

UUSIEN ENERGIAMÄÄRÄYSTEN VAIKUTUS BETONISIIN ULKOSEINÄRAKENTEISIIN

Markus Suutarinen, diplomi-insinööri, Suutarinen Yhtiöt
Arto Suikka, diplomi-insinööri, Betonikeskus ry

Taulukko 1. Betonisandwich-rakenteen eristepaksuudet.

Eriste	Huom.	λ_{design}	oletusansastus	eristepaksuus	U- arvo 3)	U-arvo 0,10
		[W/mK]		[mm]		paksuus[mm]
mineraalivilla	karmileveys 210 mm	0,036	diag.ansas k600	240 1) 2)	0,16	420 1)
mineraalivilla		0,036	diag.ansas k1200	240 1)	0,15	
mineraalivilla	lasivilla	0,037	diag.ansas k600	240 1)	0,17	
EPS	urittamaton	0,036	pistokas 4 kpl /m2	240	0,15	
EPS	urittamaton	0,031	diag.ansas k600	200	0,16	340
EPS		0,031	pistokas 4 kpl /m2	200	0,16	325
PUR/PIR	karmileveys 170mm	0,026	pistokas 4 kpl /m2	150	0,17	
PUR/PIR		0,024	diag.ansas k600	150	0,17	275
PUR/PIR		0,024	pistokas 4 kpl /m2	150	0,16	250
1) eristepaksuuden tehdasmitta, U-arvossa huomioitu 5 mm:n painuma						
2) Esim. 160 mm Paroc COS 10 ggt + 80 mm Paroc COS 10 tai OL-E-240/USL						
3) VTT tarkistanut U-arvot						

Taulukko 2. Eriytetyn seinärakenteen eristepaksuudet, sisäkuoren paksuus ≥ 120 mm.

Eriste	Rakennerratkaisu	λ_{Design}	kiinnikkeet	eristepaksuus	U- arvo 3)	U- arvo 3)	U-arvo 0,10
		[W/mK]		[mm]	tuuletettu	lievästi	
					rakenne	tuuletettu	paksuus[mm]
mineraalivilla	kova eriste	0,036	kiinnike 4kpl/m2	220 1)	0,17	0,16	380 1)
vuorivilla	eriste+tuulensuojavilla 30 mm, karmileveys 210	0,036; 0,034(ts)	kiinnike 4kpl/m2	220	0,16	0,16	375
lasivilla	eriste+tuulensuojavilla 30mm	0,035; 0,031(ts)	kiinnike 4kpl/m2	220	0,16	0,16	375
EPS	eriste+ lasikuitukangas	0,036	kiinnike 4kpl/m2	220	0,17	0,16	
EPS	eriste+ lasikuitukangas, karmileveys 210 mm	0,031	kiinnike 4kpl/m2	180	0,17	0,17	325
PUR/PIR	eriste+Alu-pinta, karmileveys 170 mm	0,024	kiinnike 4kpl/m2	150	0,16	0,16	260
1) eristepaksuuden tehdasmitta, U-arvossa huomioitu 5 mm:n painuma							
3) VTT tarkistanut U-arvot							

Taulukko 3. Rapatun seinärakenteen eristepaksuudet.

Eriste	rappausratkaisu	λ_{Design}	kiinnikkeet	eristepaksuus	U- arvo 3)	U-arvo 0,10
		[W/mK]		[mm]		paksuus[mm]
lamellivuorivilla /lasivilla	ohuteristerappaus, karmileveys 210 mm	0,041	ei	240	0,16	400
lasivilla	Parmarappaus	0,037	kiinnike 6 kpl Φ 3mm/m2	220	0,17	375
mineraalivilla	kolmikerrosrappaus	0,036	kiinnike 4kpl/m2	220	0,17	
EPS	ohuteristerappaus	0,036	ei	220	0,16	
EPS	ohuteristerappaus	0,031	ei	180	0,17	310
PUR/PIR	ohuteristerappaus, karmileveys 170 mm	0,024	ei	150	0,15	235
3) VTT tarkistanut U-arvot						

Rakennusten energiamääräykset kiristyvät 1.1.2010 alkaen. Tällöin seinärakenteille vaadittavia U-arvoja tiukennetaan 30 % nykyisestä. Lähivuosina energiamääräyksiä tullaan vielä kiristämään ja samalla tullaan todennäköisesti luopumaan yksittäiselle rakennosalle vaadittavasta U-arvosta siirtyen laskemaan rakennuksen primäärienergian kulutusta.

