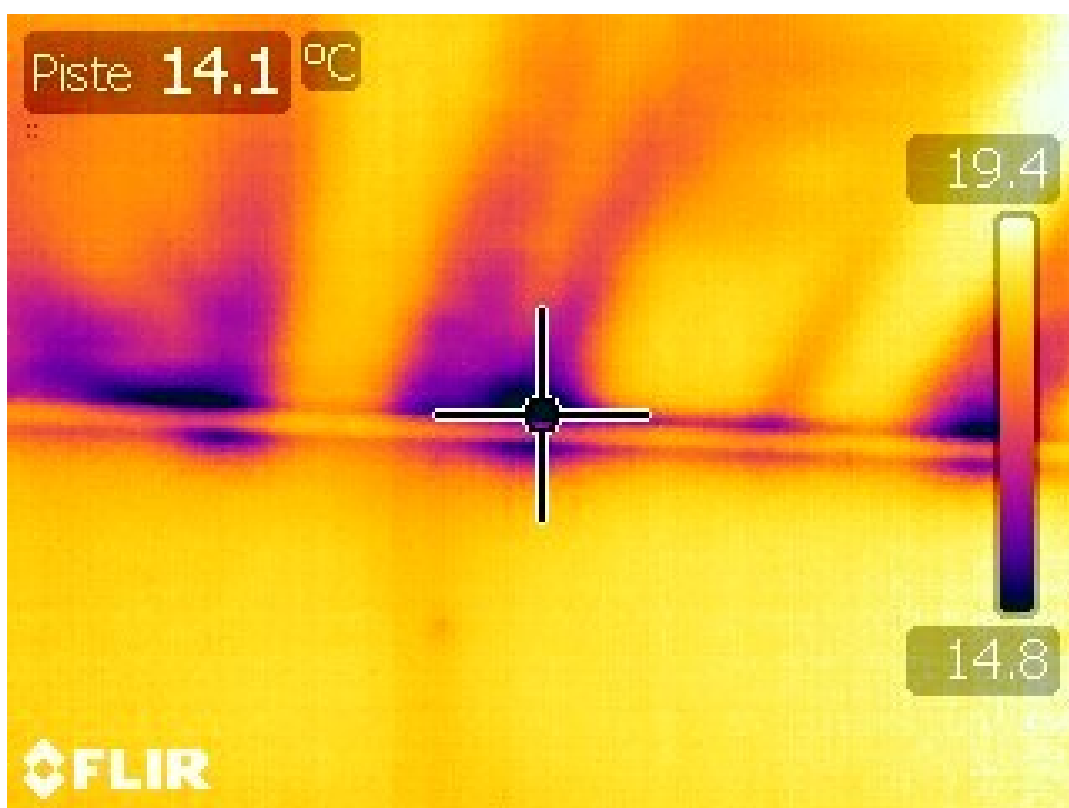
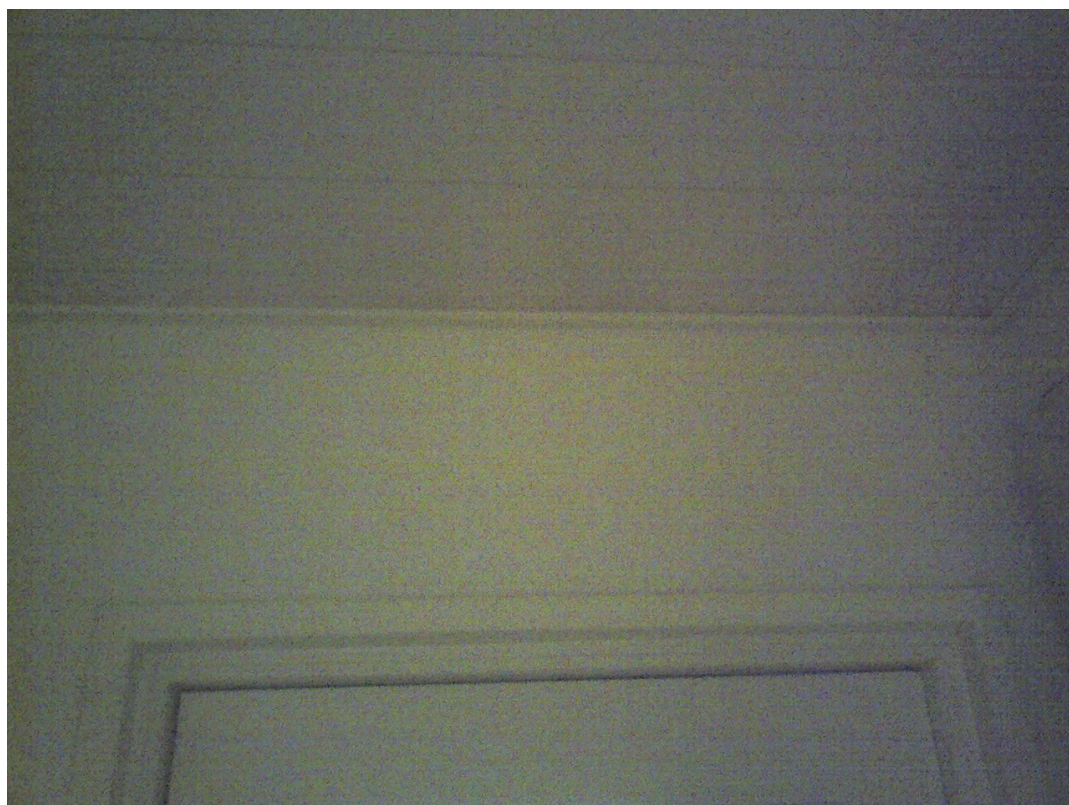


