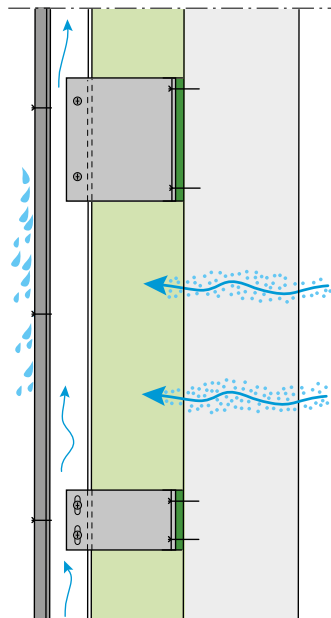




HYVIN ERISTETYT TUULETTUVAT JULKISIVUT

SUUNNITTELUOPAS



PAROC[®]

SISÄLTÖ

1. Hyvin eristetyt tuulettuvat julkisivut

1.1. Yleiset suunnitteluohjeet	4
--------------------------------------	---

2. Tuuletuksen mitoitus

2.1. Tuuletuksen mitoitus	6
---------------------------------	---

2.2. Lämmöneristyksen suunnittelu	14
---	----

3. Paroc tuotteet.....19

4. PAROC-eristysratkaisut

4.1. Puiset runkorakenteet	23
----------------------------------	----

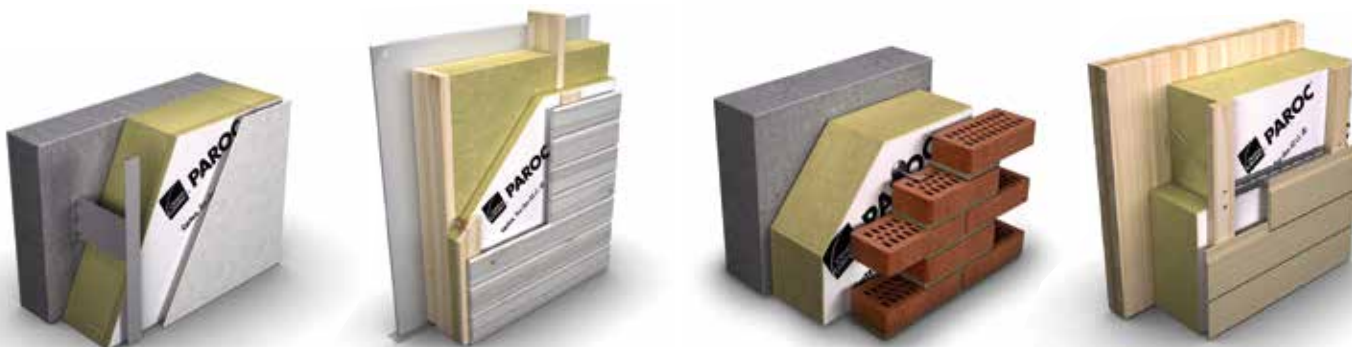
4.2. CLT-rakenteet	25
--------------------------	----

4.3. Metallirakenteiset julkisivujärjestelmät	28
---	----

4.4. Tiiliverhotut rakenteet	30
------------------------------------	----

1. HYVIN ERISTETYT TUULETTUVAT JULKISIVUT

Tuulettuva julkisivu on yleistermi julkisivurakenteille, joissa julkisivuverhoilun ja lämmöneristekerroksen välissä on rakenteen kosteusturvallisuutta parantava yhtenäinen tuuletusväli. Tuulettuvissa rakenteissa julkisivuverhous kiinnitetään kantavaan rakenteeseen lämmöneristekerroksen läpi. Tuuletusväli yhdistyy ulkoilmaan julkisivuverhouksen alareunan tuuletusaukkojen ja yläreunan poistoaukkojen sekä esimerkiksi ikkuna- ja oviaukkoihin liitettyjen kerroskohtaisten lisätuuletusaukkojen kautta. Tuuletusväliä tapahtuu jatkuva painovoimainen ilmanvaihto, jossa liikkuva ilma poistaa tuuletusväliin kertyneen ylimääräisen kosteuden.



