

Lämmöneristys

Ohjeet 2003

Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä

Annettu Helsingissä 30 päivänä lokakuuta 2002

Ympäristöministeriön päätöksen mukaisesti säädetään 5 päivänä helmikuuta 1999 annetun maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 13 §:n nojalla:

Rakentamisessa on mahdollisuus yhtenä hyväksyttävänä tapana noudattaa liitteen 1 ohjeita lämmöneristyksestä.

Ohje-ehdotus on ilmoitettu teknisiä standardeja ja määräyksiä ja tietoyhteiskunnan palveluja koskevia määräyksiä koskevien tietojen toimittamisessa noudatettavasta menettelystä annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 98/34/EY, sellaisena kuin se on muutettuna direktiivillä 98/48/EY, mukaisesti.

Tämä asetus tulee voimaan 1 päivänä lokakuuta 2003.

Tällä asetuksella kumotaan sisäasiainministeriön 27 päivänä lokakuuta 1978 antama päätös lämmöneristyksestä (C4).

Helsingissä 30 päivänä lokakuuta 2002

Ministeri *Suvi-Anne Siimes*

Yli-insinööri *Raimo Ahokas*

Lämmöneristys

OHJEET 2003

Sisällys

| | | | |
|-----|---|-------|---|
| 1 | YLEISTÄ | 5 | LÄMMÖNVASTUKSIA |
| 1.1 | Soveltamisala | 5.1 | Pintavastus |
| 2 | LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMEN MÄÄRITYS | 5.2 | Ilmakerroksen lämmönvastus |
| 2.1 | Yleistä | 5.3 | Ohuen ainekerroksen lämmönvastus |
| 2.2 | Lämmönläpäisykertoimen laskenta | 5.4 | Maanvastaiset rakenteet |
| 2.3 | Kylmäsiilat | 6 | IKKUNAN, OVEN JA TUULETUSLUUKUN LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN |
| 2.4 | Lämmöneristykseen ilmavirtausten huomioon ottaminen | 6.1 | Yleistä |
| 3 | LÄMMÖNERISTYKSEN SUUNNITTELU JA ERISTÄMINEN | 6.2 | Ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin |
| 3.1 | Lämmöneristykseen suunnittelu | 6.3 | Ikkunan kehän lämmönläpäisykerroin |
| 3.1 | Lämmöneristeiden käsittely, varastointi ja asentaminen | 6.4 | Kehärakenteen ja lasituksen terminen vuorovaikutus |
| 3.3 | Suojaaminen tuulelta ja ilmavirtauksilta | 6.5 | Ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin |
| 4 | RAKENNUSAINEIDEN LÄMMÖNJOHTAVUUDET | 6.6 | Oven ja tuuletusluukun lämmönläpäisykerroin |
| 4.1 | Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo ja sen valintamahdollisuudet | LIITE | RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMAN SISÄLLYSLUETTELO |
| 4.2 | Rakennusaineiden normaaliset lämmönjohtavuudet | | |

MERKKIEN SELITYS

Ohjeet, jotka on tulostettu leveälle palstalle, sisältävät hyväksyttäviä ratkaisuja.

Selostukset, jotka ovat sisennetyllä palstalla kursivoituna, antavat lisätietoja sekä sisältävät viittauksia säädöksiin, määräyksiin ja ohjeisiin.

Lämmöneriste

Rakennusaine, jota käytetään pääasiallisesti tai muun käyttötarkoituksen ohella olennaisesti lämmöneristämiseen.

Lämmöneristys

Yhdestä tai useammasta lämmöneristeestä rakennusosaan tehty eristekokonaisuus.

Tuulensuoja

Rakennusosassa oleva ainekerros, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus ulkopuolelta sisäpuoliseen rakenteen osaan ja takaisin.

Ilmansulku

Rakennusosassa oleva ainekerros, joka estää haitallisen ilmavirtauksen rakennusosan läpi puolelta toiselle.

Selostus

Ilmansulkuna toimii usein rakennusosaan jotain muuta pääasiallista tarkoitusta varten tehty ainekerros.

Kylmäsilta

Rakennusosassa oleva, viereisiin aineisiin verrattuna hyvin lämpöä johtavasta aineesta tehty rakenneosa, jonka kohdalla lämpötilaeron vaikutuksesta rakennusosan pintojen läpi kulkevan lämpövirran tiheys on jatkuvuustilassa viereiseen alueeseen verrattuna suurempi.

Viivamainen kylmäsilta

Kylmäsilta, jonka poikkileikkaus on rakenteen pinnan suuntaan jatkuvana samanlainen.

Pistemäinen kylmäsilta

Kylmäsilta, joka on rakenteessa paikallinen ja jolla ei ole rakenteen pinnan suunnassa jatkuvaa samanlaisena pysyvää poikkileikkausta.

Lämmönjohtavuus (λ), $W/(m \cdot K)$

Lämmönjohtavuus ilmoittaa lämpövirran tiheyden jatkuvuustilassa pituusyksikön paksuisen tasa-aineisen ainekerroksen läpi, kun lämpötilaero ainekerroksen pintojen välillä on yksikön suuruinen.

Keskimääräinen lämmönjohtavuus (λ_{10}), $W/(m \cdot K)$

Keskimääräinen lämmönjohtavuus ilmoittaa aineen lämmönjohtavuuden yksittäisten mittaustulosten aritmeettisen keskiarvon, kun mittaukset on suoritettu 10 °C keskilämpötilassa.

Selostus

Jos aine on hygroskooppinen tai aineen lämmönjohtavuus muuttuu iän funktiona, on ilmoitettava mittauksia edeltäneet kosteuspitoisuuteen tai lämmönjohtavuuden vanhenemismuutokseen vaikuttaneet olot ja tekijät.

Normaalinen lämmönjohtavuus (λ_n), $W/(m \cdot K)$

Rakennusaineen normaalilla lämmönjohtavuudella tarkoitetaan näissä ohjeissa tai tyyppihyväksyntäpäättöksissä annettua lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoa käytännön rakennustoiminnan laskelmia varten.

Lämmönvastus (R), $(m^2 \cdot K)/W$

Termisessä jatkuvuustilassa olevan tasapaksun ainekerroksen tai kerroksellisen rakenteen lämmönvastus ilmoittaa rakenteen eri puolilla olevien isotermisten pintojen lämpötilaeron ja ainekerroksen läpi kulkevan lämpövirran tiheyden suhteen.

Sisä- ja ulkopuolinen pintavastus (R_{si} ja R_{se}), $(m^2 \cdot K)/W$

Ilmoittaa rakennusosan pinnan ja sisä- tai ulkopuolisen ympäristön välisen rajakerroksen lämmönvastuksen.

Lämmönläpäisykerroin (U), $W/(m^2 \cdot K)$

Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen.

Pistemäinen lisäkonduktanssi (X), W/K

Pistemäinen lisäkonduktanssi ilmoittaa pistemäisestä kylmäsilta (esim. terässi) aiheutuvan lisäyksen jatkuvuustilassa rakennusosan läpi kulkevaan lämpövirtaan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen.

Viivamainen lisäkonduktanssi (ψ), $W/(m \cdot K)$

Viivamainen lisäkonduktanssi ilmoittaa rakennusosassa olevan, pituusyksikön mittaisen viivamaisen kylmäsilan (esim. palkki) aiheuttaman lisäyksen jatkuvuustilassa rakennusosan läpi kulkevaan lämpövirtaan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen.

YLEISTÄ

1.1 Soveltamisala

1.1.1

Nämä ohjeet koskevat rakennuksen ulkoilmaan ja maahan rajoittuvia sekä rakennuksen eri tilojen välisiä rakennusosia ja rakenteita, näiden lämmönläpäisykertoimen määrittämistä sekä lämmöneristyksen suunnittelua ja toteutusta. Ohjeet koskevat hyvän rakennustavan mukaisia käytännön rakenteita, joissa esiintyvien vähäisten epäideaalisuuksien vaikutus otetaan huomioon lämmönläpäisykertoimen laskennassa.

Selostus

Nämä ohjeet sisältävät erään hyväksyttävän tavan todeta Suomen rakentamismääräyskokoelman osas-

sa C3 lämmönläpäisykertoimelle (U) asetettujen vaatimusten täytyminen.

EN-standardit, jotka koskevat rakennuksen vaipan, rakennusosien ja rakenteiden lämmönläpäisykertoimen laskentaa, sekä näitä laskentastandardeja täydentävät EN-standardit muodostavat ohjeistokokonaisuuden, jonka mukaan lämmönläpäisykerroin voidaan myös määrittää hyväksyttävästi.

1.1.2

Nämä ohjeet eivät koske lämmöneristyksen kautta ohjattavan ilmavirtauksen, rakennusosien läpi puolelta toiselle vuotavan ilman eivätkä rakennukseen kohdistuvan auringon säteilyn tai muiden ajan funktiona vaihtelevien rakenteisiin kohdistuvien lämpökuormien vaikutusten laskentaa.

2

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMEN MÄÄRITYS

2.1 Yleistä

Näissä ohjeissa esitetään menetelmä rakennusosien ja rakenteiden lämmönläpäisykertoimen (U) laskemiseksi. Muukin menetelmä voidaan hyväksyä, jos näitä ohjeita ei voida soveltaa tai korvaava laskentamenettely on vähintäänkin yhtä tarkka kuin tässä esitetty. Myös koetulosta voidaan käyttää hyväksi, kun laskenta on kohtuuttoman vaikeaa tai kokeellisesti määritetään laskennassa tarvittava lähtötieto.

Selostus

Lämmönläpäisykertoimen yksittäinen mittaustulos pätee vain tutkitulle koerakenteelle mittausoiloissa. Kun lämmönläpäisykertoimen laskenta on kohtuuttoman hankalaa, voidaan koetuloksen perusteella kuitenkin arvioida rakenneratkaisulle käytännön suunnitteluun soveltuva U-arvo. Tällöin on pyrittävä ottamaan huomioon mittauksen epätarkkuus, rakenteen ja siinä käytettävien aineiden ominaisuuksien vaihtelu käytännössä, rakennesuunnitelmien mukainen materiaalien kosteuspiitoisuuden vaikutus sekä rakennusaineiden mahdollinen lämmönjohtavuuden palautumaton muuttuminen käyttöiän aikana.

2.2 Lämmönläpäisykertoimen laskenta

2.2.1

Rakennusosan lämmönläpäisykerroin (U) lasketaan käyttäen CE merkinnällä varustetuille rakennusaineille EN-standardien mukaan määritettyjä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, EN-standardeissa esitettyjä taulukoituja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, normaalin lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoja tai muita hyväksyttävällä tavalla määritettyjä, rakennusosalle soveltuvia lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja. Jos samalle aineelle on annettu useita λ_n -arvoja, valitaan alaviitehuomautusten perusteella kohteeseen soveltuva arvo.

