



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tuukka Lammi

RAKENTEIDEN LISÄERISTÄMISEN SÄÄSTÖVAIKUTUKSET

Tekniikka ja liikenne

2011

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelmassa keväällä 2011. Aihe opinnäytetyöhöni tuli Kauhajoen kaupungin Tekniseltä osastolta. Haluan kiittää yliopettaja Marja Naaranojaa Vaasan ammattikorkeakoulusta opinnäytetyöni ohjauksesta. Haluan myös kiittää tilaajan edustajaa työpäällikkö Hannu Törröstä mielenkiintoisesta aiheesta ja neuvoista työn aikana.

Vaasassa 4.5.2011

Tuukka Lammi

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tuukka Lammi
Opinnäytetyön nimi	Rakenteiden lisäeristämisen säästövaikutukset
Vuosi	2011
Kieli	suomi
Sivumäärä	76
Ohjaaja	Marja Naaranoja

Uudisrakennuksien energiatehokkuusvaatimusten tiukentuessa pitää miettiä vanhojen rakennuksien energiatehokkuutta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää rakenteiden lisäeristämisen vaikutusta energiankulutukseen.

Opinnäytetyön tutkimuksen lähtökohtana oli selvittää rakenteiden U-arvot ja lämpöhäviöt eri eristevaihtoehdoilla ja laskea siitä saatu energian säästö. Rakenteiden kosteuskäyttämisen, U-arvon ja lämpöhäviöiden laskentaan käytettiin Doftech-lämpö -ohjelmaa. Työssä tutkittiin ikkunoiden ja ovien vaihtamisen vaikutusta energiatehokkuuteen.

Tutkimuksen aineistona käytettiin alan kirjallisuutta ja julkaisuja. Tärkeässä osassa tutkimusta oli myös eri eristevalmistajien rakennekirjastot. Tutkimukseen otettiin mukaan vain ne rakenteet ja eristevaihtoehdot, jotka toimivat kosteusteknisesti oikein.

Tutkimus koostui taustatyön tekemisestä, jossa selvitettiin eri aikakausina käytettyjä yleisimpiä rakenteita. Tutkimus jatkui rakenteiden U-arvojen ja lämpöhäviöiden selvittämisellä. Tämän jälkeen tutkittiin jokaiseen rakenteen lisäeristämistapojen ja materiaalien toimivuutta sekä lisäeristettyjen rakenteiden U-arvojen ja lämpöhäviöiden muuttumista. Nämä tiedot koottiin taulukoihin.

Opinnäytetyön lopputuloksena oli kattava määrä lisäeristettyjä rakenteita eri eristevaihtoehdoilla ja rakenteiden lisäeristämisestä aiheutuvat säästöt.

Avainsanat energiatehokkuus, lämmöneristävyys, lisäeristäminen

ABSTRACT

Author	Tuukka Lammi
Title	Consumption Effects Based on Increased Thermal Insulation
Year	2011
Language	Finnish
Pages	76
Name of supervisor	Marja Naaranoja

The tightened energy efficiency regulations for new buildings bear implications on the energy efficiency of old buildings. The purpose of this thesis was to examine the effects of increasing thermal insulation on energy consumption.

The starting point of this thesis was to examine the heat penetration factor and thermal losses of structures with different insulation materials and to calculate the gained energy savings. The moisture behaviour of structures, the heat penetration factor and thermal losses were calculated by using a program called Doftech-lämpö. The effect of changing of the doors and windows on thermal efficiency was also examined. Literature and publications of the field were used as a source of information for this thesis. The structure libraries of insulation companies played a vital part in this thesis. Only those structures and insulation options that have proper moisture behaviour were taken into consideration.

The thesis consisted of background work in which I examined the most commonly used structures in different decades. I continued by calculating the heat penetration factors and thermal losses of those structures. After that I started to investigate the ways of adding thermal insulation and thermal insulation materials to each structure. Then I started to calculate the heat penetration factors and thermal losses. I collected the values together to excel tables.

The outcome of my thesis is a comprehensive report of structures with different insulation material and influence on energy consumption when adding thermal insulation.

Keywords, energy efficiency, thermal insulation, adding insulation

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO.....	7
2 MITTAYKSIKÖIDEN JA KÄSITTEIDEN SELITYKSET	8
3 ENERGIATEHOKKUUS RAKENNUKSISSA	9
3.1 Rakentamismääräyskokoelman osat C3, D3 ja D5	11
3.2 Energiatodistus.....	14
3.3 Rakennuksen lämpöhäviöt.....	15
3.4 Suomen rakennuskanta	18
4 RAKENNUSFYSIikka.....	20
4.1 Lämpö	20
4.2 Kosteus.....	21
5 RAKENTEIDEN LISÄERISTÄMINEN	23
5.1 Ulkoseinät	23
5.1.1 Hirsiseinät	25
5.1.2 Puurunkoseinät	27
5.1.3 Betoniseinät.....	30
5.1.4 Täystiilirakenteet ja harkkoseinät	33
5.2 Yläpohjat	36
5.2.1 Harjakattoiset yläpohjat	36
5.2.2 Tasakattoiset yläpohjat.....	39
5.3 Alapohjat.....	41
5.3.1 Tuulettuvat alapohjat	41
5.3.1 Maanvaraiset alapohjat	42
5.3.3 Kellarit	43
6 SÄÄSTÖT LISÄERISTÄMISESTÄ	45
6.1 Ulkoseinät	45
6.1.1 Hirsiseinät	45
6.1.2 Puurunkoseinät	47

6.1.3 Betoniseinät.....	54
6.1.4 Tiili- ja harkkoseinät.....	56
6.2 Yläpohjat.....	59
6.2.1 Harjakattoiset yläpohjat.....	59
6.2.2 Tasakattoiset yläpohjat.....	63
6.3 Alapohjat.....	65
6.3.1 Tuulettuvat alapohjat.....	66
6.3.2 Maanvaraiset alapohjat.....	68
6.3.3 Kellarit.....	70
7 IKKUNAT JA OVET.....	71
8 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	74
LÄHTEET.....	75

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia rakennusten energiatehokkuutta. Työn tilaajana toimi Kauhajoen kaupunki. Kauhajoki on 14 384 asukkaan kaupunki Etelä-Pohjanmaalla. Työ on hyödyllinen kaupungille, koska rakennusten osuus energiankulutuksesta on merkittävä Suomessa. Rakennusteollisuuden, rakennustoiminnan ja rakennuskannan lämmön- ja sähkönkulutuksen osuus tuotetusta primäärienergiasta on yli 40 prosenttia. Suomessa on edettävä kohti matalaenergiarakentamista, jotta saadaan rakennuskannan energiankulutusta pienemmäksi. Myös vanhojen rakennusten energiatehokkuutta on parannettava. Rakennusten lämmöneristeiden parantamisessa rakenteiden kosteuskäyttäytymiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. 1970-luvun öljykriisin jälkeisten energiansäästötoimien seurauksena asioihin perehtymättömyys aiheutti kosteus- ja homeongelmia. /21/

Tämän insinöörityön tarkoituksena on perehtyä rakenteiden lisälämmöneristämiseen ja rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen. Tarkoituksena on selvittää minkälaisia säästöjä eri eristystavoilla ja rakenteilla saadaan, mutta myös minkälaisia eroja muodostuu rakennusteknisesti, arkkitehtuurisesti ja käyttömukavuuden kannalta.

Liaäeristämisessä ei ole kyse pelkästään rakennusfysikaalisista asioista, vaan myös rakennusteknisistä ja taloudellisista tekijöistä. Jokin tilanneratkaisu saattaa toimia rakennusfysikaalisesti hyvin, mutta sen käyttäminen teknisessä tai taloudellisessa mielessä ei ole kannattavaa.

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan vain rakennusosia, koska talotekniikan osuuden huomioon ottaminen, olisi antanut vain pinnallisen kuvan käsitellyistä asioista. Tämä tutkimus koskee ulkoseiniä, yläpohjia, alapohjia, ikkunoita ja ovia ja rakenteet on rajattu koskemaan yleisesti käytössä oleviin/olleisiin.

2 MITTAYKSIKÖIDEN JA KÄSITTEIDEN SELITYKSET

Energiatehokkuus: Energiatehokkuus kuvaa energiankulutukseen ja tarpeeseen vaikuttavia tekijöitä. Siihen sisältyy energiankulutuksen lisäksi rakennuksen osat, joilla on välitön vaikutus rakennuksen energiankulutukseen. Näitä ovat lämmöneristeet, vaipan tiiviys ja ilmanvaihtojärjestelmä.

Kokonaisenergian kulutus: Rakennuksen kokonaisenergian kulutus koostuu lämmitysenergian kulutuksesta, käyttöveden energian kulutuksesta ja sähköenergian kulutuksesta.

U-arvo eli lämmönläpäisykerroin: Ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosien eri puolella on yksikön suuruinen. Mitä pienempi U-arvo, sen parempi. Yksikkönä W/m^2K .

Ilmavuotoluku n₅₀ Kuvaa rakennuksen ilman vaihtuvuutta tunnissa paine-eron ollessa 50 Pa sisä- ja ulkoilman välillä. Mitä pienempi luku saadaan, sen parempi. Yksikkönä 1/h.

Rakennuksen vaippa: Ne rakennusosat, jotka erottavat lämpimän, puolilämpimän, erityisen lämpimän tai jäädytettävän kylmän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaippaan eivät kuulu rakennuksen sisäiset erilaisia tiloja toisistaan erottavat rakennusosat.

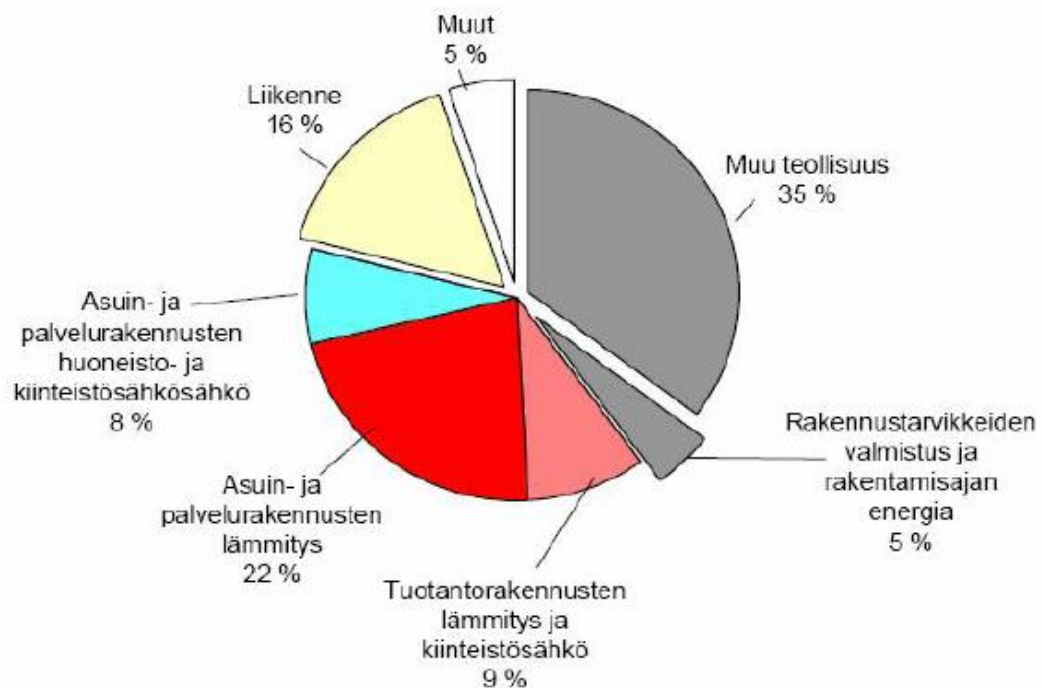
Rakennusfysiikka: Tarkastelee eri olosuhteissa rakenteissa lämmön, kosteuden ja ilman siirtymistä sekä tutkii näiden ilmiöiden vaikutusta rakennusten ja rakenteiden toimintaan ja kestävyys.

RakMk: Suomen rakentamismääräyskokoelma.

3 ENERGIATEHOKKUUS RAKENNUKSISSA

Suomen tavoitteena on vähentää vuoteen 2020 mennessä kasvihuonepäästöjä 20 prosentilla ja parantaa energiatehokkuutta 20 prosentilla. Energiatehokkuuden parantamiseksi on Ympäristöministeriö antanut 22.12.2008 rakennusten energiatehokkuutta koskevat rakentamismääräykset, joiden pitäisi parantaa rakennusten energiatehokkuutta 30 prosenttia. Määräykset astuivat voimaan 1.1.2010 ja seuraavia kiristyksiä on luvassa jo vuonna 2012, joita kuitenkin kaavaillaan koskevan rakennusten kokonaisenergiankulutusta yksittäisten rakenneosien raja-arvojen sijaan. Kuvassa 1 kerrotaan miten energiankäyttö oli jakaantunut Suomessa vuonna 2003. Kulutuksen jakauma ei ole muuttunut merkittävästi seitsemän vuoden aikana. /8/

Energian loppukäyttö Suomessa 2003, Yhteensä 308 TWh



Kuva 1. Energian loppukäyttö Suomessa 2003 /10/

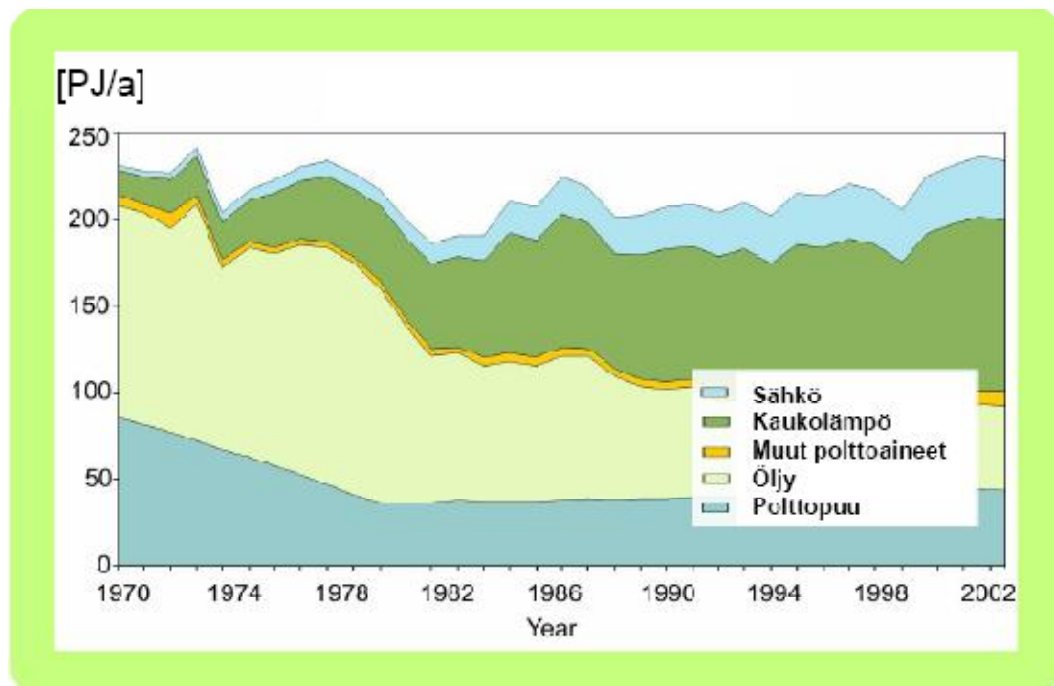
Euroopassa on jo pitkään pyritty parantamaan rakennusten energiatehokkuutta, mutta vasta kun Kioton sopimus tuli voimaan, velvoitti se tiukentamaan rakennuksia koskevia säädöksiä. Energy Performance of Buildings Directive 2002/91/EY (Suomessa usein EPBD) eli rakennusten energiatehokkuusdirektiivi tuli voimaan vuoden 2002 lopulla. Direktiivin toimeenpano on vaatinut monessa maassa valtavia toimenpiteitä. Vasta vuonna 2008 saatiin valmiiksi 2200 sivuinen standardipaketti. Kuitenkin jo standardin valmistuttua huomattiin, että monet sen osat tarvitsevat päivitystä. /8/

Kun direktiiviä lähdettiin uusimaan, ohjattiin velvoittamaan myös pienempiä rakennuksia nykyisen yli 1000 m² sijaan. Nyt uudessa, ehkä jo tänä vuonna valmistuvassa direktiivissä, tullaan ulottamaan laajemmin toimitilojen ja asuntojen korjausrakentamiseen. Direktiivi tulee määräämään, että kun rakennukselle ollaan tekemässä laajamittaisia korjauksia, rakennuksen tulee täyttää energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset. /8/

Vähimmäisvaatimukset voivat koskea joko koko korjattua rakennusta tai korjattuja järjestelmiä tai niiden osia. EU:n jäsenvaltioiden tulee määrittää direktiivin mukaiset säädökset kahden vuoden kuluttua niiden voimaan tulosta eli noin vuoden 2012 puolivälissä. /8/

Suomessa korjattu direktiivi tulee aiheuttamaan uutta säädösvalmistelua ympäristöministeriössä. Siinä tullaan asettamaan energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset korjausrakentamiselle Suomelle sopivalle tasolle. Ympäristöministeriön työryhmä on ryhtynyt selvittämään mahdollisuuksia rakennusten kiinteistöveron porrastamista energiatehokkuuden ja lämmitystavan perusteella. Lämmitysenergian lähteenä tulotisiin suosimaan uusiutuvia ja ympäristöystävällisiä energiamuotoja. /21/

Nämä asiat saattaisi toimia kannustimena vanhojen rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi ja lämmitystavan muuttamiseksi ympäristöystävällisemmäksi. Kuvassa 2 on esitettyä eri lämmitystapojen jakauma Suomessa vuonna 2003. /21/



Kuva 2. Lämmitysjärjestelmien jakauma Suomessa 2003 /2/

Euroopan unioni tavoittelee, energiatehokkuuden saamista aikaan rakenteilla, järjestelmillä ja tuotteilla sekä niitä yhdistävillä palveluilla. Euroopan yhdentyessä on tuotteiden vapaa liikkuvuus tärkeää ja tuotteissa tehtävien järjestelmien ja rakenteiden toteuttamisen tulee olla yhteneväistä koko Euroopassa. /21/

3.1 Rakentamismääräyskokoelman osat C3, D3 ja D5

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on kolme osaa, jotka käsittelevät suoraan rakennuksen energiatehokkuutta. Osa C3 käsittelee rakennuksen lämmöneristevaatimuksia, D3 käsittelee rakennusten energiatehokkuutta ja D5 rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskentaa. Kaikki nämä määräykset koskevat luvanvaraista rakentamista. /21/

RakMK:n osassa C3 käsitellään rakennusten lämmöneristystä. Tuoreimmat lämmöneristemääräykset ovat astuneet voimaan vuoden 2010 alussa, jolloin kumottiin vuonna 2007 voimaan astuneet määräykset. Viimeisimmissä määräyksissä lämmöneriste-vaatimusten arvot kiristyivät keskimäärin noin 30 %. /21/

Rakentamismääräyskokoelman osa C3 on luultavasti muuttumassa vuonna 2012 radikaalisti. Silloin tullaan uudistamaan rakennusosia koskevat u-arvorajat koko rakennusta koskeviksi energiankulutuksen rajoiksi. /21/

Taulukkoon 1 on kerätty tietoja miten eri rakennusosien U-arvomääräykset ovat kehittyneet vuosien varrella.

Taulukko1. Rakentamismääräysten kehittyminen /21/

Rakennusosien U-arvo W/m ² K	Rakentamismääräysten kehittyminen			C3 2003	C3 2007	C3 2010
	C3 1976	C3 1978	C3 1985			
Ulkoseinä	0,4	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17 *
Yläpohja	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09
Alapohja (ulkoilmaan)			0,22	0,16	0,15	0,09
Alapohja (ryömintätilaan)	0,4	0,4	0,22	0,2	0,19	0,17
Alapohja (maanvastainen)			0,36	0,25	0,24	0,16
Ikkunat	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1
Ovet	0,7	0,7	0,7	1,4	1,4	1
* = Hirsiseinillä 0,40						

70-luvulla tapahtuneet kiristykset ja ylipäättään U-arvomääräysten aloittamisen syynä oli 70-luvulle sijoittunut öljykriisi.