Tuulettuville julkisivuille on ominaista, että järjestelmään tarvittavat komponentit tulevat usealta eri tavarantoimittajilta. Tästä syystä suunnittelijan voi olla vaikea saavuttaa kaikki ulkoseinärakenteelle asetetut tekniset tavoitteet. Monissa tapauksissa julkisivun suunnittelu alkaa julkisivuverhoilun valinnalla, minkä jälkeen valitaan sitä tukeva rakenne. Vasta lopuksi valitaan järjestelmään sopiva eristemateriaali.

Vaikkakin rakenteessa käytettävä eristeratkaisu valitaan listan viimeisenä, sillä ja sen toimivuudella on tärkeä rooli rakennuksen ulkovaipan lämpö-, ääni-, palo- ja kosteusominaisuuksien kannalta.

Tämän oppaan tavoitteena on esittää Paroc-lämmöneristystuotteita koskevat suunnitteluohjeet uusille tuulettuville julkisivurakenteille. Suunnitteluohjeet soveltuvat betoni-, kevytbetoni- tiili-, puurunko- ja CLT-rakenteille.

Nämä suunnitteluohjeet on laadittu VTT:n numeeristen simulaatioiden ja analyysien pohjalta (tutkimusraportti VTT-R-01215-20). Mitoitustaulukoissa esitetyt arvot perustuvat enimmäkseen vuotuisiin keskimääräisiin kosteuskuormiin ja tuuliolosuhteisiin eri ilmastovyöhykkeillä. Erilaisten ulkoseinien tuuletustarpeiden tutkimuksissa asetettiin lisäksi useita asiantuntemukseen perustuvia raja-arvoja. Saatuja tuloksia ei näin ollen voida pitää tarkkoina mitoitusarvoina, mutta ne antavat käytännölliset ohjeet siitä, millaisella tuuletuksella varmennetaan riittävä kosteuden kuivuminen ja eliminoidaan lämmöneristävyuden konvektiovaikutukset.

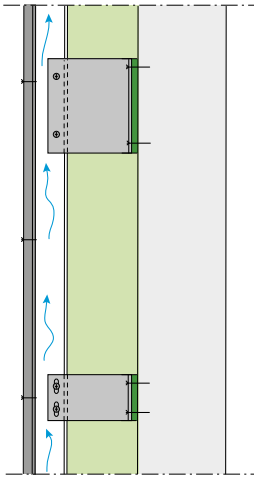
Tutkimuksissa otettiin huomioon kolme tyypillistä eurooppalaista ilmastoa:

	Pohjoinen ilmasto Vantaa, Suomi	Leuto rannikkoilmasto Bergen, Norja	Keskieurooppalainen ilmasto Holzkirchen, Saksa
T, keskiarvo (°C)	6,5	8,1	6,6
T, min. (°C)	-24,8	-9,7	-20,1
V, tuuli, keskiarvo (m/s)	4,4	3,4	2,3
Vuotuinen sademäärä (mm)	756	2421	1185

Lähde: WUFI-ilmastotietokanta

1.1. YLEISET SUUNNITTELUOHJEET

Tuulettuvia julkisivuja voidaan suunnitella joko uudisrakennuksiin tai vanhojen rakennusten julkisivukorjauksiin. Muista tarkistaa paikalliset vaatimukset ja rakennusmääräykset erityisesti materiaalien, kantavien rakenteiden sekä rakennuksen vaipan rakenne-, lämpö-, palosuoja- ja äänieristysvaatimusten osalta.



Tuulettuvan julkisivun edut:

- Tuulettuva julkisivu tarjoaa ulkoseinärakenteelle pitkäkestoisen sää- ja kosteussuojan.
- Huolella valitut asennusjärjestelmä sekä eristemateriaalit mahdollistavat lähes minkä tahansa halutun U-arvon saavuttamisen.
- Säädettävät julkisivujärjestelmät helpottavat julkisivukorjauksia
- Ekologisesti kestävä rakenne komponenttien pitkän käyttöiän, pienten huoltokustannusten ja kierrätettävyyden vuoksi.
- Palamattomien komponenttien ja eristeiden kautta saavutettu paloturvallisuus.

Kosteusturvallisuus

Kosteudenhallinta on olennaista rakennuksen moitteettoman toiminnan kannalta. Hyvin suunniteltu rakennuksen ulkovaippa suojaa asukkaita haitallisilta terveysvaikutuksilta ja rakennusta vaurioitumiselta.

