



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Nykyaikaisten rakenteiden lämmöneristyskyky

Jussi Jokinen, diplomi-insinööri
Kehityspäällikkö, Saint Gobain Rakennustuotteet
jussi.jokinen@saint-gobain.com

Johdanto

Vuoden 1937 Rakentajain kalenterin artikkeli *Eri-laisten rakenteiden lämmöneristyskyky* kuvaa hyvin tuon ajan rakenteita lämmöneristämisen näkökulmasta. Tuolla aikakaudella suurten rakennusten ulkoseinät olivat tyypillisesti massiivitiiltä, jolloin tiili itsessään toimi rakenteen lämmöneristeenä. Suurin osa pientaloista oli hirsirakenteisia, jolloin taas itse puu toimi lämmöneristeenä. Puurunkoiset rakennukset olivat kuitenkin jo melko yleisiä ja niiden lämmöneristeenä käytettiin enimmäkseen sahajauhon ja kutterinlastun sekoitusta sekä lisäksi koksikuonaa ja luonnosta saatavilla olleita sammalta ja turvepehkuu. Teollisesti valmistettujen lämmöneristeiden käytössä oli jo otettu ensimmäisiä askeleita, mutta ne alkoivat yleistymään voimakkaasti vasta 1940–50-luvuilta lähtien.

Vanhojen rakenteiden lämmöneristävyys

Useita Rakentajain kalenterissa 1937 esitettyjä rakenteita voisi kuvailla ns. peilikuvarakenteina eli keskeltä liikkeelle lähdettyinä kohdataan vastaatvat kerrokset riippumatta siitä, mihin suuntaan lähdetään. Lämmöneristeen molemmin puolin on asfalttihuopa, jota käytettiin tuohon aikaan yleisesti myös vesikatemateriaalina. Ajatuksena on varmasti ollut estää eristeen valuminen pois rakenteesta ja yhtä lailla tehdä rakenteesta tuulitiivis. Kosteusteknisen toimivuuden kannalta kyseinen ratkaisu olisi ongelmallinen nykyrakennuksissa, joissa sisäilman kosteustuotto on ulkoilman kosteustuottoa suurempi. Tuolla aikakaudella pesu- ja pyykinpesutilat sijaitsivat erillisessä rakennuksessa, jolloin sisäilman kosteus ei kasvanut juurikaan ulkoilman kosteutta suuremmaksi. Kosteusrasitus tuli pääosin ulkopuolelta ja rakenteet toimivat kyseissä olosuhteissa kohtuullisesti. Toimivuutta paransi rakenteen huono lämmöneristävyys, joka auttoi ainakin osin rakenteiden kuivumisessa. Kyseinen rakenne ei kuitenkaan ole nykyisen rakennusfysiikan tietämyksen mukaan toimiva, koska ulkopinnan vesihöyrynvastus on liian suuri sisäpinnan vesihöyrynvastukseen verrattuna. Orgaanista materiaalia ei nykyisin suositella jätettäväksi kahden tiiviin pinnan väliin.