Tässä artikkelissa esitellään betonisten ulkoseinärakenteiden tulevia lämmöneristepaksuuksia, paksuuden vaikutuksia elementtien valmistamiseen ja toimintaan sekä rakenteen tiiveyden varmistamista. Artikkelin perustuu ensisijassa diplomityöhön, Suutarinen M. "Matalaenergiarakentamiseen soveltuvat betonijulkisivuelementit".

UUDET ERISTEPAKSUUDET

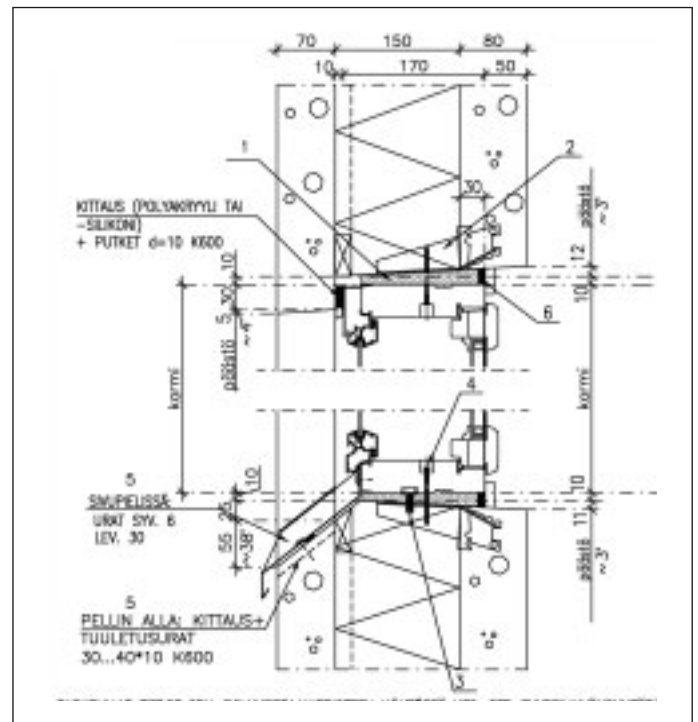
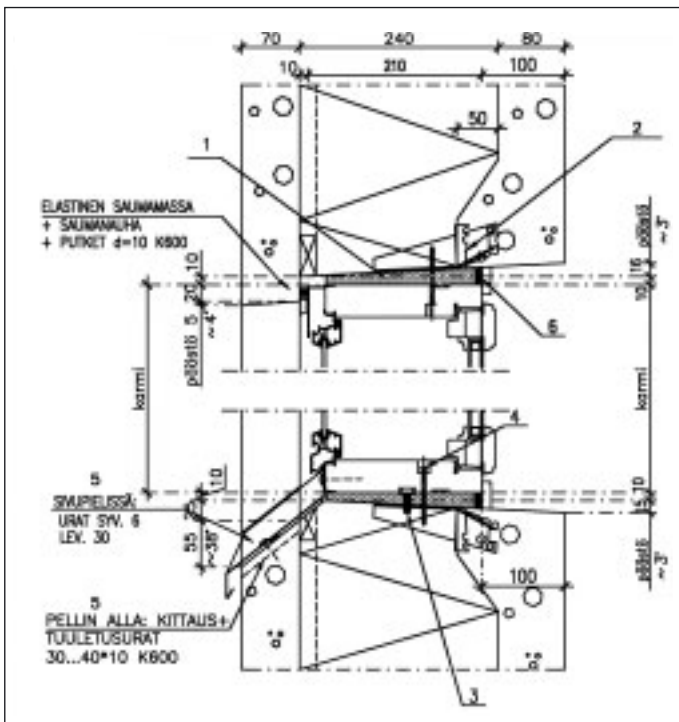
Betonisen ulkoseinärakenteen energiatehokkuutta voidaan kasvattaa seinän lämmöneristävyttä ja ilmatiiveyttä parantamalla. Tällöin seinän lämmöneristettä tulee paksuntaa tai käyttää tehokkaampaa lämmöneristettä, vähentää rakenteen kylmäsiltoja sekä parantaa rakenteen liitosten ilmatiiveyttä. Nykyisin käytettävien lämmöneristeiden eristävyden (λ -arvo) huomattava parantaminen on vaikeaa. Lähinnä muovipohjaisten eristeiden (EPS ja PUR/ PIR- eristeet) lämmöneristävyttä voidaan parantaa 2...6 mW/mK eristemateriaalista riippuen. Mineraalivillalla vastaava parannus vaihtelee 0...2 mW/mK.