Selostus

Normaalin lämmönjohtavuuden arvoihin liittyviä alaviitehuomautuksia esitetään taulukossa 1 sekä lämmöneristeiden normaalin lämmönjohtavuuden tyyppihyväksyntäpäätöksissä.

2.2.2

Lämmönläpäisykerroin (U) lasketaan kaavalla (1).

$$U = 1 / R_T \quad (1)$$

R_T rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön.

2.2.3

Kun rakennusosan ainekerrokset ovat tasapaksuja ja tasa-aineisia ja lämpö siirtyy ainekerrokseen nähden kohtisuoraan, lasketaan rakennusosan kokonaislämmönvastus R_T kaavalla (2).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_m + R_g + R_b + R_{q1} + R_{q2} + \dots + R_{qn} + R_{se} \quad (2)$$

jossa

$$R_1 = d_1 / \lambda_1, R_2 = d_2 / \lambda_2 \dots R_m = d_m / \lambda_m$$

d_1, d_2, \dots, d_m ainekerroksen 1, 2, ... m paksuus, m

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ ainekerroksen 1, 2, ... m lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo, esim. normaalin lämmönjohtavuus

R_g rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus

R_b maan lämmönvastus

$R_{q1}, R_{q2}, \dots, R_{qn}$ ohuen ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönvastus

$R_{si} + R_{se}$ sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa

Mikäli tasa-aineisen ainekerroksen paksuus vaihtelee rakenteen tason suunnassa, voidaan paksuutena käyttää keskimääräistä arvoa edellyttäen, ettei paikallinen vähimmäispaksuus alita keskimääräistä enempää kuin 20 %.

2.2.4

Kun rakennusosa on epätasa-aineinen niin, että siinä on pintojen suuntaisia ainekerroksia, joissa on rinnakkain lämmönvastukseltaan erilaisia osaluueita, lasketaan epätasa-aineisen ainekerroksen j lämmönvastus R_j kaavalla (3).

$$1 / R_j = f_a / R_{aj} + f_b / R_{bj} + \dots + f_n / R_{nj} \quad (3)$$

f_a, f_b, \dots, f_n epätasa-aineisessa ainekerroksessa j olevan tasa-aineisen osa-alueen a, b, ... n suhteellinen osuus ainekerroksen kokonaispinta-alasta

$R_{aj}, R_{bj}, \dots, R_{nj}$ epätasa-aineisessa kerroksessa j olevan tasa-aineisen osa-alueen a, b, ... n lämmönvastus, jossa $R_{aj} = d_j / \lambda_{aj}$, $R_{jb} = d_j / \lambda_{bj}$, ... $R_{jn} = d_j / \lambda_{jn}$

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo, esim. normaalin lämmönjohtavuus

2.2.5

Jos epätasa-aineisessa ainekerroksessa vierekkäisten aineiden lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvot poikkeavat toisistaan enemmän kuin viisikertaisesti, ei kaava (3) sovellu käyttöön. Tällöin suuremman lämmönjohtavuuden aine ja osaluue käsitellään kylmäsiltana kohdan 2.3 mukaan.

2.2.6

Epätasa-aineisia kerroksia sisältävän rakennusosan kokonaislämmönvastus R_T lasketaan kaavalla (4) ja lämmönläpäisykerroin U kaavalla (1).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \Sigma R + R_{se} \quad (4)$$

R_1, R_2, \dots, R_n epätasa-aineisen ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönvastus laskettuna kaavalla (3)

ΣR tasa-aineisten ainekerrosten, ilmakerroksen, ohuiden ainekerrosten ja maan lämmönvastusten summa

$R_{si} + R_{se}$ sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa

Selostus

Kaavalla (4) laskettu R_T -arvo on kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo.

2.3 Kylmäsillat

2.3.1

Rakenteessa olevat ja sille ominaiset säännöllisesti toistuvat kylmäsillat otetaan huomioon, kun todetaan lämmönläpäisykerroimen vaatimuksen mukaisuus. Tämä koskee mm. siteitä, kannaksia sekä tuki- ja runkorakenteita, jotka ovat rakenteelle tyypillisiä koko sen edustamalla vaipan alueella.

2.3.2

Rakennuksen vaippaan eri syistä tehtäviä yksittäisiä kylmäsilloja ei tarvitse ottaa huomioon laskettaessa lämmönläpäisykerroin. Yksittäisen kylmäsillan voi muodostaa ala- tai välipohjan ja ulkoseinän liittymä, parvekkeen kannatus, alapohjan puhkaiseva pilari, rakenteeseen sijoitettu talotekniikan komponentti yms. erikseen suunniteltu ja toteutettu yksittäinen ratkaisu.

Selostus

Rakenteen lämpötila on kylmäsillan kohdalla ympäröivään rakenteeseen nähden poikkeava. Seurauksena voi olla lämpöolojen heikkeneminen paikallisesti, pinnan likaantuminen ja pahimmillaan kosteuden tiivistyminen rakenteen sisäpintaan tai syvemmälle rakenteeseen. Rakenteet suunnitellaan kaikkien kylmäsillatien kohdalla niin, ettei mainittuja kosteushaittoja esiinny ja että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaiset lämpöolot.

2.3.3

Kun kylmäsillan aineen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo poikkeaa viereisen aineen vastavasta suunnitteluarvosta enemmän kuin 5-kertaisesti, lasketaan kylmäsilloista aiheutuva rakennusosan lämmönläpäisykertoimen lisäys $\Delta U_{\Psi X}$ kaavalla (5).

$$\Delta U_{\Psi X} = \Sigma \Psi_k (l_k / A) + \Sigma X_j (n_j / A) \quad (5)$$

Ψ_k rakennusosassa olevien keskenään samanlaisten viivamaisten kylmäsiltojen k viivamainen lisäkonduktanssi, W/(m · K)

X_j rakennusosassa olevien keskenään samanlaisten pistemäisten kylmäsiltojen j aiheuttama pistemäinen lisäkonduktanssi, W/K

l_k samanlaisten viivamaisten kylmäsiltojen yhteispituus rakennusosassa, m

n_j samanlaisten pistemäisten kylmäsiltojen lukumäärä rakennusosassa

A rakennusosan pinta-ala, m²

Viivamaisten ja pistemäisten kylmäsiltojen lisäkonduktanssi (Ψ_k , X_j) lasketaan tarkoitukseen soveltuvalla laskentamenetelmällä tai määritetään kokeellisesti.

2.3.4

Kylmäsiltoja aiheuttavat esim. metalliset jäykisteet ja siteet. Rakennusosan lämmönläpäisykerroimen U voidaan otaksua kasvavan määrällä 0,006 W/(m² · K) käytettäessä läpimitaltaan 4 mm ruostumattomia terässiteitä 4 kpl/m² ja määrällä 0,05 W/(m² · K) käytettäessä läpimitaltaan 4 mm kuparisiteitä 4 kpl/m².

2.4 Lämmöneristyksen ilmvirtausten huomioon ottaminen

2.4.1

Mikäli lämmöneristyksen vähäisissä raoissa, ilmapäälleissä ja ilmaa läpäisevissä eristeessä tapahtuvien ilmvirtausten vaikutusta ei ole otettu huomioon lämmönjohtavuuden suunnitteluarvossa, arvioidaan ilmvirtausten lämpöhäviötä suurentava vaikutus erikseen ja otetaan huomioon rakennusosan lämmönläpäisykertoimen lisäykseksi.

Selostus

Lämmönläpäisykertoimen laskentaa koskeva EN-standardi edellyttää, että lämmöneristyksen epäideaalisuuden vaikutukset otetaan huomioon lämmönläpäisykertoimen laskennassa.

Lämmöneristeiden normaalissa lämmönjohtavuudessa (λ_n) on otettu huomioon lämmöneristyksen vähäisten ilmvirtausten vaikutus.

2.4.2

Lämmöneristyksen ilmvirtausten vaikutuksen huomioon ottamiseksi lämmönläpäisykerroimeen (U) tehtävän lisäyksen (ΔU_g) suuruus riippuu lämmöneristyksen asentamistavasta, eristyksen suojauksesta ja eristeen ilmanläpäisevyydestä. Lisäyksen suuruuden arvioinnissa nojaututaan luotettavaan tutkimukseen tai selvitykseen.

LÄMMÖNERISTYKSEN SUUNNITTELU JA ERISTÄMINEN

3.1 Lämmöneristuksen suunnittelu

3.1.1

Lämmöneristeiden tulisi olla käyttötarkoituksiinsa soveltuvia ja asetettujen vaatimusten mukaisia. Eristeiden tulisi säilyttää ominaisuutensa rakenteen käyttöajan ajan. Suunnitelmissa esitetään vaatimusten täyttymisen kannalta riittävät tiedot käytettävistä lämmöneristeistä, lämmöneristysten rakenteesta ja mitoista sekä tarvittaessa eristystyön suorittamisen yksityiskohdista.

3.1.2

Sekä rakennusvaiheen että rakenteiden käytön aikana lämmöneristeisiin kohdistuvat kuormitukset otetaan huomioon eristeiden valinnassa ja suojaamisessa. Lämmöneristuksen ominaisuuksien ja tilan mahdolliset pysyvät muutokset, joita ei voida välttää, mutta jotka ovat hyväksyttäviä, otetaan huomioon eristuksen mitoituksessa.

3.1.3

CE-merkinnällä varustetun lämmöneristeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvona käytetään EN-standardien mukaan määritettyä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa. Muiden eristeiden suunnitteluarvona käytetään normaalisen lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoa, joka asennus- ja suojaustapakuvuoksensa perusteella soveltuu tarkastelun kohteena olevalle rakenteelle, tai muuta hyväksyttävällä tavalla määritettyä soveltuvaa lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa. Suunnitelmat laaditaan riittävän yksityiskohtaisina, jotta niistä ilmenee λ_n -arvon valinnan edellyttämä asennus- ja suojaustapa.

3.1.4

Suunnitelmissa yksilöidään tarkoitettu lämmöneriste tai ilmoitetaan eristeeltä vaadittavat ominaisuudet. Rakenteiden eristetilojen suunnittelussa pyritään ratkaisuihin, joissa eristäminen voidaan suorittaa valitulle eristeelle soveltuvin työmenetelmin. Hankalissa tapauksissa esitetään työmenetelmä. Yläpohja avoimeen eristetilaan kuivapuhalluksena asennettavan mineraali- tai puukuitueristuksen odotettavissa oleva painuma otetaan huomioon määrämällä puhallettava eristyspaksuus vastaavasti suunniteltua suuremmaksi.

3.2 Lämmöneristeiden käsittely, varastointi ja asentaminen

3.2.1

Rakennuspaikalla tarkistetaan lämmöneristeiden suunnitelmienmukaisuus ja eristeet suojataan kastumiselta sekä vaurioilta. Suunnitelmista poikkeavien tai puutteellisesti tunnistettavien eristeiden laatu tulisi todeta ennen käyttöä suunnitelmia vastaavaksi.