Tuon ajan käytetyin lämmöneristemateriaali on ollut sahanpurun ja kutterinlastun sekoitus, jolle nykyiset ohjeet (RakMk C4 2012 luonnos) antavat lämmönjohtavuuden 0,070 W/mK (1:1 sekoitettuna). Vanhassa Rakentajain kalenterissa sivun 171 ensimmäiselle rakenteelle on ilmoitettu laboratorioarvo 0,46 (yksikköä ei ilmoiteta artikkelissa, mutta todennäköisesti sama kuin nykyisin eli W/m²K) ja nykymenetelmillä laskettuna U-arvoksi saadaan täysin sama arvo eli tarkasti ilmoitettuna 0,459 W/m²K. Saman sivun viimeinen rakenne on tuon ajan matalaenergiarakenne, jossa ulkoseinän kokonaispaksuus on 49 senttimetriä. Eristeen osuus tästä paksuudesta on 452 mm ja olisikin kiinnostavaa tietää, miten paljon kyseisen kaltaisia rakenteita on toteutettu. On yllättävää ja myös hienoa havaita, että jo tuohon aikaan osattiin esittää, miten hyvin eristetyt rakenteet tulisi toteuttaa. Käytännön kannalta ongelmaksi näissä rakenteissa on saattanut muodostua eristeen painuminen. Paksussa seinässä tapahtunut painuma on ollut oletettavasti ohutta seinää suurempi. Mitenhän tämä on osattu huomioida ikkunoiden liitoksissa ja rakenteiden yläosissa? Rakenteen laboratorioarvoksi ilmoitetaan 0,135, kun nykymenetelmillä laskettuna rakenteen U-arvoksi saadaan 0,148 W/m²K. Näillä paksuuksilla arvoissa on jo hieman eroa, joskin ne ovat silti hyvin lähellä toisiaan. Tämä rakenne täyttäisi vielä nykyistenkin energiatehokkuusmääräysten asettaman ulkoseinärakenteen lämmönläpäisykertoimen vertailuarvon 0,17 W/m²K.

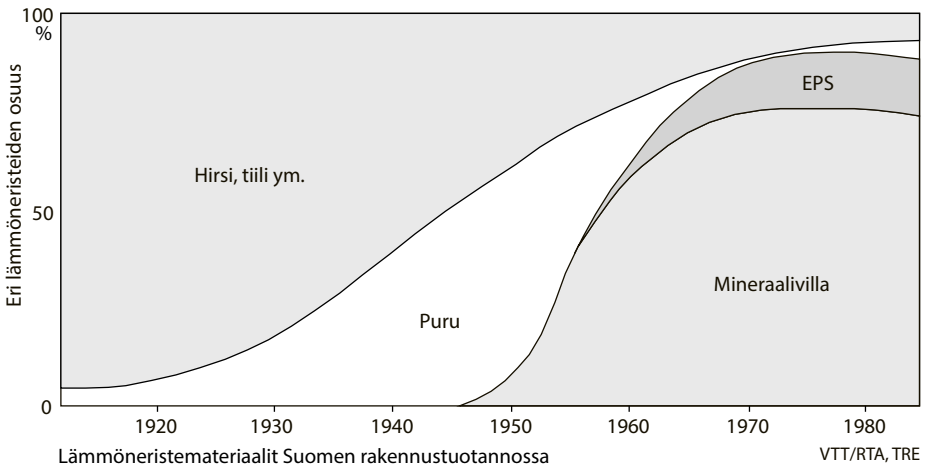
Laboratorioarvojen perusteella koksikuona on ollut huomattavasti heikompi eristemateriaali kuin sahanpurun ja kutterilastun sekoitus. Sen sijaan luonnonmateriaaleille eli sammaleelle ja turpeelle on esitetty paremmat laboratorioarvot kuin sahanpurun ja kutterilastun sekoitukselle. Kuinka ja miten paljon luonnonmateriaaleja on sitten käytetty tuohon aikaan seinärakenteiden lämmöneristeenä? Oletettavaa on, että niiden saatavuus on ollut hankalampaa kuin sahanpurun ja kutterilastun. Lisäksi luonnonmateriaalien kuivattaminen ja asentaminen on varmasti ollut työläämpää, mikä on oletettavasti vaikuttanut niiden käytettävyyteen. Asennustekniikka on varmasti vaikuttanut paljon myös lopullisen rakenteen lämmöneristyskykyyn. Turvepehkuulle on ilmoitettu paras laboratorioarvo

vastaavilla rakenteen mitoilla eli 0,39. Tämä tarkoittaa sitä, että turvepehkon lämmönjohtavuus olisi luokkaa 0,056–0,055 W/mK, mikä on jo varsin hyvä arvo. Kuivana materiaalina tuo saattaa hyvinkin olla mahdollista, mutta kosteana materiaalin lämmön-eristävyyden varmasti heikkenee selvästi. Vertailun vuoksi mainittakoon, että nykyisin yleisesti käytössä olevien mineraalivillaeristeiden lämmönjohtavuuk-sien arvot ovat välillä 0,037–0,033 W/mK.