Nykyisiä lämmöneristeitä käyttäen eristepaksuuden kasvattaminen seinärakenteessa on välttämätöntä. Teollisuuden suosituksien eristepaksuuksiksi vuonna 2010 sekä eristepaksuus passiivitalon U-arvolle 0,10 on esitetty taulukoissa 1-3. Mineraalivillakerroksen peruspaksuudeksi on valittu 240 mm.

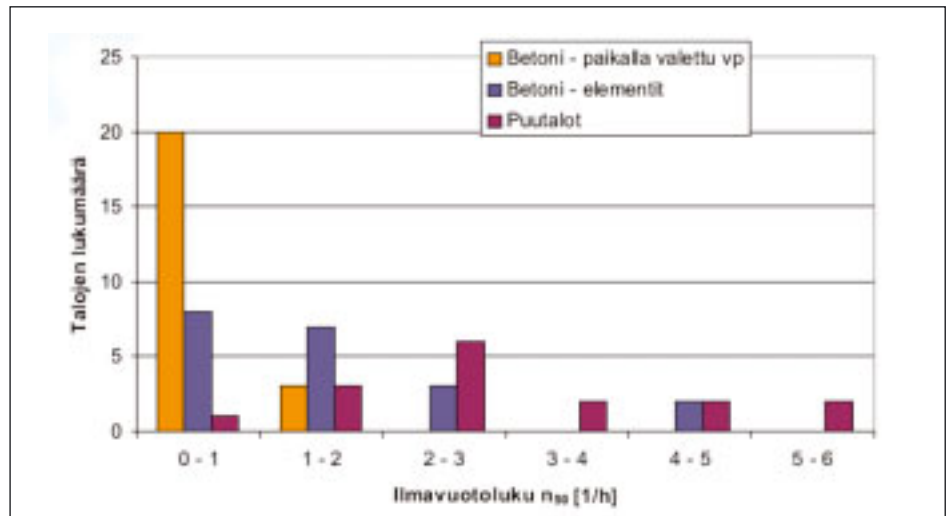
Lämmöneristeiden paksuus kasvaa keskimäärin 1,5 -kertaiseksi, kun seinän U-arvo muuttuu nykyisestä 0,24:stä arvoon 0,17 ja 2,5 -kertaiseksi mentäessä tasolle 0,10. Muovipohjaisia eristeitä käytetään päästään keskimäärin 15...40 % ohuemmillä eristepaksuuksilla kuin mineraalivillaa käyttäen.

Muovipohjaisten eristeiden käyttö on rajattu maksimissaan 8-kerroksiseen asuinrakennukseen. Muovipohjaisia eristeitä ei voida käyttää eriytettyssä seinärakenteessa yli 2-kerroksisissa rakennuksissa ilman tuuletusrakoon palamattomasta materiaalista tehtävää palosuojausta. Niitä käytettäessä joudutaan lisäksi tekemään palokatkoja palamattomasta materiaalista julkisivussa olevien aukkojen (ovet, ikkunat) yläosaan sekä osittain kerrosten välille.