Suurin osa rakennusten kosteusongelmista johtuu maaperän kosteudesta, sateesta tai rakennuksen sisällä käytetystä vedestä. Kosteudenhallinta on olennainen osa rakennuksen suunnitteluvaihetta - onneksi siihen liittyvät suunnittelusäännöt ovat melko yksinkertaisia:

- varmista, että kosteus ei pääse rakenteiden sisään ja
- varmista materiaalivalinnoilla, että rakenteen sisällä oleva kosteus pääsee haihtumaan.

Hyvän kosteusteknisen toimivuuden saavuttamiseksi tuulettuvan julkisivun tuuletusväliässä kulkevan ilmavirran on oltava riittävä. Tämä ei kuitenkaan vielä yksinään takaa rakenteen turvallista toimintaa, sillä myös useat muutkin tekijät (materiaalikerrosten diffuusioavoimuus, ilmastokuormat, ilmavuodot jne.) voivat vaikuttaa rakenteen kosteustekniseen toimintaan ja niiden vaikutus tulee tarkastella erikseen.

Julkisivumateriaalin valinta ei ole pelkkä ulkonäkökysymys, sillä julkisivu toimii rakennuksen "sadetakkina" ja sääsuojana seinärakenteen sisemmille materiaalikerroksille. Julkisivuverhous ja sitä kannatteleva alusrakenne on suunniteltava ja mitoitettava siten, että julkisivuverhouksen läpi tunkeutuva sadevesi ja mahdollinen kondenssikosteus voidaan poistaa rakenteesta hallitusti. Näin

estetään haitallisen kosteuden tunkeutuminen lämmöneristeisiin, rakenteisiin ja rakenteissa oleviin puuosiin.

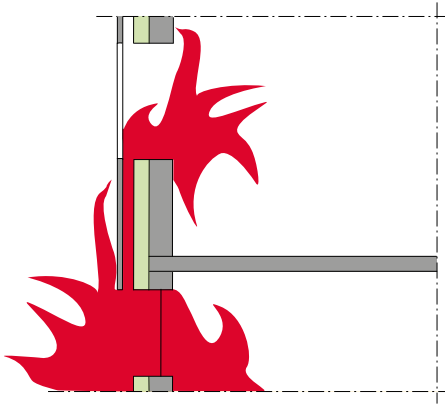
Tuulettuvien julkisivujen ulkoverhoilussa käytettävien paneelien, levyjen tai laattojen välisten saumojen suunnittelu ja tiivistäminen on toteutettava asianmukaisesti. Vaikka tuuletusväli pystyisikin siirtämään rakenteeseen tunkeutuvan kosteuden ulos rakenteesta, voi itse julkisivumateriaali kastua runsaasti vaarantaen koko julkisivun ulkonäön ja kestävyuden. Ilmastovyöhykkeillä, joilla esiintyy pakkasta, voi jään muodostuminen aiheuttaa ylimääräistä räsitusta ja mahdollisia muodonmuutoksia julkisivurakenteille.

Julkisivupintojen sadevedenhallintaan tarvitaan rakenteellista kosteussuojausta, kuten asianmukaisia vesipeltejä ja tippanokkia mm. materiaalien sekä rakenteiden sauma- ja liittymäkohtiin johtamaan pinnalla valuva vesi pois rakenteesta.

Ulkoseinärakenteessa tiiveimmät materiaalikerrokset sijoitetaan aina seinärakenteen lämpimämmälle puolelle. Rakenteen tulee harveta sisältä ulospäin mentäessä. Toisin sanoen erilaisten materiaalikerrosten vesihöyryläpäisevyyden tulisi kasvaa siirryttäessä ulospäin rakenteesta, jolloin rakenteissa mahdollisesti oleva rakennuskosteus pääsee kuivumaan ulospäin. Tuulettuvissa julkisivuissa ulospäin kulkeutunut kosteus poistetaan ulkoilmaan tuuletusvälin kautta, mikä tarkoittaa sitä, että julkisivumateriaali saa olla tarvittaessa vesi- ja höyrytiivis.