Öljykriisi oli seurausta 1970-luvun alun tuotannon nopeiden kasvun vuosien seurausta. Öljyn hinta kymmenenkertaistui vuosien 1974-79 välisenä aikana, mikä johti maailmanlaajuiseen inflaatioon ja lamaan. Suomessa lama alkoi vuonna 1973, jolloin tuotanto kääntyi laskuun ja jatkui vielä vuodet 1976 ja 1977. Vuonna 1978 tuotanto kääntyi voimakkaaseen nousuun, mutta vuonna 1979 öljy kallistui jälleen voimakkaasti, mistä oli seurauksena toinen öljykriisi ja edelleen 1980-luvun alun maailmanlaajuinen taloudellinen taantuma. /16/

Rakennusten ulkoilmaa vasten oleviin rakenteisiin liittyy Suomen ilmasto-oloissa monia kosteusteknisiä kysymyksiä. 1970-luvun öljykriisin jälkeisistä toimista olemme oppineet, ettei kosteus ja energia-asioita tule erottaa toisistaan./21/

Kosteus- ja homevaurioiden määrä ei ole oleellisesti kääntynyt laskuun viimeisen kymmenen vuoden aikana. Tämä on johtanut siihen, että hallitus päätti 2009 viisivuotisesta ohjelmasta kosteus- ja homevaurioiden systemaattiseksi vähentämiseksi. Käynnistyneet home- ja kosteustalkoot ajoittuvat hyvin siihen teknologiahyppyyn, joka rakennusten energiatehokkuuden osalta on jo käynnissä. Teknologiahyppyn voidaankin katsoa koskevan rakentamisen laatua ylipäänsä. /21/

Ennen vuotta 1976 rakenteille ei määrätty erikseen vaatimuksia lämmönläpäisevyydelle. Taulukosta huomaa, että vuonna 1978 ja vuonna 2007 voimaan astuneet kiristykset eivät ole kovinkaan merkittäviä ulkoseinien osalta. Mielenkiintoista on myös, että ovien U-arvo oli 70-luvun rakentamismääräyksissä tiukempi kuin nykyään voimassa olevassa. Tähän saattaa olla kuitenkin syynä se, että ovista johtuvat lämpöhäviöt ovat prosentuaalisesti melko pieniä koko rakennuksen vaippaan nähden. /21/

Rakentamismääräyskokoelman osa D3 käsittelee rakennusten energiatehokkuutta ja se on astunut voimaan vuoden 2010 alussa. Osa D3 sisältää määräyksiä rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviöihin. Näissä keskitytään lähinnä rakennuksen LVIS-järjestelmien energiatehokkuuteen ja oikeanlaiseen käyttöön. Tässä osassa käsitellään myös rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskentaa, eli kuinka lasketaan rakennuksen lämpöhäviöt, niin, että määräykset toteutuvat. D3:ssa määrätään myös, että jokaisesta uudesta asuinrakennuksesta on tehtävä energiaselvitys, jonka yhtenä osana on energiatodistus. Energiatodistuksesta on määrätty laissa Laki rakennuksen energiatehokkuudesta (487/2007) ja ympäristöministeriön asetuksessa (765/2007). /21/

Rakentamismääräyskokoelman osa D5 on ohje rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaan. /21/

3.2 Energiatodistus

Energiatodistuksessa kaikki kiinteistöt luokitellaan energiatehokkuuden perusteella asteikolla A-G. Rakennus, joka kuuluu A-luokkaan, on vähän energiaa kuluttava. Rakennus, jonka energialuokka on G, on paljon energiaa kuluttava. Energiatodistuksesta ilmenee muun muassa rakennuksen lämmitysenergian tarve, laite ja kiinteistösähkön kulutus ja jäähdytysenergian määrä. ET-luku eli energiatehokkuusluku lasketaan näiden tekijöiden avulla. ET-luku saadaan jakamalla rakennuksen kokonaisenergiankäyttö bruttoalalla. /21/

Uusissa rakennuksissa energiatodistuksen allekirjoittaa pääsuunnittelija ja se tulee liittää rakennuslupahakemukseen. Energiatodistusta laadittaessa rakennusluvan yhteydessä pääsuunnittelijalta ei tarvita erillisiä pätevyksiä energiatodistuksen laadintaan. Pääsuunnittelijan allekirjoittama energiatodistus on voimassa neljä vuotta yli kuuden asunnon kiinteistöillä ja kymmenen vuotta enintään kuuden asunnon kiinteistöillä. /21/

Vanhoissa rakennuksissa energiatodistus on vapaaehtoinen, kun yhtiössä on enintään kuusi asuntoa. Energiatodistus laaditaan vanhoissa rakennuksissa toteutuneen vuosikulutuksen mukaan. Vanhoissa yli kuuden asunnon yhtiöissä energiatodistus on pakollinen, ja se voidaan laatia erillisen energiakatselmuksen yhteydessä. Vaihtoehtoisesti sen voi kirjoittaa isännöitsijä, joka ei tarvitse erillistä pätevyyttä energiatodistuksen antamiseen, mutta se on päivitettävä joka vuosi. Erillisen energiatodistuksen voi antaa henkilö, jolle Suomen LVI-yhdistys ja Kiinteistöalan Koulutuskeskus on todennut pätevyyden. Erillinen energiatodistus on voimassa kymmenen vuotta. Kuvassa 3 on esimerkki energiatodistuksen ET-luvun taulukosta. /8, 21/

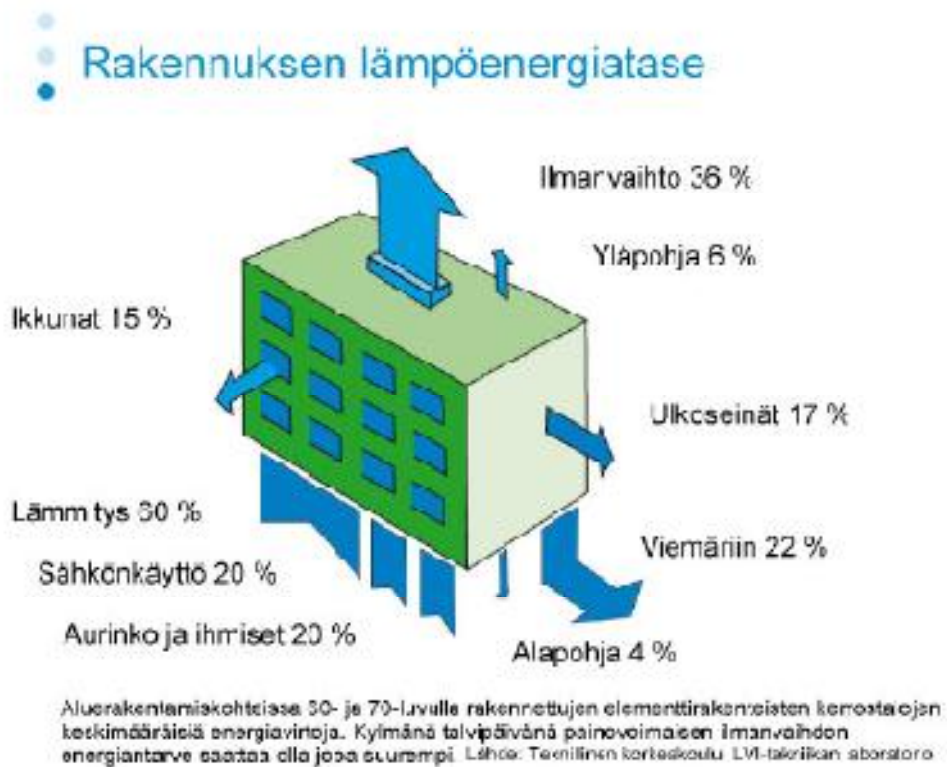
ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 150	A	
151 - 170	B	
171 - 190	C	
191 - 230	D	
231 - 270	E	E
271 - 320	F	
321 -	G	
<i>Paljon kuluttava</i>		

Kuva 3. Energiatehokkuustaulukko /9/

3.3 Rakennuksen lämpöhäviöt

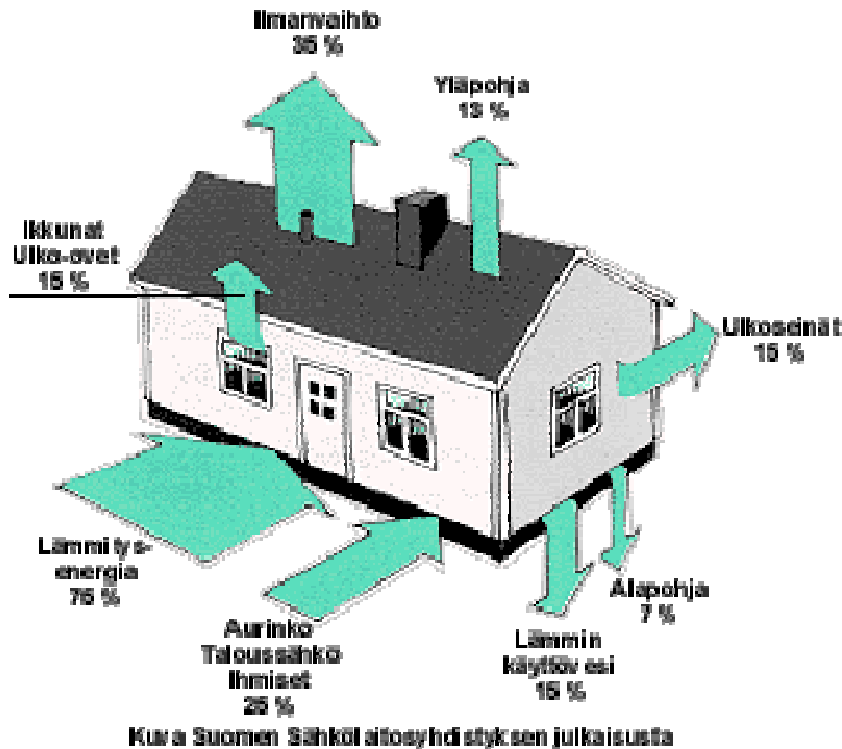
Rakennuksen lämpöhäviöllä tarkoitetaan rakenteiden läpi johtuvaa lämpöenergiaa, joka johtuu ulos vaipparakenteen läpi tai vaipassa olevien reikien kautta. Lämpöenergian johtumista voidaan vähentää parantamalla vaipan lämmöneristävyyttä. Mitä alhaisempi lämmönjohtuvuus, sitä vähemmän tarvitaan lämmöneristettä vastaavan paksuisissa rakenteissa. /20/

Rakennuksen ollessa energiaterokas ilma kulkee siellä suunnitellusti. Ilma kulkee ilmastoinnin kautta, eikä vuoda kohdistu mistä sen ei ole tarkoitus vuotaa. Kun ilma kulkeutuu hallitsemattomasti rakenteen läpi, vie se mukanaan kosteutta. Kosteuden kulkeutuminen rakenteen läpi saattaa aiheuttaa rakenteeseen kosteus- ja homeongelmia. Vanhoissa rakennuksissa energiankulutukseen vaikuttavat eniten huono eristävyys, höyryn/ilmansulun vuotaminen, painovoimainen ilmanvaihto, heikot ikkunat ja huonot ulko-ovet. /20/



Kuva 4. Kerrostalon lämpöenergiatase /9/

Kuvasta 4 ilmenee rakennuksen lämpöhäviöt 60- ja 70-luvun elementtikerrostaloissa. Lämpöhäviöt jakautuvat rakenneosien kesken seuraavasti: ilmarvaihto vie 36 %, ulkoseinät 17 %, ikkunat 15 %, yläpohja 6 % ja alapohja 4 % sekä 22 % poistuu viemärin kautta. Vastaavasti energiasta 60 % tulee lämmityksestä, 20 % sähkökäytöstä ja 20 % auringosta ja ihmisistä. /19/



Kuva 5 Pientalon lämpöenergiatase /18/

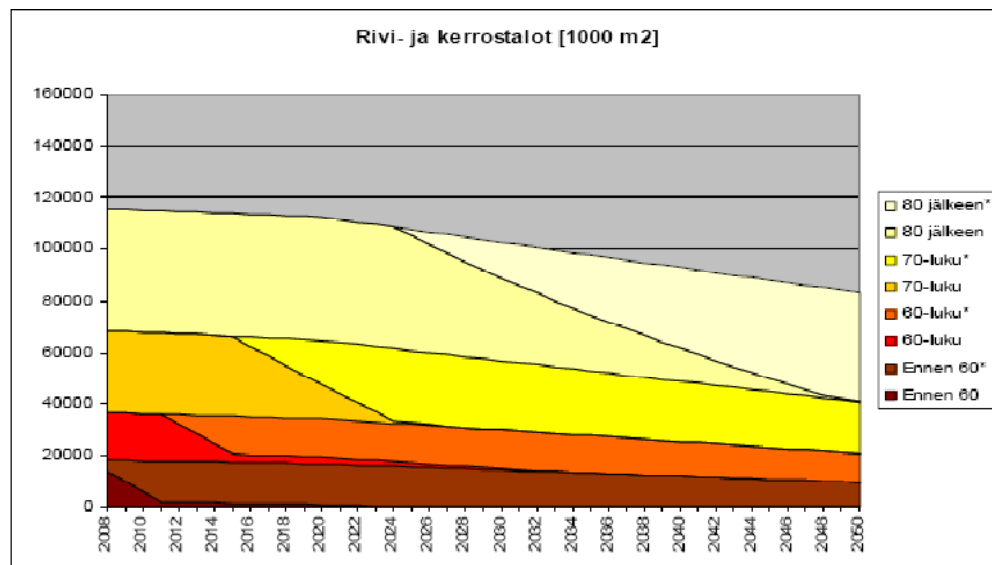
Kuvia 4 ja 5 verrattaessa huomataan, että pientalojen lämpöhäviöissä yläpohjalla on huomattavasti suurempi merkitys kuin suuremmissa rakennuksissa. Muiden rakennusosien lämpöhäviöt ovat melko samansuuruisia. Viemäriin menevän lämpöhäviön osuus on pienempi. /18/

Rakennetta saattaa paikallisesti heikentää eristekerroksen läpi kulkevat kylmäsillat. Rakenteelle ominaiset kylmäsillat, kuten siteet, kannakset sekä tuki- ja runkorakenteet otetaan huomioon lämmönläpäisykertoimen laskennassa, jos ne ovat toistuvia. Näitä kylmäsilloja olisi hyvä välttää, jos vain mahdollista. Yksittäisiä kylmäsilloja, kuten parvekkeiden kannatus, liittymät ja läpiviennit, ei tarvitse ottaa huomioon laskettaessa lämmönläpäisevyyttä, mutta saattavat aiheuttaa merkittäviä lämpöhäviöitä. Yksittäisistä kylmäsilloista saattaa muodostua lämpöolojen paikallista heikkenemistä, pintojen likaantumista tai jopa kosteusongelmia. /14,20/

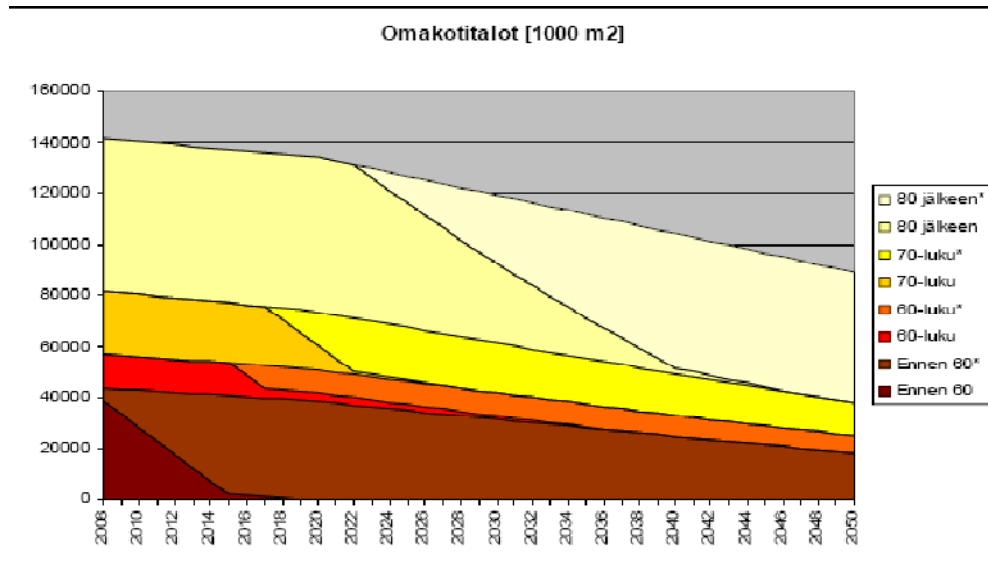
Rakenteiden lämmöneristävyyteen vaikuttavat myös ikkunoiden ja ovien määrä sekä koko. Ikkunoiden ja ovien lämmöneristävyyksien ollessa muita rakenneosia heikompia, saattaa ovien ja ikkunoiden kautta johtua jopa kymmenkertainen määrä pinta-alayksikköä kohti, verrattuna muuhun vaippaan. Ikkunoiden heikon kohta on niiden karmirakenne, eli on energiatehokkaampaa rakentaa isoja ikkunoita kuin paljon pieniä. Toisaalta ikkunoiden kautta auringon lämpö pääsee paremmin rakennukseen ja lämmityksen ja valaistuksen tarve vähenee. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen sijoittaminen tontille oikein on tärkeää. Ikkunoilla on nykyään samanlainen energialuokitus kuin rakennuksilla, joten kuluttajien on helpompi vertailla niitä keskenään. /8/

3.4 Suomen rakennuskanta

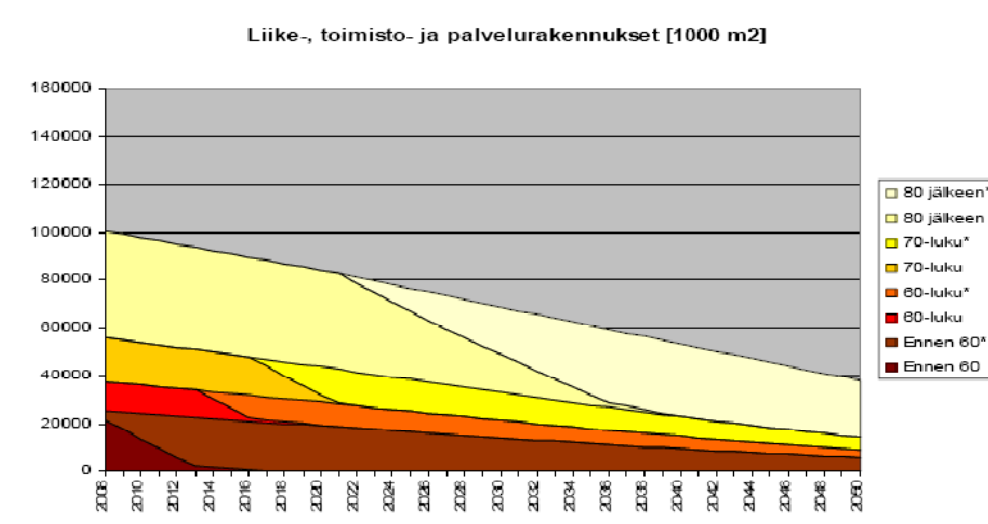
Suomen rakennuskanta on verrattain nuorta muihin Euroopan maihin. Suomessa on prosentuaalisesti melko vähän ennen 1900-lukua rakennettuja rakennuksia. Kuvat 6,7 ja 8 esittävät, että ennen 60-lukua rakennettujen rakennusten osuus on kuitenkin melko merkittävä ja vain pieni osa niistä on korjattuja. /8/



Kuva 6. Rivi- ja kerrostalojen ikäjakauma /17/



Kuva 7 Omakotitalojen ikäjakauma /17/



Kuva 8 Liike-, toimisto ja palvelurakennuksien ikäjakauma /17/

4 RAKENNUSFYSIKKA

4.1 Lämpö

Lämmön siirtymisen aiheuttaa lämpötilaero ja se voi tapahtua kolmella eri tavalla. Nämä tavat ovat johtumalla, säteilemällä ja konvektion avulla. Näistä kolmesta kaikkein yleisin on lämmönjohtuminen. Siinä lämpöenergian siirtyminen tapahtuu korkeammasta lämpötilasta matalampaan. Rakenteiden lämmönjohtavuus on keskeisenä tekijänä lämmönsiirtymisessä rakenteessa. Mitä pienempi materiaalin lämmönjohtavuusarvo on sen parempi. Lämmönjohtavuudella on suora yhteys siirtyvään lämpöenergiaan. Kun lämmönjohtavuus kaksinkertaistuu, myös siirtyvä lämpöenergian määrä kaksinkertaistuu. Lämmönjohtavuuteen vaikuttaa negatiivisesti rakenteen kylmäsillat. /3/

Rakenteiden ulkopuolella keskeinen lämmönsiirtymismuoto on säteily. Säteily siirtyy parhaiten tyhjiössä, missä lämpö ei voi sitoutua mihinkään väliaineeseen. Pintojen lämpötilaeroilla ja kyvyillä lähettää ja vastaanottaa lämpösäteilyä on voimakas vaikutus siirtyvään energiamäärään. Yleisesti käytetyt rakennusmateriaalit ottavat lämpösäteilyä vastaan noin 90 % ja loput heijastuvat takaisin. Musta on värinä paras ottamaan vastaan lämpösäteilyä (lähes 100 %), kun taas kiiltävä alumiini vastaanottaa vain 3 % lämpösäteilyä. /3/

Kosteuden tiivistymisriski kasvaa sellaisilla pinnoilla, joilla on huono lämpösäteilyn absorboimiskyky, koska silloin rakenteen pinta jää kylmemmäksi. Kondenssiriski kasvaa myös tuulettuvien yläpohjien katteessa silloin, kun öisin kатteen lämpötila laskee alle ulkoilman lämpötilan, koska lämpösäteily karkaa rakenteen pinnalta. /21/

Lämpöenergian siirtyminen konvektiolla tapahtuu nesteen tai kaasun mukana, esimerkiksi vesikiertoisissa lämpöpattereissa lämpö siirtyy nesteen mukana. Rakenteiden pinnoilla liikkuvat ilmavirtaukset vaikuttavat myös ulkovaipparakenteiden pintalämpötiloihin. Rakenteen pintalämpötila nousee tai laskee, kun energia siirtyy rakenteeseen tai pois rakenteesta ilmavirtauksen takia.