Nykyisin polyuretaanieristeille on olemassa



1 Ikkunan ja sandwich-ulkoseinän liitos mineraalivilla- (vasemmalla) ja PUR-eristeellä.



2 Asuinkerrostalojen ilmanvuotoluku n_{50} AISE- projektin mittausotannon mukaan.

tyyppiä, väkysyntä 8-kerroksisiin rakennuksiin, kun kantavien rakenteiden palonkesto on 60 minuuttia. Käytettäessä polyuretaanieristeitä betonisissa ulkoseinäelementeissä, ei kerrosten välille, eikä aukkojen yläosaan tarvitse tehdä palokatkoja, jos ikkunan tai oven karmi on vähintään 30 mm betonisen sisäkuoren päällä ja ulkokuori tulee karmin yläreunan eteen vähintään 30 mm. Ikkunaliitoksissa on käytettävä palopolyuretaanivaahtoa.

Ikkuna-aukon rakenne betonisandwich-elementissä on esitetty kuvassa 1.

TIIVEYDEN VARMISTAMINEN

Rakentamismääräykset osan D3 mukaan rakennuksen lämpöhäviön laskennassa käyttämään ilmanvuotolukua $n_{50} = 2,0$ 1/h. Käytännössä tähän päästään betonirakennuksissa varsin helposti, kun tehdään huolellisesti ja esimerkiksi ikkunan ja parvekeoven liitokset tehdään tiiviiksi. Juuri päättyneen AISE -tiivestutkimuksen mukaan suurimmat vuotokohdat ovat yleensä ovet ja ikku-

nat sekä ulkoseinän ja yläpohjan välinen liitos. Kuvassa 2 on esitetty AISE- mittaus tulosten yhteenve-to asuinkerrostalojen tiiveydestä.

Ikkunan ja seinärakenteen välisestä liitoksesta saadaan parhaiten tiivis, kun se saumataan sisäpuolelta elastisella saumamassalla kahden kovan pinnan (betoni) väliin. Saumaus suositellaan tehtäväksi sekä polyuretaanivaahtoa että mineraalivillatilkettä käytettäessä.

SEINÄRAKENTEEN TOIMINTA

Eristemateriaalilla ja -paksuudella on vaikutuksia betoniseinäelementtien toimintaan. Muovipohjaiset eristeet ovat kovempia ja joustamattomia eristeitä kuin mineraalivillakerieet. Tämän vuoksi niiden käytössä joudutaan kiinnittämään erityistä huomiota eristelevyjen saumakohtiin ja eristeen läpäisykohtiin eristeen jäykkyyden ja vähäisen muodonmuutoskäyttäytymisen vuoksi. Työtekniisesti muovipohjaisia eristeitä käyttäen joudutaan eristelevyjen saumoja ja läpäisykohtia tilkitsemään

vahtoeristeillä.

Eristepaksuuden kasvaessa seinäelementtien kantokyky ja rakennusfysikaalinen toiminta jonkin verran muuttuvat. Seinärakenteen läpi kulkeva lämpövirta vähenee eriste-paksuuden kasvaessa, kun rakenteen lämpövuodot ovat vähäisempiä. Tällöin eristeen sisä- ja ulkopinnan välinen lämpötila-ero kasvaa. Vähentyneiden lämpövuotojen vuoksi ulkokuoren lämpötilat laskevat. Tällöin kosteuden tiivistyminen ulkokuoren pintaan on mahdollista nykyistä herkemmin varsinkin yöllä ja aamulla. Vähentynyt lämpövirta vähentää myös ulkoseinän kosteuden poistokykyä.