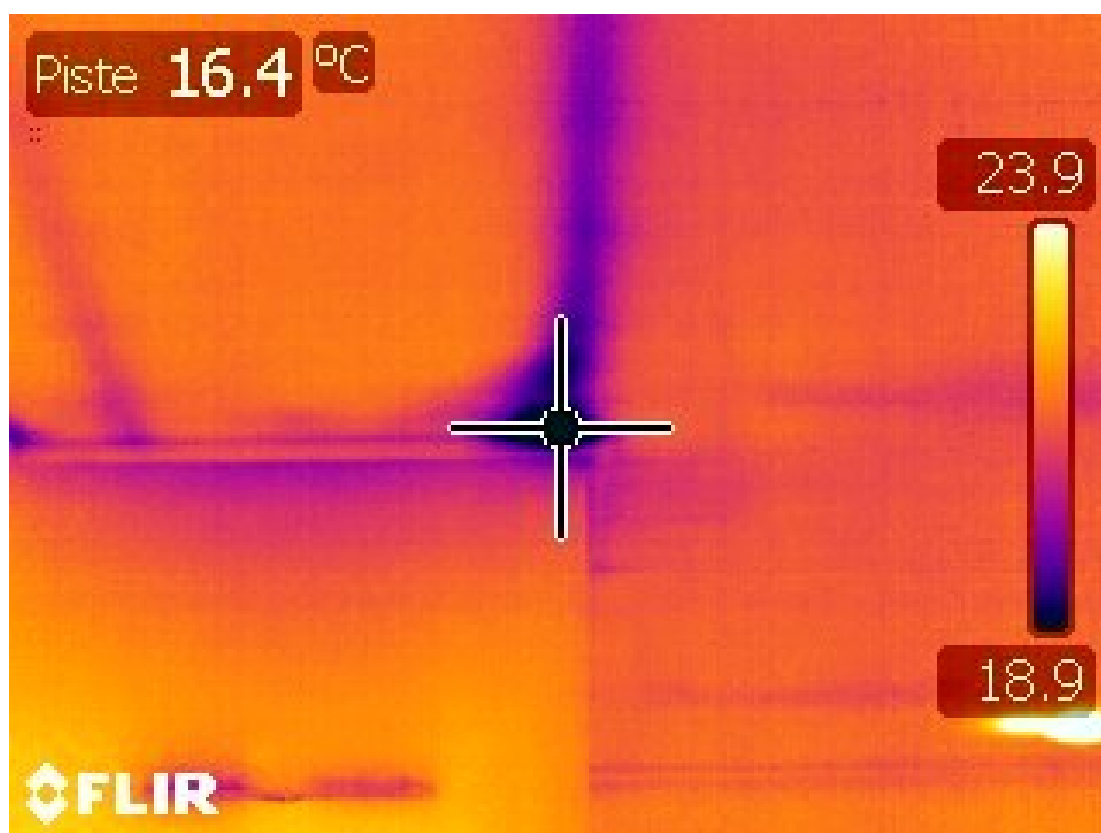
