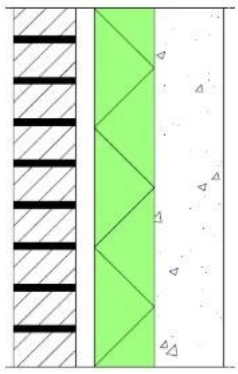
TEKNINEN OHJE 26.10.2026

Tuulettuvan ulkoseinärakenteen U-arvon laskenta

Tuulettuvan ulkoseinärakenteen U-arvo lasketaan standardin EN ISO 6946 (ohjekirja RIL 225-2023) mukaisesti huomioiden kaikkien rakenteessa olevien kerrosten lämmönvastukset ja lisäksi ulko- ja sisäpinnan pintavastukset. Tuulettuvan rakenteen tapauksessa tuuletusvälin ulkopuolisia rakennekerroksia ei huomioida U-arvon laskennassa, mutta ulkopuolisena pintavastuksena voidaan käyttää samaa arvoa, kuin sisäpuolinen pintavastus (0,13 m^2K/W). Laskettuun U-arvoon tulee lisätä mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi, jos se ylittää 3 % rakenteelle lasketusta U-arvosta.



Tiilijulkisivujen tapauksessa mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi määritetään käytettävien muuraussiteiden materiaalin, halkaisijan ja kappalemäärän perusteella. Muuraussiteiden tarvittava määrä mitoitetaan standardin EN 845-1 mukaisen **tuulikuormamitoituksen** perusteella. Minimimäärä on yleensä 4 kpl/m^2 halkaisijaltaan 4 mm ruostumattomasta teräksestä valmistettua muuraussiteitä, mutta tuulikuormamitoituksen perusteella laskettu kappalemäärä on monessa tapauksessa tätä suurempi tai vaihtoehtoisesti käytettävä muurausside on paksumpi. Mikäli U-arvo on laskettu erittäin tarkasti siten, että rakenne muuraussiteiden minimimäärällä (RST 4 mm, 4 kpl/m^2) täyttää nipin napin sille asetetun U-arvovaatimuksen, suuremmalla muuraussiteiden määrällä kyseinen U-arvo ei välttämättä enää täyty. Mikäli lämmöneriste kiinnitetään mekaanisesti ennen muuraussiteiden asentamista, myös niiden kiinnikkeiden vaikutus on otettava huomioon mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermissä.

Esimerkkilaskelma

Ohessa on esitetty esimerkkilaskelma, jossa muuraussiteiden määrä vaikuttaa lopputulokseen merkittävästi, jos määrä on enemmän kuin edellä mainittu minimimäärä 4 kpl/m^2 halkaisijaltaan 4 mm ruostumattomasta teräksestä valmistettuja muuraussiteitä. Rakenteen lämmöneristeenä on käytetty PIR-tuotetta, jonka paksuus on 120 mm ja lämmönjohtavuus 0,022 W/mK.

Rakennekerros	**Paksuus**	**Lämmönjohtavuus**	**Lämmönvastus**
Sisäpuolen pintavastus	-	-	0,13 m^2K/W
Kantava betoninen sisäkuori	150 mm	2,5 W/mK	0,06 m^2K/W
Lämmöneriste FF-PIR AL	120 mm	0,022 W/mK	5,4545 m^2K/W
Tuuletusrako / Ulkopuolen pintavastus	-	-	0,13 m^2K/W
LÄMMÖNVASTUS YHTEENSÄ			**5,7745 m^2K/W**

Pelkälle rakenteelle (ilman muuraussiteitä) laskettu U-arvo saadaan lämmönvastuksen käänteislukuna eli 1/5,7745 m^2K/W = 0,1732 W/m^2K.

Mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi ΔU lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\Delta U = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_1} \cdot \left(\frac{R_1}{R_{tot}}\right)^2$$

jossa

α = 0,8 (kun muurausside läpäisee lämmöneristekerroksen kokonaan)

α = $0{,}8 \cdot \frac{d_1}{d_0}$ (kun muurausside läpäisee lämmöneristeen osittain)

λ_f = Muuraussiteen lämmönjohtavuus

n_f = Muuraussiteiden määrä (kpl/m^2)

A_f = Yhden muuraussiteen pinta-ala

d_0 = Sen eristekerroksen paksuus, jossa muurausside on

d_1 = Muuraussiteen pituus

R_1 = Muuraussiteitä sisältävän rakennekerroksen lämmönvastus

R_{tot} = Rakenteen kokonaislämmönvastus (ilman mekaanisia kiinnikkeitä tai kylmäsiltoja)

Lasketaan mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi muuraussiteiden minimimäärällä (RST-muuraussiteet, halkaisija 4 mm ja määrä 4 kpl/m^2):

α = 0,8 eli kiinnike läpäisee eristekerroksen täysin kohtisuoraan

λ_f = 17 W/mK (RST-kiinnikkeet)

n_f = 4 kpl/m^2

$A_f = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{4\ mm}{2}\right)^2$ = 0,000012566 m^2 = 12,57 mm^2

d_0 = 120 mm

d_1 = 120 mm

R_1 = 5,4545 m^2K/W

R_{tot} = 5,7745 m^2K/W

$$\Delta U = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_1} \cdot \left(\frac{R_1}{R_{tot}}\right)^2 = 0{,}8 \cdot \frac{17\frac{W}{mK} \cdot 12{,}57\ mm^2 \cdot 4\ \frac{kpl}{m^2}}{120\ mm} \cdot \left(\frac{5{,}4545}{5{,}7745}\right)^2$$
$$= 0{,}00508\ \frac{W}{m^2K}$$