3.2.2

Ennen lämmöneristeiden asentamista tarkastetaan rakenteiden eristetilat ja korjataan mahdolliset puutteet. Asentamisessa noudatetaan huolellisuutta niin, että eriste täyttää mahdollisimman virheettömästi sille varatun tilan. Useammassa kerroksessa ladotun eristuksen saumat limitetään. Mahdolliset virheet ja puuttumat korjataan samalla tai vastaavalla eristeellä.

3.2.3

Eristystyö tulisi ajoittaa niin, että lämmöneristystä suojaavat rakenteet ovat valmiina tai ne tehdään viiveettä eristämisen jälkeen. Tarvittaessa käytetään tilapäissuojausta. Valmista eristystä ei saa kuormittaa vahingoittavasti eikä painaa suunniteltua ohuemmaksi. Yläpohjan avoimeen eristetilaan puhallettava kuitueristys asennetaan valmiiksi, kun tuulelta ja sateelta suojaavat rakenteet ovat riittävän valmiit ja eristettävällä alueella liikkumista edellyttävät työt on suoritettu. Puhallettu eristyspaksuus tarkistetaan mittauksin ja verrataan painumavara huomioon ottaen suunnitelmiin. Eristetty alue varustetaan tarvittaessa kävelysilloin myöhempää liikkumista varten.

3.3 Suojaaminen tuulelta ja ilmavirtauksilta

3.3.1

Mikäli lämmöneristeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon soveltaminen edellyttää tuulensuojaa eikä rakenteessa ole muuta tarkoitusta varten tehtyä myös tuulensuojana toimivaa kerrosta, suojataan lämmöneristys erillisellä tuulensuojalla. Tuulensuojan ilmanläpäisykerroin saa olla enintään $10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$.

3.3.2

Tuulensuoja on lämmöneristyksessä kiinni oleva kauttaaltaan eristyksen peittävä kerros. Siinä ei saa olla avoimia lämmöneristykseen johtavia rakkoja tai reikiä. Erityisesti huolehditaan tiiviyydestä tuulensuojan saumoissa, seinien alareunassa ja nurkissa sekä ikkuna- ja oviaukkojen yms. läpivientien pielissä.

3.3.3

Levyistä tehtävän tuulensuojan saumat ja reunat sovitetaan mikäli mahdollista jäykkää pintaa vasten. Kiinnikkeiden laatu ja kiinnitystiheys valitaan niin, ettei saumojen aukeamista tapahdu asentamisen jälkeen. Pahvimaisten yms. ohuiden tuulensuojien saumat tiivistetään esim. limittäen ja asettamalla puristukseen jäykkien pintojen väliin. Tätä tai vastaavan tiiviyyden takaavaa menetelmää sovelletaan myös tuulensuojan reunoissa ja nurkissa.

3.3.4

Ulkoseinien tuulensuojan yläreuna on usein tarkoituksenmukaista nostaa yläpohjan lämmöneristuksen yläpinnan yläpuolelle suojaamaan eristyksen reunapintoja. Jos vaakasuoran tai lievästi kallistetun yläpohjan yläpuolella on väljä tuulettuva ilmaväli (korkeus ≥ 200 mm) ja tämän reunoilla tuuletusilmavirtaa kuristava räystäsrakenne (esim.

tavanomainen rakolaudoitus), voidaan yhtenäisen tuulensuoja jättää pois silloin, kun lämmöneristeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon ehtoissa tämä sallitaan. Räystäöreunoille on kuitenkin aiheellista asentaa tuulensuojakaistat tai tuuletusilmavirran kulkua ohjaavat tuuliohjaimet, mikäli ilmavirtaus voi haitata lämmöneristuksen toimintaa tai eriste liikkua tuulen vaikutuksesta.

3.3.5

Rakenteen läpi puolelta toiselle tapahtuvan hallitsemattoman ilmavuodon estämiseksi rakenteessa tarvitaan vähintään yksi ilmansulkuna toimiva kerros. Tämä on usein lämmöneristuksen lämpimällä puolella. Ellei rakenteessa ole erillistä ilmansulkua, huolehditaan, että ainakin yksi lämmöneristyksessä kiinni oleva kerros on ilmanpitävyydeltään riittävä toimiakseen sellaisena.

3.3.6

Ilmansulku suunnitellaan ja toteutetaan ilmanpitävyydeltään riittävänä niin, että ilmanvaihtojärjestelmällä sen ollessa suunnitelmien mukaisesti käytössä kyetään rakennuksen sisätilat pitämään pääsääntöisesti alipaineisina ulkoilmaan nähden ja että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaiset lämpöolot.

4

RAKENNUSAINEIDEN LÄMMÖNJOHTAVUUDET

4.1 Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo ja sen valintamahdollisuudet

4.1.1

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvona voidaan käyttää CE-merkinnällä varustetuille tuotteille EN-standardien mukaan määritettyjä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, EN-standardeissa esitettyjä taulukoituja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja taulukon 1 sarakkeessa 5 annettuja normaalisen lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoja sekä lämmöneristeiden tyyppihyväksyntäpäätöksissä esitettyjä normaalisen lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoja tai muulla hyväksyttävällä tavalla saatuja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja.

4.1.2

Aineen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon sisältyvänä lisäyksenä otetaan huomioon valmisteknisistä syistä johtuva aineen lämmönjohta-

vuuden hajonta, suunnitelmien mukainen aineen kosteuspitoisuus käyttökohteessa ja lämmönjohtavuuden palautumaton muuttuminen käyttöiän aikana. Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvona käytetään yleensä arvoa, joka pätee 10°C lämpötilassa olevalle aineelle. Tarvittaessa suunnitteluarvo voidaan muuntaa vastaamaan muuta keskilämpötilaa, jolloin aineen lämmönjohtavuuden riippuvuus lämpötilasta otetaan huomioon.

4.1.3

Lämmöneristuksen sisäisten ja sen kautta kiertävien vähäisten ilmavirtausten vaikutus otetaan huomioon lisäyksenä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvossa tai rakenteen lämmönläpäisykertoisessa. Käytettäessä λ_n -arvoja ei lämmönläpäisykertoi-
meen tarvitse tehdä erillistä lisäystä. Edellytyksenä on lämmöneristuksen asentamista ja suojaamista koskevien ehtojen täyttyminen. Käytettäessä muuta lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa, jossa ei ole otettu huomioon mainittujen ilmavir-

tausten vaikutusta, arvioidaan tämä vaikutus erikseen ja otetaan huomioon rakennusosan lämmönläpäisykertoimeen tehtävänä lisäyksenä.

Selostus

Lämmöneristeiden EN-tuotestandardit sekä EN-standardi lämmöneristeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon määrittämiseksi muodostavat ohjeistokokonaisuuden lämmöneristeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon määrittämiseksi. Tämä arvo ei sisällä lämmöneristysten vähäisten ilmavirtausten vaikutusta, mikä otetaan erikseen huomioon lämmönläpäisykertoimen lisäyksenä.

4.2 Rakennusaineiden normaaliset lämmönjohtavuudet

4.2.1

Normaalisessa lämmönjohtavuudessa (λ_n) on otettu huomioon kohdissa 4.1.2 ja 4.1.3 esitetyt lisäykset ja korjaukset. Ellei λ_n -arvon yhteydessä muuta mainita, pätevät annetut arvot 10°C keskilämpötilassa.

4.2.2

Taulukossa 1 sarakkeessa 5 annetut λ_n -arvot pätevät rakenteiden tavanomaisissa käyttöoloissa Suomessa edellyttäen, että aine on kuivatiheyden ja muiden tunnusmerkkeinä käytettyjen ominaisuuksien puolesta asetettujen vaatimusten mukainen ja että ainetta käytetään lämpötekniiseltä kannalta tarkoituksenmukaisesti hyvää rakentamista-paa noudattaen.

4.2.3

Ainekerrosten asentamisessa ja suojaamisessa noudatetaan kohdassa 4.2.4 ja λ_n -arvojen alaviitehuomautuksissa (taulukko 1 tai lämmöneristeiden normaalisesta lämmönjohtavuuden tyyppihyväksyntäpäätökset) esitettyjä vaatimuksia. Jos aineelle on annettu useita λ_n -arvoja valitaan se, joka alaviitehuomautusten perusteella vastaa suunniteltua käyttötapaa. Ellei vastaavuutta ole, selvitetään laskelmissa käytettävä λ_n -arvo erikseen.

4.2.4

Taulukossa 1 lämmöneristeille annetut λ_n -arvot koskevat tuotteita, joilla ei ole voimassaolevaa λ_n -arvon tyyppihyväksyntää. Lämmöneristeiden asentamis- ja suojaustapavaatimusten osalta viittaa taulukon 1 alaviitehuomautus 1) seuraaviin vaatimuksiin, joista voidaan poiketa taulukon 1 muiden alaviitehuomautusten mukaisissa tilanteissa.

- eristyksen toinen pinta (yleensä sisäpinta) on aina kiinni ilmavirtausten kannalta tiiviissä pinnassa (esim. betoni, tiilimuuri, tiivis levy, muovikalvo, eristyspaperi tms. pitävästi saumattuna

- pystysuorien ja kallistettujen eristysten (kaltevuus vaakatasoon nähden $> 30^\circ$) toisessa pinnassa on tuulensuoja [ilmanläpäisykerroin $\leq 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ ellei lämmöneristeen normaalisesta lämmönjohtavuudesta ehtoissa muuta sallita] kuten rakennuslevy naulakiinnityksellä tai rakennuspaperi puristetuilla limisaumoin
- vaakatasoon nähden enintään 30° kallistetun yläpohjaeristyksen yläpuolella on kaikilta reunoiltaan ilmavirtausta kuristavalla räystäätai reunarakenteella varustettu väljä ilmaväli, jonka korkeus on joka kohdassa vähintään 200 mm (aivan räystääreunoilla kuitenkin vähintään 50 mm)
- ryömintätalissa alapohjassa on eristyksen alapuolella joka kohdassa ilmaväli, jonka kaikki reunat suojaa yhtenäisen tuuletusaukoin varustettu perusmuuri tai vastaava suojaava rakenne
- lämmitetyn tilan pysyvästi kuivatetun maanvastaisen alapohjan lämmöneristyksen alapuolella on joka kohdassa kosteuden kapillaarinvuodon estävä salaojituskerros.

4.2.5

Jos aineen keskimääräinen kosteuspitoisuus on suurempi kuin Taulukon 1 sarakkeessa 4 annettu arvo suurennetaan λ_n -arvoa vastaavasti erikseen tehtävän selvityksen perusteella.