Lämmöneristemateriaalien ja U-arvojen kehitys

Vuonna 1937 lämmöneristemateriaalin valinnan ratkaisi varmasti paljolti se, mitä materiaalia oli helposti saatavilla. Sahanpurun käyttö oli suurim-millaan 1940-luvulla, jonka jälkeen teollisesti val-mistettujen materiaalien käyttö yleistyi nopeasti. Mineraalivillaa aloitettiin tuomaan Suomeen Ruot-sista jo vuonna 1935 ja valmistus Suomessa aloit-tettiin 1941 Karhulassa. Hyvin nopealla tahdil-la mineraalivilla valtasi alaa sahanpurulta ja muilta materiaaleilta paremman eristyskykynsä ja kilpailu-kykyisen hintansa johdosta. Sahanpurua tuskin löy-tyykään eristeenä enää 1970-luvulla valmistuneista rakennuksista. Muovieristeiden valmistus Suomes-sa alkoi 1957 ja jo 1951 styroksia aloitettiin tuomaan Saksasta Suomeen. Muovieristeiden käyttö yleistyi hieman myöhemmin eli 1960-luvulla lähinnä maan-vastaisten rakenteiden eristeenä. Seuraavassa ku-vaassa on esitetty erityyppisten lämmöneristysma-teriaalien käyttö Suomessa 1910–1980-luvulla [1].

Eristemateriaalien lämmöneristävyyksissä on ta-pahtunut huomattavasti kehitystä viimeisten vuo-sien aikana. Jokainen materiaalityyppi on kyennyt harppaamaan uudelle tasolle parantamalla valmis-tustekniikkaa tai tekemällä muita lämmöneristä-vyyteen vaikuttavia innovaatioita. Monet nykyisin yleisesti käytössä olevat materiaalit ovat kuitenkin olleet käytössä useiden vuosikymmenten ajan eikä täysin uudenlaisia materiaaleja ole kehitetty niitä korvaamaan. Tämän johdosta meillä on pitkä käyt-tökokemus yleisesti käytössä olevista lämmöneris-temateriaaleista, mikä varmasti edesauttaa oikean-tyyppisten rakenteiden toteuttamisessa. Monien yleisesti käytössä olevien lämmöneristeiden eris-tävänä aineena on ilma, joka on ympäröity tiheäl-lä kuituverkostolla tai solurakenteella. Suomessa valmistettavista mineraalivillatuotteista paras läm-mönjohtavuuden arvo on 0,031 W/mK ja kansainväl-isesti pienin ilmoitettu arvo on 0,029 W/mK. Vastaa-viin arvoihin on päästy myös polystyreenipohjaisilla EPS- ja XPS-eristeillä. Lämmöneristeissä, joissa ilma on korvattu jollain muulla kaasulla, päästään hie-man pienempiin lämmönjohtavuuksiin. Tällaisia materiaaleja ovat joidenkin XPS-eristeiden lisäksi esimerkiksi polyuretaanit, joiden parhaat läm-mönjohtavuuden arvot ovat nykyisin luokkaa 0,022 W/mK. Vielä tätäkin parempia arvoja saavutetaan fe-nolivaahdolla. Uusimpia materiaaleja rakenteiden lämmöneristepuolella ovat aerogelit ja tyhjiöeris-teet. Aerogelit ovat ominaispainoltaan erittäin ke-vyitä piipohjaista kuitua olevia materiaaleja, joiden



Kuva 1. Lämmöneristemateriaalit Suomen rakennustuotannossa eri vuosina. Osuudet on laskettu ekvivalentti-ilavuudesta. Esim. jos mineraalivillan lämmönjohtavuus on $n = 0,045 \text{ W/mK}$ ja purun $n = 0,10 \text{ W/mK}$, on jokai-nen puru-m^3 kerrottu luvulla $0,045/0,10 = 0,45$ (KTM 1985).