Tarkasteltavalla rakenteelle laskettu mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi on (0,00508/0,1732) 2,936 % edellä lasketusta rakenteen U-arvosta eli alle 3 % pelkälle rakenteelle lasketusta U-arvosta. Tämän perusteella mekaanisten kiinnikkeiden eli muuraussiteiden vaikutusta ei tarvitse ottaa

huomioon, kun määritetään rakenteen U-arvoa. Rakenteelle laskettu U-arvo saadaan pyöristämällä edellä pelkälle rakenteelle laskettu U-arvon normaalin pyöristyssäännön mukaan kahden desimaalin tarkkuuteen, jolloin rakenteen U-arvo on 0,17 W/m^{2}K.

Muuraussiteiden määrän vaikutus U-arvoon

Edellä laskettu mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi jää nipin napin alle kolmen prosentin. Mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi ei kuitenkaan alita kolmen prosentin osuutta esim. seuraavissa tapauksissa:

Muuraussiteiden määrä on suurempi kuin 4 kpl/m^2:

- Jos muuraussiteiden määrä on 4,1 kpl/m^2, mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermiksi saadaan 0,005211 W/m^{2}K. Tällöin korjaustermi on 3,009 % eli suurempi kuin kolme prosenttia rakenteen lasketusta U-arvosta, jolloin rakenteen korjatuksi U-arvoksi saadaan U_c = 0,1732 W/m^{2}K + 0,00521 W/m^{2}K = 0,18 W/m^{2}K.

  HUOM! Usein käytetty muuraussiteiden määrä ylittää suunnitelmien mukaisen määrän johtuen siitä, että nurkka-alueilla ja ikkunanpielissä kiinnikkeitä käytetään enemmän.

Kiinnikkeen halkaisija on suurempi kuin 4 mm:

- Jos kiinnikkeen paksuus on 5 mm, mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermiksi saadaan 0,00794 W/m^{2}K. Tällöin korjaustermi on 4,586 % rakenteen lasketusta U-arvosta, jolloin rakenteen korjatuksi U-arvoksi saadaan U_c = 0,1732 W/m^{2}K + 0,00794 W/m^{2}K = 0,18 W/m^{2}K.

  HUOM! Myös paksumpia eli 5 mm kiinnikkeitä käytetään tiilimuurausten yhteydessä.

Erilliset eristelevyjen kiinnikkeet muuraussiteiden lisäksi

- Eristelevyjen työnaikaiseen kiinnittämiseen käytetään muuraussiteiden lisäksi erillisiä kiinnikkeitä, jotka tulee myös huomioida laskettaessa mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermiä.

Muuraussiteiden tarvittava määrä

Muuratuissa rakenteissa tarvittava muuraussiteiden määrä lasketaan tuulikuormamitoituksen perusteella. Tulokseen vaikuttaa mm. rakennuksen koko ja korkeus, maastoluokka (ML0-ML4), rakenteen käyttöikä, seuraamusluokka ja tietysti käytettävän kiinnikkeen kapasiteetti. Mitoittavaksi tekijäksi voi muodostua sekä veto- että puristusrasitus.

Muuraussiteiden määrä mitoitetaan standardin EN 845-1 mukaisesti. Seuraavassa on laskettu muuraussiteiden tarvittava määrä seuraavilla lähtötiedoilla:

- Rakennuksen korkeus 28 m
- Rakennuksen leveys 15 m
- Rakennuksen pituus 30 m
- Seuraamusluokka CC2
- Käyttöikä 50-100 vuotta
- Eristeen paksuus 130 mm
- Tuuletusrako 40 mm
- Tiilen leveys 135 mm
- Käytettävä kiinnike: Amutek ERRP190-4, halkaisija 4 mm

Näillä lähtötiedoilla tarvittava kiinnikemäärä eri maastoluokkien osalta on esitetty seuraavassa:

- ML0 (meri tai avoimen meren ranta): 5,9 kpl/m^2
- ML1 (järvi tai alue, vähäistä kasvillisuutta): 4,2 kpl/m^2
- ML2 (matalaa kasvillisuutta): 3,7 kpl/m^2

Muuraussiteiden määrä pyöristetään yleensä ylöspäin seuraavaan kokonaislukuun.

Finnfoamin tapa laskea U-arvo

Finnfoam laskee esimerkin mukaisen rakenteen U-arvon eristepaksuudella 130 mm (FF-PIR AL 130 mm, lämmönjohtavuus 0,022 W/mK), jolloin rakenteelle laskettu U-arvo ilman mekaanisia kiinnikkeitä on 0,1605 W/m^2K. Tällöin korjattu U-arvo U_c täyttää arvon 0,17 W/m^2K vielä seuraavilla muuraussiteiden määrillä ja halkaisijalla:

- Muuraussiteiden halkaisija on 5 mm ja määrä 6 kpl/m^2, mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi 0,01109 W/m^2K

Tällä laskentatavalla voidaan toteuttaa käytännössä kaikki enintään 28 m korkeiden rakennusten muuratut ulkoseinärakenteet maastoluokassa ML0 siten, että tuulikuormamitoituksen mukaan käytettävä muuraussiteiden määrä ei vaikuta rakenteelle laskettuun U-arvoon. Tällöin asiakkaan ei tarvitse olla huolissaan siitä, täyttääkö rakenteen U-arvo sille annettua vaatimusta vai ei.