Rakenteiden sisällä tapahtuva kylmän ulkoilman virtaus voi aiheuttaa rakenteen pinnan lämpötilan laskun ja siten tiivistää rakenteeseen kosteutta. /3/

4.2 Kosteus

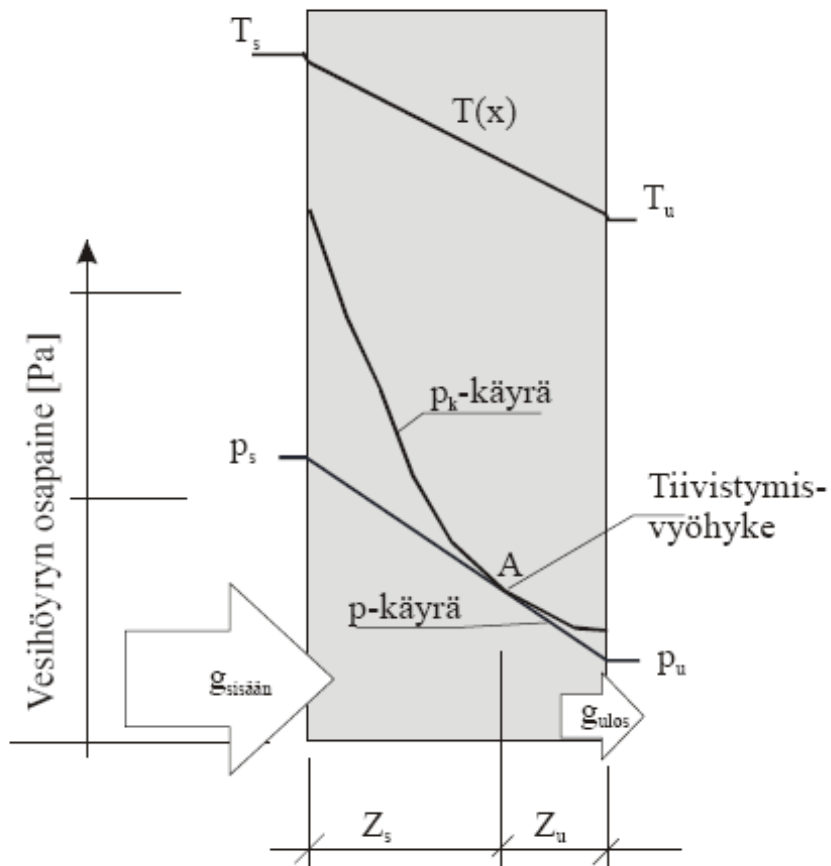
Rakenteessa kosteuden liikkuminen tapahtuu joko höyrynä tai vetenä. Kun rakenteessa liikkuu kosteutta, liikkuu se joko konvektiona tai diffuusiona. /3/

Diffuusio tarkoittaa kosteuden siirtymistä vesihöyrynä. Diffuusion panee liikkeelle rakenteen eri puolella vaikuttavat erot ilman kosteudessa. Yleisenä sääntönä voidaan pitää, että diffuusio tapahtuu lämpimämmästä tilasta kylmempään tilaan. Poikkeuksena voidaan pitää sitä kun kylmemmän tilan kosteussisältö on suurempi kuin lämpimämmän tilan kosteussisältö. Tämä siksi, että diffuusion liikkeelle paneva voima on juuri ilman kosteusmäärä. Normaaleissa oloissa lämpimän tilan kosteuspitoisuus on suurempi kuin kylmemmän, mutta poikkeuksena on esimerkiksi jäähallit lämpiminä kuukausina. /3/

Kosteuden siirtyminen rakenteissa konvektiona tapahtuu ilmavirtausten mukaan, jotka johtuvat rakenteen eri-puolella vaikuttavista kokonaispaine-eroista. Kokonaispaine-erot syntyvät tuulen seurauksena, koneellisen ilmavaihdon seurauksena tai ns. savupiippuvaikutuksen eli huoneen lämpötilaerojen seurauksena. Nykyaikaisissa rakenteissa konvektiota tapahtuu lähinnä reikien, rakojen, halkeamien yms. läpi tapahtuvilla ilmavirtauksilla. Konvektio voi siirtää mukanaan moninkertaisia määriä kosteutta verrattuna diffuusion. /3/

Suurien olosuhteiden muutoksien (vuodenajat, sateet, auringonpaiste jne.) takia rakenteen vaipan eri kohdissa, kosteuspitoisuudet vaihtelevat jatkuvasti. Rakenteen tulisi kuitenkin olla sellainen, ettei sinne ajan mittaan kerry kosteutta. Rakennuksen sisällä oleva vesihöyryn osapaineen tai absoluuttinen vesihöyrynpitoisuuden ollessa suurempi kuin ulkona, pyrkii vesihöyry diffuusion seurauksena tasapainottumaan vaipparakenteen läpi. Tällöin saattaa osa diffundoituvasta vesihöyrystä tiivistyä rakenteen sisään. /3/

Kuva 9 kuvaa rakenteessa lämpötilan jakaumaa, rakenteen lämpötiloja vastaavaa vesihöyryn kyllästymispaineen jakaumaa, p_k -käyrää sekä rakenteessa vallitsevaa vesihöyryn osapainetta, p -käyrää. /3/



Kuva 9. Kosteuden tiivistymisen periaate /3/

Jos vesihöyryn osapaine, p -käyrä, leikkaa vesihöyryn kyllästymiskäyrän, p_k -käyrän, tapahtuu rakenteen sisään tiivistymistä. /3/

5 RAKENTEIDEN LISÄERISTÄMINEN

Rakenteiden lisäeristäminen ja rakennusten energiakorjaukset eivät koskaan ole erillään rakennuksen muusta korjauksesta, ne ovat yleensä osa suurempaa peruskorjauskokonaisuutta. Tämä johtuu siitä, että rakenteiden lisäeristäminen, pois lukien muutamia tapauksia, on pelkästään suhteettoman kallista. Yleensä kun lähdetään lisäämään lämmöneristettä esimerkiksi seinään, joudutaan purkamaan, mahdollisesti jopa hyväkuntoisia, olemassa olevia rakenteita. Tämän vuoksi lisäeristäminen kannattaa tehdä peruskorjausten yhteydessä. /19, 20/

Lisälämmöneristämistä voidaan perustella energiatalouden parantamisella, julkisivujen korjaustarpeella tai asumisviihtyvyyden parantumisella. Monissa 1960- ja 1970-lukujen betonielementtitaloissa alkuperäinen rakenne saadaan lisäeristämällä kosteusteknisesti toimivammaksi, jolloin esimerkiksi betoniterästen korroosio saadaan hallintaan. Ulkoseinien lisäeristäminen ulkopuolelta saattaa myös katkaista rakennuksen kylmäsillat. Lisäeristämisen taloudellinen hyöty kasvaa mitä korkeampi U-arvo alkuperäisessä rakenteessa on. Rakennuksen ulkovaipan lisäeristämällä saadaan säästöjen lisäksi myös asumis- ja käyttömukavuutta. Lisäeristämällä parannetaan ääneneristystä ja kylmien pintojen aiheuttama vedon tunne pienenee. Lisäeristettäessä tulee kuitenkin ottaa huomioon, että se tiivistää rakennetta ja jos korvausilmareitit menevät tukkoon tai niitä ei ole, saattaa lisäeristämisestä seurata kosteusongelmia, epäviihtyisyyttä ja terveyshaittoja./8, 19/

5.1 Ulkoseinät

Julkisivujen lisäeristämistä voidaan pitää hyödyllisenä aina ulkovuorausta uusittaessa, koska eristämisen lisäkustannukset ovat pieniä verrattuna julkisivun uusimisen kustannuksiin. Parhaan mahdollisen eristystuloksen saamiseksi ulkopuolelta lisäeristettäessä vanhaa rakennetta puretaan niin paljon, että vanha ja uusi eristekerros liittyvät mahdollisimman tiiviisti yhteen. On myös otettava huomioon, että ilmavirtaukset eivät pääse rakenteeseen esimerkiksi ovien ja ikkunoiden ympäriltä tai seinän ja sokkelin liittymästä. Ilmavirtauksien pääsy

rakenteeseen heikentää rakenteen toimivuutta lämpötaloudellisesti ja kosteusteknisesti. /11,19/

Taulukossa 2 on vertailtu nykyaikaisen seinärakenteen eristepaksuuksia eri eristetyypeillä kun rakenne on puurunkoinen. Eristepaksuudet ovat rakentamismääräyskokoelman minimivaatimuksien mukaisia. Lisäeristettäessä rakenteita tulisi pyrkiä vastaavan paksuisiin eristekerroksiin.

Taulukko 2 Seinien lämmöneristeiden paksuus, vaatimustasona RakMk2010

Eristetyyppi	Mineraalivilla	Kivivilla	Selluvilla	Polyuretaani	Polystyreeni
Eristeen paksuus, kun u-arvo vaatimus on 0,17 W/m²K	200 mm	225 mm	225 mm + 25mm tuulensuojalevy	120 mm	140 mm

Muovipohjaisilla eristeillä (polyuretaani ja polystyreeni) rakenteiden paksuudet jäävät huomattavasti pienemmiksi kuin mineraalivillalla, kivivillalla ja selluvillalla. Eristeen valitsemiseen kannattaa katsoa kuitenkin muitakin arvoja kuin U-arvoa. Tärkeitä arvoja eristeille ovat kosteudenläpäisevyys, äänenläpäisevyys, kosteuden sitomiskyky ja palonkesto sekä eristeen soveltuvuus käyttökohteeseen. /6/

Arkkitehtuurisesti rakenteiden lisäeristäminen ulkopuolelta vaikuttaa usein seinärakenteiden paksuuden kasvamiseen. Seinärakenteiden paksuuden kasvaminen saattaa aiheuttaa ongelmia rakennuksen arkkitehtuuriin eli ulkonäköön, mutta myös rakenteellisiin asioihin. /9/

Rakennuksen räystäämitat pienenevät seinärakenteen kasvaessa. Rakenteellisesti se vaikuttaa räystäiden kosteudelta ja auringolta suojaaman alueen

pienentymiseen huomattavasti. Samalla, kun rakennuksen seinäpaksuus kasvaa, jäävät ikkunat lisäeristettyyn rakenteeseen normaalia syvemmälle. Tästä on sekä rakenteellisia että arkkitehtuurisia haittoja. /9/

Sisäpuolinen lisäeristäminen vaatii vanhojen tiiviiden pintojen, kuten lateksimaalien, muovitapettien ja muiden höyrinsulkujen poistamisen rakenteesta ennen lisäeristämistä. Jos vanhoja höyrinsulkuja ei poisteta saattaa rakenteessa olla kahdessa eri kohdassa kosteussulku, joka johtaa mahdollisiin kosteusongelmiin. Poikkeuksena tälle ovat polyuretaanieristeet, jotka voidaan asentaa suoraan höyrinsulkuja vasten ilman ongelmia. Tiivis höyrinsulku on kuiteinkin lähes aina tarpeellinen lisäeristettäessä sisäpuolelta, koska rakenteessa olevat vanhat eristeet ovat aikaisemmin joko luovuttaneet tai sitoneet sisäilman kosteutta, mutta nykyaikaiset eristeet eivät sido kosteutta. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että rakenne toimii paremmin höyrinsulun kanssa lisäeristettäessä sisältäpäin. Lisäeristettäessä sisäpuolelta muodostuu aina se ongelma, että uusi eristekerros ei ole yhtenäinen väliseinien takia. Väliseinistä saattaa muodostua kylmäsilta vanhaan huonommin eristävään seinärakenteeseen. Lisäksi sisäpuolinen lisäeristäminen vaatii hyvän tuloksen aikaan saamiseksi lämpöpattereiden, sähkörasioiden, sähköjohtojen, putkien, verhotankojen jne. irrottamista seinästä, että uusi eriste saadaan mahdollisimman yhtenäisesti asennettua vanhaan seinärakenteeseen kiinni. /5, 11/

5.1.1 Hirsiseinät

Vanhoissa hirsirakenteisissa rakennuksissa seinärakenne on suhteellisen ohut ja siinä ei ole erillistä eristekerrosta. Tämä tarkoittaa sitä, että rakenteen parhaiten lämpöä eristävä osa on hirsi. Monesti rakenteiden sisäpuolella on puukuitulevy, lastulevy tai kipsilevy, joiden lämmönläpäisevyyskerroin on samaa luokkaa hirsien kanssa tai hivenen parempi. Rakenteessa on yleensä käytetty myös pinkopahvia tai tervapaperia. Näillä materiaaleilla rakenteen U-arvoksi saadaan jotain 0,60 ja 0,75 W/m²K välille, mikä tarkoittaa, että se on reilusti nykyään hirsirakenteelle vaadittua arvoa huonompi (0,40 W/m²K) ja tavallisen seinärakenteen (RakMk 2010) U-arvoa noin neljä kertaa heikompi (0,17 W/m²K). /9, 14/

Vanhan hirsirakenteen ainoa ongelma ei ole heikko U-arvo, vaan myös useat vuotokohdat, jotka usein johtuvat hirsien elämisestä. Kun rakennetta lisäeristetään tulee se tiiviimmäksi ja rakenteen ilmapuodot pienenevät ja vedon tunne pienenee. Vedon tunteen pieneminen parantaa huomattavasti asumis- ja käyttömukavuutta. Hirsiseinärakenteen lisäeristäminen vaikuttaa myös talon paloturvallisuuteen./11/

Hirsirakenteen ulkopuolinen lisäeristäminen tulee usein ajankohtaiseksi julkisivun uusimisen yhteydessä. Muissa tapauksissa hirsiseinän lisäeristämistä kannattaa harkita, varsinkin jos ulkovuoraus on hyvässä kunnossa. Koska hirsirakenne on ns. massiivinen seinärakenne, varastoi se auringosta tulevaa lämpöenergiaa, jolloin se kuluttaa energiaa laskennallista arvoa vähemmän. Jos rakennetta lisäeristetään ulkopuolelta, vähentää se rakenteeseen varastoituvan lämpöenergian määrää. Kun hirsirakennetta lisäeristetään ulkoapäin, tulee lisäeristeenä käyttää avohuokoista lämmöneristettä. Tämä parantaa rakenteen kosteusteknisiä ominaisuuksia. Hirsirakenteen ulkopuolista lisälämmöneristämistä vaikeuttaa kuitenkin monissa tapauksissa julkisivun suojele, jolloin ainoa vaihtoehto on eristää rakennetta sisäpuolelta. /9, 11/

Massiivirakenteen sisäpuolinen lämmöneristys heikentää rakenteen kosteusteknistä toimintaa käytettävästä lämmöneristeestä riippumatta, koska massiivirakenne tässä tilanteessa viilenee. Massiivirakenteen sisäpinnassa voi esiintyä paljon herkemmin homeen kasvun kannalta otollisia olosuhteita tai kosteuden kondenssia. Rakenne kuivuu hitaammin kuin lisäeristämätön rakenne ja sen kosteuspiitoisuus jää korkeammalle tasolle. Sisäpuolinen lämmöneriste estää myös ikkunoista tulevan lämpösäteilyn varautumista vaipparakenteisiin. Mikäli vanhoille rakennuksille asetetaan tulevaisuudessa lämmöneristysmääräyksiä korjauksen yhteydessä, joudutaan korjauksissa turvautumaan usein sisäpuoliseen lämmöneristämiseen. /7/

Hirsirakennetta lisäeristettäessä sisäpuolelta tulee muistaa käyttää rakenteessa kunnollista höyrynsulkua. Kunnollisella höyrynsululla tarkoitetaan tässä tapauksessa muovikalvoa tai muovitiivistyspaperia, koska bitumivuorauspaperi

(tervapaperi) päästää rakenteeseen niin paljon kosteutta, että hirren ja eristeen rajapintaan saattaa kondensoitua kosteutta. Sisäpuolinen lämmöneristäminen hidastaa rakenteen kuivumista, jolloin rakenteen lopullinen kosteus jää korkeammalle kuin lisäeristämättömän hirsirakenteen. Käytettäessä bitumipaperia rakenteen kuivuminen hidastuu entisestään, koska bitumipaperi päästää kosteutta rakenteeseen enemmän kuin muovikalvo tai muovitiivistyspaperi. /7, 11/

Museovirastolla on oma ohjeensa kulttuurisesti arvokkaiden rakennuksien lisäeristämiseen. Ulkopuolista lisäeristämistä museovirasto kehottaa välttämään, koska se muuttaa rakennuksen ulkoista olemusta. Museovirasto suositteleekin enemmän sisäpuolisen lisäeristyksen käyttöä. Siihen he suosittelevat huokoista puukuitulevyä maksimissaan 50 mm paksuudella. Jos kuitenkin ulkopuoliselle lisäeristämislle on tarve, tulee se tehdä joko lisäämällä vuorauspaperia tai huokoisella puukuitulevyllä. Näillä kahdella vaihtoehdolla saadaan parannettua rakennuksen tuulitiiveyttä./9/

5.1.2 Puurunkoseinät

Puurunkoseiniä on ja on ollut yleisessä käytössä monia erilaisia vaihtoehtoja. Yleisesti puurunkoseinissä voidaan käyttää ja on käytetty melkein kaikkia eristetyyppejä (puukuitueristettä, villaeristettä ja muovipohjaisia eristeitä). Vanhoissa rakennuksissa, joissa on puurunkoseinät, on käytetty eristeenä usein sahanpurua tai muuta puukuitupohjaista eristettä, mutta niissä on saatettu käyttää myös erikoisempia eristemateriaaleja kuten kivihiilituhkaa ja kuitusementtilevyjä eli toja-levyjä. Puurunkoisia rakennuksia on yleisesti alettu rakentaa 50-luvulla, josta sen käyttäminen runkotyyppinä on lähtenyt yleistymään. Nykyään puurunkoseinät ovat kaikkein yleisin seinien runkomateriaali omakoti-, pari- ja rivitaloissa. Kerrostaloissa käytetään nykyään puurunkoseiniä seinissä, jotka eivät tarvitse jäykistystä. Yleisimpinä eristetyyppeinä nykyaikaisissa puurunkoseinissä käytetään mineraalivillapohjaisia eristeitä tai puukuitupohjaisia, mutta nykyisten U-arvo vaatimusten takia tiiviimpiä eristeitä, kuten polyuretaani ja polystyreeni on alettu soveltamaan puurunkorakentamisessa. /2, 5, 13/

Vanhojen puurunkoseinien U-arvo vaihtelee riippuen paljon eristemateriaalista. Taulukossa 3 on kuvattu puurunkoseinien U-arvoja eri eristeillä ja seinän paksuuksia. Taulukosta ilmenee milloin eristetyyppi on ollut yleisesti käytössä. Poikkeuksia on tietenkin ollut parempaan ja myös huonompaan suuntaan (ennen vuotta 1976).