Paloturvallisuus

Julkisivujen kautta leviävä tulipalo on laajalti tunnistettu yhdeksi nopeimmista rakennuspalojen leviämistavoista. Huoneistopalon leviäminen julkisivun kautta voi tapahtua eri tavoin riippuen käytetystä julkisivujärjestelmästä sekä rakennusmateriaaleista. Tuulettuvat julkisivut ovat monikerroksisia järjestelmiä, joiden käyttö perustuu julkisivun ja lämmöneristeen välillä kiertävän ilmatilan luomiseen. Ilmaväliin luotu "hormivaikutus" on toimintamekanismi, joka parantaa julkisivun lämpö- ja kosteusteknistä käyttäytymistä. Tulipalon sattuessa tämä ilmaväli voi kuitenkin edistää tulipalon nopeaa leviämistä, joka taas aiheuttaa merkittävän riskin rakennuksen muihin kerroksiin. Siksi tuulettuvissa julkisivujärjestelmissä on aina suositeltavaa käyttää palamattomia eriste- ja julkisivumateriaaleja.



Ulkoverhouksen "hormivaikutus"

Energiätehoisuus

Julkisivumateriaalin valinnalla voi olla suuri vaikutus tuulettuvien julkisivujen energiätehoisuuteen, sillä esimerkiksi metalliprofiilijärjestelmissä varsinaisen julkisivukerroksen paino ja kiinnitystapa asettavat vaatimuksia alla olevalle runkorakenteelle sekä eristekerroksen läpi kulkeville kylmäsilloille.

Mekaaninen vakaus

Tuulettuvan julkisivun ulkoverhous kiinnitetään mekaanisesti kantavaan rakenteeseen ja kiinnityksen on oltava vakaa kaikissa olosuhteissa. Järjestelmän kiinnikkeiden mitoituksen tekee yleensä rakennesuunnittelija tai julkisivujärjestelmän valmistaja. Suunnittelussa on otettava huomioon mm. seuraavat kuormat (soveltuvin osin):

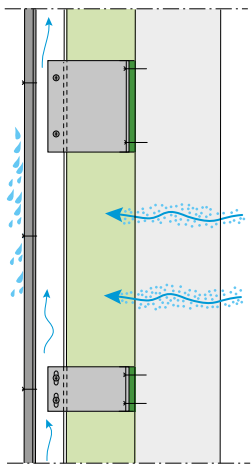
- rakenteen kuorma (mm. verhouksmateriaali, lämmöneriste)
- tuulikuorma (imu ja paine)
- lumi- ja jääkuormat
- iskukuormat
- erityiset muut kuormat (esimerkiksi maanjäristysrasitukset ja mainostaulut)

Rakennesuunnittelijan on laadittava tuulettuvasta julkisivujärjestelmästä erillinen suunnitelma voimassa olevien eurooppalaisten ja/tai kansallisten määräysten mukaisesti. Suunnitelmassa on esitettävä mm. julkisivujärjestelmän komponenttien muodostaman tukirakenteen, ulkoverhouksen sekä kiinnikkeiden mitoituslaskelmat. Metallisten julkisivujärjestelmien kohdalla tarvittavat laskelmat toimittaa yleensä järjestelmän valmistaja kohteen rakennesuunnittelijan antamien kohdekohtaisten tietojen perusteella.

2. TUULETUKSEN SUUNNITTELUPERIAATTEET

2.1. TUULETUKSEN MITOITUS

Tuulettuvassa julkisivussa ulkoilma virtaa julkisivun alaosissa sijaitsevien tuuletusaukkojen kautta tuuletusväliin, jossa ilma lämpenee seinän lämpöhäviöiden ja auringon säteilyn vaikutuksesta. Lämpenemisaste riippuu mm. ulkoseinärakenteen U-arvosta sekä julkisivumateriaalin kosteusteknisistä ominaisuuksista. Julkisivumateriaalin suuri kosteuspitoisuus vähentää sen lämmöneristyskykyä ja materiaalista haihtuva kosteus pienentää tehokkaaseen tuuletukseen tarvittavaa ilman lämpötilaeroa tuuletusvälissä. Tyypillisesti tuuletusilman ja ulkoilman välinen keskimääräinen lämpötilaero on välillä 0,2–0,6 °C vuodenajasta riippuen.