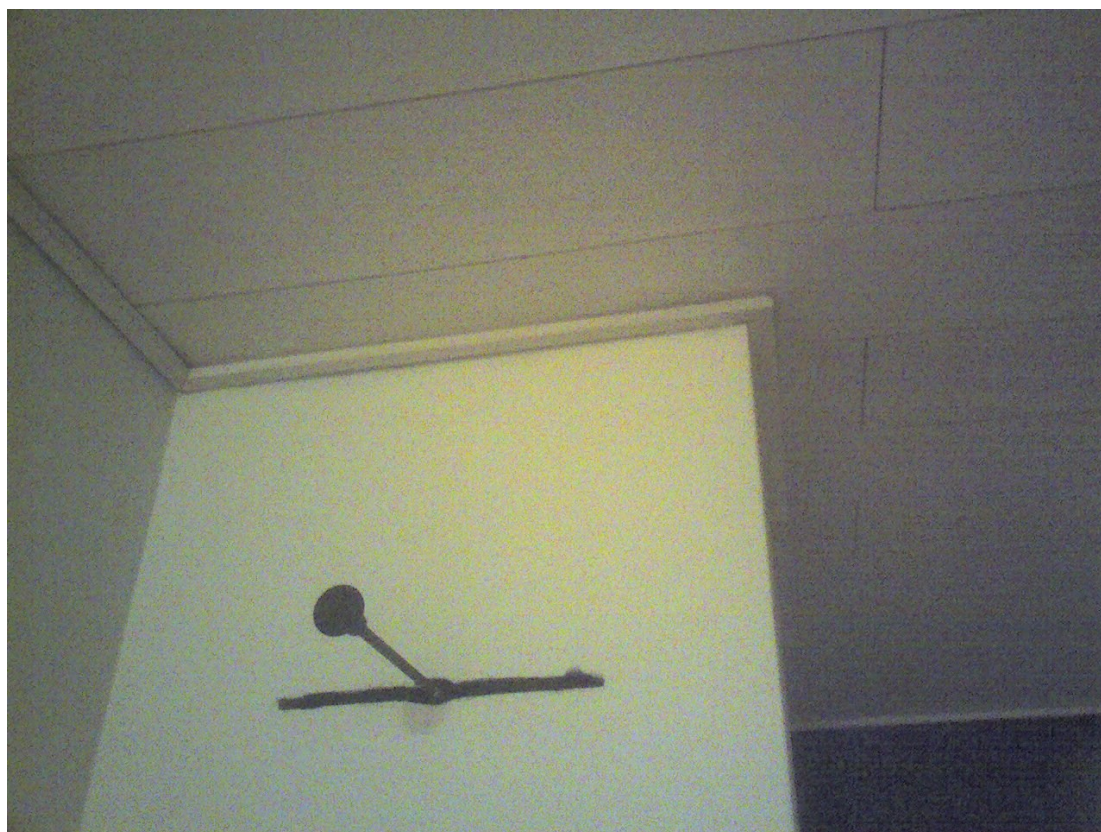