Taulukko 3. Puurunkoseinien eristepaksuudet

Eriste	Eristepaksuus mm	U-arvo W/m ² K	Yleisesti käytössä
Purueriste	125	0,50-0,60	1950 ó 1976
Mineraalivilla	100	0,38-0,42	1960 ó 1976
Mineraalivilla	125	0,31-0,35	1976 ó 1985
Mineraalivilla	150	0,28	1985 ó 2003
Mineraalivilla	200	0,17	RakMk 2010
Selluvilla	225	0,17	RakMk 2010
Polyuretaani	130	0,17	RakMk 2010

Hirsirakenteiden rinnalle 1950-luvulla alkoi nousta purueristeseinät, joiden lämmöneristämiskyky oli lähes sama kuin normaalilla hirsirakenteella. Eristepaksuus 125 mm vakiintui runkopuun mukaan, joka yleensä oli 2´x 5´ eli noin 125 mm paksu. Kun mineraalivillan käyttö yleistyi, käytettiin sen paksuutena aluksi 100 mm, koska sen lämmöneristyskyky oli huomattavasti parempi kuin purueristeellä. Purueristeen käyttö väheni huomattavasti 70-luvun energiakriisin seurauksena. Silloin kiristyneet lämmöneristämismääräykset pakottivat rakentajat käyttämään vähintään 125 mm paksua mineraalivillaa. Mineraalivillan yleistyessä alettiin rakenteisiin laittaa höyrynsulkumuovia, joka paransi rakenteen kosteuskäyttäytymistä huomattavasti, mutta paransi myös rakenteen ilmatiiveyttä. Ongelmana tästä seurasi ns. pullotalot, jotka olivat niin ilmatiiviitä, ettei rakenne hengittänyt enää samalla tavalla kuin hirsirakenteiset tai purueristeiset talot. Betonirunkoisissa kerrostaloissa on 70-luvulta lähtien käytetty pitkillä, ei kantavilla sivuilla puurunkoelementtirakenteisia ulkoseiniä. Elementtien

ulkoverhouksena oli useimmiten puuverhous, asbestisementtilevy tai pelti ja eristepaksuus oli 100 mm. /6, 14, 19/

Puurunkorakenteisen seinän lisäeristäminen ulkopuolelta kannattaa, kuten hirsirakenteisen seinänkin lisäeristäminen, lähinnä vain julkisivun uusimisen yhteydessä. Puurunkorakenteen lisäeristämässä ulkopuolelta on kuitenkin enemmän vaihtoehtoja kuin hirsirakenteen. Rakennetta voidaan eristää suoraan vanhojen eristeiden päälle tai poistamalla vanhoja eristeitä. Esimerkiksi vanhan purueristeen vaihtaminen nykyaikaisempaan eristemateriaaliin saattaa olla kannattavaa. Vanhojen mineraalivillojen vaihtaminen uusiin voi olla myös kannattavaa, koska nykyisten eristeiden lämmöneristämiskyky on huomattavasti vanhoja eristeitä parempi. Vanhojen eristeiden vaihtaminen uusiin parantaa rakennuksen lämpötaloutta, mutta ei kasvata rakenteen paksuutta niin huomattavasti kuin vanhojen eristeiden päälle asennetut lisäeristeet kasvattaa. /7, 11/

Kosteuskäyttäytymiseltä ulkopuolelta lisäeristäminen on melko turvallista. Poikkeuksena on polyuretaanin tai muun tiiviin eristeen asentaminen vanhojen eristeiden kylmälle puolelle. Tämä saattaa aiheuttaa kastepisteen rakenteeseen vanhan eristeen ja polyuretaanieristeen väliin. Tiiliverhottu puurakenteinen talo vaatii ulkopuolelta lisäeristettäessä tiiliverhouksen purkamisen, koska jos rakennetta eristetään tiiliverhouksen päälle jää rakenteeseen vanha ilmarako, joka heikentää rakenteen eristävyttä ja saattaa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakenteeseen. Sama pätee kaikkiin rakenteisiin, joiden ulkoverhouksen takana on ilmarako. Vinolaudoituksen päälle eristettäessä tulee muistaa tiivistää seinän alapään raot, ettei rakenteessa ole tarkoittamattomia ilmavirtauksia. /11/

Puurunkorakenteisen rakennuksen lisäeristämässä sisäpuolelta tulee ottaa huomioon, kuten muissakin seinärakenteissa vanhan höyrynsulun poistaminen, poikkeuksena polyuretaani. Ellei vanhaa höyrynsulkua poisteta ja laitetaan uusi höyrynsulku, tai tiivis eriste sisäpuolelle, rakenteeseen saattaa tiivistyä kosteutta vanhan höyrynsulun sisäpuolelle. Vanha höyrynsulku voidaan jättää rakenteeseen, jos rakenne eristetään esim. mineraalivillalla ja eristepaksuus ei ylitä 50 mm.

Vanha sisäverhous (kipsilevy, kuitulevy, vaneri, paneeli) kannattaa poistaa kuitenkin ennen lisäeristämistä, jolloin nähdään myös vanhan höyrynsulun kunto. Rakenne onkin lähellä nykyään paljon käytettyä eristämistapaa, jossa höyrynsulku on ns. turvassa rakenteen sisällä. Rakenteen U-arvo paranee näin eristettäessä esimerkiksi 80-luvun alun omakotitaloissa 0.34:stä 0.25:een W/m^2K . /8, 9, 13/

Puurunkorakenteista taloa voidaan lisäeristää sisäpuolelta myös polyuretaani- tai polystyreenieristeillä. Sama 80-luvun alun omakotitalon U-arvo paranee eristettäessä esimerkiksi 50 mm polyuretaanieristeellä 0.34:stä 0.21:teen W/m^2K tai 75 mm eristeellä jopa 0,175 W/m^2K , joka on jo lähellä nykyään voimassa olevia lämmöneristävyysmääräyksiä (0,17 W/m^2K). Purueristeisen talon lisäeristäminen sisäpuolelta on käytännössä samanlaista kuin mineraalivillaeristeisen talon. Kannattaa kuitenkin miettiä kannattaako vanhaa purua jättää rakenteeseen vai vaihtaa se kokonaan uuteen ja lisätä eristystä vielä sisäpuolelle. Purueristeisen rakenteen lisäeristäminen voidaan toteuttaa mineraalivillalla, polystyreenillä, polyuretaanilla tai selluvillalla./5/

5.1.3 Betoniseinät

Suomessa betonin käyttö ulkoseinissä yleistyi 50-luvun puolen välin jälkeen. Aluksi betonia käytettiin vain kantavana rakenteena ja julkisivun verhous oli tehty asbestisementtilevystä, pellistä (teräs, kupari tai alumiini), puusta, lasista tai tiilistä, mutta 60-luvun vaihteessa elementtirakentaminen yleistyi, joka johti rakennustapaan, jossa ulkokuori oli betonista. Yleisimpänä näistä rakenteista oli betonisandwich-elementit, joissa kantava runko on 150-160 mm ja eristettä 75-100 mm sekä ulkokuori 80 mm tai vähemmän. Edellä mainitun 100 mm mineraalivillaeristeisen betonirakenteen U-arvo on 0,44 W/m^2K . Kantavan betoniseinän tai betonisen sisäkuoren kanssa on käytetty myös melko yleisesti kevytbetonia, joka toimi samalla rakenteen eristeenä. Tällaisella rakenteella U-arvo on parhaimmillaankin vain 0,65 W/m^2K . /10/

60-luvulla kerrostalojen yleisin runkotyyppi oli kirjahyllyrunko, jossa kantavina seinärakenteina oli pääty- ja väliseinät. Pitkien sivujen seinärakenteet toteutettiin kevyempinä seinärakenteina ohuemmalla betonin sisäkuorella (80 mm)

yhdistettynä mineraalivillaan ja julkisivuverhoukseen (levy, pelti, puu, lasi tai tiili) tai kevytbetoniin. /10/

Taulukko 4. Betoniseiniä eristepaksuudet ja U-arvot

Rakenteen paksuus (mm)	Eristepaksuus (mm)	U-arvo	Yleisesti käytössä
300 (60+90+150)	90	0,44	1960-1976
355 (85+120+150)	120	0,33	1976-1985
375 (85+140+150)	140	0,28	1985-2003
385 (85+160+140)	160	0,23	2003-2007
465 (85+240+140)	240	0,16	RakMk 2010

Taulukosta 4 ilmenee, ettei yli kymmenessä vuodessa 70-luvulle asti betonirakentamisessa tapahtunut suurempia muutoksia, paitsi betonisen ulkokuoren oheneminen jopa vain 40 mm:iin. Tästä on seurannut moniin seinärakenteisiin ongelmia, kuten pakkasrapautuminen ja betonin karbonatisoituminen. Ongelmista seurasi, vasta kuitenkin 80-luvulla, betonin käyttäytymisen tutkimista ja uusien mahdollisuuksien selvittämistä. /10/

Vanhat betoniseinät, joissa on tiiliverhous kärsivät usein useista kosteuteen liittyvistä ongelmista. Kosteus ja sade tunkeutuvat tiiliverhouksen läpi, jolloin eristeet kastuvat, ja koska kyseessä on vanha eriste, sen herkkyys kosteudelle on huomattavasti suurempi kuin nykyaikaisissa eristeissä. Rakenteen tuuletusrako saattaa myös olla tukossa, mikä johtaa eristeen kastumiseen ja eristyskyvyn heikkenemiseen. /6/

Betonin huokoisen rakenteen takia se on herkkä rakenteessa olevan kosteuden jäätymiseen. Toistuva rakenteen jäätyminen ja sulaminen aiheuttaa betonissa ongelmia, koska jäätyessään ja juuri ennen sulamispisteen saavuttamista vesi laajenee. Tätä vauriota kutsutaan pakkasrapautumiseksi. Vauriota esiintyy eniten eteläseinillä ja varsinkin ohutkuorissa rakenteissa. Nykyään sitä estetään

tiivistämällä betonia ja lisäämällä betonimassaan sekoitusvaiheessa pieniä ilmahuokosia. /6/

Pakkasrapautumisen yleisimmin aiheuttamat vauriot ovat betonipinnan säröily, betonin kaareutuminen ja erilaiset rappauksen vauriot. Massiiviset rakenteet ovat vähemmän herkkiä pakkasrapautumiselle kuin ohuet seinäkuoret. Vanhat kalkkirappaukset ovat myös herkkiä pakkasrapautumiselle. Tavallisimpia pakkasrapautumisen aiheuttajia tai edistäjiä ovat esimerkiksi erilaiset vesivuodot (vesikatto, kourut, syöksytorvet tai putkivuodot), vaurioituneet tai huonosti tehdyt parvekeliitokset ja vesipellitykset, suuret halkeamat, sisäpuolinen lisäeristäminen, roiskevedet, kostea sisäilma ja huonosti vesihöyryä läpäisevä pintakäsittely. /6/

60-70-luvuilla oletettiin, että betoni suojaa terästä kaikissa olosuhteissa. Nykyään tiedetään kuitenkin, että betonin vanhetessa sen alkaalisuus laskee ja betonin terästen korroosio tulee mahdolliseksi. Betonin reagoidessa ilman hiilidioksidin kanssa, alkaa betonin neutraloitumisreaktio eli karbonatisoituminen, jonka seurauksena tuhoutuu betoninteräksiä suojaava kalvo, jolloin teräskorroosio käynnistyy. /6/

Useimmiten teräosien korroosiota esiintyy kuorimuureissa ja harkko- sekä massiiviseiniä ulko-osissa. Esimerkiksi tiilimuurin saumoihin sijoitettujen harjaterästen korroosiosta voi seurata ikkunapalkkien putoaminen tai saumojen vaurioituminen ja nauhamaisissa kuorimuureissa 50-70-luvuilla käytettyjen kannattimien kestävyys voi olla puutteellinen. /6/

Teräskorroosiota voidaan estää sijoittamalla teräs riittävän syvälle betoniin ja käyttämällä mahdollisimman tiivistä betonia. Mikäli on kuitenkin pakko käyttää ohutta kuorirakennetta, voidaan tavallisen teräksen sijaan käyttää ruostumatonta terästä./6/

Betonisen seinärakenteen ulkopuolinen lisäeristäminen voidaan tehdä purkamalla ulkokuorirakenne tai joissain tapauksissa lisäeristäminen onnistuu vanhan ulkokuoren päälle. Menetelmänä vanhan kuoren päälle lisäeristettäessä käytetään yleensä eristerappausta. Tämä onnistuu esimerkiksi vanhoissa betonisandwich-

elementtiseinissä. Ennen eristämistä tulee kuitenkin varmistaa ulkopuolisen betonikuoren kunto ja kiinnitys kantavaan runkoon, koska ulkokuoren tulee kantaa lisäeristeiden ja rappauksesta aiheutuvat kuormat. Ongelmana em. rakenteelle on kosteuskäyttäytyminen, koska tietyissä ääriolosuhteissa rakenteeseen saattaa tiivistyä kosteutta, kuitenkin todellisuudessa määrät jäävät niin pieniksi, ettei todellista kosteusriskiä käytännössä ole. Vanhan BSW-elementin lisäeristäminen, jossa on 100 mm eristettä (U -arvo $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$), eristerappamalla ja 100 mm mineraalivillalla pudottaa rakenteen U -arvon lähes puoleen eli $0,22$:een $\text{W/m}^2\text{K}$. /10/

Toinen vaihtoehto betonisen ulkoseinän lisäeristämiseen ulkopuolelta on purkaa vanha ulkokuorirakenne (tiili, betoni, puu tai metalli) pois. Samalla voidaan tietenkin poistaa vanhat eristeet ja vaihtaa ne uusiin ja energiatehokkaampiin eristemateriaaleihin. Poistamalla vanhan huonosti eristävän eristeen ja lisäämällä 200 mm eristettä päästään U -arvoon $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ tai lisäämällä 250 mm eristettä päästään nykynormien vaatiman U -arvon alle eli $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. /11/

Betonirakenteisen seinän lisäeristäminen sisäpuolelta on hivenen hankalampaa kuin esimerkiksi puurakenteisten seinien. Lisäeristämisessä tulee ottaa tarkasti huomioon uuden eristeen tiiviys. Jos uusi eriste päästää läpi kosteutta, kuten mineraalivilla, on melko todennäköistä, että betonin ja uuden eristeen väliin tiivistyy kosteutta. Tiivistyminen voidaan estää höyrönsululla tai käyttämällä eristeitä joiden kosteudenläpäisevyys on lähempänä betonia, kuten polyuretaani- tai polystyreenieristeitä. Ongelmana betoniseinän sisäpuolisessa lisäeristämisessä on se, että se saattaa edistää julkisivun pakkasrapautumista. /19/

5.1.4 Täystiilirakenteet ja harkkoseinät

Täystiilirakenteet yleistyivät Suomessa 1800-luvulla suurissa kaupungeissa, seinärakenne oli silloin 2-kiven tiilimuuri. 1900-luvun ensimmäisinä vuosikymmeninä vaihtoehdoksi nousi 1,5- kiven tiilimuuri, kuitenkin yleistyen vasta 30-luvulla, mutta vanha kaksi-kivinen muuri oli kuitenkin yleisesti käytössä. Sotien jälkeen tiilirakentamisessa alettiin yhdistellä rakenteeseen mukaan mineraalivillaa, korkkia tai muuta eristettä sekä kevytbetonia. /10/

Taulukossa 5 on yleisimpien täystiiliseinien seinärakenteita, eristeen paksuuksia ja U-arvoja.

Taulukko 5. Yleisimpiä tiilirakenteita ennen ja nyt /8/

Seinärakenne	Seinärakenteen paksuus	Eristeen paksuus	U-arvo W/m ² K
2-kiven tiilimuuri	580-600 mm	-	0,86
1,5-kiven tiilimuuri	450 mm	-	1,05
1-kiven tiiliverhous, min. villa, 1-kiven tiilimuuri	450-470 mm	50 mm	0,5
kevytbetoni, 1-kiven tiilimuuri	320-420 mm	kevytb. 50-150mm	0,58
1-kiven tiilimuuri, min. villa/lastuvillalevy	320-350 mm	50-75 mm	0,46
Tiiliverhous, min. villa, tiilimuuri	450 mm	200mm	alle 0,17

Täystiilirakenne on hieman hämäävä rakenne, jos tarkastellaan pelkkää U-arvoa. Esimerkiksi 60-luvun BSW-elementtitalon seinärakenteen U-arvo on 0,40 W/m²K, kun taas 2-kiven tiilimuurisen talon U-arvo on 0,86 W/m²K eli yli kaksi kertaa huonompi. Kuitenkin tutkimusten mukaan 60-luvun elementtitalot kuluttavat enemmän energiaa kuin 1900-luvun alun täystiilitalot. Tämä johtuu pitkälti siitä, että täystiilitalot rakennettiin maltillisemmin ja niissä on huomattavasti vähemmän saumoja, jotka voisivat vuotaa. Lisäksi massiivinen tiilimuuri varaa lämpöä paremmin kuin betonielementtiseinä. Nykypäivänä tiilirunkoisia taloja tekee lähes pelkästään omakotitalarakentajat, johtuen lähinnä työn hitaudesta ja kalleudesta. /10/

Harkkorakenteiden käyttäminen alkoi 50-luvulla betoniseinien kanssa/sijasta. Harkkotyyppejä ovat kevytbetoni, kevytsora, kahi, valuharkko ja eristeharkko.