Julkisivun tuulettuista tarvitaan ulkoseinärakenteen liiallisen kosteuden kuivaamiseen. Tyypillisiä kosteuslähteitä ovat rakennusmateriaalin alkukosteus, kosteuskuormat sisä- ja ulkoilmasta (mm. tuuletusväliin johdettava ilma) sekä julkisivun kastuminen viistosateen vuoksi. Riittävän tuulettamisen varmistaminen voi olla haasteellista erilaisissa ilmasto-olosuhteissa, joissa kosteuskuormat ja tuulenpaineet vaihtelevat. Myös rakennuksen korkeus, tuuletusvälin koko, rakenteelliset yksityiskohdat ja tuuletusvälin mahdolliset palokatkot on otettava suunnittelussa huomioon.

Seuraavilla sivuilla esitetyt mitoitusaulukot perustuvat VTT:n WUFI® 6.1 -ohjelmistolla tehtyihin laajoihin numeerisiin simulaatioihin. Mallinnukset tehtiin käyttäen erilaisia rakenneyhdistelmiä:

- Kantavana rakenteena betoni, kevytbetoni, tiili, puurunko tai CLT
- Julkisivumateriaalina puu (28 mm), tiili (130 mm) tai sementtikuitulevy (8 mm)
- Lämmöneristeenä PAROC kivivilla, jonka paksuutena 200 mm, 250 mm tai 300 mm, riippuen käytetystä kantavan rakenteen materiaalista ja sen mitoista
- Kantavan rakenteen alkukosteuspitoisuus (betoni, kevytbetoni, tiili).

Tutkimukseen valittiin mahdollisimman suuret eriste- ja julkisivupaksuudet, jotta saavutettiin kosteudenhallinnan kannalta hankalimmat olosuhteet: suuri kosteuskapasiteetti ja pienet lämpötilaerot tuuletusilman ja ulkoilman välillä.

Analyysissä käytettiin 3–5 vuoden simulointijaksoja riippuen siitä, kuinka nopeasti rakenteissa oleva alkukosteus pystyi kuivumaan. Ulkoilmasto valittiin WUFI-mallikirjastosta (Vantaa, Bergen ja Holzkirchen) ja sisäilma asetettiin +20 °C:n lämpötilaan tason 2 kosteuskuormilla (enintään +4 g/m³ kosteuden lisäys ulkoilmaan verrattuna). Vain puurunkorakenteessa oli höyrysulku ($S_d = 50$ m).

Erikorkeisten rakennuksien keskimääräiset paine-erot arvioitiin tutkimuksessa mukana olleiden paikkakuntien ilmastotietojen perusteella. Näitä paine-eroja käytettiin tuulettamisen käyttövoimana. Rakennuksen korkeuden kasvaessa kasvoi myös tuuletukseen tarvittavan ilmavirran määrä ja vaadittava paine-ero kasvoi eksponentiaalisesti riittävän ilmavirran takaamiseksi. Myös lämpötilaeron aiheuttama luonnollinen konvektio otettiin tutkimuksessa huomioon tarpeellisin osin.

Simulaatioissa huomioitiin myös viistosateen vaikutus. Seinärakenteet asetettiin suurinta viistosadekuormaa kohden, tyypillisesti julkisivu etelään tai lounaaseen päin. Tutkittu ulkoseinän osa oli korkean (> 25 m) rakennuksen yläosa, jossa julkisivuihin kohdistuvat suurimmat viistosadekuormat. Simulaatioista jätettiin pois auringon säteilyn rakenteita kuivattava vaikutus, joten analyysi sisältää turvamarginaalin.

Suurimmat tuuletusvälin kosteuskuormat havaittiin käytettäessä 130 mm paksua tiilijulkisivua. Tiilijulkisivun tapauksessa kosteuskuorma ei ollut riippuvainen sisäseinärakenteesta. Tutkittua tiiliverhousta ei oltu käsitelty minkäänlaisella pintakäsittelyaineella, joka estäisi tiilien kastumisen viistosateen vuoksi. Tulokset voivat poiketa merkittävästi esitetystä, mikäli tiiliverhouks on ohuempi ja kosteuskapasiteetiltaan pienempi tai jos julkisivu on suojattu kastumiselta (vettä hylkivällä) pintakäsittelyaineella.