4.2.6

Aineen λ_n -arvoon ei yleensä sisälly ainekerroksen läpi menevien tai siihen rajoittuvien muiden rakenneosien ja aineiden (tukirakenteet, saumausaineet, siteet, kiinnikkeet jne.) kautta tapahtuva lämmönsiirtyminen eikä ainekerroksen ohentumisen (painuma, ulkoinen puristus jne.) vaikutus, ellei taulukon 1 alaviiteissä tätä ole ilmoitettu. Mainitut seikat otetaan erikseen huomioon lämmönläpäisykertoimen laskennassa.

4.2.7

Taulukossa 1 tarkoitetaan kuivatiheydellä aineen suurinta sallittua keskimääräistä kuivatiheyttä tai rajoja, joiden välissä keskimääräinen kuivatiheys saa vaihdella. Muurattujen seinien kohdalla on kuivatiheysarakkeessa ilmoitettu muurauskiven kuivatiheys. Reikäkiven kuivatiheydenä käytetään bruttotiheyttä, so. massa jaettuna tilavuudella ottamatta huomioon reikävähennystä.

4.2.8

Kosteuspitoisuudella (w_n) tarkoitetaan aineeseen suunnitelmien mukaisessa käytössä keräytyvää keskimääräistä kosteuspuutisuutta, jonka vaikutus on otettu huomioon λ_n -arvossa.

TAULUKKO 1. RAKENNUSAINEIDEN NORMAALISET LÄMMÖNJOHTAVUUDET.

| Aine, tarvike | Kuiva- tiheys | Lämmön- johtavuus | Kosteus- pitoisuus | Normaalinen lämmön- johtavuus | Alaviite- huomautus |
|---|---|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| | ρ kg/m ³ | λ_{10} W/(m · K) | W_n % kuiva- painosta | λ_n W/(m · K) | |
| LÄMMÖNERISTEET | | | | | |
| korkkilevy (paisutettu) | 150 | 0,035 | 3 | 0,045 | 1) |
| | | | 3 | 0,050 | 2) |
| | 200 | 0,040 | 3 | 0,050 | 1) |
| | | | 3 | 0,055 | 2) |
| lastuvillalevy | 150—350 | 0,070 | 8 | 0,080 | 3) |
| | | | 8 | 0,10 | 4) |
| puukuitulevy, bitumipitoinen | 350 | 0,055 | 10 | 0,065 | 5) |
| | puukuitulevy, huokoinen | 300 | 0,045 | 10 | 0,055 |
| mineraalivillalevy ja matto 8) | 10—300 | 0,045 | 0,5 | 0,055 | 1) |
| | | | 0,5 | 0,060 | 2) |
| | | | | 0,070 | 6) |
| | | | | 0,10 | 7) |
| solumuovilevy, paisutettua polystyreeniä | 30—60 | 0,033 | 2 | 0,041 | 1) |
| | | | 2 | 0,045 | 2) |
| | | | | 0,050 | 6) |
| | | | | 0,060 | 7) |
| | 17—29,9 | 0,037 | 2 | 0,045 | 1) |
| | | | 2 | 0,050 | 2) |
| | | | | 0,055 | 6) |
| | | | | 0,065 | 7) |
| | 13—16,9 | 0,041 | 2 | 0,050 | 1) |
| | | | 2 | 0,055 | 2) |
| | | | | 0,065 | 6) |
| | solumuovilevy, suulakepuristus- menetelmällä valmistettu, polystyreeniä | | | | |
| ponneaineena CFC 12 x) | 22—45 | 0,030 | 2 | 0,037 | 1) |
| | | | 2 | 0,041 | 2) tai 6) |
| | | | | 0,045 | 7) |
| | | | | 0,050 | 9) |
| muu ponneaine | 22—45 | 0,037 | 2 | 0,045 | 1) |
| | | | 2 | 0,050 | 2) tai 6) |
| | | | | 0,055 | 7) |
| | | | | 0,060 | 9) |

1) Eristys on suojattu kohdassa 4.2.4 kuvattujen vaatimusten mukaan.

2) Eristyksen toinen puoli on kiinni tiiviissä pinnassa ja toisella puolella on muu ilmaväli tai tila kuin kohdassa 4.2.4 tarkoitettu ylä- tai ryömintätalaisen alapohjan ilmaväli.

| Aine, tarvike | Kuiva- tiheys | Lämmön- johtavuus | Kosteus- pitoisuus | Normaalinen lämmön- johtavuus | Alaviite- huomautus |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| | ρ kg/m ³ | λ_{10} W/(m · K) | W_n % kuiva- painosta | λ_n W/(m · K) | |
| solumuovi, polyuretaania ponneaineena CFC 11 x) | 30—60 | 0,026 | 2 | 0,030 | 3) ja 10) |
| | | | 2 | 0,033 | 1) |
| | | | 2 | 0,037 | 2) tai 6) |
| | | | 2 | 0,045 | 7) |
| | | 0,019 | 2 | 0,024 | 11) |
| ponneaineena pentaani | 30—60 | 0,030 | 2 | 0,033 | 3) ja 10) |
| | | | 2 | 0,037 | 1) |
| | | | 2 | 0,041 | 2) ja 6) |
| | | | 2 | 0,050 | 7) |
| | | 0,024 | 2 | 0,030 | 11) |
| solulasilevy | 180 | 0,060 | | 0,070 | 12) |
| | | | | 0,065 | 12) |
| | | | | 0,060 | 12) |
| kevytsora yläpohjissa | 250—320 | 0,09 | 0,5 | 0,10 | 3) |
| | 300—330 | 0,10 | 0,5 | 0,11 | 3) |
| maanvaraisissa alapohjissa | 250—320 | 0,09 | 6 | 0,13 | 6) |
| routaeristeenä | 250—320 | 0,09 | 30 | 0,17 | 7) |
| koneellisesti puhallettavat kuitueristeet yläpohjassa xx) | | | | | |
| lasivilla | 18—50 | 0,050 | 0,5 | 0,060 | 1) |
| kivivilla | 30—60 | 0,050 | 0,5 | 0,060 | 1) |
| puukuitueriste | 30—60 | 0,050 | 12 | 0,060 | 1) |

- 3) Eristys on molemmilta puoliltaan kiinni tiiviissä pinnassa (esim. betoni, tiiliverhous, tiivis levy, muovikalvo, eristyspaperi tms. pitävästi saumattuna).
- 4) Eristyksen toinen puoli on kiinni tiiviissä pinnassa ja toisella puolella on ilmaväli tai -tila.
- 5) Suojaustavasta riippumatta kuivana pysyvissä rakenteissa.
- 6) Sokkelihalkaisussa tai sokkelin sisäpuolisena pystyeristeenä maata vasten tai lämmittämättömän tilan maanvastaisessa alapohjassa tai maanvastaisessa alapohjassa suoraan perusmaan päällä.
- 7) Perusmuurin tai kellarin seinän ulkopuolisena eristeenä maata vasten tai maakerrosten välissä.
- 8) Kuidun keskipaksuus on enintään 6 μm , kun $\rho = 10\text{...}30 \text{ kg/m}^3$, muulloin enintään 15 μm .
- 9) Kattorakenteessa vedeneristyksen yläpuolella.
- 10) Eriste on paisutettu eristetilassa ja täyttää sen kokonaan.
- 11) Eriste on paisutettu vähintään 50 μm paksujen metallikerrosten väliin ja on molemmin puolin kauttaaltaan näihin kiinni liimautunut.
- 12) Eristelevyt on saumattu esim. bitumilla.
- x) CFC-tuotteiden valmistus on kielletty, mutta näitä tuotteita on vanhoissa rakenteissa.
- xx) Puhallettavaan eristyspaksuuteen sisältyy painumavara, joka on mineraalivillalla 5 % ja puukuitueristeellä 20 % suunnitellusta eristyspaksuudesta.

| Aine, tarvike | Kuiva- tiheys | Lämmön- johtavuus | Kosteus- pitoisuus | Normaalinen lämmön- johtavuus | Alaviite- huomautus |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| | ρ kg/m ³ | λ_{10} W/(m · K) | W_n % kuiva- painosta | λ_n W/(m · K) | |
| KARKAISTU KEVYTBETONI | | | | | |
| elementteinä | 400 | 0,095 | 4 | 0,10 | |
| yläpohjassa kuivan | 450 | 0,11 | 4 | 0,12 | |
| huonetilan yläpuolella | 500 | 0,12 | 4 | 0,135 | |
| | 600 | 0,15 | 4 | 0,175 | |
| alapohjassa lämmittämätöntä | 450 | 0,11 | 4 | 0,12 | |
| tilaa vasten | 500 | 0,12 | 4 | 0,135 | |
| | 600 | 0,15 | 4 | 0,175 | |
| ulkoseinässä maanpinnan | 400 | 0,095 | 6 | 0,105 | |
| yläpuolella | 450 | 0,11 | 6 | 0,125 | |
| | 500 | 0,12 | 6 | 0,14 | |
| pintaverhottuna ulkoseinässä | 400 | 0,095 | 4 | 0,10 | 14) |
| maanpinnan yläpuolella | 450 | 0,11 | 4 | 0,12 | 14) |
| | 500 | 0,12 | 4 | 0,135 | 14) |
| ulkoseinässä maanpinnan | 500 | 0,12 | 10 | 0,16 | 13) |
| alapuolella | | | | | |
| harkkoina ohut- ja liimasaumoin | 400 | 0,11 | 4 | 0,12 | 14) |
| sisätilassa ja pintaverhottuna | 450 | 0,12 | 4 | 0,13 | 14) |
| ulkotilassa | 500 | 0,13 | 4 | 0,145 | 14) |
| | 600 | 0,16 | 4 | 0,185 | 14) |
| maanpinnan yläpuolella | 400 | 0,11 | 6 | 0,125 | 15) |
| | 450 | 0,12 | 6 | 0,135 | 15) |
| | 500 | 0,13 | 6 | 0,15 | 15) |
| maanpinnan alapuolella | 500 | 0,13 | 10 | 0,17 | 13) |
| | 600 | 0,16 | 10 | 0,20 | 13) |

13) Koskee bitumisiveltyä kellarin seinää, kun kellaritila on lämmitetty ja hyvin tuuletettu. Jos kellarin seinä varustetaan veden kapillaarisen imeytymisen katkaisevalla, mutta diffuusion sallivalla ainekerroksella (esim. mineraalivilla tai ilmatilan muodostava levy), saadaan sarakkeessa 5 annettuja lämmönjohtavuuksia vähentää 0,02 W/(m · K).

14) Pintaverhouksella tarkoitetaan levyverhousta hyvin tuuletetun ilmaraon ulkopuolella.