Harkot eivät kuitenkaan pelkkänä ulkoseinärakenteena ole olleet kovin yleisessä käytössä muuten kuin 60-luvun kerrostalojen pitkällä julkisivuilla, ei kantavana ulkoseinänä. Julkisessa rakentamisessa ja kerrostalorakentamisessa harkkorakenteet eivät ole saavuttaneet kovin suurta suosiota betonin helppouden ja halvan hinnan takia. Kerrostaloja on kuitenkin tehty esimerkiksi siporex-elementeistä, jotka ovat noin 375 mm paksuja ja muita ulkoseiniä yhtä paksuista harkoista. 375 mm paksun siporex-harkkoseinän U-arvo on 0,28 W/m²K, joten se on ollut varteenotettava vaihtoehto vuoteen 2003 asti. Sen jälkeen on ollut käytössä 500 mm massiiviharkko, jonka U-arvo on 0,21 W/m²K. Harkkoseinät ovatkin hyvä ratkaisu, koska ne ovat homogeenisia, joten kosteus haihtuu niiden kautta tasaisesti eikä voi tiivistyä rakenteen sisään. Nykyiset rakentamismääräykset ovat ajaneet harkkovalmistajat keksimään erilaisia ratkaisuja, kuten lisäämään rakenteeseen eristettä, jota sanotaan eristeharkkorakenteiksi. /10/

Muurattujen tiilirakenteiden lisäeristäminen ulkopuolelta on melko helppoa. Käytännössä helpoin rakenne lisäeristää olisi vanhat täystiilirakenteet, mutta niiden lisäeristäminen muokkaa niiden arkkitehtuurista ilmettä, ja koska kyseiset kiinteistöt ovat arvokiinteistöjä ja usein suojeltuja, niiden julkisivun ilmeen muuttaminen ei ole hyväksyttävää. Rapatun julkisivun lisäeristäminen on sen sijaan helppoa, koska esimerkiksi eristerappauksen voi tehdä vanhan rappauksen päälle. Tiilirakenteissa, joissa on eristettä, mutta ei ilmarakoa, lisäeristäminen saattaa jopa parantaa rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä. Tällaisen rakenteen, joka on taulukossa 5 rivillä 3, eristerappaaminen 100 mm mineraalivillalla pudottaa U-arvon 0,5:stä 0,24:een W/m²K. Vaihtoehtoisesti voidaan eristää tavallisella mineraalivillalla, polystyreenillä tai polyuretaanilla ja tehdä ulkovuoraus tiilillä, puulla, levyllä tai betonilla kunhan eristeen ja ulkovuorauksen väliin jää tarvittava ilmarako. /7/

Harkkoseinien lisäeristäminen ulkopuolelta on täysin samanlaista kuin tiilirakenteistenkin. Rakennuksen runkotyyppi saattaa mahdollistaa sen, että ulkoseinät eivät ole kantavia, silloin tiiliseinän lisäeristäminen käy suhteellisen

helposti purkamalla, joko ulko- tai sisäpuoleisen tiilimuurin. Samalla voidaan vaihtaa mahdollisesti vaurioituneet vanhat eristeet ja korvata ne uusilla. /8, 19/

Muurattujen rakenteiden (tiili ja harkko) lisäeristäminen sisäpuolelta on samanlaista kuin betonirakenteisten seinien ja voidaan tehdä myös samoilla menetelmillä. Tiilirakenteisten ja harkkorakenteisten talojen rappauspinta tai tiiliverhous saattaa pakkasrapautua sisäpuolisen lisäeristämisen takia. /8/

5.2 Yläpohjat

Lämpimän ilman ollessa kylmää ilmaa raskaampaa, nousee se rakennuksen yläosaan, joten jos yläpohjan eristekerros on riittämätön, johtuu sen kautta paljon lämpöä. Monesti vanhojen rakennusten yläpohjissa on niukasti eristekerrosta ja vaikka tiedetään sen olevan lämpövuotojen aiheuttaja, ei haluttaisi uhrata esimerkiksi yläkerrassa olevaa varastotilaa. Noin 30 prosentissa Suomen rakennuskannasta yläpohjan eristevahvuus on alle 150 mm, kun uudisrakennuksissa eristevahvuus on < 400 mm. Yläpohjan lisäeristäminen onkin yksi kustannustehokkaimmista energiatehokkuuden parantamisen muodoista, varsinkin silloin, kun rakennus on harjakattoinen ja sen yläkerta on kylmillään. Yläpohjaa eristettäessä pitää muistaa huolehtia, ettei yläpohjan tuulettuminen esty. /11/

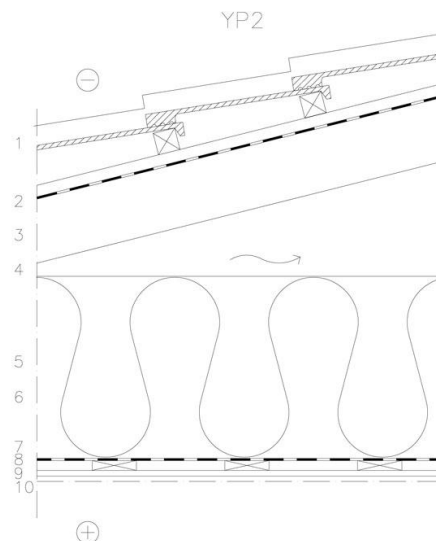
Yläpohjan eristäminen ei ole yhtä selvästi jaoteltavissa sisä- ja ulkopuoliseen lisäeristämiseen kuin seinärakenteissa. Useimmissa tapauksissa vain toinen vaihtoehto on järkevästi toteutettavissa. Yläpohjan lisäeristämisestä on harvoin mitään arkkitehtuurista haittaa, muuta kuin sisäpuolisen lisäeristämisen huonetilan korkeuden pienentyminen. Rakenteellisia haittojakaan ei juuri ole, kunhan muistaa huolehtia rakenteen tuulettuvuudesta. Yläpohjissa kosteusteknisen käyttäytymisen erot kantavien rakenteiden materiaalien suhteen (betoni, puu) eivät ole suuria. /5/

5.2.1 Harjakattoiset yläpohjat

Harjakattoisessa yläpohjassa on kaksi perustyyppiä: vino ja ullakollinen. Vino yläpohjarakenne kulkee yleensä vesikaton kanssa samansuuntaisesti, kun taas

ullakollinen kulkee vaakasuoraan. Molempien yläpohjarakenteiden kantavana rakenteena voi olla joko puu tai betoni. Kuvassa 10 on nykyaikainen ullakollinen yläpohjarakenne, jonka kantava runko on puuta.

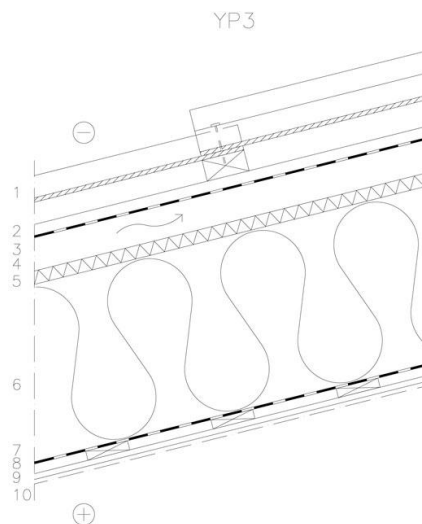
1. Vesikate
 2. Aluskate
 3. Kantava rakenne (vesikatto)
 4. Tuulettuva ullakko
 5. Lämmöneriste 410 mm
 6. Kantava rakenne (puurunko)
 7. Höyrynsulku
 8. Harvalaudoitus
 9. Rakennuslevy 13 mm
 10. Pintamateriaali
- U-arvo 0,09 W/m²K



Kuva 10. Nykyaikainen tuulettuva ullakollinen yläpohjarakenne /5/

Kuvassa 11 on nykyaikainen vino yläpohjarakenne, jonka kantava runko on puuta.

1. Vesikate
 2. Aluskate
 3. Kantava rakenne (ristikko)
 4. Tuulettuva ilmaväli 100 mm
 5. Tuulensuojaeriste 30 mm
 6. Lämmöneriste 400 mm
 7. Höyrynsulku
 8. Harvalaudoitus
 9. Rakennuslevy 13 mm
 10. Pintamateriaali
- U-arvo 0,09 W/m²K



Kuva 11. Nykyaikainen tuulettuva vino yläpohjarakenne /5/

Ullakollista yläpohjaa on vanhoissa rakennuksissa käytetty kylmänä asuin- tai varastointitilana. Nykyään rakennettaessa yksikerroksisia rakennuksia ullakkotila on huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi 1900-luvun alussa. Toisaalta tilaviin ullakkotiloihin voidaan rakentaa lisätilaa, jos vain rakennuslupa antaa siihen mahdollisuuden. Tällöin yläpohjarakenteena käytetään vinoa yläpohjaa ja vanhasta yläpohjasta tulee välipohja. Vanhoissa rakennuksissa on käytetty yläpohjassa monia erilaisia eristeitä. Tällaisia eristemateriaaleja ovat esimerkiksi ekspandoitu korkki, masuunikuona, koksikuona, poltettu hiekka, turvekuitulevy ja tavallisemmat vaihtoehdot, sahanpuru sekä mineraalivilla./10/

Ullakollisen yläpohjan lisäeristäminen yläpuolelta eli ullakolle, on yksi helpoimmista ja kustannustehokkaimmista lisäeristämiskohteista. Eristeenä on helpoin käyttää esimerkiksi puhallusvillaa. Vanhaa eristettä ei tarvitse välttämättä poistaa alta, jos se on hyvässä kunnossa. Jos vanha eriste on saanut kosteutta tai haisee pahalle kannattaa se poistaa ja laittaa kokonaan uutta eristettä. Aikaisemmin mainittujen erikoisimpien eristeiden poistamista ennen lisäeristämistä kannattaa harkita, koska niiden kosteuskäyttäytymistä nykyisten eristeiden kanssa ei tunneta ja niiden eristämiskyky ei ole niin hyvä kuin nykyisten lämmöneristeiden. /7/

Vanhoissa 1900-luvun alkupuolen kerrostaloissa yläpohjan eristeiden päällä on usein betoninen palopermanto. Palopermannon päälle on mahdollista puhaltaa lämmöneristystä, jos vain ullakon käyttö sen mahdollistaa (ullakko, varastot). /19/

Lisäeristettäessä tulee kuitenkin ottaa huomioon, että vanhoja kulkureittejä joudutaan ehkä korottamaan ja huoltoluukkujen reunoja saatetaan joutua myös korottamaan. Lisäeristettäessä tulee myös varmistaa, ettei puhallusvilla ole kosketuksissa hormien kanssa, vaan hormin ympärillä on siihen tarkoitettua villaa. Seinän tuulensuojan tulee myös ulottua 100 mm suunnitellun yläpohjaeristeen yläpinnan, mutta pitää huolehtia, että tuulensuojan ja vesikaton väliin jää vähintään 30 mm tuuletusväli. Reuna-alueille katto-kannattajien väliin pitää asentaa tuulenohjaimet. Vanhan omakotitalon, jonka yläpohjassa on 200 mm sahanpurua, U-arvo on 0,39 W/m²K. Lisäämällä sen päälle 200 mm

mineraalivillaa saadaan U-arvoksi 0,15 W/m²K ja poistamalla vanhan kokonaan ja puhaltamalla 400 mm mineraalivillaa saadaan U-arvoksi 0,10 W/m²K. /19/

Ullakollisen yläpohjan voi myös eristää sisäpuolelta, jos yläpuolinen eristäminen ei jostain syystä ole mahdollista. Rakenteen voi eristää esimerkiksi polyuretaanieristeellä, jolloin se ei paljon laskeudu alkuperäisestä. Ennen eristämistä pitää poistaa vanha sisäpinta (kipsilevy, paneeli), mutta höyrynsulun poistaminen ei ole pakollista, jos käytetään polyuretaanieristettä. Mineraalivillaa käytettäessä tulee poistaa myös vanha höyrynsulku. Sahanpurueristeisen yläpohjan (U-arvo 0,39 W/m²K) lisäeristäminen 100 mm paksulla polyuretaanieristeellä pudottaa U-arvon 0,18:een W/m²K. Vanhojen rakenteiden ja uusien eristeiden välit pitää tiivistää huolella lämpövuotojen estämiseksi. /19/

Vinon yläpohjan lisäeristäminen yläpuolelta ei ole mahdollista muuten kuin purkamalla vesikatto, joten jos rakennuksen vesikatto vaatii uusimista, on lisäeristäminen mahdollista. Tällöin vanhoja kattotuoleja tai muuta kantavaa rakennetta tulee korottaa, että uudella yläpohjarakenteella on tarvittava tuuletusväli. Eristämisessä kannattaa käyttää levyeristeitä, koska niiden eristyskyky on hieman parempi kuin puhallettujen eristeiden ja lisäksi levyeristeiden asentaminen vinoon yläpohjaan on helpompaa ja tehokkaampaa kuin puhalluseristeiden. /5/

Vinon yläpohjan eristäminen sisäpuolelta on periaatteeltaan samankaltainen kuin vaakasuoran ullakollisen yläpohjan lisäeristäminen, lisähuomiota kannattaa kiinnittää mahdollisesti hankalampiin eristeiden saumoihin. /5/

5.2.2 Tasakattoiset yläpohjat

Tasakattoisia yläpohjia on alettu yleisesti rakentamaan 60-luvulla. Varsinkin 60-luvun betonielementtitaloissa oli lähes poikkeuksetta tasakatto. Samoin omakotitaloja ja julkisia rakennuksia alettiin rakentaa tasakattoisina. Omakotitalojen rakentaminen tasakattoisena alkoi väistyä 80-luvulla, mutta kerrostaloissa ja julkisissa rakennuksissa se jatkui vielä pitkälle 90-luvun puolelle. Nykyään tasakattoja tehdään enää liike- ja julkisiin rakennuksiin, kantavana

rakenteena joko betoni tai profiilipelti. Vanhoissa tasakatoissa on tavattu useita erilaisia ongelmia. Niitä ovat esimerkiksi liian loivat kaadot, jolloin vesi on jäänyt makaamaan vesierityksen päälle eikä ole päässyt kattokaivoihin. Myös liian matalat reunakorotukset ovat aiheuttaneet ongelmia vesien tulviessa niiden yli ja kastellen julkisivun. Vanhat vesikatteena käytetyt bitumikermit eivät ole kestäneet alla olevan ponttilaudoituksen muodonmuutoksia vaan kattoon on muodostunut repeämiä. Huono tuulettavuus on vain pahentanut yllä olevia ongelmia. /19/

Tasakattoisen yläpohjan lisäeristäminen yläpuolelta voidaan tehdä, joko vanhan rakenteen päälle tai korvaamalla vanhat eristeet uudella. Esimerkiksi 60-luvun kerrostalojen yläpohjia voidaan lisäeristää jättämällä koko vanha rakenne uuden alle. Tämän edellytyksenä on ensimmäiseksi se, ettei vanha lämmöneristys ole nykyisten loivien kattojen rakentamistapaohjeisiin verrattuna liian pehmeitä. Toiseksi se, että rakenteessa ei ole tuuletusrakoa, koska vaikka sen tuulettavuus estettäisiinkin, saattaa se aiheuttaa kosteusongelmia. Lisäksi tulee huomioida se, että vanhasta vedeneristyksestä tulee rakenteessa höyrönsulku, jolloin se pakottaa uuden eristekerroksen paksuuden ja tehokkuuden huomattavasti vanhaa paremmaksi. Uudet eristeet asennetaan vanhan vedeneristyskerroksen päälle tuuletettuna (uritettu), katon kaltevuus ja kaadot voidaan parantaa samassa yhteydessä. Rakenne toimii periaatteessa silloin oikein kun vanha vesieriste on lämpimän puolella. Korjauksessa tulee ottaa huomioon se, että lisäeristäminen kasvattaa hieman rakennuksen korkeutta, jolloin se vaatii räystäsrakenteiden uusimista. /7/

Vanhan rakenteen ollessa huonokuntoinen tai sen vanhat eristeet ovat liian pehmeitä ja eristeen lisääminen rakenteen päälle on mahdotonta, kannattaa lisäeristämistä harkita vasta silloin kun vanha vesikate on uusimisen tarpeessa. Vanha yläpohja kannattaa purkaa aina kantavaan rakenteeseen asti. Tämän jälkeen kannattaa kuitenkin harkita tehdäänkö uusi yläpohja vanhan mallin mukaan vai tehdäänkö siitä esimerkiksi harjakattoinen yläpohja. Yläpohjan muuttaminen harjakatoksi vaatii kuitenkin rakennusluvan. /5/

Tasakattoisen yläpohjan voi eristää myös alapuolelta, jolloin toimenpiteet ovat samanlaiset kuin muidenkin yläpohjarakenteiden eristäminen alapuolelta. /5/

5.3 Alapohjat

Alapohjan lisäeristäminen parantaa rakennuksen asumis- ja käyttömukavuutta, koska sen ansiosta lattian pintalämpötila nousee. Lisäeristäminen saattaa nousta esille silloin kun alapohjassa on jotain rakenteellisia ongelmia, kuten kosteusvaurio. Lattian vetoisuuteen, varsinkin vanhoissa purueristeisissä alapohjissa, vaikuttaa eristeiden huono sijoittelu ja painuminen. Ilmavuotoja tapahtuukin eniten lattian reuna-alueilla, joten reuna-alueiden lisäeristäminen/tiivistäminen parantaa pelkästään jo asumis- ja käyttömukavuutta. Suuria energiasäästöjä ei kannata odottaa alapohjaa lisäeristettäessä, koska pientaloissa vain 7 % lämpöhäviöistä tapahtuu alapohjan kautta. Suuremmissa kiinteistöissä, kuten kerrostaloissa, lämpöhäviöiden määrä on vain 4 % luokkaa. Rakenteellisesti alapohjatyyppejä on vain kahden tyyppisiä, tuulettuvia ja maanvaraisia, lisäksi ovat tietenkin vielä kellarit, mutta niitä ei varsinaisesti kutsuta alapohjiksi, koska niissä alapohjana on maanvarainen laatta. Kellareita on kuitenkin käsitelty opinnäytetyön tässä osassa. Alapohjien luokittelua tiettyihin aikakausiin on melko hankalaa, koska molemmat tuulettuvat ja maanvaraiset alapohjat ovat olleet yleisesti käytössä eri aikakausina. Maanvaraiset alapohjat olivat ehkä 60-70-luvuilla hallitsevampi vaihtoehto ja ennen 60-lukua tuulettuvat olivat se yleisempi alapohjan rakenne. /10, 19/

5.3.1 Tuulettuvat alapohjat

Tuulettuvia alapohjia eli rossipohjia voidaan lisäeristää sekä ylä- että alapuolelta. Vanhojen purueristeisien alapohjien eristeet ovat saattaneet painua. Tämän eristeiden painumisen takia, eristeen ja lattian väliin on muodostunut ilmarako, joka viilentää alapohjarakennetta. Lisäeristettäessä purueristeistä alapohjaa, tulee tutkia ennen lisäeristämistä, onko vanhat eristeet päässyt painumaan. Jos rakennetta eristetään alapuolelta, ja vanhat eristeet ovat painuneet, ei lisäeristämisestä ole juuri mitään hyötyä. /19/

Tuulettuvan alapohjan eristäminen alapuolelta voidaan tehdä, jos ryömintätilassa on tarpeeksi korkeutta ja alapohjan tuulettuminen ei lisäeristämisestä heikkene. Lisäeristäminen voidaan tehdä rossipohjalaudoituksen, harvalaudoituksen tai betonilaattaan kiinni sekä koolaamalla eristeille väliköt. Harvalaudoituksen välit pitää kuitenkin tiivistää ennen lisäeristämistä. Eristemateriaalina voidaan käyttää lähes kaikkia markkinoilta löytyviä eristemateriaaleja: Puhallusvillan käyttäminen alapuolelta on hankalaa ja lopputulos ei välttämättä ole hyvä. Tuulettuvan alapohjan maapohjaan kannattaa lisätä, jos mahdollista, noin 200 mm esimerkiksi leca-soraa. Se tasaa maaperästä nousevan kosteuden määrää ja estää maaperän lämmön nousemisen tuulettuvaan tilaan. /5, 11, 13/

Tuulettuvan alapohjan lisäeristäminen yläpuolelta voidaan tehdä purkamalla vanha lattiarakenne tai suoraan vanhan lattian päälle. Jälkimmäinen vaihtoehto ei ole kovin kannattavaa, koska lattiakorkeuden nostaminen aiheuttaa ongelmia ovien, ikkunoiden, pattereiden ja kalusteiden kanssa. Ensimmäisen vaihtoehdon kanssa kannattaa miettiä poistaako vanhat eristeet kokonaan ja jättääkö niistä esimerkiksi osan paikoilleen. Eristemateriaalina voidaan käyttää tässä tapauksessa myös puhallusvillaa ja sen asennushelppouden takia sen käyttäminen onkin yksi yleisimmistä ratkaisuista./5/

5.3.1 Maanvaraiset alapohjat

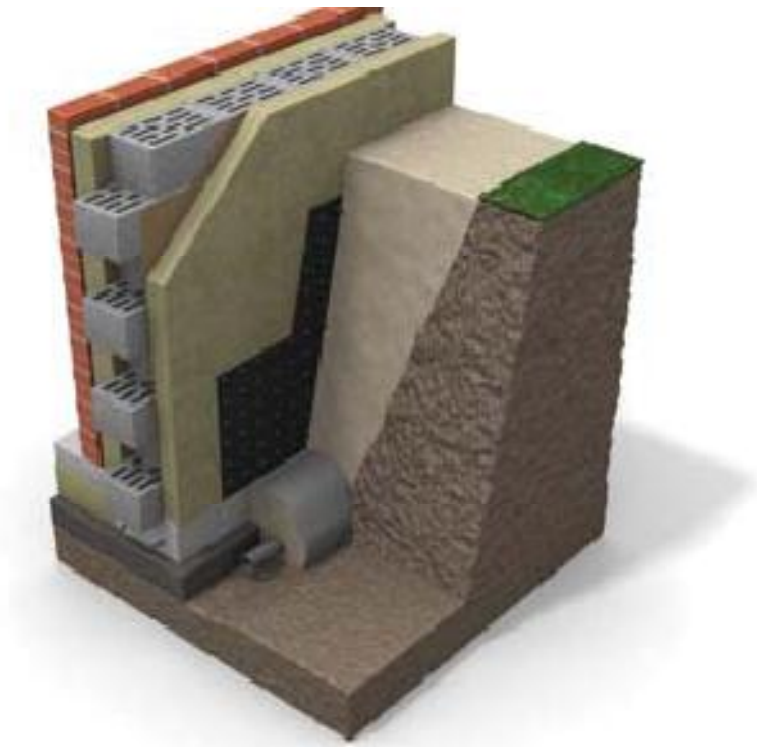
Maanvaraisten laattojen lisäeristäminen on kaikkein hankalin ja vähiten vaihtoehtoja sisältävä lisäeristykseen kohde. Periaatteessa ainoana vaihtoehtona on rakenteen kasvattaminen yläpuolelta. Vanhojen eristeiden vaihtaminenkaan ei tule kysymykseen, koska ne lähes poikkeuksetta sijaitsevat maanvaraisen laatan alapuolella.