Eristepaksuuden kasvaessa aiheutuu muutoksia ulkokuorta kannatteleviin kiinnikkeisiin ja niiden rasituksiin. Suurimmat muutokset tapahtuvat betonisandwich-elementin diagonaaliansaissa, joiden rasitukset kasvavat nykyistä ansasmallia käytettäessä. Ansaan geometrian muuttamisella korkeuden suhteen ei saada ansaan kuormituskapasiteettia kasvatettua, koska ansaan ripustuspisteiden määrä



3,4
 Betonisandwich-elementti, jossa lämmöneristeenä on 240 mm mineraalivillaa valmistusvaiheessa ja valmiina. Suutarinen Yhtiöt.



vastaavasti vähenee tällöin. Ansaan pituutta ja siten ripustuspisteiden määrää sekä ansaan vetosauvan ja paarteen liitoksen kestävyyttä kasvattamalla voidaan ansaan kapasiteettia lisätä.

Ulkokuorta kannattelevat kiinnikkeet aiheuttavat kylmäsiltoja. Sandwich-elementin kylmäsiltoja voidaan vähentää esimerkiksi diagonaaliansaiden jakoväliä harventamalla tai korvaamalla diagonaaliansaita pistoansaita. Ansaan kantokyvystä ja jakovälin kasvattamisesta 1200 mm:iin on parhailaan menossa lisätutkimus TTY:ssä. Kuvassa 3 on esitetty betonisandwich-elementti, jossa on lämmöneristeenä 240 mm mineraalivillaa ja diagonaaliansaat.

Eristepaksuuden kasvu muuttaa seinien ikkuna- ja oviliitoksia. Ikkunan karmisyvyys tulee kasvaamaan 170 mm:stä 210 mm:iin ainakin mineraalivilla- ja EPS- eristevaihtoehdoilla.

Eristepaksuuden kasvaessa tehdään elementin sisäkuoreen tarvittaessa betonipaksunns ikkuna- ja oviaukon ympärille, jotta liitos saadaan sisäpuolelta hyvin tiivistettyä. Ikkunaliitoksessa puisen apukarmirakenteen käyttö aiheuttaa kylmäsiltojen ympärille, jonka vuoksi siitä on päätetty

luopua. Ikkunan apukarmirakenne voidaan korvata teräskarmikengällä tai vastaavalla kiinnityksellä. Ikkunaliitosdetaljit löytyvät Betonin kotisivuilla www.betoni.com.

Sandwich-elementtien nostoon käytettävän nykyisen nostolenkin käyttö tulee epäedullisemmäksi, koska lenkin leveys kasvaa ja nostolenkissä betonikuorten välistä puristusvoimaa nostotilanteessa vastaanottava välitanko aiheuttaa kylmäsiltojen seinärakenteeseen. Elementin nostojärjestelmän muuttaminen 2-pistenostoksi elementin sisäkuoresta tai 4-pistenostoksi elementin sisä- ja ulkokuoresta on perusteltua. 2-pistenostosta elementin sisäkuoresta on hyviä käytännön kokemuksia suurimmillakin eristepaksuuksilla.

Seinäelementtien 4-pistenostoa ei ole Suomessa juurikaan vielä käytetty, joten sen käyttöönotto vaatii uudenlaisten nostoapuvälineiden kehittelyä ja hankintaa tehdas- ja työmaaympäristöön.

VALMISTUSTEKNIikka

Eristepaksuuden kasvaessa elementtien valmistustyö lisääntyy erityisesti eristemäärän sekä muottilaitojen korkeuden kasvun vuoksi. Muottilaitojen

korkeuden kasvaessa joudutaan laidat rakentamaan entistä vahvemmiksi, jotta ne kestävät valupaineen. Jos lämmöneriste joudutaan tekemään useammasta eristekerroksesta, se lisää työtä.

Taulukossa 4 on eri eristevaihtoehtoja käyttäen seinän eri U-arvoille arvioitu lämmöneristeen ja niiden asentamisen aiheuttama kustannusnousu (%) seinäneliötä kohden nykyiseen U-arvovaatimukseen nähden. Kustannusmuutoksessa on huomioitu lämmöneristemateriaalin ja sen asennustyön, sekä diagonaaliansaiden tai pistokkaiden asennuksen muutos, mutta ei ansaan materiaalihinnan muutosta eikä muita kustannusvaikutuksia.