Liite 3

Kakunpolku lämpökamerakuvat

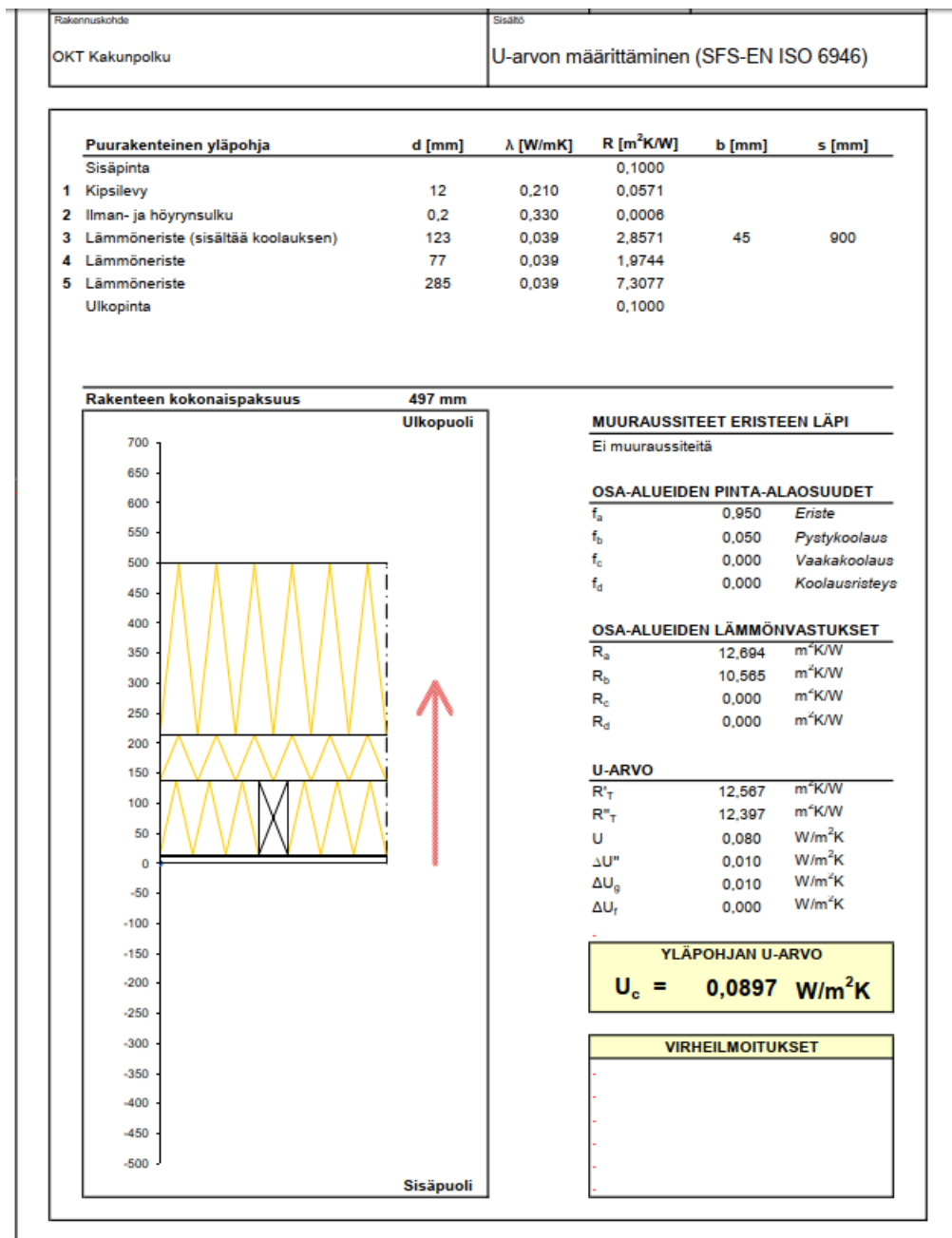






Liite 4

Kakunpolku yläpohjan U-arvo



Liite 5

Kakunpolku energialaskenta vanha

Kohde: YM Energiatodistuspaasesimerkki, Olemassaoleva rakennus, OKT Kakunpolku, Olemassaoleva rakennus (PRT=)

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT (2018 säädöksiens mukaisesti)				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Pientalo (Eriiset pientalot)			
Rakennuksen valmistusvuosi	1995	Lämmitetty nettoala	107	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4	m ³ /(h m ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöstä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	113.00	0.28	31.64	22.07
Yläpohja	107.00	0.22	23.54	16.42
Alapohja	107.00	0.36	38.52	26.87
Ikkunat	13.50	2.10	28.35	19.78
Ulko-ovet	5.90	1.40	8.26	5.76
Kylmäsiilat	-	-	13.03	9.09
Ikkunat imansuunnittain				
	A	U	gkohtisuora-arvo	
	m ²	W/(m ² K)	-	
Kaakko	-	-	-	
Lounas	7.00	2.10	0.75	
Koillinen	6.50	2.10	0.75	
Luode	-	-	-	
Koillinen	-	-	-	
Kaakko	-	-	-	
Lounas	-	-	-	
Luode	-	-	-	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen poisto ilman lämmöntalteenottoa			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto
Pääilmanvaihtokoneet	0.000 / 0.043	1	0.0	C
Eriisipoistot	-	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.000 / 0.043	1	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 0.0 %				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Sähköpatterit / Sähköinen lämminvesivaraaja			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökertoimen (1)	Apulaiteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	0.95	95 %		0.00
LKV:n valmistus	1.00	89 %		0.00
(1) vuoden keskimääräinen lämpökertoimen lämpöpumpulle				
(2) lämpöpumpujärjestelmässä voi säilyä lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökertoimen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	1	3000.00		
Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	600.00	35		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	60 %	2.00	3.00	6.00
Valaistus	10 %			