Taulukko 1. Eri lämmöneristemateriaalien lämmönjohtavuuksia [2].

	Paras arvo	Yleisesti käytössä oleva arvo	Heikoin arvo
	W/mK	W/mK	W/mK
Tyhjiöeriste	0,002	0,007	0,010
Aerogeelit	0,014	0,017	0,018
Fenolivaahto	0,020	0,022	0,023
Polyuretaani (PIR/PUR)	0,021	0,023	0,028
Suulakepuristettu polystyreeni XPS	0,027	0,035	0,040
Paisutettu polystyreeni EPS	0,029	0,035	0,040
Mineraalivillat (lasi- ja kivivilla)	0,029	0,035	0,044
Puukuitueristeet	0,036	0,038	0,045

lämmöneristävyys on erittäin hyvä eli välillä 0,014–0,018 W/mK. Tätäkin tehokkaampi eriste on tyhjiöeriste, joka toimii käytännössä termospullon tavoin eli eristeen sisällä on tyhjiö, jossa lämpö siirtyy ainoastaan säteilyn vaikutuksella. Koska tyhjiössä ei ole väliainetta (kiinteää materiaalia tai kaasua, esim. ilmaa), lämpö ei siirry lainkaan johtumalla tai konvektiolla, jonka johdosta lämmönjohtavuus saadaan erittäin pieneksi. Teoriassa voidaan päästä hyvin pieniin lämmöneristävyiden arvoihin, mutta tyhjiöeristeen osalta on huomioitava, että tyhjiölämmöneristelevy tarvitsee aina jonkinlaisen kehyksen, joka heikentää kokonaisuutta. Myös asennustekniikka saattaa heikentää toteutetun ratkaisun lämmöneristävyttä, koska usein tarvitaan puurunkoja tai muita koolauksia, joihin eristelevyt kiinnitetään. Läpikiinnitys hajottaisi tyhjiön, jolloin lämmöneristävyys heikkenisi selvästi. Näiden uusimpien tehokaiden eristeiden yleistymisen esteenä on toistaiseksi ollut korkea hinta nykyisin yleisesti käytössä oleviin eristemateriaaleihin verrattuna. Muita asioita, joita näiden materiaalien osalta tarvitsee vielä

kehittää, ovat esimerkiksi rajoitetut paksuudet sekä tuotteiden käsiteltävyys ja asennettavuus.

Suomen ensimmäiset lämmöneristysmääräykset julkaistiin vuonna 1976 ja sen jälkeen määräyksiä on kiristetty tai muutettu yhteensä viisi kertaa siten, että viimeisimmät kolme ovat tapahtuneet viimeisten 13 vuoden aikana. Näistä kuitenkin vuoden 2007 muutos ei käytännössä ollut kiristys kaikkien rakenteiden osalta, koska U-arvojen laskennassa aikaisemmin käytössä olleet lämmöneristetuotteiden kansalliset normaalisten lämmönjohtavuuksien arvot oli vähitellen korvattu CE-merkityillä ilmoitetuilla arvoilla, jotka yleensä olivat jonkin verran parempia. Täten siis rakenteiden eristävyksiin ei välttämättä tullut parannusta, vaikka itse vaadittu arvo olikin hieman tiukempi.

Rakennusinsinööriyhdistys (nykyisin RIL) on julkaisut jo vuonna 1949 ohjeen "Asuinrakennusten seinämien lämmönläpäisyluvut ja niiden suositeltavat arvot". Samainen yhdistys julkaisi vuonna 1962 Suomen ensimmäiset suositukset rakenteiden lämmöneristävyydelle (RIY A43) ja vuonna 1966 asuin-

Taulukko 2. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimien kehitys määräystasolla [3].