Näiden kustannusten lisäksi muottien valmistukseen, elementtien kuljetukseen ja tehtaalla tehtäviin siirtoihin liittyvät kustannukset kasvat. Eristepaksuuden kasvaessa elementtien yhdessä kuormassa kuljetettava neliömäärä voi jäädä kuljetuskaluston lavatilavuuden loppuessa jopa puoleen nykyisestä. Sandwich-elementeissä uusien lämmöneristysmääräysten aiheuttama lisäkustannus tulee kokonaisuutena olemaan 15-20 %. Tämän lisäksi ikkunakarmin leventäminen tuo lisäkustannuksia. Kokonaisuutena asuin-



	U-arvo 0,17	U-arvo 0,10
Eristeratkaisu	Muutos	Muutos
	%	%
vuorivilla (diag.ansas)	51	159
lasivilla (diag.ansas)	44	150
EPS (diag.ansas)	50	145
EPS (pistoansas)	43	135
PUR (diag.ansas)	39	151
PUR (pistokas)	39	130

Taulukko 4.

Ei- kantavan sandwich-elementin lämmöneristeen aiheuttama kustannusnousu (%) seinän eri U-arvoilla.

5

PUR-eristeinen betonisandwich-elementti, eristepaksuus 160 mm. LS Laatusiin Oy.

kerrostalon julkisivuelementtien kustannus on keskimäärin 5 % talon rakennuskustannuksista, joten hinnan nousun merkitys on kuitenkin vähäinen, kun vastaavasti energiaa säästyy.

YHTEENVETO

Uusi lämmöneristeen peruspaksuus betonisissa sandwich-elementeissä 1.1.2010 alkaen on 240 mm mineraalivillaa. Jos edelleen halutaan parantaa eristävyyttä ns. matalaenergiatalotasolle (U-arvo 0,14), eristyspaksuus on noin 280 mm mineraalivillaa. Mentäessä tätäkin parempaan eristävytyteen on syytä vakavasti harkita eristävyydeltään parempien eristemateriaalien käyttöä.

Uusien määräysten haasteet ulkoseinärakenteille ovat lähinnä suojaus rakennusaikaiselta kosteudelta, ikkunaliitokset ja kylmäsiltojen minimointi. Lämmöneristävyyttä parannettaessa on muistettava myös muut vaatimukset, kuten ääneneristävyys, joka hieman heikkenee, jos siirrytään umpisoluisiin eristeisiin.

VIITTEET

- Suutarinen M. Matalaenergiarakentamiseen soveltuvat betonijulkisivuelementit asuinrakennuksissa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Espoo 2008.
- Vinha J. et al. Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous. TTY & TKK, loppuraporttiluonnos 2008.
- Salonvaara, M. & Nieminen, J. Betonirakenteiden tuuletus ja lämmöneristys. VTT Tiedotteita 2010. Espoo 2003.
- Aho H., Inha T. & Pentti M. Paloturvallinen rakentaminen EPS-eristeillä. TTY. Rakennetekniikan laitos, tutkimusraportti 134. Tampere 2006.

IMPACT OF NEW ENERGY REGULATIONS ON EXTERNAL CONCRETE WALL STRUCTURES

New energy regulations for buildings, with 30% tighter U values for wall structures, will be adopted as of 1 January 2010. Even tighter energy regulations are expected in the near future and in this context the U values required of individual wall structures will probably be replaced by a calculation of the consumption of primary energy for the building.

As of 1 January 2010, the new basic thickness of thermal insulation in prefabricated concrete sandwich units is 240 mm of mineral wall. If the insulation capacity is to be improved further to the so-called low energy level (U value 0.14), the required thickness of insulation is ca. 280 mm of mineral wool. If the insulation capacity is to be improved even further, the use of insulation materials with better insulation properties should be given serious thought.

As far as external wall structures are concerned, the primary challenges related to the new regulations include protection against humidity during the construction period, window joints and minimising of cold bridges. Other requirements should not be forgotten when improving thermal insulation. Sound insulation, for example, suffers somewhat from the use of solid-cell insulation.