15) Koskee rapattua seinää, joka ei ole alttiina viistosateille. Ellei viistosateille alttiissa seinissä ole veden tunkeutumista estetty, on λ_n -arvoa suurennettava annetusta kevytbetonilla 4 % ja kevytsorabetonilla 2,5 % kutakin kosteuspitoisuuden prosenttiyksikön suuruista lisäystä kohti.

| Aine, tarvike | Kuiva- tiheys ρ kg/m ³ | Lämmön- johtavuus λ_{10} W/(m · K) | Kosteus- pitoisuus W_n % kuiva- painosta | Normaalinen lämmön- johtavuus λ_n W/(m · K) | Alaviite- huomautus |
|--|---|---|--|---|------------------------|
| KEVYTSORABETONI | | | | | |
| elementteinä | 800 | 0,22 | 4 | 0,24 | 15) |
| maanpinnan yläpuolella | 650 | 0,18 | 4 | 0,20 | 15) |
| maanpinnan alapuolella | 800 | 0,22 | 10 | 0,29 | 16) |
| | 650 | 0,18 | 10 | 0,23 | 16) |
| kevytsoraharkot muurattuina, 10 mm saumat | | | | | |
| ulkoseinät | | | | | |
| täydet saumat | 650 | 0,22 | 4 | 0,24 | 15) |
| rakosaumat | 650 | 0,18 | 4 | 0,20 | 15) |
| kellariseinät tai perusmuuri | | | | | |
| täydet saumat | 650 | 0,22 | 7 | 0,25 | |
| rakosaumat | 650 | 0,18 | 7 | 0,21 | |
| tiivis kevytsorabetoni | 1600 | 0,60 | 3 | 0,70 | |
| paikalleen valettuna | 1400 | 0,48 | 3 | 0,55 | 15) |
| tai elementteinä | 1200 | 0,39 | 3 | 0,45 | 16) |
| | 1000 | 0,30 | 3 | 0,35 | |
| valetut kevytsorabetonieristeet ylä- ja alapohjassa | | | | | |
| | 600 | 0,16 | 2 | 0,17 | |
| | 500 | 0,12 | 2 | 0,13 | |
| | 400 | 0,10 | 2 | 0,11 | |
| maata vasten | | | | | |
| | 600 | 0,16 | 6 | 0,19 | |
| | 500 | 0,12 | 6 | 0,15 | |
| | 400 | 0,10 | 6 | 0,12 | |
| SAHANPURUBETONI | | | | | |
| kuivassa tilassa | 1300 | 0,35 | 1 | 0,45 | |
| TÄYTEAINEET 17) | | | | | |
| kevytbetonimurske | 400 | | 4 | 0,15 | |
| koksikuona | 700 | | 3 | 0,25 | 18) |
| kutterilastu, | 80 | | 12 | 0,14 | |
| löysänä | 120 | | 12 | 0,08 | |
| sullottuna | 250 | | 0,5 | 0,12 | 18) |
| masuunikuona, rakeistettu | 150 | | 0,5 | 0,10 | 18) |
| sahanpuru, | | | | | |
| löysänä | 120 | | 12 | 0,12 | |
| sullottuna | 200 | | 12 | 0,08 | |
| solumuovipuru polystyreeniä | 10—20 | | 2 | 0,08 | |

16) Koskee betonisen perusmuurin ulkopuolista eristystä.

17) Annetut lämmönjohtavuudet soveltuvat vain kuivissa tiloissa oleville täyhteille. Aineen ollessa kosketuksessa maahan määritetään lämmönjohtavuus vastaavan suuremman vesipitoisuuden perusteella.

18) Käytettäessä täyteainetta yläpohjan eristeenä ilman yläpuolista tiivistävää kerrosta on annettuun λ_n -arvoon lisättävä 0,02 W/(m · K).

| Aine, tarvike | Kuiva- tiheys | Lämmön- johtavuus | Kosteus- pitoisuus | Normaalinen lämmön- johtavuus | Alaviite- huomautus |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| | ρ kg/m ³ | λ_{10} W/(m · K) | W_n % kuiva- painosta | λ_n W/(m · K) | |
| RAKENNUSLEVYJÄ | | | | | |
| kuitusementtilevy | 1800 | 0,40 | 2 | 0,60 | |
| | 800 | 0,13 | 4 | 0,19 | |
| | 600 | 0,12 | 4 | 0,18 | |
| kipsilevy | 800 | 0,20 | | 0,21 | |
| | 900 | 0,22 | | 0,23 | |
| puukipsilevy | 1200 | 0,24 | | 0,25 | |
| sementtilastulevy | 1100 | 0,21 | 7 | 0,23 | |
| lastulevy | 600 | 0,13 | 9 | 0,14 | |
| puukuitulevy | | | | | |
| kova | 1000 | 0,12 | 8 | 0,13 | |
| puolikova | 800 | 0,10 | 9 | 0,11 | |
| vaneri | | | | | |
| koivuvaneri | 700 | 0,15 | 8 | 0,16 | |
| sekavaneri | 600 | 0,13 | 8 | 0,14 | |
| kuusivaneri | 500 | 0,12 | 8 | 0,13 | |
| SEKALAISIA RAKENNUS- AINEITA JA TARVIKKEITA | | | | | |
| asfaltti | 2200 | | | 0,7 | |
| betoni | 2000 | | 2 | 1,2 | |
| | 2300 | | 2 | 1,7 | |
| | 1400 | 0,42 | 3 | 0,55 | |
| betonireikäkivet muurattuna | 2000 | 0,70 | 2 | 1,2 | |
| betonitäyskivet muurattuna | 1000 | | | 0,13 | |
| bitumi | 1900 | 0,70 | 3 | 0,95 | |
| kalkkiahiekkatiilet muurattuina | | | | | |
| rappauslaastit | | | | | |
| sementtilaasti | 2000 | 0,70 | 2 | 1,2 | |
| kalkkisementtilaasti | 1800 | 0,65 | 2 | 1,0 | |
| kalkkilaasti | 1700 | 0,50 | 2 | 0,90 | |
| poltetut tiilet muurattuina | | | | | |
| reikätiilet | 1500 | 0,50 | 1 | 0,60 | |
| | 1300 | 0,45 | 1 | 0,50 | |
| | 1700 | 0,60 | 1 | 0,70 | |
| täystiilet | 1500 | 0,55 | 1 | 0,65 | |
| | 1300 | 0,50 | 1 | 0,60 | |
| puu, mänty, kuusi | 450 | 0,10 | 14 | 0,12 | |
| metalleja | | | | | |
| kupari (puhdas) | 8900 | | | 370 | |
| alumiini (puhdas) | 2700 | | | 220 | |
| duralumiini (kuparia 3-5 %) | 2700 | | | 160 | |
| messinki | 8400 | | | 120 | |
| sinkki | 7100 | | | 110 | |
| tina | 7300 | | | 65 | |
| rauta, teräs | 7900 | | | 50 | |
| lyijy | 11300 | | | 35 | |
| ruostumaton teräs | 7900 | | | 17 | |

| Aine, tarvike | Kuiva- tiheys | Lämmön- johtavuus | Kosteus- pitoisuus | Normaalinen lämmön- johtavuus | Alaviite- huomautus |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| | ρ kg/m ³ | λ_{10} W/(m · K) | W_n % kuiva- painosta | λ_n W/(m · K) | |
| muovit | | | | | |
| akryyli | 1050 | | | 0,20 | |
| polykarbonaatti | 1200 | | | 0,21 | |
| PTFE | 2200 | | | 0,23 | |
| PVC, jäykkä | 1390 | | | 0,18 | |
| PVC, 40 % pehmennin | 1200 | | | 0,14 | |
| polyetyleeni HD | 980 | | | 0,40 | |
| polyetyleeni LD | 920 | | | 0,32 | |
| polystyreeni | 1050 | | | 0,18 | |
| polyasettaatti | 1410 | | | 0,30 | |
| fenoliharts | 1600 | | | 0,5 | |
| polypropyleeni | 910 | | | 0,22 | |
| EPDM | 1150 | | | 0,20 | |
| PMMA (akrylaatti) | 1180 | | | 0,18 | |
| polyuretaani | 1200 | | | 0,25 | |
| polyamidi | 1130 | | | 0,25 | |
| epoksiharts | 1200 | | | 0,23 | |
| silikoni | 1200 | | | 0,30 | |
| kumit | | | | | |
| polyisobutyleeni | 920 | | | 0,13 | |
| butyyli | 1200 | | | 0,24 | |
| polysulfidi | | | | 0,19 | |
| neopreeni | 1240 | | | 0,23 | |
| lasi | 2500 | | | 1,0 | |
| tiivistys- ja eristysaineet | | | | | |
| nailon | 1140 | | | 0,23 | |
| uretaani (nestemäinen) | | | | 0,36 | |
| silikonivaaho | | | | 0,12 | |
| vinyyli (joustava) | | | | 0,12 | |
| polyetyleenivaaho | 36 | | | 0,06 | |
| maa-aineksia | | | | | |
| savi tai siltti | 1500 | | | 1,5 | |
| hiekk, sora, moreeni | 2000 | | | 2,0 | |
| kivilaatuja | | | | | |
| basaltti | 2800 | | | 3,5 | |
| kalkkikivi | 2300 | | | 2,5 | |
| graniitti | 2700 | | | 2,8 | |
| hiekkakivi | 2300 | | | 2,0 | |
| luonnon hohkakivi | 400 | | | 0,08 | |
| vesi, 10 °C | | | | 0,6 | |
| jää, 0 °C | | | | 2,2 | |
| jää, -10 °C | | | | 2,5 | |
| lumi, pehmeä | 200 | | | 0,12 | |
| lumi, tiivistetty | 500 | | | 0,70 | |

5

LÄMMÖNVASTUKSIA

5.1 Pintavastus

5.1.1

Ulkoilmaan rajoittuvien rakennusosien pintavastuksina käytetään taulukossa 2 esitetyjä arvoja.

TAULUKKO 2. SISÄ- JA ULKOPUOLINEN PINTAVASTUS R_{si} JA R_{se}

| Sisäpuolinen pintavastus R_{si} , ($m^2 \cdot K$)/W | | | Ulkopuolinen pintavastus R_{se} , ($m^2 \cdot K$)/W | | |
|--|----------|----------|--|----------|----------|
| Lämpövirran suunta | | | | | |
| vaakasuora | ylöspäin | alaspäin | vaakasuora | ylöspäin | alaspäin |
| 0,13 | 0,10 | 0,17 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

Väliarvot 0° – 90° saadaan lineaarisesti interpoloimalla.

5.2 Ilmakerroksen lämmönvastus

5.2.1

Tuulettumaton ilmakerros on rakennusosassa oleva suljettu ilmapäli, johon ei johda ulkopuolelta ilmapirtausaukkoa.

5.2.2

Ilmakerros, jonka ulkopuolisessa rakenteen osassa ei ole lämmöneristystä ja johon johtaa ulkopuolelta pieniä aukkoja, voidaan lämmönvastukseltaan ottaa huomioon kuten tuulettumaton ilmakerros. Tällöin aukot eivät saa sijaita niin, että ne sallivat tuuletusvirtauksen ilmakerroksen kautta sen reunalta toiselle. Lisäksi edellytetään, ettei aukkojen yhteenlaskettu koko ylitä seuraavia raja-arvoja.