	1976	1978	1985	2003	2007	2010
Ulkoseinä U [W/m ² K]	0,4	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17
Yläpohja U [W/m ² K]	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09
Alapohja U [W/m ² K]	0,4	0,4	0,36	0,25	0,24	0,16

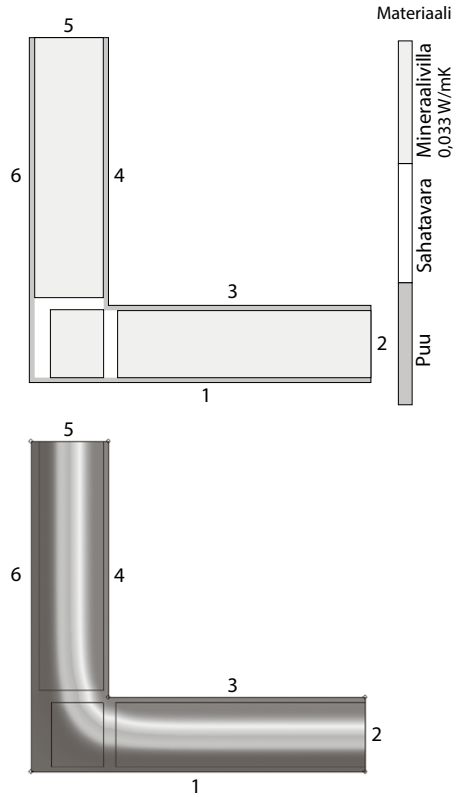
rakennusten lämmöneristysnormit (RIL66). Viimeksi mainitussa Suomi oli jaettu kahteen osaan siten, että pohjoisvyöhykkeelle oli tiukemmat vaatimukset. Lisäksi vaatimuksissa esitettiin tiukempia lukuja keveille (alle 100 kg/m²) rakenteille kuin massiivisille rakenteille [3].

Vuodesta 2012 alkaen energiamääräykset ovat perustuneet ns. kokonaisenergiatarkasteluun, jossa rakennustyypille asetetaan E-lukuvaatimus (RakMk D3). E-luku on standardiolosuhteissa laskettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus lämmitettyä nettoalaa kohden painotettuna energiamuotojen kertoimilla. E-luvun tarkoituksena on ainoastaan osoittaa, onko rakennus määräysten mukainen vai ei. E-luku ei kuvaa rakennuksen energiankulutusta tai muutenkaan sitä, miten tehokkaasti rakennus käyttää energiaa.

Rakenteiden lämmöneristävyyden suunnittelu

Ennen kuin teolliset lämmöneristemateriaalit yleistyivät, lämmöneristeen valintaan vaikutti varmasti paljon materiaalin saatavuus eli sitä materiaalia käytettiin, mitä oli helposti saatavissa. Nykyisin suunnittelijoilla on erittäin laaja kirjo materiaaleja käytettävinaan ja valinnanvaraa eri ominaisuuksien osalta on paljon. Eristemateriaalin valinta vaikuttaa moneen muuhunkin asiaan kuin rakenteen lämmöneristävyyteen, kuten ääneneristävyyteen, paloturvallisuuteen ja kosteustekniseen toimivuuteen. Nykyisin rakenteita ei pitäisikään enää lähteä suunnittelemaan sen pohjalta, mitä eristettä rakenteessa tulisi käyttää vaan määrittää rakenteelta halutut ominaisuudet ja valita eriste siten, että kyseiset ominaisuudet täyttyvät.