Yläpuolelta lisäeristäminen kannattaakin toteuttaa mahdollisimman tehokkaalla eristeellä, kuten polyuretaanilla, silloin rakenne ei kasva mahdottoman paksuksi. Rakenteen eristämistä yläpuolelta ei kannata harkita missään muussa tapauksessa kuin lattian uusimisen yhteydessä. Sokkelin ulkopuolinen lisäeristäminen ja routasuojauksen parantaminen, esimerkiksi ulkoseinien lisäeristämisen yhteydessä, parantaa myös alapohjan energiatehokkuutta. Perustusten

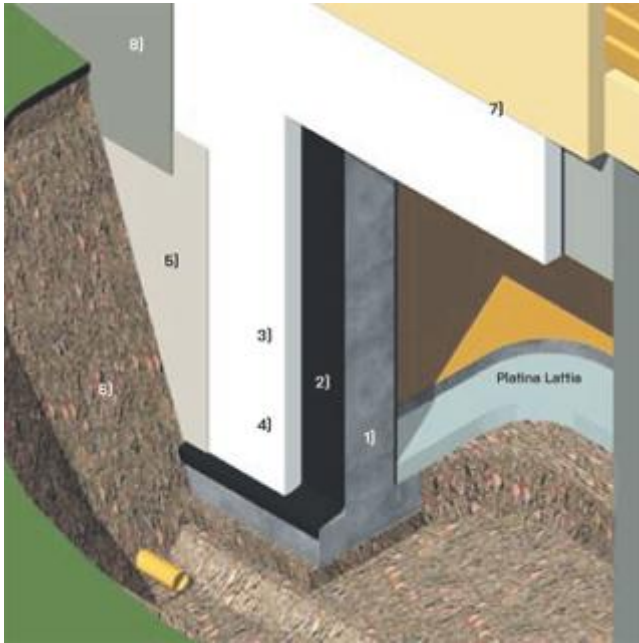
lisäeristämisestä on hyötyä vasta silloin kun rakennuksen muut osat ovat jo lisäeristetty.

5.3.3 Kellarit

Kellarien lisäeristäminen vaatii aina tarkkaa kosteusteknistä suunnittelua. Pääsääntönä eristäminen kannattaa tehdä kuitenkin ulkopuolelta tai sisä- ja ulkopuolelta, koska silloin rakenteen kosteustekninen käyttäytyminen on vakaampaa kuin pelkän sisäpuolisen eristämisen.



Kuva 13. Lisäeristetty kellarin seinä /11/



Kuva 14. Lisäeristetty kellarin seinä /15/

Kuvat 13 ja 14 ovat kaksi tavanomaisinta vaihtoehtoa kellarin seinien eristämiseen. Kuva 13 on Parocin vaihtoehto, jossa on eristetty kellarin seinän molemmat puolet kivivillalla. Kellarin seinän ja eristeen välissä on vesieriste ja ulkopuolisen eristeen pinnassa on maata vasten patolevy. Kellarin seinän sisäpuoli on eristetty kivivillalla ja sisäpuolelle on vielä muurattu tiiliseinä. Tiiliseinän ja sisäpuolisen lämmöneristeen alle on asennettu bitumihuopa estämään kosteuden nouseminen kellarin lattiaalasta. Kuva 14 on Thermisolin vaihtoehto kellarin seinän eristämisestä. Poikkeuksia Parocin ratkaisuun on: eriste on vain ulkopuolella ja se on EPS-eristettä, patolevyn sijaan on käytetty suodatinkangasta eristeen suojaamiseen. Molemmat ratkaisut ovat toimivia muuten, mutta näillä eristepaksuuksilla kellarien seinät eivät ole kovin energiatehokkaita. /11, 15/

6 SÄÄSTÖT LISÄERISTÄMISESTÄ

Lisäeristämisen energiasäästöjen laskentaan on käytetty U-arvojen määrittämiseen Doftech-lämpö -ohjelmaa. Lämmitysenergian vertailuhintana on käytetty sähkön hintaa 0,13 p/. Rakenteiksi on valittu yleisesti käytössä olevia, mutta niitä, jotka tarvitsisivat U-arvon perusteella lisälämmöneristystä. Tutkittujen rakenteiden lisäeristäminen on mahdollista myös muilla tavoilla, mutta lisäeristysvaihtoehdot on valittu kustannustehokkuuden ja arkkitehtuurisen ja rakenteellisen toimivuuden perusteella.

Rakenteiden U-arvot on laskettu vanhojen rakennusosien materiaaliominaisuuksien osalta Doftechin oletusarvoilla ja uusien eristekerroksien materiaaliominaisuudet, kuten lämmönjohtuvuus, on muutettu eristevalmistajien (käyttötapa) suosittelemien eristeiden ominaisuuksien mukaan. Lisäeristetyt rakenteet on tutkittu sen mukaan, etteivät ne aiheuta missään tapauksessa kosteuden tiivistymistä rakenteeseen. Rakenteiden kosteuskäyttäytymistä on niin ikään tutkittu Doftech-lämpö ohjelmalla.

6.1 Ulkoseinät

Ulkoseinärakenteita lisäeristettäessä ulkopuolelta pitää lähes aina poistaa vanha ulkovuoraus. Näin ollen julkisivun lisäeristäminen kannattaakin tehdä aina julkisivukorjauksen yhteydessä. Ulkoseinien lisäeristäminen sisäpuolelta saattaa aiheuttaa monia lisäkustannuksia, esimerkiksi sähköasennuksia, lämmönjakojärjestelmän siirtämistä ja muutoksia sisäkattoon ja lattiaan. /11/

6.1.1 Hirsiseinät

Hirsiseinistä on valittu tarkasteltavaksi seinärakenne (taulukko 6), joka on yleinen esimerkiksi 1900-luvun alun koulurakennuksissa ja hirsirakenteisissa omakotitaloissa aina 1940-luvulle asti. Rakennetyypille, kuten kaikille vanhoille hirsiseinille on tyypillistä, että sen alimmat hirsikerrokset ovat lahonneet ja vaativat korjausta, joten se kannattaa ottaa huomioon ennen rakenteen lisäeristämistä. /5, 14/

Hirsirakennetta lisäeristettäessä ulko- ja sisäpuolelta vaatii lähes aina koolauksen uudelle eristeelle, koska sen pinta saattaa olla epätasainen.

Hirsiseinän lisäeristämisen vaihtoehtoiksi on ulkopuolinen ja sisäpuolinen lisäeristys. Molempiin on valittu vain puupohjaisia eristeitä (puhallusvilla, puukuitulevy) ja mineraalivillaa. Muovieristeitä hirsirakenteiden eristämiseen ei ole tutkittu tarkemmin, koska se saattaa aiheuttaa ulkopuolisessa lisäeristyksessä kastepisteen rakennukseen ja sisäpuolisessa lisäeristyksessä se on hirsirakenteelle liian tiivis höyrynsulku. Ulkopuolisessa lisäeristyksessä poistetaan vanha ulkoverhous ja sen takana mahdollisesti oleva tervapaperi/rakennuspahvi ja sisäpuolisessa lisäeristyksessä puretaan vanha sisäverhous hirteen asti.

Taulukko 6. Hirsiseinän vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:	yksikkö	
Sisäverhous		
Hirsi 165 mm		
Tervapaperi		
Ulkoverhous		
U-arvo:	0,62	W/m ² K
Lämpöhäviö:	81,5	kWh/m ² /a

Lisäeristäminen ulkopuolelta	Lisäeristäminen sisäpuolelta
Uusi rakenne sisältä ulos:	Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous	Sisäverhous
Hirsi 165 mm	Höyrynsulku
Uusi lämmöneriste	Uusi lämmöneriste
Tuulensuoja 12 mm	Hirsi 165 mm
Tuuletusväli	Tervapaperi
Ulkoverhous	Ulkoverhous

Ulkopuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50	0,33	43,9	37,6	4,888
Mineraalivilla 75	0,27	35,9	45,6	5,928
Mineraalivilla 100	0,23	30,3	51,2	6,656
Puhallusvilla 50	0,34	45,4	36,1	4,693
Puhallusvilla 100	0,24	31,8	49,7	6,461
Puukuitulevy 25	0,5	66,4	15,1	1,963

Sisäpuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50	0,34	44,7	36,8	4,784
Mineraalivilla 75	0,27	36,2	45,3	5,889
Mineraalivilla 100	0,23	30,5	51	6,63
Puhallusvilla 50	0,35	45,8	35,7	4,641
Puhallusvilla 100	0,25	32,5	49	6,37
Puukuitulevy 25	0,5	66,6	14,9	1,937

Taulukon 6 perusteella rakenteen lisäeristystä kannattaa harkita lähes kaikissa tapauksissa. Puukuitulevyllä lisäeristettäessä ei suuria säästöjä tule, mutta se saattaa vaikuttaa esimerkiksi asumismukavuuteen huomattavasti. Puukuitulevy on suhteellisen hyvä vaihtoehto, jos rakennuksen ulkopuolinen ilme ei saa muuttua paljon. Museovirasto suosittelee juuri puukuitulevyn käyttöä hirsiseiniä tiivistykseen/lisäeristykseen.

6.1.2 Puurunkoseinät

Puurunkoseiniin on valittu tarkasteltavaksi 1950-luvun purueristerakenne ja 1960-luvun mineraalivillaeristeisen rakenteen. Rakenteita lisäeristettäessä, jättämällä vanhat eristeet seiniin, kannattaa niiden kunto tutkia.

Taulukossa 7 on tutkittu purueristeisen talon lisäeristysvaihtoehtoja. Lisäeristysvaihtoehtoja on yhteensä neljä, kaksi sekä sisäpuolista että

ulkopuolista. Ulkopuolisessa vaihtoehdossa 1 ja sisäpuolisessa vaihtoehdossa 1 on säästetty vanha purueriste rakenteessa ja lisäeristetty suoraan vinolaudoituksen päälle.

Ulkopuolisen lisäeristämisen vaihtoehto 1:ssä on käytetty mineraalivillana sellaisia levyjä, jotka eivät vaadi erillistä tuulensuojaa ja voidaan kiinnittää suoraan vinolaudoituksen päälle ilman koolausta. Puhallusvilla sen sijaan vaatii aina koolauksen ja tuulensuojan toimiakseen tehokkaasti. Polyuretaanin tai polystyreenin käyttö ei ole tässä vaihtoehdossa mahdollista niiden tiiveyden takia.

Sisäpuolisen lisäeristykseen vaihtoehto 1:ssä sisäpinnat puretaan laudoitukseen asti, ja uusi lämmöneriste kiinnitetään siihen. Rakenteeseen lisätään höyrynsulkuuuden eristeen ja sisäverhouksen väliin. Lisäeristevaihtoehtoina olevat polyuretaani ja polystyreeni eivät vaadi erillistä höyrynsulkua tiiviin muovipintansa takia.

Vaihtoehdot 2 sekä ulko- että sisäpuolissa lisäeristyksessä puretaan rakennetta niin, että vanhat purueristeet saadaan poistettua. Vinolaudoituksia poistettaessa tulee muistaa, että se saattaa toimia rakenteen jäykistäjänä. Muut rakenteet toimivat näissäkin vaihtoehdoissa ilman tuulensuojaa ja muovieristeet eivät vaadi höyrynsulkua sisäpuolisessa lisäeristyksessä. Höyrynsulku voidaan sijoittaa kahden eristekerroksen väliin, kunhan sisäpuolinen kerros ei ole paksumpi kuin 50 mm. Tätä on käytetty toisessa mineraalivilla-eristevaihtoehdossa sisäpuolisen lisäeristämisen vaihtoehdossa 2.

Taulukko 7. Purueristeseinän vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:	yksikkö	
Sisäverhous		
(Ilmansulku)		
Laudoitus		
Vuorauspahvi		
Purueriste 125 mm		
Laudoitus		
(Ilmarako)		
Ulkovuoraus		
U-arvo:	0,59	W/m ² K
Lämpöhäviö:	74	kWh/m ² /a

Lisäeristäminen ulkopuolelta 1:	Lisäeristäminen ulkopuolelta 2:
Uusi rakenne sisältä ulos:	Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous	Sisäverhous
(Ilmansulku)	(Ilmansulku)
Laudoitus	Laudoitus
Vuorauspahvi	Vuorauspahvi
Purueriste 125 mm	Uusi lämmöneriste
Laudoitus	(Tuulensuojalevy)
Uusi lämmöneriste	Ilmarako
(Tuulensuojalevy)	Ulkovuoraus
Ilmarako	
Ulkovuoraus	

Lisäeristäminen sisäpuolelta 1:	Lisäeristäminen sisäpuolelta 2:
Uusi rakenne sisältä ulos:	Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous	Sisäverhous
(Höyrynsulku)	(Uusi lämmöneriste)
Uusi lämmöneriste	Höyrynsulku
Laudoitus	Uusi lämmöneriste
Vuorauspahvi	Laudoitus
Purueriste	(Ilmarako)
Laudoitus	Ulkovuoraus
(Ilmarako)	
Ulkovuoraus	

Ulkopuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kWh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50*	0,29	39	35	4,55
Mineraalivilla 75*	0,24	31,5	42,5	5,525
Mineraalivilla 100*	0,2	26,4	47,6	6,188
Puhallusvilla 50	0,31	40,4	33,6	4,368
Puhallusvilla 100	0,22	29,3	44,7	5,811

*= ei vaadi erillistä tuulensuojaa

Ulkopuoli 2:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kWh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 125	0,29	38,6	35,4	4,602
Mineraalivilla 175*	0,23	31	43	5,59
Puhallusvilla 125	0,31	41,2	32,8	4,264
Puhallusvilla 175	0,22	29,7	44,3	5,759
Polyuretaani 120*	0,18	23,3	50,7	6,591

*= ei vaadi erillistä tuulensuojaa

Sisäpuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50	0,31	40,6	33,4	4,342
Mineraalivilla 100	0,21	27,8	46,2	6,006
Puhallusvilla 50	0,33	44,2	29,8	3,874
Polyuretaani 30**	0,32	43,4	30,6	3,978
Polyuretaani 70**	0,21	27,7	46,3	6,019
Polystyreeni 40**	0,3	40,3	33,7	4,381

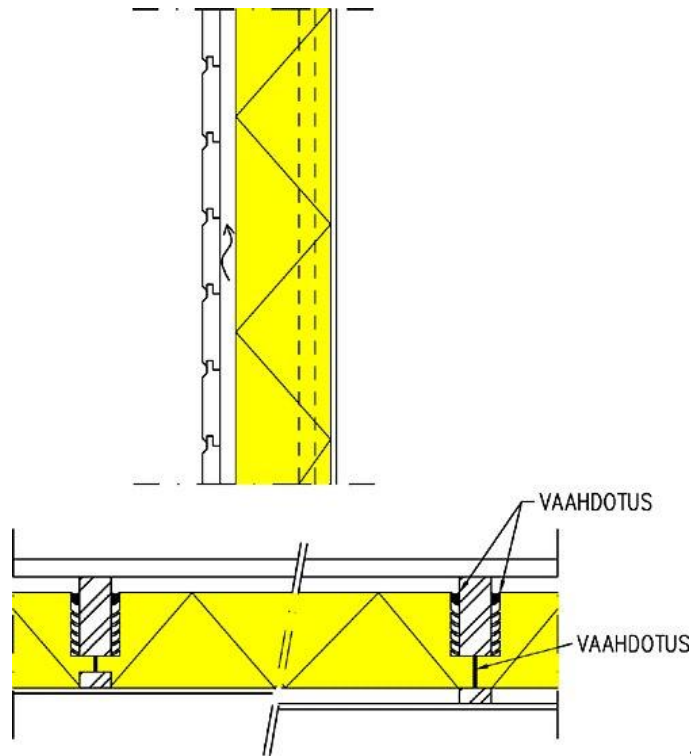
**= ei vaadi erillistä höyrynsulkua

Sisäpuoli 2:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 125+25**	0,2	26,4	47,6	6,188
Mineraalivilla 125+50***	0,15	20	54	7,02
Puhallusvilla 125+75	0,18	24,4	49,6	6,448
Polyuretaani 120+40**	0,12	15,3	58,7	7,631
Polyuretaani 120+70**	0,14	18	56	7,28
Polystyreeni 140**	0,17	22,8	51,2	6,656

**= ei vaadi erillistä höyrynsulkua

***=Höyrynsulku eristeiden välissä

Kannattavuudeltaan kaikki taulukon 7 eristysvaihtoehdot näyttävät melko kannattavilta, lähinnä vanhan purueristeen huonon eristyskyvyn takia. Mielenkiintoisin eristeratkaisu on sisäpuolisen lisäeristysvaihtoehdon 2140 mm polystyreenieriste, joka asennetaan osittain palkkien väliin, mutta jatkuen samana levyinä palkin sisäpinnallakin. Kuvassa 15 on esitetty kyseisen eristeen käyttötapa.