Kohde: YM Energiatodistuspaasesimerkki, Olemassaoleva rakennus, OKT Kakunpolku, Olemassaoleva rakennus (PRT=)

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET (2018 säädöksiä mukaisesti)				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Pientalo (Eriiliset pientalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1995			
Lämmitetty nettoala, m ²	107			
E-luku, kWhE/(m ² vuosi)	309 (> vaatimustaso=136)			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi kWhE/(m ² vuosi)	
Sähkö	25955	1.20	31146	291.1
Uusiutuva polttoaine (Puu)	3750	0.50	1875	17.5
YHTEENSÄ	29705		33021	308.6
Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)			166.0	
Tuloilman lämmitys				
Lämpimän käyttöveden valmistus			43.3	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	3.5			
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus	21.0			
YHTEENSÄ	24.5		209.3	0
<small>(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen</small>				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		19879	186	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		0	0	
Lämpimän käyttöveden valmistus		3745	35	
Jäähdytys		0	0	
<small>(2) sisältää vuotolman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa</small>				
<small>(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa</small>				
Lämpökuormat				
		kWh/a	kWh/(m ² a)	
Aurinko		2991	27.95	
Ihmiset		1125	10.51	
Kuluttajalaitteet		1687	15.77	
Valaistus		562	5.25	
Lämpimän käyttöveden kiertämisestä ja varastoinnin häviöstä		210	1.96	
Laskentatyökalun nimi ja versio				
Laskentatyökalun nimi ja versio	www.laskentapalvelut.fi, versio 1.5 (8.1.2023)			

Liite 6

Kakunpolku energialaskenta ja energiatodistus uusi

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT (2018 säädöksen mukaisesti)				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Pientalo (Erikkiset pientalot)			
Rakennuksen valmistusvuosi	1995	Lämmitetty nettoala	107	m ²
Rakennusvaihe				
Ilmanvotoluku q50	4	m ³ /(h m ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöstä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	113.00	0.28	31.64	24.71
Yläpohja	107.00	0.09	9.63	7.52
Alapohja	107.00	0.36	38.52	30.08
Ikkunat	13.50	2.10	28.35	22.14
Ulkiovet	5.90	1.40	8.26	6.45
Kylmäsiilit	-	-	11.64	9.09
Ikkunat ilmaosuudittain				
	A	U	9 kohteesta -arvo	
	m ²	W/(m ² K)	-	
Kaakko	-	-	-	
Lounas	7.00	2.10	0.75	
Koillinen	6.50	2.10	0.75	
Luode	-	-	-	
Koillinen	-	-	-	
Kaakko	-	-	-	
Lounas	-	-	-	
Luode	-	-	-	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus: Vallox 096 MV (10-86 L/s)				
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto
Pääilmavaihtokoneet	0.043 / 0.043	0.95	80	C
Erikkispoistot	-	-	-	4.00
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.043 / 0.043	0.95	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 75 %				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus: Sähköpatterit ja ilmalämpöpumppu / Sähköinen lämminvesivaraaja				
	Tuoton hyötysuhde	Jaan ja luovutuk- sen hyötysuhde	Lämpö- kerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja lvn lämmitys	-	95 %	2.80	0.00
LKV:n valmistus	1.00	89 %	-	0.00
(1) vuoden keskimääräinen lämpöeroin lämpöpumppu				
(2) lämpöpumppujärjestelmää voi käyttää lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpöeroinen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	1	3000.00		
Ilmalämpöpumppu	1	3745.00		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	600.00	35		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt	Kuluttajalaitteet	Valaistus
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	-	W/m ²	W/m ²	W/m ²
Valaistus	60 %	2.00	3.00	6.00
	10 %			