Nykyisin rakenteiden lämmöneristävyydessä keskitytään myös yksityiskohtien toteuttamiseen enemmän kuin aikaisemmin ja hyvä niin, koska kylmäsiltojen välttäminen on sitä tärkeämpää, mitä paremmin eristäväksi muu rakenne on toteutettu. Vuodesta 2012 alkaen viivamaiset lisäkonduktanssit ovat olleet mukana energialaskennassa ja sitä kautta niiden pienentämiseen on alettu kiinnittää huomiota. Hyvin eristetyissä rakennuksissa eri rakenteiden liitosten osuus rakenteiden lämpöhäviöistä yleensä lisääntyy. Hyvä keino kylmäsiltojen pienentämiseen on käyttää yhtenäistä lämmöneristystä puurungon (tai muun rakenteen) ulko- tai sisäpuolella, jolloin myös itse puurungon aiheuttama kylmäsilta saadaan katkaistua. Kosteusteknisessä mielessä ulkopuolinen eristäminen on sisäpuolista eristämistä parempi vaihtoehto. Ohjeiden mukaan tuulensuojan lämmönvastuksen tulisi olla vähintään 0,2 m²K/W (RIL 107 2012).



Kuva 2. Tarkasteltavan nurkkaliitoksen materiaalikerrokset ja lämpövirtakuva.

Taulukossa 3 on esitetty kuvan 1 mukaisen yksinkertaisen ulkoseinän ulkonurkan liitoksen 2D lämpövirtalaskelmaohjelmalla lasketut viivamaiset lisäkonduktanssit. Tuloksista nähdään, että vastaavasti toteutettujen rakenteiden osalta huonosti eristetyssä rakenteessa nurkkaliitoksen viivamaisen lisäkonduktanssin osuus kokonaislämpövirrasta on $(0,0574/0,8996) \cdot 100 = 6,4 \%$, kun paremmin eristetyssä rakenteessa osuus on $(0,0460/0,2895) \cdot 100 = 15,9 \%$. Vaikka osuus on suurempi, itse arvo on kuitenkin jonkin verran pienempi paremmin eristetyssä rakenteessa. Huomioitavaa on, että laskenta on tehty ainoastaan 1 m + 1 m nurkka-alueelle. Koko rakennuksen osalta vertailuun tarvitsisi ottaa huomioon rakennuksen pinta-ala ja kaikki eri rakenteiden liitoksiin muodostuvat kylmäsilat.

Taulukko 3. Ulkoseinän ulkonurkan liitoksen viivamaiset kylmäsilat eri eristysmateriaaleilla (puru/kutterinlastu ja mineraalivilla) ja paksuuksilla (125 mm ja 250 mm).

Eristemateriaali	Rakenteen paksuus, mm	Kokonaislämpövirta, W/mK	Viivamainen lisäkonduktanssi, W/mK	Keskimääräinen U-arvo, W/m ² K
Puru/kutterinlastu 0,07 W/mK	125	0,8996	0,0574	0,4498
Mineraalivilla 0,033 W/mK	125	0,5185	0,0616	0,2593
Puru/kutterinlastu 0,07 W/mK	250	0,5272	0,0521	0,2636
Mineraalivilla 0,033 W/mK	250	0,2895	0,0460	0,1447

Tulevaisuudessa ympäristöasiat tulevat vaikuttamaan entistä enemmän eristemateriaalin valintaan. Toistaiseksi niiden painoarvo on vielä pieni, mutta se tulee koko ajan lisääntymään. Tärkeää olisikin, että materiaaleja ei vertailtaisi keskenään vaan ainoastaan valmiista rakennusta kokonaisuutena ottaen huomioon kaikki rakennukselle asetettavat vaatimukset rakennuspaikan tai muiden erityispiirteiden kannalta. Tällöin eri rakennusmateriaalien tiedot olisivat ainoastaan lähtötietoja rakennusten elinkaarilaskelmien toteuttamiseksi.





Lähteet

- [1] Energiatodistus opas 2013. Ympäristöministeriö
- [2] Saint-Gobain
- [3] Kouhia, Nieminen ja Pulakka. Rakennuksen ulkovaipan energiakorjaukset VTT-R-04017-10

Erilaisten rakenteiden lämmöneristyskyky.