Kuva 15. Seinän eristystapa Finnfoamin eristelevyllä /14/

Taulukossa 8 on rakenteena mineraalivillaeristeinen puurunkorakenteen vaihtoehdot. Lisäeristykseen voidaan käyttää ulkopuolella mineraalivillaa ja puhallusvillaa ja sisäpuolella niiden lisäksi polyuretaania ja polystyreeniä. Ulkopuolisessa vaihtoehdossa mineraalivillat voidaan kiinnittää suoraan vanhaan rakenteeseen ilman koolausta. Ulkopuolisessa lisäeristyksessä rakenne voidaan purkaa vanhaan eristeeseen asti tai vanha tuulensuoja voidaan jättää ja eristys tehdä sen päälle. Sisäpuolisessa lisäeristyksessä on rakenne myös purettu vanhaan eristeeseen asti. Vanha höyrynsulku pitää muistaa poistaa mineraalivillaa käytettäessä. Käytettäessä polyuretaania tai polystyreeniä höyrynsulku voidaan jättää rakenteeseen, jos se on suoraan niitä vasten. /13/

Taulukko 8. Vanhan mineraalivillaseinän vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:		yksikkö	
Sisäverhous			
(Ilman/höyrynsulku)			
Vanha mineraalivilla 100 mm			
Tuulensuoja			
Ilmarako			
Ulkovuoraus			
U-arvo:	0,59	W/m ² K	
Lämpöhäviö:	74	kWh/m ² /a	

Lisäeristäminen ulkopuolelta 1:	Lisäeristäminen sisäpuolelta 1:
Uusi rakenne sisältä ulos:	Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous	Sisäverhous
(Ilman/höyrynsulku)	(Uusi lämmöneriste)
Vanha mineraalivilla 100 mm	Höyrynsulku
Uusi lämmöneriste	Uusi lämmöneriste
(Tuulensuojalevy)	Vanha mineraalivilla 100 mm
Ilmarako	Tuulensuojalevy
Ulkovuoraus	Ilmarako
	Ulkovuoraus

Ulkopuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kWh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50*	0,2	26,4	47,6	6,188
Mineraalivilla 75*	0,17	22,9	51,1	6,643
Mineraalivilla 100*	0,15	20,3	53,7	6,981
Puhallusvilla 50	0,2	26,5	47,5	6,175
Puhallusvilla 100	0,16	21,2	52,8	6,864

*= ei vaadi erillistä tuulensuojaa

Sisäpuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kWh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50	0,2	25,9	48,1	6,253
Mineraalivilla 100	0,15	20,3	53,7	6,981
Polyuretaani 30**	0,21	27,5	46,5	6,045
Polyuretaani 70**	0,15	20,2	53,8	6,994
Polystyreeni 40**	0,2	26,2	47,8	6,214
Polystyreeni 70**	0,16	21,4	52,6	6,838

**= ei vaadi erillistä höyrynsulkua

Rakenteiden lisäeristämisen kannattavuus riippuu monesti siitä mikä ulkoverhous rakenteessa on. Tiiliverhouksen purkaminen ja uudelleen rakentaminen tulee niin kalliiksi, että sen tekeminen lisäeristykseen takia on kannattamatonta. Puuverhouksen purkaminen on huomattavasti vaivattomampaa/halvempaa, mutta lisäeristäminen kannattaa tehdä puuverhouksen uusimisen yhteydessä. Rakenteiden tiiviys paranee kuitenkin lisäeristettäessä. Tiiviys ei näy tehdyissä laskelmissa ja sen määrittäminen laskennan kautta ilman tutkimusta ei ole mahdollista. Vanhan mineraalivillakerroksen ollessa pieni, kuten taulukon 8 esimerkissä lisäeristämisen kannattavuus ja takaisinmaksuaika, saattaa muodostua kohtuulliseksi. Lisäeristettäessä uudempaa rakennetta (U-arvo alle 0,30 W/m²K) kannattavuus on jo melko pieni, varsinkin jos laskee mukaan julkisivun uusimisen kustannukset mukaan takaisinmaksuaikaan.

6.1.3 Betoniseinät

Betoniseinistä on valittu tarkasteltavaksi 1960-luvun kerrostalon betonisandwich-elementti (taulukko 9). Rakennukset, joissa kyseinen rakenne on, ovat yleensä energiatehottomia huonosti ja kiireellä tehdyn eristämisen, kylmäsiltojen ja saumojen vuotamisen takia. Korjausvaihtoehdoiksi on valittu lisäeristämisen suoraan vanhan rakenteen päälle (vaihtoehto 1) ja vanhan betonikuoren ja villojen poistamisen ja uudelleen eristämisen (vaihtoehto 2). /10/

Vaihtoehto 1:sen lisäeristys voidaan toteuttaa, jos vanha ulkokuori on hyvässä kunnossa ja kestää uuden eristyksen ja rappauksen painon. Eristämismenetelmäksi kannattaa valita eristerappaus, sen nopeuden ja kustannustehokkuuden takia. Eristeet kiinnitetään betonirakenteeseen mekaanisin kiinnikkein ja tässä vaihtoehdossa on käytetty pinnoitteena ohutrappausa. /11/

Vaihtoehto 2:ssa betonin sisäkuori pitää tasoittaa ennen uuden eristystä. Rakenteellisesti ja lämpötaloudellisesti tämä vaihtoehto on hyvä, koska rakenteesta voidaan tehdä jopa nyky määräysten mukainen suhteellisen helposti. Ulkoverhoukseksi on valittu tiili, mutta eristerappausa, puuta tai betonia voidaan käyttää yhtä hyvin.

Taulukko 9. Betonisandwich-elementti seinän vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:	yksikkö	
Sisäverhous		
Betoni		
Vanha mineraalivilla 90mm		
Betoni		
U-arvo:	0,44	W/m ² K
Lämpöhäviö:	57,8	kWh/m ² /a

Lisäeristäminen ulkopuolelta 1:	Lisäeristäminen ulkopuolelta 2:
Uusi rakenne sisältä ulos:	Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous	Sisäverhous
Betoni	Betoni
Vanha mineraalivilla	Uusi lämmöneriste
Betoni	Ilmarako
Uusi lämmöneriste	Tiiliverhous
Ohutrappaus	

Ulkopuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50	0,28	36,9	20,9	2,717
Mineraalivilla 100	0,21	27,2	30,6	3,978
Polystyreeni 50	0,26	33,8	24	3,12
Polystyreeni 100	0,18	24	33,8	4,394

Sisäpuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpö- häviö (kWh)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 150	0,21	27,4	30,4	3,952
Mineraalivilla 180	0,17	23,1	34,7	4,511
Mineraalivilla 200	0,16	20,9	36,9	4,797
Polyuretaani 90 !	0,2	27	30,8	4,004
Polyuretaani 120 !	0,16	21,3	36,5	4,745
Polystyreeni 150	0,18	24,8	33	4,29
Polystyreeni 200	0,14	19,1	38,7	5,031

!= Rakenteessa lisäksi 9 mm kipsilevy ja 20 mm mineraalivillaa

Laskennallisesti säästöt eivät ole kovin suuria, mutta todelliset hyödyt, kuten rakenteen tiivistyminen ja mahdollisesti rapautuneen julkisivun vaihtaminen antavat arvoa myös koko rakennukselle.

6.1.4 Tiili- ja harkkoseinät

Tiilirakenteista on valittu tarkasteltavaksi ei-kantava tiiliseinä ja 1940-luvun kerrostalon seinärakenne. Tätä taulukossa 10 olevaa ei-kantavaa tiiliseinäarakennetta on voitu käyttää esimerkiksi 60-luvulla koulujen seinärakenteena. Sen lisäeristämistä ulkopuolelta on tutkittu vain ulkopuolelta, koska useimmiten sen ilmarako on tukossa laastista tai se on muuten riittämätön. Rakenteesta pitää purkaa tiiliverhous ja mahdollisesti vaurioituneet eristeet. Näin toimimalla ja käyttämällä riittäviä eristepaksuuksia tulee rakenteesta nykyaikainen sekä rakenteellisesti että arkkitehtuurisesti.

Taulukko 10. Ei-kantavan, tuplatiilimuurisen seinän vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:		yksikkö	
Tiiliseinä			
Mineraalivilla 90 mm			
Tuulensuojalevy 9 mm			
Ilmarako			
Tiiliverhous			
U-arvo:	0,38	W/m ² K	
Lämpöhäviö:	50,2	kWh/m ² /a	

Lisäeristäminen ulkopuolelta 1:	
Uusi rakenne sisältä ulos:	
Tiiliseinä	
Uusi lämmöneriste	
Ilmarako	
Tiiliverhous	

Ulkopuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kWh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 150	0,18	24,6	25,6	3,328
Mineraalivilla 200	0,15	18,7	31,5	4,095
Polystyreeni 170	0,17	22,1	28,1	3,653
Polyuretaani 120 !	0,16	20,9	29,3	3,809

!= Rakenteessa lisäksi 9 mm kipsilevy ja 20 mm mineraalivillaa

Koska taulukon 10 rakenteen energiansäästö ei ole kovin suuri, nousee sen eristämisen takaisinmaksuaika melko varmasti korkealle. Hyötynä rakenteen korjaamiselle on saada mahdollisesti vaurioituneet eristeet vaihdettua ja samalla parannettua hieman rakennuksen energiataloutta.

1940-50-luvuilla käytetyn tiiliseinän lisäeristämiseen voidaan käyttää eristerappausa, koska vanhassa rakenteessa ei ole ilmarakoa. Jos taulukon 11 rakenne eristetään vastamaan lähes nykyistä normitasoa, tulee rakenteen energiansäästöstä melko merkittävä. Rakenteen lisäeristämislle saattaa esteenä olla mahdollinen suojelupäätös. /11/

Taulukko 11. 1940-luvun tuplatiilimuurisen seinän vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:		yksikkö
Tiilimuri		
Mineraalivilla 50 mm		
Tiilimuri		
Rappaus		
U-arvo:	0,5	W/m ² K
Lämpöhäviö:	81,5	kWh/m ² /a

Lisäeristäminen ulkopuolelta 1:
Uusi rakenne sisältä ulos:
Tiilimuri
Mineraalivilla 50 mm
Tiilimuri
Vanha rappaus
Uusi lämmöneriste
Ohutrappaus

Ulkopuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kWh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50	0,28	37,5	44	5,72
Mineraalivilla 100	0,2	27	54,5	7,085
Polystyreeni 50	0,27	35,3	46,2	6,006
Polystyreeni 100	0,19	24,7	56,8	7,384

6.2 Yläpohjat

Yläpohjien lisäeristäminen, varsinkin ullakollisien, on kustannustehokkain eristämisen kohde, koska se on melko vaivatonta. Vaivattomaksi lisäeristämisen tekee sen vaatimien muutoksien vähyys, koska monesti lisäeristäminen voidaan toteuttaa suoraan vanhan rakenteen päälle. Alapuolisen eli sisäpuolisen lisäeristämisen takia joudutaan tekemään hieman enemmän muutoksia kuin lisäeristettäessä yläpohjaa yläpuolelta. Näitä muutoksia ovat esimerkiksi lamppujen ja ilmastoinnin venttiilien siirtäminen. Julkisissa rakennuksissa muutostyöt ovat huomattavasti suurempia, koska niissä on usein alaslaskettu katto, jonka yläpuolella voi kulkea esimerkiksi lämpö-, vesi- ja ilmastointiputkia sekä sähköjohtoja.

6.2.1 Harjakattoiset yläpohjat

Harjakattoisissa yläpohjissa on kaksi eri rakennetta, ullakollinen ja vino yläpohja. Taulukossa 12 on tutkittu vanhan sahanpurueristeisen lisäeristämistä yläpuolelta vanhan eristeen päälle (vaihtoehto 1), poistamalla vanhan eristeen (vaihtoehto 2) ja alapuolisella lisäeristyksellä.

Vaihtoehto 1:sen etuna muihin on vaivattomuus ja työn vähyys. Parhaimmassa tapauksessa puhaltaminen voidaan tehdä ilman mitään muita töitä kuin tuuliohjaimien asentamisella reuna-alueille. Tilan riittäessä, eristettä voi lisätä jopa passiivienergiatasolle saakka. Eristevaihtoehtoina ovat erilaiset puhallusvillat (mineraali, sellu) tai tavalliset levyeristeet. Kun rakenteen U-arvo menee lähelle 0,1 tarvitaan siitä eteenpäin suhteellisen paljon eristettä U-arvon laskemiseen. Tällöin kannattaa miettiä onko saatu hyöty investoinnin arvoinen.

Vaihtoehto 2:ssa vanha eriste poistetaan, mikä on kannattavaa jos eristeen purku sujuu helposti ja lisäeristettävä tila on rajallinen. Vanhan eristeen voi poistaa esimerkiksi suurtehoimurilla.

Lisäeristäminen alapuolelta voidaan joutua tekemään jos ullakon tilat ovat jatkuvassa varastokäytössä, vanhasta tasakatosta on tehty harjakatto tai tila ullakolla on vain muuten huono tasaiseen eristämiseen. Rakenteesta tulisi poistaa

sisäverhous ja vanha koolaus. Kuten seinien kanssa, vanhan höyrynsulun voi jättää paikalleen, jos käyttää muovieristeitä (polyuretaani, polystyreeni). Mineraalivilla vaatii höyrynsulun poiston ja uuden asentamisen sen sisäpintaan. Esimerkiksi polyuretaania käyttämällä saadaan rakenteesta melko tehokas ja sisätilakaan ei pienene kuin 100 mm.

Taulukko 12. Vanhan purueristeisen ullakollisen yläpohjan vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:		yksikkö
Sisäverhous		
Koolaus		
Höyrynsulku		
Vanha sahanpuru 200 mm		
Tuuletettu ilmatila		
Vesikatto		
U-arvo:	0,48	W/m ² K
Lämpöhäviö:	63,2	kWh/m ² /a

Lisäeristäminen yläpuolelta vaihtoehto 1	Lisäeristäminen yläpuolelta vaihtoehto 2
Uusi rakenne sisältä ulos:	Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous	Sisäverhous
Koolaus	Koolaus
Höyrynsulku	Höyrynsulku
Vanha sahanpuru 200 mm	Uusi lämmöneriste
Uusi lämmöneriste	Ulkoverhous
Ulkoverhous	Tuuletettu ilmatila
Tuuletettu ilmatila	Vesikatto
Vesikatto	

Lisäeristäminen alapuolelta vaihtoehto 1
Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous
Koolaus
Höyrynsulku
Uusi lämmöneriste
Vanha sahanpuru 200 mm
Tuuletettu ilmatila
Vesikatto

Yläpuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kWh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 100	0,21	27,4	35,8	4,654
Mineraalivilla 200	0,13	17,4	45,8	5,954
Puhallusvilla 100	0,21	29	34,2	4,446
Puhallusvilla 200	0,14	18,7	44,5	5,785
Puhallusvilla 300	0,1	13,9	49,3	6,409

Yläpuoli 2:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kWh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 300	0,11	15,5	47,7	6,201
Mineraalivilla 350	0,1	13,3	49,9	6,487
Puhallusvilla 300	0,13	17,1	46,1	5,993
Puhallusvilla 400	0,1	12,9	50,3	6,539
Polystyreeni 300	0,1	13,3	49,9	6,487
Polyuretaani 250	0,1	13,6	49,6	6,448

Alapuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh)	Säästetty lämpö (kWh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50	0,29	38,3	24,9	3,237
Mineraalivilla 100	0,21	27,4	35,8	4,654
Polyuretaani 50**	0,24	31,3	31,9	4,147
Polyuretaani 100**	0,16	20,7	42,5	5,525
Polystyreeni 50**	0,27	36	27,2	3,536

Taulukon 13 vinoa yläpohjaa voidaan lisäeristää, joko ylä- (vaihtoehto 1) tai alapuolelta (vaihtoehto 2). Vaihtoehto 1 vaatii vesikaton poiston, joten vesikatteen uusimisen yhteydessä kannattaa myös vaihtaa vanhat eristeet ja lisäeristää rakenne. Lisäeristämisen voi tehdä, jos vesikaton kantavia rakenteita korotetaan. Tämä vaihtoehto on kannattavaa vain vaihtamalla vanhan mineraalivilla, polyuretaanieristeeseen. Tällöinkin se kannattaa vain jos rakennetta ei koroteta, koska rakenteen korottamisellakin on omat rajansa.

Vaihtoehto 2 eli eristäminen alapuolelta suhteellisen tehokkaan vanhan eristekerroksen takia ei ole kovin kannattavaa ja sen tekemistä kannattaa harkita tarkasti.

Taulukko 13. Vanhan mineraalivillaeristeisen vinon yläpohjan vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:	yksikkö	
Sisäverhous		
Koolaus		
Höyrynsulku		
Vanha mineraalivilla 125 mm		
Tuulensuoja		
Tuuletettu ilmatila		
Vesikatto		
U-arvo:	0,34	W/m ² K
Lämpöhäviö:	44,6	kWh/m ² /a

Lisäeristäminen yläpuolelta vaihtoehto 1	Lisäeristäminen alapuolelta vaihtoehto 1
Uusi rakenne sisältä ulos:	Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous	Sisäverhous
Koolaus	Koolaus
Höyrynsulku	Höyrynsulku
Uusi lämmöneriste	Uusi lämmöneriste
Tuulensuoja	Vanha mineraalivilla 125 mm
Tuuletettu ilmatila	Tuuletettu ilmatila
Vesikatto	Vesikatto

Yläpuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 150	0,22	30	14,6	1,898
Puhallusvilla 150	0,25	33	11,6	1,508
Polyuretaani 150	0,15	19,6	25	3,25
Polystyreeni 150	0,19	26,1	18,5	2,405
Polyuretaani 200	0,09	11,9	32,7	4,251
Mineraalivilla 200	0,14	18,4	26,2	3,406

Alapuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50	0,25	36,7	7,9	1,027
Mineraalivilla 100	0,19	25,8	18,8	2,444
Polyuretaani 50	0,19	25,8	18,8	2,444
Polyuretaani 100	0,18	28	16,6	2,158
Polystyreeni 50	0,22	28,9	15,7	2,041

6.2.2 Tasakattoiset yläpohjat

Tasakattoisen yläpohjan lisäeristämisen esimerkiksi (taulukko 14) on otettu vain vanhan 60-luvun kerrostalon kattorakenne. Se voidaan lisäeristää, joko vanhan rakenteen päälle (vaihtoehto 1) tai purkamalla vanhaa rakennetta (vaihtoehto 2).

Vaihtoehto 1:n mahdollistaa rakenteesta puuttuva tuuletusväli ja eristeenä käytetty 250 mm kevytsora, joka kestää kantavuudeltaan ja jäykkyydeltään uuden vesikaton painon. Rakenteen ongelmana on kosteuskäyttäytyminen. Lisäeristettäessä vanhasta bitumikatteesta tulee höyrinsulku, joten rakenteen nollapiste tulee saada vanhan bitumikatteen yläpuolelle jotta kosteutta ei tiivisty rakenteeseen. Tämä on mahdollista esimerkiksi 200 mm polystyreenillä, mutta ei paljon siitä pienemmällä. Lisäkustannuksia saattaa tulla kattorakenteen reunojen korotuksesta ja läpivientien uudistamisesta/jatkamisesta. Lopulliset säästöt ja rakentamiskustannukset ilman suurempia muutostöitä nousevat laskelmien mukaan melko korkeiksi.

Vaihtoehto 2:ssa puretaan vanha vesikate ja rakennetaan kantavan betonin päälle uusi tasakattorakenne. Toteutus ja lopputulos ovat käytännössä verrattavissa uudisrakentamiseen. Samoin tämän energiasäästöt verrattuna vanhaan nousevat hyvälle tasolle.

Taulukko 14. 1960-luvun tasakattoisen kerrostalon yläpohjan vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:	yksikkö	
Sisäverhous		
Betonilaatta		
Kevytsora 250 mm		
Betoni 30 mm		
Huopakate		
U-arvo:	0,62	W/m ² K
Lämpöhäviö:	81,5	kWh/m ² /a

Lisäeristäminen yläpuolelta vaihtoehto 1	Lisäeristäminen yläpuolelta vaihtoehto 2
Uusi rakenne sisältä ulos:	Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous	Sisäverhous
Betonilaatta	Betonilaatta
Kevytsora 250 mm	Uusi lämmöneriste
Betoni 30 mm	Uusi vesikatto
Huopakate	
Uusi lämmöneriste	
Uusi vesikatto	

Yläpuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 250	0,11	13,9	67,6	8,788
Mineraalivilla 300	0,09	12,2	69,3	9,009
Polystyreeni 200	0,11	14,2	67,3	8,749
Polystyreeni 250	0,09	12,5	69	8,97
Polystyreeni 300	0,08	10,9	70,6	9,178

Yläpuoli 2:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 300	0,12	15,3	66,2	8,606
Mineraalivilla 400	0,09	11,6	69,9	9,087
Polystyreeni 250	0,12	15,8	65,7	8,541
Polystyreeni 300	0,1	13,2	68,3	8,879
Polystyreeni 350	0,08	11,4	70,1	9,113

6.3 Alapohjat

Alapohjien lisäeristämisessä ei ole monia vaihtoehtoja. Tuulettuvan alapohjan voi eristää sekä ylä- että alapuolelta nostamatta rakennekorkeutta, mutta maanvaraisen alapohjan lisäeristämiseen ei ole muuta vaihtoehtoa kuin korottaa

alapohjarakennetta, mikä pienentää sisätiloja ja aiheuttaa ongelmia pattereiden, kalusteiden ja ovien korkeuden kanssa.