- $5 \text{ cm}^2/\text{m}$ pystysuorassa rakenteessa olevan pystysuoran ilmakerroksen pituusyksikköä kohti
- $5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ vaakasuoran ilmakerroksen pinta-alayksikköä kohti

5.2.3

Tuulettumattoman ilmakerroksen lämmönvastuksena käytetään taulukossa 3 esitetyjä arvoja.

Taulukossa 3 alempana esitetyt arvot pätevät vain, jos heijastava pinta pysyy jatkuvasti puhtaina ja emissiviteetiltään pienempänä kuin 0,2.

5.2.4

Tuulettuva ilmakerros on rakennusosassa oleva ilmapäli, jonka kautta kulkee tuulettava ilmapirtaus rakennusosan reunalta toiselle. Tuulettuva il-

TAULUKKO 3. TUULETTUMATTOMAN ILMAKERROKSEN LÄMMÖNVASTUS R_g

| Rajoittavien pintojen emissiviteetti | Ilmaraon paksuus d_g mm | Lämmönvastus R_g , ($m^2 \cdot K$)/W | | |
|--|---------------------------|--|----------|----------|
| | | Lämpövirran suunta | | |
| | | vaakasuora | ylöspäin | alaspäin |
| yleinen tapaus: ei heijastavia pintoja $\epsilon > 0,8$ | 5 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |
| | 10 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| | 20 | 0,17 | 0,16 | 0,18 |
| | 50–100 | 0,18 | 0,16 | 0,21 |
| toinen pinta heijastava $\epsilon < 0,2$ | 5 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| | 10 | 0,27 | 0,23 | 0,29 |
| | 20 | 0,36 | 0,25 | 0,43 |
| | 50–100 | 0,34 | 0,27 | 0,61 |

makerros on joko lievästi tuulettuva tai hyvin tuulettuva riippuen ilmaväliin johtavien aukkojen suuruudesta.

5.2.5

Ilmakerros on lievästi tuulettava, kun ulkoilmaan rajoittuvien aukkojen pinta-ala on seuraavissa rajoissa:

- enemmän kuin $5 \text{ cm}^2/\text{m}$, mutta enintään $15 \text{ cm}^2/\text{m}$ pystysuorassa rakenteessa olevan pystysuoran ilmakerroksen pituusyksikköä kohti
- enemmän kuin $5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, mutta enintään $15 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ vaakasuoran ilmakerroksen pinta-ala-yksikköä kohti

5.2.6

Lievästi tuulettuvan ilmakerroksen lämmönvastuksena saa ottaa huomioon puolet taulukossa 3 annetusta vastaavan tuulettumattoman ilmakerroksen lämmönvastuksesta. Jos rakenteen lämmönvastus ilmakerroksesta ulkopuolen ympäristöön on suurempi kuin $0,15 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$, käytetään laskelmissa tälle rakenteen osalle arvoa $0,15 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$.

5.2.7

Hyvin tuulettuvaan ilmakerrokseen johtavien aukkojen yhteenlaskettu koko on suurempi kuin $15 \text{ cm}^2/\text{m}$ (pystyrakenteet) tai $15 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ (vaakasuorat rakenteet).

5.2.8

Jos rakenteessa on hyvin tuulettuva ilmakerros, ei sen eikä ilmakerroksen ulkopuolisen rakenteen osan lämmönvastusta saa ottaa huomioon laskettaessa rakenteen kokonaislämmönvastus. Tällöin kuitenkin sisäpuolisen rakenteen osan ilmakerrokseen rajoittuvan pinnan pintavastuksena voidaan käyttää taulukon 2 sisäpuolisen pintavastuksen (R_{si}) arvoja.

5.2.9

Koneellisesti tuuletetun ilmakerroksen lämmönvastusta ei saa ottaa huomioon laskelmissa, ellei ilmakerroksen ja sen ulkopuolella olevan ainekerroksen vaikutusta rakenteeseen ole erikseen selvitetty.

5.2.10

Tuulettumisen vaikutus rakenteen kokonaislämmönvastukseen voidaan määrittää erillisen tutkimuksen perusteella, kun tässä esitetyt ohjeet soveltuvat huonosti (esim. tuuletusurat) tai käytetty menetelmä antaa ohjeisiin verrattuna tarkemman tuloksen.

5.2.11

Kattorakenteessa, jossa lämmöneristetyin, yleensä vaakasuoran yläpohjan ja kallistetun vesikaton väliin jää ilmatila, voidaan ilmatila katsoa termisesti homogeeniseksi kerrokseksi, jonka lämmönvastus on taulukon 4 mukainen.

TAULUKKO 4. KATON ILMATILAN LÄMMÖNVASTUS R_g

| Katon rakennetyyppi | Lämmönvastus $R_{g,}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K)/W}$ |
|---|--|
| 1. tiilikatto, palahuopakatto tai vastaava aluskatteella tai sitä vastaavalla ainekerroksella | 0,2 |
| 2. kuten 1, mutta matalaemissiviteettipinta kuten alumiinikerros aluskatteen alapinnassa | 0,3 |
| 3. yhtenäinen huopakate alusrakenteineen tai vastaava raoton vesikate | 0,3 |

Selostus

Arvot taulukossa 4 koskevat tuulettuvaa ilmatilaa ja vesikattorakennetta sen yläpuolella. Arvoihin ei sisälly ulkopuolista pintavastusta (R_{se}).

5.3 Ohuen ainekerroksen lämmönvastus

5.3.1

Ohuita verraten tiiviitä ainekerroksia ovat mm. muovikalvot, rakennuspaperit, huopa- ja pahvi-kerrokset, joiden ilmanläpäisykerroin on enintään $10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$. Näiden lämmönvastukset esitetään taulukossa 5.

TAULUKKO 5. OHUEN AINEKERROKSEN LÄMMÖNVASTUS R_q

| Katon rakennetyyppi | Lämmönvastus $R_{q,}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K)/W}$ |
|--|--|
| Toinen pinta jäykkää alustaa, esim. lautaseinää vasten*) | 0,02 |
| Jäykkien pintojen välissä*) | 0,04 |

*) Lämmönvastus sisältää sekä ainekerroksen lämmönvastuksen, että sen ja jäykän pinnan, lautakerroksen tms. väliin muodostuvan ohuen ilmakerroksen lämmönvastuksen.

5.4 Maanvastaiset rakenteet

5.4.1

Maanvastaisten rakennusosien tulisi olla lämpö- ja kosteusteknisesti toimivia niin, että saavutetaan haluttu eristystaso eikä kosteus, routiminen ja pintojen kylmyys aiheuta haittaa. Suunnittelussa ja toteutuksessa otetaan huomioon maanpinnan muodot, maa-aineisten ominaisuudet, pohjaveden korkeus ja pintavesien kulku.

5.4.2

Rakenteen sisäpinnan lämpötila ulkoseinän ja maanvastaisen lattian liittymän läheisyydessä ei saa laskea viihtyvyyden kannalta liian matalaksi. Ulkoseinän, alapohjan ja perusmuurin lämmöneristys sijoitetaan toisiinsa nähden niin, ettei rakenteiden liittymään muodostu haitallista kylmäsiltaa.

5.4.3

Jos lämpimän rakennuksen perustamissyvyys routivalla maaperällä jää luonnonmukaisen routattoman syvyyden yläpuolelle, suojataan perustukset routaeristyksellä. Käytettävä eriste sekä eristyksen sijainti ja lämmönvastus valitaan tavoitteena rakennuksen käyttöään kestävä suunnitelmien mukainen toiminta.

5.4.4

Ellei tarkempia laskelmia tai kokeita tehdä laskeaan maanvastaisten rakennusosien kokonaislämmönvastus kohtien 5.4.5 5.4.11 mukaisesti.

5.4.5

Alapohja ja kellarin seinä oletetaan jaetuksi reuna- ja sisäalueeseen kuvien 1 ja 2 mukaisesti. Maan lämmönvastuksena (R_b) käytetään taulukossa 6 annettuja arvoja, joissa on otettu huomioon ulkopuolinen pintavastus (R_{se}). Tällöin edellytetään, että perustukset ja alapohja on pysyvästi kuivatettu käyttäen tarkoituksenmukaisia ratkaisuja salaojitukseen ja pintavesien pois johtamiseen. Myös salaojan tarkastusputket ja -kaivot tulee peittää tiiviillä kannella, maakerroksella, lämmöneristekerroksella yms. ulkoilman pääsyn ja routimisen estämiseksi.

5.4.6

Maan lämmönvastus saadaan ottaa huomioon laskettaessa maanvaraisen lattian ja kellarin ulkoseinän lämmönvastuksia. Tällöin käytetään taulukossa 6 annettuja lämmönvastuksen arvoja ellei lämpövirtauksesta rakennuksen alla tehdä tarkempia laskelmia tai kokeita.

5.4.7

Perusmaan lämmönvastuksena maanvastaisen alapohjan alla käytetään taulukon 6 sarakkeissa 3 ja 4 esitettyjä arvoja. Vastaavasti käytetään kellarin seinän ulkopuolisen maan lämmönvastuksena taulukossa 6 sarakkeessa 5 ja 6 annettuja arvoja.

5.4.8

Taulukon 6 arvoja voidaan käyttää, jos lattiarakenteen alapinta on enintään 300 mm viereistä maanpintaa ylempänä ja salaojituskerroksen alla oleva maakerros on vähintään 1 m paksu.

Selostus

Lattiarakenteen alapinnaksi katsotaan salaojituskerroksen yläpintaa vasten oleva rakenteen pinta.

5.4.9

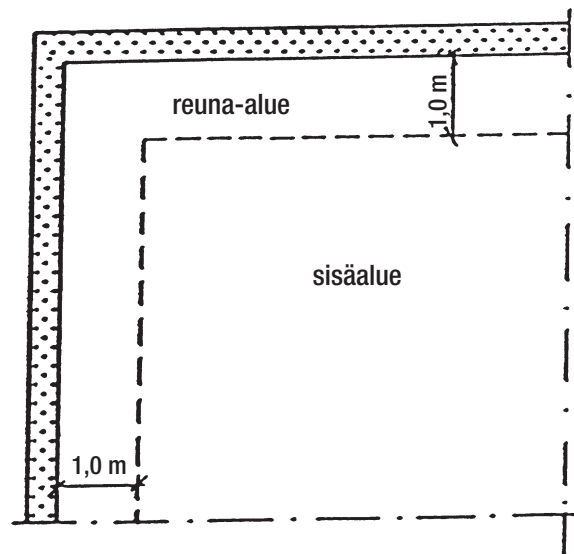
Laskettaessa lattiarakenteen ja perusmaan lämmönvastusta otaksutaan perusmaan alkavan salaojituskerroksen alapuolelta, kuitenkin enintään 200 mm lattiarakenteen alapinnan alta.