Seuraavassa luetellaan muutamia ins. H. Kreügerin ja A. Eriksenin erilaisille rakenteille saamia arvoja, jotka julkaisemme asianomaisten luvalla H. Bönischin Byggnadshandbokenin mukaan.

Ikkuna.

Rakenne		Kokoomus	Lämmön läpikuluku	
Pystysuora-leikk.	Vaakasuora-leikk.		Laboratorio-arvo	Sovellettu arvo, kun oletetaan lämpö Y. m. huoneeseen.
		3 mm. lasiruutu	5,0	7,5
		6 mm. lasiruutu	4,7	7,5

	<p>a = 3 mm. lasiruutu</p>	<p>3,1</p>	<p>4,5</p>
	<p>a = 3 mm. lasiruutu b = 1 sm. ilmapäli</p>	<p>2,6</p>	<p>3,5</p>
	<p>a = 3 mm. lasiruutu b = 10 sm. ilmapäli</p>	<p>2,3</p>	<p>3</p>
	<p>a = 3 mm. lasiruutu (3 kpl.) b = 5 sm. ilmapäli</p>	<p>1,4</p>	<p>1,7</p>
	<p>a = 3 mm. lasiruutu (4 kpl.) b = 3 sm. ilmapäli</p>	<p>1,1</p>	<p>1,3</p>

Betoni- ja betonireikätiliseinät.

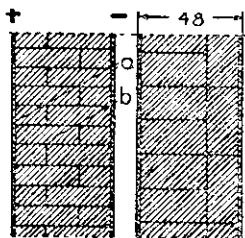
	<p>a = betoniseos 1: 5</p>	<p>4,1</p>	<p>4,1</p>
	<p>a = betoniseos 1: 5</p>	<p>2,93</p>	<p>3,5</p>
	<p>a = betoniseos 1: 5</p>	<p>2,35</p>	<p>2,7</p>
	<p>a = betoniseos 1: 5</p>	<p>1,65</p>	<p>1,9</p>

	<p>a = tapetti b = betoniseos 1:5</p>	<p>1,41</p>	<p>1,7</p>
	<p>a = betoniseos 1:5</p>	<p>2,04</p>	<p>2,3</p>
	<p>a = betoniseos 1:5 b = 5 sm. ilmaväli</p>	<p>1,83</p>	<p>2,1</p>
	<p>a = betoniseos 1:5 b = 10 sm. ilmaväli</p>	<p>1,83</p>	<p>2,0</p>
	<p>a = betoniseos 1:5 b = 20 sm. ilmaväli</p>	<p>1,79</p>	<p>1,9</p>

	<p>a = betoniseos 1:5 b = koksikuonatäyte</p>	0,68	0,75
	<p>a = betoniseos 1:5 b = 5 sm. ilmaväli c = betoniseos 1:5</p>	1,64	2,0
	<p>a = betoniseos 1:5 b = 5 sm. ilmaväli c = betoniseos 1:5</p>	1,78	2,1
	<p>a = betoniseos 1:5 b = 5 sm. ilmaväli c = betoniseos 1:5</p>	0,98	1,3
	<p>a = kalkkirappaus b = ilmaväli c halkaistu kolmi- reikäinen tiili d = kaksireikäinen tiili</p>	1 04	1,2

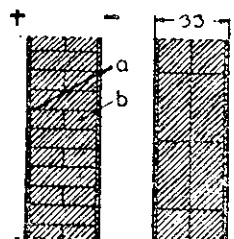
	<p>a = kalkkirappaus b = sementtileikätilli c = turvetäyte d = ilmaväli</p>	0,82	0,95
	<p>a = liuskakivilaastia b = 9 sm. sammal- täyte c = 8 sm. betonia 1:3:5</p>	0,73	0,70
	<p>a = kevytbetoni om. p. = 1,0</p>	1,09	1,3
	<p>a = baopa, löysästi kiinnitetty b = kevytbetoni om. p. = 1,0</p>	0,84	0,95
	<p>a = kalkkirappaus b = kevytbetoni om. p. = 1,0</p>	1,09	1,3

Tiilimuri.