Kohde: YM Energiatodistusopas-esimerkki, Olemassaoleva rakennus, OKT Kakunpolku, Olemassaoleva rakennus (PRT=)

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET (2018 säädöksen mukaisesti)				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Pientalo (Erilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistusvuosi	1995			
Lämmitetty nettoala, m ²	107			
E-luku, kWhE/(m ² vuosi)	187 (> vaatimustaso=136)			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWhE/vuosi	kWhE/(m ² vuosi)
Sähkö	15083	1.20	18099	169.2
Uusilutava polttoaine (Puu)	3750	0.50	1875	17.5
YHTEENSÄ	18833		19974	186.7
Uusilutava omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Lämpö ulkoilmasta		2818	26.34	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiakulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)			59.0	
Tuloilman lämmitys			2.6	
Lämpimän käyttöveden valmistus			43.3	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiakulutus	3.3			
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus	21.0			
YHTEENSÄ	24.4		104.9	0
<small>(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuukuu tilojen lämmityksessä</small>				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		12743	119	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		276	3	
Lämpimän käyttöveden valmistus		3745	35	
Jäähdytys		0	0	
<small>(2) sisätilä vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa</small>				
<small>(3) laskettu lämmönlämpenemisen kanssa</small>				
Lämpökuormat				
		kWh/a	kWh/(m ² a)	
Aurinko		2991	27.95	
Ihmiset		1125	10.51	
Kuluttajalaitteet		1687	15.77	
Valaistus		562	5.25	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä		210	1.96	
Laskentatyökalun nimi ja versio numero				
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	www.laskentapalvelut.fi, versio 1.5 (8.1.2023)			

ENERGIATODISTUS 2018

LUONNOSVERSIO - virallinen todistus ARA:n valvontajärjestelmästä

Rakennuksen nimi ja osoite:	OKT Kakunpolku
	Olemassaoleva rakennus
Pysyvä rakennustunnus:	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	1995
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	
Pientalo	
Todistustunnus:	
Energiatodistus on laadittu:	
Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivänmäärä:	

	Energiatodistusluokka
A	
B	
C	C 2018
D	
E	
F	
G	

	kWh _e /m ² vuosi
Rakennuksen laskennallinen energiatodistuksen vertailuluku eli E-luku	187
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus	136
(Huom! Ylioleva on 2018 säädöksiin vaatimustaso mahdolliset helpotukset huomioiden)	

Todistuksen laatija:

Yritys:

Sähköinen allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

25.10.2024

Viimeinen voimassaolopäivä:

25.10.2034

Huom! Todistuksessa esitetyt lukuja/lasketatuloksia ei tule käyttää Lämpöpumpujen/lämmitysjärjestelmän valintaan.

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala, m ²	107												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Sähköpatterit ja ilmalämpöpumppu / Sähköinen lämminvesivaraaja												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vallox 096 MV (10-86 L/s)												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)			kWhE/(m ² vuosi)								
Sähkö	15083	141	1.20	169.2									
Puu	3750	35	0.50	17.5									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajajättesähkö	2249	21.0											
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				187									
Rakennuksen energiatehokkuusluokkia													
Käytetty E-luvun luokittelustaiteikko	Erilliset pientalot												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ...88</td> <td>B: 89 ... 150</td> <td>C: 151 ... 187</td> </tr> <tr> <td>D: 188 ... 267</td> <td>E: 268 ... 397</td> <td>F: 398 ... 467</td> </tr> <tr> <td>G: 468 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ...88	B: 89 ... 150	C: 151 ... 187	D: 188 ... 267	E: 268 ... 397	F: 398 ... 467	G: 468 ...		
A: ...88	B: 89 ... 150	C: 151 ... 187											
D: 188 ... 267	E: 268 ... 397	F: 398 ... 467											
G: 468 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokkia	C												
<p>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 sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajajätteen ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspiستووكات, sulanapitoilmmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI													
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)													
Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin sivulla 6 ja 7, kohdissa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".													