5.4.10

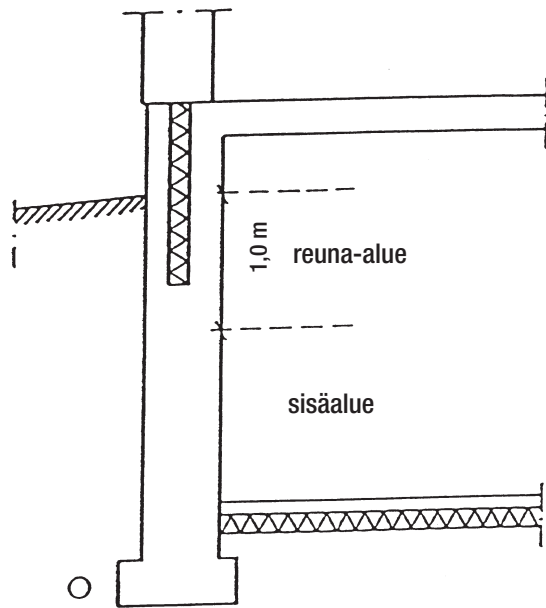
Sorasta tai sepelistä tehdyn vähintään 200 mm paksun salaojituskerroksen lämmönvastus on $0,2 (m^2 \cdot K)/W$.

5.4.11

Jos kellarin lattia sijaitsee vähintään 1 m maanpinnan alapuolella, voidaan lämmönvastuksena R_b käyttää taulukossa 6 sarakkeessa 4 sisäalueelle annettuja arvoja. Korkeammalla sijaitsevalle kellarin lattialle käytetään samoja arvoja kuin kohdassa 5.4.5 maanpinnan tasossa olevalle lattialle.



Kuva 1. Maanvaraisen alapohjan aluejako.



Kuva 2. Seinän maanvastaisen osan aluejako.

TAULUKKO 6. MAAN LÄMMÖNVASTUKSET R_b PERUSTUSTEN JA ALAPOHJAN OLLESSA PYSYVÄSTI KUIVATETTUJA

| Maa-aines | Normaalinen lämmönjohtavuus λ_n W/m K | Maan lämmönvastus R_b m^2K/W | | | |
|---|--|-------------------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| | | Perusmaa alapohjan alla | | Perusmuurin viereinen maa | |
| | | reuna-alue | sisä-alue | reuna-alue | sisä-alue |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Savi Hiekka ja sora, salaojitettu | 1,4 | 0,8 | 3,20 | 0,40 | 1,60 |
| Hiesu ja hieta Hiekka ja sora, salaojittamaton Moreeni | 2,3 | 0,50 | 2,00 | 0,25 | 1,00 |
| Kallio | 3,5 | 0,30 | 1,20 | 0,15 | 0,60 |

IKKUNAN, OVEN JA TUULETUSLUUKUN LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN

6.1 Yleistä

6.1.1

Suunnittelukohteessa kunkin rakenteeltaan erilaisen ikkuna-, ovi- ja tuuletusluukkutyypin määräysten mukaisuus todetaan erikseen (rakentamismääräyskokoelma, osa C3). Keskimääräinen lämmönläpäisykerroin lasketaan tai mitataan kohteessa yleisimmille käytettävälle ikkuna-, ovi- ja tuuletusluukkukoolle rakennetyypeittäin. Muunkokoisille rakenteille ei U-arvoa tarvitse esittää. Laskelmissa ei tarvitse ottaa huomioon ikkunan, oven tai tuuletusluukun saranoita, painikkeita yms. heloituksia.

Selostus

Ikkunan valoaukolla tarkoitetaan lasi- tai vastaavien ainekerrosten muodostamaa läpinäkyvää aluetta. Ikkunan kehällä tarkoitetaan ikkuna-aukon pieliin rajoittuvaa ikkunan avautumatonta karmirakennetta ja siihen saranoin kiinnitettyjä avautuvia puiteosia. Avautumattomassa ikkunassa lasitus kiinnitetään yleensä suoraan karmirakenteeseen, jolloin puiteosa puuttuu kehästä.

Kupumaisten ikkunoiden valoaukon pinta-alaksi katsotaan kehän, asennusaukon tai -kuilun sisäreunojen rajoittaman tasopinnan (projektiopinnan) ala.

Ovi ja tuuletusluukku käsittää yleensä karmiosan, johon on saranoitu yksi tai kaksi avautuvaa ovilevyä tai tuuletusluukun luukkuosa. Ovilevy voi sisältää läpinäkymättömän umpiosan runko- ja kehysrakenteineen ja lasituksella varustetun valoaukon. Tuuletusluukun avautuva luukku käsittää yleensä umpiosan runko- ja kehysrakenteineen.

Ikkunan ja oven lämmönläpäisykerroimen laskemiseksi esitetään menetelmä myös EN-standardissa.

6.1.2

Ikkunarakenteen määräystenmukaisuuden osoittamiseen riittää, kun rakentamismääräyskokoelman osassa C3 esitetyn vaatimuksen on osoitettu täyttyvän kehän ulkomittojen mukaan laskettuna vähintään 1,4 m² kokoisella ikkunarakenteella.

6.2 Ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin

6.2.1

Valoaukon lämmönläpäisykerroin U_g lasketaan kaavalla (6).

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_j R_{sj}} \quad (6)$$

$R_{si} + R_{se}$ sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa (taulukko 2).

λ_j lasin tai läpinäkyvän ainekerroksen j lämmönjohtavuus, W/(m · K)

d_j lasin tai läpinäkyvän ainekerroksen j paksuus, m

R_{sj} lasivälin j lämmönvastus, (m² · K)/W

6.2.2

Vaakasuoran ikkunan ilmvälin lämmönvastus saadaan vähentämällä 20 % taulukossa 7 annetuista arvoista. Väliarvot 0°–90° saadaan lineaarisesti interpoloimalla.

6.2.3

Pestävässä pinnassa käytetään vain pesunkestäviä pieniemissiviteettipinnoitteita.

Selostus

Valoaukon lasivälit voivat olla ilmatäytteisiä tai niissä on jokin muu täytekaasu. Ilmaväliä rajoittavat pinnat voivat olla tavanomaisia lasipintoja, joiden emissiviteetti on 0,837, tai toinen pinnoista on päällystetty pienen emissiviteetin pinnoitteella. Erilaisien lasivälien lämmönvastuksia esitetään taulukossa 7.

TAULUKKO 7. PYSTYSUORAN KAKSI- JA KOLMILASISEN VALOAUKON YHDEN LASIVÄLIN LÄMMÖNVASTUS R_s ERI TÄYTEKAASUILLA JA PINTOJEN EMISSIVITEETILLÄ

| Lämmönvastukset R_s , m^2K/W ^{x)} | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|
| Lasivälin paksuus, mm / lasien lukumäärä | Ilma emissiviteetti | | | | Argon emissiviteetti | | | | Krypton emissiviteetti | | | |
| | 0,04 | 0,16 | 0,4 | 0,837 | 0,04 | 0,16 | 0,4 | 0,837 | 0,04 | 0,16 | 0,4 | 0,837 |
| 9 / 2 | 0,336 | 0,280 | 0,214 | 0,154 | 0,462 | 0,362 | 0,258 | 0,176 | 0,715 | 0,502 | 0,322 | 0,204 |
| 12 / 2 | 0,438 | 0,348 | 0,251 | 0,173 | 0,597 | 0,440 | 0,296 | 0,193 | 0,745 | 0,516 | 0,328 | 0,206 |
| 15 / 2 | 0,536 | 0,407 | 0,280 | 0,186 | 0,707 | 0,498 | 0,321 | 0,203 | 0,702 | 0,495 | 0,319 | 0,203 |
| 18 / 2 | 0,539 | 0,408 | 0,281 | 0,187 | 0,688 | 0,488 | 0,316 | 0,202 | 0,647 | 0,467 | 0,308 | 0,198 |
| 9 / 3 | 0,336 | 0,280 | 0,214 | 0,154 | 0,462 | 0,362 | 0,258 | 0,176 | 0,715 | 0,502 | 0,322 | 0,204 |
| 12 / 3 | 0,438 | 0,348 | 0,251 | 0,173 | 0,597 | 0,440 | 0,296 | 0,193 | 0,909 | 0,590 | 0,356 | 0,217 |
| 15 / 3 | 0,536 | 0,406 | 0,280 | 0,186 | 0,724 | 0,506 | 0,324 | 0,205 | 0,903 | 0,587 | 0,355 | 0,217 |
| 18 / 3 | 0,630 | 0,458 | 0,303 | 0,196 | 0,843 | 0,561 | 0,345 | 0,213 | 0,864 | 0,571 | 0,349 | 0,215 |
| 20 / 2 | 0,527 | 0,401 | 0,277 | 0,185 | | | | | | | | |
| t25 / 2 | 0,491 | 0,380 | 0,267 | 0,181 | | | | | | | | |
| 30 / 2 | 0,445 | 0,352 | 0,253 | 0,174 | | | | | | | | |
| 30-300 / 2 | 0,442 | 0,350 | 0,252 | 0,174 | | | | | | | | |
| 20 / 3 | 0,671 | 0,480 | 0,313 | 0,200 | | | | | | | | |
| 25 / 3 | 0,647 | 0,467 | 0,307 | 0,198 | | | | | | | | |
| 30 / 3 | 0,613 | 0,449 | 0,300 | 0,195 | | | | | | | | |
| 30-300 / 3 | 0,573 | 0,427 | 0,290 | 0,191 | | | | | | | | |

x) Lasivälin toisen pinnan emissiviteetti on 0,837

6.2.4

Taulukoissa 8 ja 9 annetaan valmiiksi laskettuja valoaukon lämmönläpäisykertoimen arvoja.