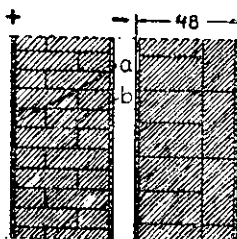
a = kalkkirappaus
 b = muuri keskiko-
 viksi poltetuista 12''
 kalkkilaastilla muu-
 rat. tiil., om. p. =
 1,72

0,94 0,95



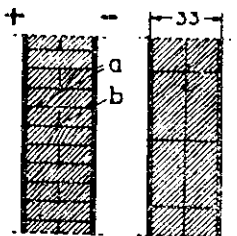
a = kalkkirappaus
 b = muuri, ks. edellä
 om. p. = 1,72

1,21 1,3



a = kalkkirappaus
 b = muuri, ks. edellä
 om. p. = 1,8

0,9 1,0



a = kalkkirappaus
 b = muuri, ks. edellä
 om. p. = 1,80

1,14 1,4

	<p>a = kalkkirappaus b = turvepehkutäyte c = reikätiili d = 12" tiili</p>	<p>0,61</p>	<p>0,70</p>
	<p>a = kalkkirappaus b = muuri, keskikov. poltet. 10" kalkkilaast. muurat. tiilistä c = ilmavälejä</p>	<p>1,13</p>	<p>1,4</p>
	<p>a = kalkkirappaus b muuri, ks. edellä c = koksikuonatäyte</p>	<p>0,53</p>	<p>0,60</p>
	<p>a = kalkkirappaus b = muuri, ks. edellä c = hiekkatäyte</p>	<p>0,74</p>	<p>0,85</p>
	<p>a = kalkkirappaus b = muuri, ks. edellä c = maata, cegeera</p>	<p>0,47</p>	<p>0,55</p>

Seinä rakenteita puusta ja sekalaisista rakennusaineista.

	<p>a = pinkopahvi ja tapetti b = 1" × 6" raaka ponttilauta c = kyllästetty vuorauspaperi d = juutetilkkeet e = 6" veist. hirsi</p>	0,52	0,65
	<p>a = pinkop. ja tapet. b = 1" ilmaräli c = kyl. vuor. huop. d = asfalttihuopaa e = 2 × tik. ja rapp. f = 1" × 6" raaka-pontti g = 2,5" lankku h = 1" panceli</p>	0,52	0,65
	<p>a = 2 × tikut. b = asfalt. huop. c = kyll. vuor. huop. d = 1" ilmaräli e = pinkop. ja tapet. f = 1" panceli g = 2,5" lankku h = 1" × 6" raakap.</p>	0,62	0,75
	<p>a = pinkop. ja tap. b = 3/4" ilmaräli c = vuoraushuopa d = kyll. vuor. huopa e = 1" ponttilauta f 2,5" pont. lankku g = 1" ponttilauta</p>	0,55	0,65

	<p>a = 3/4" ponttilaud. b = asfalttihuopa c = sahajauhoja ja kutterilastua d = 2" x 5" kehikokuut</p>	0,46	0,55
	<p>a = 3/4" ponttilaud. b = asfalttihuopa c = koksikuonaa d = 2" x 5" kehikokuut</p>	0,76	0,90
	<p>a = 3/4" ponttilaud. b = asfalttihuopa c = turvepehkuu d = 2" x 5" kehikokuut</p>	0,39	0,50
	<p>a = 3/4" ponttilaud. b = asfalttihuopa c = sammaltäyte d = 2" x 5" kehikokuut</p>	0,44	0,55
	<p>a = 3/4" ponttilaud. b = asfalttihuopa c = sahajauhoja ja kutterilastua d = 2" x 5" kehikokuut</p>	0,135	0,20