6.3.1 Tuulettuvat alapohjat

Tuulettuvan alapohjan yläpuoliseen lisäeristämiseen on kaksi vaihtoehtoa (taulukko 15) korvaamalla vanhat uusilla (vaihtoehto 2) tai korottamalla rakennetta (vaihtoehto 1). Lattian korottaminen aiheuttaa paljon lisätöitä ja näin olle kustannukset tulevat nousemaan melko korkeiksi. Lisäksi tuulettuva alapohja voidaan lisäeristää alapuolelta.

Vaihtoehdossa 1 rakenne puretaan vanhaan purueristeeseen saakka. Rakennetta joudutaan korottamaan, jotta saadaan uudet lämmöneristeet asennettua. Käyttämällä polyuretaanieristettä alapohjassa rakenne saadaan nykynormien vaatimalle tasolle, mutta muilla eristeillä jäädyään hieman siitä. Jos rakenne halutaan muilla eristeillä nykynormien tasolle, vaaditaan yli 100 mm korotusta vanhaan rakenteeseen.

Vaihtoehdossa 2 rakenne puretaan kokonaan auki ja vanhat purueristeet vaihdetaan uusiin ja tehokkaampiin eristeisiin. Eristepinta ei tässä vaihtoehdossa nouse vanhojen alapohjapalkkien yläpuolelle. Lämmöneristävyydeltään päästään myös lähelle RakMk:n vaatimaa tasoa, varsinkin polyuretaanilla. Säästöiltään tämä ei ole niin tehokas vaihtoehto kuin ensimmäinen, mutta rakentamiskustannukset jäävät pienemmiksi ja vanha mahdollisesti kosteutta saanut purueriste poistetaan.

Tuulettuvan alapohjan lisäeristäminen alapuolelta vaatii pääsyn ryömintätilaan. Uudet eristeet voidaan kiinnittää vanhaan alapohjan runkoon suoraan tai koolaamalla. Alapohjassa tulee ottaa huomioon, että käytetään eristeitä, jotka eivät tarvitse erillistä tuulensuojaa. Uudet lisäeristeet eivät saa peittää tuuletusaukkoja. Ratkaisu on energiatehokas, sillä se säästää lämmitystarvetta ja on suhteellisen halpa toteuttaa. Tuulettuva alapohja voidaan lisäeristää alapuolelta myös poistamalla vanha eriste, mutta rakenteen purkaminen alapuolelta saattaa olla vaikeaa.

Taulukko 15. Tuulettuvan alapohjan vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:		yksikkö
Sisäverhous		
Lattialevy		
Harvalaudoitus		
Vanha purueriste 150 mm		
Vuorauspahvi		
Tuulettuva ryömintätila		
U-arvo:	0,54	W/m ² K
Lämpöhäviö:	72,2	kWh/m ² /a

Lisäeristäminen yläpuolelta vaihtoehto 1	Lisäeristäminen yläpuolelta vaihtoehto 2
Uusi rakenne sisältä ulos:	Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous	Sisäverhous
Lattialavy	Lattialavy
Harvalaudoitus	Harvalaudoitus
Uusi lämmöneriste	Uusi lämmöneriste
Vanha purueriste 150 mm	Vuorauspahvi
Vuorauspahvi	Tuulettuva ryömintätila
Tuulettuva ryömintätila	

Lisäeristäminen alapuolelta vaihtoehto 1
Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous
Lattialevy
Harvalaudoitus
Vanha purueriste 150 mm
Vuorauspahvi
Uusi lämmöneriste
Tuulettuva ryömintätila

Yläpuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 100	0,22	28,7	43,5	5,655
Puhallusvilla 100	0,23	30,6	41,6	5,408
Polyuretaani 100	0,16	21,4	50,8	6,604
Polystyreeni 100	0,2	26,2	46	5,98

Yläpuoli 2:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 150	0,22	28,5	34,7	4,511
Puhallusvilla 150	0,24	31,3	31,9	4,147
Polyuretaani 150	0,14	18,9	44,3	5,759
Polystyreeni 150	0,19	25	38,2	4,966

Alapuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 150	0,17	22,1	41,1	5,343
Polyuretaani 150	0,12	15,9	47,3	6,149
Polystyreeni 150	0,15	19,8	43,4	5,642

6.3.2 Maanvaraiset alapohjat

Maanvaraisen alapohjan lisäeristäminen onnistuu vain yläpuolelta. Suomessa on myös rakennuksia, joiden maanvaraisen laatan yläpuolella on lämmöneristeitä, mutta tällöin eristeiden vaihtaminen uusiin ei tuo niin suuria säästöjä että se olisi kannattavaa. Maanvaraisen alapohjarakenteen lisäeristäminen aloitetaan purkamalla vanha lattiapinta aina betoniin asti ja korottamalla sen jälkeen rakennetta. Tätä lisäeristystapaa ei ole kannattavuuden näkökulmasta järkeä toteuttaa, ellei joku syy, esimerkiksi kosteuden nouseminen pakota tähän,

varsinkin kun alapohjan lämpöhäviöiden osuus rakennuksien lämpötaseesta on niin pieni.

Vanhoissa maanvaraisissa alapohjissa on ollut paljon ongelmia ja vaurioita maasta nousevan kosteuden takia. Lattiapinnoitteet ovat saattaneet irrota, kupruilla, värjäytyä ja rakenteissa on saattanut olla lahoa ja hometta. Maanvaraista alapohjaa lisäeristettäessä tulee tutkia rakenteen kapillaarisen nousemisen riski. Jos rakenteessa on mahdollisuus kapillaarisen kosteuden nousemiseen, tulee rakennetta lisäeristettäessä betonin ja uuden eristeen väliin asentaa tuuletus ja järjestää tuuletus esimerkiksi jalkalistan takaa sisäilmaan niin, että nouseva kosteus haihtuu. /12/

Laskennallisesti taulukon 16 lisäeristämisvaihtoehto on suhteellisen kannattava säästetyin energian kannalta, mutta rakenteen korottaminen 150 mm aiheuttaa niin paljon lisäkustannuksia, että lisäeristäminen ei ole kannattavaa.

Taulukko 16. Maanvaraisen alapohjan vanhat ja lisäeristetyt rakenteet, lämpöhäviöt ja säästö.

Vanha rakenne sisältä ulos:		yksikkö
Sisäverhous		
Betonilaatta 160		
Vanha lämmöneriste EPS 120 mm		
Maapohja		
U-arvo:	0,54	w/m ² K
Lämpöhäviö:	72,2	kWh/m ² /a

Lisäeristäminen yläpuolelta vaihtoehto 1
Uusi rakenne sisältä ulos:
Sisäverhous
Uusi lämmöneriste
Betonilaatta 160
Vanha lämmöneriste EPS 120 mm
Maapohja

Yläpuoli 1:				
Eristevaihtoehdot ja paksuudet (mm)	Uusi U-arvo	Uusi lämpöhäviö (kWh/m ² /a)	Säästetty lämpö (kwh/m ² /a)	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 50	0,23	30	42,2	5,486
Puhallusvilla 50	0,23	30,9	41,3	5,369
Polyuretaani 50	0,19	25,5	46,7	6,071
Polystyreeni 50	0,22	28,3	43,9	5,707

6.3.3 Kellarit

Kellarin seinän lisäeristyksestä ei laskettu säästöjä, koska todellisuudessa kellaria on käytetty puolilämpimänä tilana ja näin ollen sen ottaminen asumiskäyttöön kasvattaa energiankulutusta. Vaikka kellari on suorassa yhteydessä maaperään ja ulkoilmaan on sen energiankulutuksen osuus koko rakennuksen lämpötaseesta suhteellisen pieni, jos rakennuksen välipohjat on eristetty hyvin.

Sokkelin lisäeristäminen ja routasuojaus parantaa maanvaraisen alapohjan energiataloutta estämällä kylmän johtumisen rakenteita tai maaperää pitkin, joko seiniin tai alapohjaan. Sokkelin lisäeristäminen kannattaakin tehdä esimerkiksi julkisivukorjauksen yhteydessä ja samalla voidaan tarkistaa salaojien kunto ja vaihtaa salaojat tarvittaessa. /15/

7 IKKUNAT JA OVET

Suomalaisissa taloissa ikkunat vaihdetaan keskimäärin noin 30 vuoden välein. Vaihtoehto ikkunoiden vaihtamiselle on niiden korjaaminen, varsinkin vanhojen talojen puuikkunat ja yleensä ennen 1960-lukua tehdyt ikkunat ovat helposti korjattavissa. Uudempien ikkunoiden korjaaminen tulee lähes yhtä kalliiksi kuin niiden uusiminen. Ennen ikkunoiden vaihtamista kannattaa ottaa selvälle paikallisesta rakennusvalvonnasta tarvitaanko ikkunoiden vaihtamiseen rakennuslupa. Ikkunoiden vaihtaminen saattaa tarvita luvan silloin, kun ikkunatyyppi vaihtuu kokonaan erilaiseksi. /4, 7/

Syitä, jolloin ikkunoiden vaihtoa kannattaa harkita ovat vanhojen ikkunoiden hankalakäyttöisyys, (suuret ikkunat, yläsaranat, jäykät lukot) ilmavuotoja ikkunan ja seinän liitoksessa ja vanhojen lasien ja puitteiden vauriot. Ikkunoiden ollessa huonokuntoiset, lämmöneristävyydeltään heikot tai niistä tuntuu vetoa kannattaa ikkunat vaihtaa uusiin, koska silloin niiden korjaaminen tulee kalliiksi. Ikkunoiden uusimisen yhteydessä paranee myös ääneneristys, koska uuden ikkunan ilmapitävyys on vanhaa parempi. Jos tarvitaan erityistä ääneneristävyyttä, voidaan ikkunan karmisyvyyttä kasvattaa alkuperäisestä, tai käyttää ulkopuitteessa paksumpaa ikkunalasia. /4, 7/

Ikkunoiden vaihdosta saattaa tulla myös haittoja verrattuna vanhoihin ikkunoihin. Näitä haittoja ovat esimerkiksi ikkunoiden kondenssi lisääntyä ulkopinnassa ja eristyslasit saattavat rikkoontua, johtuen ikkunan lämpötilaeroista sekä auringon tuoma etu lämmitykseen laskee mm. selektiivipinnoitteen takia. /4/

Taulukossa 17 on vertailtu erilaisten ikkunoiden U-arvoa ja niiden vaihtamisesta saatua säästöä. Yksilasisia ikkunoita tuskin on enää kovin monessa rakennuksessa, mutta kaksilasisia ikkunoita on vielä monessa rakennuksessa Suomessa. Kolmelasisia ikkunoita on yleisesti käytetty Suomessa jo 70-luvulta lähtien ja taulukon viimeisin ikkunatyypin erillislasi+eristyslasi (me) on tullut käyttöön 2000-luvulla. /1/

Taulukon arvot on laskettu Fenestra Oy:n energiansäästöohjelmalla. Tyypitapauksena on käytetty 140 m² omakotitaloa, jonka ikkunapinta-ala on 28 m². Rakennus sijaitsee paikalla mihin aurinko pääsee paistamaan suoraan ja rakennuksen ikkunat on jaoteltu normaalin jakauman mukaan. Energian hintana on käytetty 0,13 €/kWh ja säästöt on laskettu vuodelle.

Taulukko 17. Ikkunoiden energiasäästöt

	Ikkunoiden vaihdosta aiheutuvat säästöt				
	Yksilasinen ikkuna	Kaksilasinen ikkuna	Kolmelasinen ikkuna	Kolmilasinen kiinteä	Erillilasi+eristyslasi (me)
Vanhan ikkunan U-arvo	5,8	2,7	1,8	1,4	1,4
Uuden ikkunan U-arvo	1,1	1,1	1,1	0,93	1,1
Lämpöhäviön säästö	14636	4983	2180	1464	935
Aurinkoenergian vaikutus	-658	-514	-299	-255	-83
Säästöt kWh/a	13978	4469	1881	1209	852
Säästöt €/a	1817	581	245	157	111

Taulukon 17 mukaan suuria säästöjä tulee yksilasisien ikkunoiden vaihtamisella, mutta myös kaksilasien ikkunoiden vaihtaminen tuo vuodessa kohtuulliset säästöt. Nämä ikkunatyypit kannattaisi näiden laskelmien mukaan vaihtaa uusiin ja niiden takaisinmaksuaika ei muodostu mahdottoman pitkäksi.

Muiden kolmen ikkunatyypin tuomat säästöt eivät ole vuotuisesti niin merkittävät, että niitä pelkän säästön kannalta kannattaa vaihtaa. Asiaa pitää tarkastella eri tavalla, jos ikkunoiden kunto tai toiminnallisuus estää niiden käytön.

Ovien vaihtaminen uusiin tuo lisäsäästöä, vaikka oven kautta vuotava lämmitysenergian määrä on suhteellisen pieni rakennuksen muuhun massaansa nähden. Varsinkin ikkunaremontin yhteydessä vanhojen ovien vaihtaminen uusiin tekee rakennuksesta yhtenäisen näköisen, mutta ei tuo suuria lisäkustannuksia ikkunoiden vaihdon kustannuksiin verrattuna. /1/

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennetta lisäeristettäessä tulee aina säästöjä verrattuna vanhan rakenteeseen. Kuitenkin liian moni katsoo pelkkää lisäeristämisen takaisinmaksuaikaa ja sen perusteella lisäeristäminen ei monessakaan tapauksessa ole kannattavaa, varsinkin jos kaikki rakentamiskustannukset lasketaan mukaan lisäeristämisen takaisinmaksuaikaan. Suomessa tulisi mielestäni tulevaisuudessa pyrkiä parantamaan vanhojen rakennuksien energiatehokkuutta, eikä juurikaan enää kiristämään uusien rakennuksien U-arvo vaatimuksia. Uusin päätös ohjata rakentamismääräyksiä kohti rakennuksen kokonaisenergian kulutusta on mielestäni oikein, mutta nyt pitäisi, niiden lisäksi, aleta painottamaan vanhojen rakennuksien korjaamiseen ohjaavia tekoja määräyksiä tai etuja. Kotitalousvähennys on hyvä porkkana hankkia ammattilainen tekemään työtä, mutta kotitalousvähennyksen määrää voisi nostaa, jos tehty työ on energiatehokkuutta parantava tekijä.

Laskelmissani monet rakennevaihtoehdot antoivat melko hyviäkin tuloksia. Laskelmiin kannattaa kuitenkin suhtautua varauksella, koska ne ovat optimiarvoja ja laskennallinen säästö ei ota aina kaikkia tekijöitä mukaan. Kuitenkin huolestuttavaa on se, että monissa laskelmissa juuri 60-70-luvun kerrostalojen U-arvot olivat suhteellisen heikkoja. Suomen kerros- ja rivitalokannasta näiden rakennuksien osuus on yli 40 %, joten mielestäni jopa kaupunkisuunnittelua pitäisi ohjata enemmän näiden kerrostaloalueiden kehittämiseen.

Rakenneosien kohdalla taloudellisinta olisi lisäeristää rakennuksien yläpohjaa, koska se on usein vaivatonta ja sen remontoiminen ei aiheuta rakennuksen käyttäjälle vaivaa remontista. Rakenteiden lisäeristämiseen pitää kuitenkin aina suhtautua tapauskohtaisesti, jolloin lisäeristämisen todellinen kannattavuus ja takaisinmaksuaika saadaan selville.

Ikkunoiden uusimisen energiavaikutukset ja säästöt yllättivät positiivisesti. Mielestäni ikkunoiden uusiminen kannattaa aina yhdistää ulkoseinien lisäeristämiseen, koska samalla saadaan ikkunoiden syvyysijaintia rakenteessa muutettua ja näin rakenteesta tulee kerralla energiatehokas.

LÄHTEET

- /1/ Fenestra Oy. Ikkuna- ja ovivalmistajan sivut, [viitattu 2.5.2011] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.fenestra.fi/>>
- /2/ Finnfoam. Eristevalmistajan verkkosivut, [viitattu 16.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.finnfoam.fi/>>
- /3/ Hahtokari, Tapani. Rakennusfysiikan kurssin moniste. Vaasa. Vaasan AMK
- /4/ Hemmilä, Kari VTT (2010). Ikkunoiden remontointi, [viitattu 2.5.2011] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.teeparannus.fi/attachements/2011-04-19T14-35-5714846.pdf>>
- /5/ Isover. Eristevalmistajan verkkosivut, [viitattu 16.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.isover.fi/>>
- /6/ Julkisivuyhdistys r.y. Julkisivujen korjaukseen liittyvä sivusto, [viitattu 20.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.julkisivuyhdistys.fi/>>
- /7/ Korjaustieto. Ympäristöministeriön tuottama ja ylläpitämä verkkopalvelu, [viitattu 2.5.2011] Saatavilla Internetissä: : <URL: <http://www.korjaustieto.fi/>>
- /8/ Motiva Oy (2010-2011). Energiansäästön palvelukeskus, tietoa energia-asioista ja energiatehokkaista ratkaisuista, [viitattu 23.11.2010] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.motiva.fi/>>
- /9/ Museovirasto. Museoviraston verkkosivut, [viitattu 12.4.2010] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.nba.fi/>>
- /10/ Neuvonen, Petri (2006). Kerrostalot 1880-2000. Helsinki. Rakennustieto Oy
- /11/ Paroc Oy (2010). Pientalon lisäeristysopas, [viitattu 24.4.2011]. Saatavilla internetissä: <http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI_attachments/BIFI%20esitteet/Pi53entalon_lisaeristysopas_www_2008.pdf>

- /12/ Sisäilmayhdistys. Tietoa hyvän sisäilman toteutukseen ja ylläpitämiseen, [viitattu 4.5.2011] Saatavilla internetissä: <<http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/>>
- /13/ SPU eristeet. Eristevalmistajan verkkosivut, [viitattu 16.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.spu.fi/>>
- /14/ Särkinen, Åke W. (2005). Jälleenrakennusajan pientalo. Jyväskylä. Rakennustieto Oy.
- /15/ Thermisol. Eristä oikein, [viitattu 16.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.thermisol.fi/erista-oikein/eristaminen/>>
- /16/ Tilastokeskus. Suomen teollisuustuotannon kasvun vuodet, [viitattu 1.2.2011] Saatavilla Internetissä <URL: <http://www.stat.fi/tup/suomi90/toukokuu.html>>
- /17/ Tuomaala, Pekka (2008). Teknologia-polut 2050- Rakennussektori, [viitattu 1.4.2010] Saatavilla Internetissä <URL:http://www.tem.fi/files/18696/Tuomaala_Rakennussektori.pdf>
- /18/ Valkeakosken energia (2009). Kodin energiansäästöohjeita, [viitattu 12.1.2011] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://valkeakoskenenergia.istart.fi/Vinkit/Kodinenergians%C3%A4%C3%A4st%C3%B6hjeita/L%C3%A4mmitys/tabid/2721/Default.aspx/>>
- /19/ VTT (2010). Rakennuksen ulkovaipan energiakorjaukset, [viitattu 20.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.teeparannus.fi/attachements/2010-06-22T12-04-0614846.pdf>>
- /20/ VTT (2007). Suomalaisen rakennuksen energiakorjausmenetelmät ja säästö potentiaali, [viitattu 20.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2377.pdf>>
- /21/ Ympäristöhallinto. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu, [viitattu 1.4.2011] Saatavilla Internetissä <URL: <http://www.ymparisto.fi/>>