TAULUKKO 8. ERISTYSLASIN VALOAUKON LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET

| Valoaukon lämmönläpäisykertoimet, U_g , $W/(m^2 \cdot K)$ | | | | | | | | | |
|---|---------------------|------|-------|----------------------|------|-------|------------------------|------|-------|
| Lasivälin paksuus, mm / lasien lukumäärä, kpl | Ilma emissiviteetti | | | Argon emissiviteetti | | | Krypton emissiviteetti | | |
| | 0,04 | 0,16 | 0,837 | 0,04 | 0,16 | 0,837 | 0,04 | 0,16 | 0,837 |
| 9 / 2 | 1,9 | 2,2 | 3,0 | 1,6 | 1,8 | 2,8 | 1,1 | 1,5 | 2,6 |
| 12 / 2 | 1,6 | 1,9 | 2,8 | 1,3 | 1,6 | 2,7 | 1,1 | 1,4 | 2,5 |
| 15 / 2 | 1,4 | 1,7 | 2,7 | 1,1 | 1,5 | 2,6 | 1,1 | 1,4 | 2,5 |
| 18 / 2 | 1,4 | 1,7 | 2,7 | 1,2 | 1,5 | 2,6 | 1,1 | 1,5 | 2,6 |
| 9 / 3 | 1,2 | 1,3 | 2,0 | 0,9 | 1,1 | 1,9 | 0,6 | 0,8 | 1,7 |
| 12 / 3 | 0,9 | 1,1 | 1,9 | 0,7 | 0,9 | 1,7 | 0,5 | 0,7 | 1,6 |
| 15 / 3 | 0,8 | 1,0 | 1,8 | 0,6 | 0,8 | 1,7 | 0,5 | 0,8 | 1,6 |
| 18 / 3 | 0,7 | 0,9 | 1,7 | 0,6 | 0,8 | 1,6 | 0,5 | 0,8 | 1,6 |

TAULUKKO 9. YHDISTELMÄIKKUNAN VALOAUKON LÄMMÖNLÄPÄISYKER-TOIMET, LASITUKSENA ERILLISLASI JA 2-LASINEN ERISTYSLASI

| Valoaukon lämmönläpäisykerroimet, U_g , $W/(m^2 \cdot K)$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|------|-----|-------|----------------------|------|-----|-------|------------------------|------|-----|-------|
| Lasivälin paksuus, mm eristyslasi / erillislasi | Ilma emissiviteetti | | | | Argon emissiviteetti | | | | Krypton emissiviteetti | | | |
| | 0,04 | 0,16 | 0,4 | 0,837 | 0,04 | 0,16 | 0,4 | 0,837 | 0,04 | 0,16 | 0,4 | 0,837 |
| 9 / 20-125 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 1,2 | 1,3 | 1,6 | 1,8 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,7 |
| 12 / 20-125 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,7 |
| 15 / 20-125 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,7 |
| 18 / 20-125 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,7 |

Selostus

Yhdistelmäikkunalla tarkoitetaan ikkunaa, jonka valoaukossa on sekä eristys- että erillisiä laseja.

6.3 Ikkunan kehän lämmönläpäisykerroin

6.3.1

Tavanomaisen puuikkunan kehän lämmönläpäisykerroin (U_f) lasketaan kaavalla (7).

$$U_f = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \frac{\beta \cdot d}{\lambda_n}} \quad (7)$$

d karmi- ja puiteosan keskimääräinen paksuus, m

λ_n karmi- ja puiteaineen normaalin lämmönjohtavuus

β todellisuudessa moniulotteisen lämpövirtauksen huomioon ottava korjauskerroin, 0,7

$R_{si} + R_{se}$ pintavastusten summa (taulukko 2)

6.4 Kehärakenteen ja lasituksen terminen vuorovaikutus

6.4.1

Valoaukon reunoilla esiintyvä lasituksen sekä kehärakenteen liittymälle ominainen lämpöhäviön lisäys otetaan huomioon liittymärakenteen viivamaisena lisäkonduktanssina (Ψ_g). Ellei tarkempia laskelmia suoriteta, voidaan umpiolasin metallisesta reunalistasta aiheutuvina viivamaisen lisäkonduktanssin arvoina käyttää taulukossa 10 esitettyjä arvoja. Puu- tai muovipuitteeseen asennetun erillislasin liittymän viivamaisen lisäkonduktanssin arvo on 0 $W/(m \cdot K)$.

TAULUKKO 10. ERISTYSLASIN METALLISEN REUNALISTAN AIHEUTTAMA VIIVAMAINEN LISÄKONDUKTANSSI Ψ_g

| Lisäkonduktanssi Ψ_g , $W/(m \cdot K)$ | | | |
|---|---|--|---|
| Kehän materiaali | Kaksin- tai kolminkertainen lasitus, ei pinnoitteita, kaasu- tai ilmapäli | Kolminkertainen lasitus, matalaemissiviteetti-pinnoite toisessa kaasu- välissä | Kaksinkertainen lasitus matalaemissiviteetti-pinnoitteella, kolminkertainen lasitus kaksi matalaemissiviteetti-pinnoitetta, kaasu- tai ilmapäli |
| Puu ja muovi | 0,04 | 0,05 | 0,06 |
| Metalli lämpökatkolla | 0,06 | - | 0,08 |
| Metallikehä ilman lämpökatkoa | 0 | - | 0,02 |

6.5 Ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin

6.5.1

Ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin (U_w) lasketaan kaavalla (8). Saatu lukuarvo ilmoitetaan kahdella merkitsevällä numerolla.

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \psi_g}{A_g + A_f} \quad (8)$$

A_g valoaukon pinta-ala, m^2

U_g valoaukon lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2 \cdot K)$

A_f karmi- ja puiteosan projektiopinta-ala ikkunan lasituksen tasossa, m^2

U_f karmi- ja puiteosan lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2 \cdot K)$

l_g valoaukon reunaan muodostuvan viivamaisen kylmäsilian pituus, m

ψ_g valoaukon reunan viivamainen lisäkonduktanssi, $W/(m \cdot K)$

6.6 Oven ja tuuletusluukun lämmönläpäisykerroin

6.6.1

Ovilevyn umpiosan ja tuuletusluukun luukkuosan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin (U_p) lasketaan kohdan 2.2 ja 2.3 mukaisesti. Jos samassa oviaukossa on kaksi ovilevyä ja näiden välissä ilmarako, käytetään ilmaraon lämmönvastuksena taulukon 3 mukaista arvoa. Tällöin edellytetään, että ainakin toisen ovilevyn sekä karmin välisessä raossa on tiiviste.

6.6.2

Oven karmiosan lämmönläpäisykerroin (U_f) lasketaan kohdan 6.3 mukaisesti. Ovessa mahdollisesti olevan ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin lasketaan kohdan 6.2 mukaisesti. Ovilevyn valoaukon reunojen viivamainen lisäkonduktanssi lasketaan kohdan 6.4 mukaisesti.

6.6.3

Jos samassa oviaukossa on kaksi ikkunallista ovilevyä, katsotaan ikkunat laskettaessa yhdeksi rakenteeksi ja niiden välisen ilmaraon lämmönvastuksena käytetään taulukon 3 mukaista arvoa edellyttäen, että ainakin toinen ovilevy on varustettu tiivistein.

6.6.4

Jos ovilevyn umpiosassa tai tuuletusluukussa on kylmäsiltoja, otetaan viivamaisen ja pistemäisten kylmäsiltojen vaikutus huomioon umpiosan ja luukun keskimääräisessä lämmönläpäisykerrotoimessa (U_p) kohdan 2.3 mukaisesti.

6.6.5

Oven ja tuuletusluukun keskimääräinen lämmönläpäisykerroin (U_D) lasketaan kaavalla (9).

$$U_D = \frac{A_g U_g + A_p U_p + A_f U_f + l_g \psi_g}{A_g + A_p + A_f} \quad (9)$$

A_g valoaukon pinta-ala, m^2

U_g valoaukon lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2 \cdot K)$

A_p ovilevyn umpiosan pinta-ala, m^2

U_p ovilevyn umpiosan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2 \cdot K)$

A_f karmin projektiopinta-ala ovilevyn tasoon, m^2

U_f karmin lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2 \cdot K)$

l_g valoaukon reunaan muodostuvan viivamaisen kylmäsilian pituus, m

ψ_g valoaukon reunan viivamainen lisäkonduktanssi, $W/(m \cdot K)$

LIITE

Opastavia tietoja

SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA

Tilanne 1.10.2003 tämän asetuksen antopäivän 30.10.2002 tiedoin
(ajantasainen sisällysluettelo www.ymparisto.fi)

| | | | |
|--|--|----------------------|------|
| A YLEINEN OSA | | | |
| A1 | Rakennustyön valvonta | Määräykset ja ohjeet | 2000 |
| A2 | Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat | Määräykset ja ohjeet | 2002 |
| A3 | Rakennustuotteet | Määräykset | 1995 |
| A4 | Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje | Määräykset ja ohjeet | 2000 |
| A5 | Kaavamerkinnot | Määräykset | 2000 |
| B RAKENTEIDEN LUJUUS | | | |
| B1 | Rakenteiden varmuus ja kuormitukset | Määräykset | 1998 |
| B2 | Kantavat rakenteet | Määräykset | 1990 |
| B3 | Pohjarakennus | Määräykset | 1976 |
| B4 | Betonirakenteet | Ohjeet | 2001 |
| B5 | Kevytbetoniharkkorakenteet | Ohjeet | 1987 |
| B6 | Teräsohuttlevyrakenteet | Ohjeet | 1989 |
| B7 | Teräsrakenteet | Ohjeet | 1996 |
| B8 | Tiilirakenteet | Ohjeet | 1989 |
| B9 | Betoniharkkorakenteet | Ohjeet | 1993 |
| B10 | Puurakenteet | Ohjeet | 2001 |
| * | Eurocode-esistandardien kansalliset soveltamisasiakirjat (NAD) | | |
| C ERISTYKSET | | | |
| C1 | Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa | Määräykset ja ohjeet | 1998 |
| C2 | Kosteus | Määräykset ja ohjeet | 1998 |
| C3 | Rakennuksen lämmöneristys | Määräykset | 2003 |
| C4 | Lämmöneristys | Ohjeet | 2003 |
| D LVI JA ENERGIATALOUS | | | |
| D1 | Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot | Määräykset ja ohjeet | 1987 |
| D2 | Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto | Määräykset ja ohjeet | 2003 |
| D3 | Rakennusten energiatalous | Määräykset ja ohjeet | 1978 |
| D4 | LVI-piirrosmerkit | Ohjeet | 1978 |
| D5 | Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiatarpeen laskenta | Ohjeet | 1985 |
| D6 | Kvv-työnjohtaja | Määräykset | 1990 |
| D7 | Kattiloiden hyötysuhdevaatimukset | Määräykset | 1997 |
| E RAKENTEELLINEN PALOTURVALLISUUS | | | |
| E1 | Rakennusten paloturvallisuus | Määräykset ja ohjeet | 2002 |
| E2 | Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus | Ohjeet | 1997 |
| E3 | Pienet savuhormit | Ohjeet | 1988 |
| E4 | Autosuojien paloturvallisuus | Ohjeet | 1997 |
| E7 | Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus | Ohjeet | 1980 |
| E8 | Muuratut tulisijat | Ohjeet | 1985 |
| E9 | Kattilahuoneiden ja polttoainetarastojen paloturvallisuus | Ohjeet | 1997 |
| F YLEINEN RAKENNUSSUUNNITTELU | | | |
| F1 | Liikkumisesteetön rakentaminen | Määräykset ja ohjeet | 1997 |
| F2 | Rakennuksen käyttöturvallisuus | Määräykset ja ohjeet | 2001 |
| G ASUNTORAKENTAMINEN | | | |
| G1 | Asuntosuunnittelu | Määräykset | 1994 |
| G2 | Valtion tukema asuntorakentaminen | Määräykset ja ohjeet | 1998 |