Puu- ja metallirankarakenteet (Pohjoinen ilmasto, Vantaa, Suomi)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 80% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm ³ /s m ²)		0,022	0,33	0,022	0,33	0,022	0,33	0,022	0,33
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm ³ /s m ²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,022 = 0,154 dm ³ /s m)		0,154	2,31	0,396	5,94	0,704	10,56	1,232	18,48
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletusvälin leveys	45 mm	110	1450	220	2800	370	4600	580	8600
	25 mm	100	1500	230	3000	380	5900	600	-
	45 mm + Palokatko	210	1800	500	-	1850	-	-	-
	25 mm + Palokatko	220	-	720	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja (esim. ikkunoiden kohdalla)			
On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² s Pa									

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla. Sementtikuitulevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

CLT-rakenteet (Pohjoinen ilmasto, Vantaa, Suomi)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 67% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm ³ /s m ²)		0,045	0,33	0,045	0,33	0,045	0,33	0,045	0,33
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm ³ /s m ²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,045 = 0,315 dm ³ /s m)		0,315	2,31	0,810	5,94	1,440	10,56	2,520	18,48
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletusvälin leveys	45 mm	180	1450	400	2800	660	4600	1030	8600
	25 mm	180	1500	410	3000	670	5900	1100	-
	45 mm + Palokatko	210	1800	500	-	1850	-	-	-
	25 mm + Palokatko	220	-	720	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja (esim. ikkunoiden kohdalla)			
On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² s Pa									

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla. Sementtikuitulevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Hyvin eristetyt tuulettuvat julkisivut

Betoni-, kevytbetoni- ja tiilirakenteet (Pohjoinen ilmasto, Vantaa, Suomi)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus: Betoni max 95% Kevytbetoni tai tiili max 85% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm ³ /s m ²)		0,056	0,28	0,056	0,28	0,056	0,28	0,056	0,28
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm ³ /s m ²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,056 = 0,392 dm ³ /s m)		0,392	1,96	1,008	5,04	1,792	8,96	3,136	15,68
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletusvälin leveys	45 mm	250	1450	550	2800	920	4600	1460	8600
	25 mm	260	1500	560	3000	950	5900	1600	-
	45 mm + Palokatko	210	1800	500	-	1850	-	-	-
	25 mm + Palokatko	220	-	720	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja (esim. ikkunoiden kohdalla)			
On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² s Pa									

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla. Sementtikuitulevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Puu- ja metallirankarakenteet (Leuto rannikkoilmasto, Bergen, Norja)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 80% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm ³ /s m ²)		0,028	0,44	0,028	0,44	0,028	0,44	0,028	0,44
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm ³ /s m ²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,028 = 0,196 dm ³ /s m)		0,196	3,08	0,504	7,920	0,896	14,08	1,568	24,64
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletusvälin leveys	45 mm	160	5500	350	-	560	-	910	-
	25 mm	160	-	350	-	570	-	970	-
	45 mm + Palokatko	320	-	900	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	330	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja (esim. ikkunoiden kohdalla)			
On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² s Pa									

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla. Sementtikuitulevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

CLT-rakenteet (Leuto rannikkoilmasto, Bergen, Norja)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 67% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm ³ /s m ²)		0,057	0,44	0,057	0,44	0,057	0,44	0,057	0,44
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm ³ /s m ²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,057 = 0,399 dm ³ /s m)		0,399	3,08	1,026	7,92	1,824	14,08	3,192	24,64
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	270	5500	590	-	950	-	1550	-
	25 mm	270	-	600	-	990	-	1740	-
	45 mm + Palokatko	320	-	900	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	330	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja (esim. ikkunoiden kohdalla)			
On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² s Pa									

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla. Sementtikuitulevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Betoni-, kevytbetoni- ja tiilirakenteet (Leuto rannikkoilmasto, Bergen, Norja)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus: Betoni max 95% Kevytbetoni tai tiili max 85% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm ³ /s m ²)		0,078	0,39	0,078	0,39	0,078	0,39	0,078	0,39
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm ³ /s m ²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,078 = 0,546 dm ³ /s m)		0,546	2,73	1,404	7,02	2,496	12,48	4,368	21,84
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	420	5500	900	-	1460	-	2420	-
	25 mm	420	-	920	-	1550	-	2970	-
	45 mm + Palokatko	320	-	900	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	330	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja (esim. ikkunoiden kohdalla)			
On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² s Pa									

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla. Sementtikuitulevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Hyvin eristetyt tuulettuvat julkisivut

Puu- ja metallirankarakenteet (Keski-Euroopan ilmasto, Holzkirchen, Saksa)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 80% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm ³ /s m ²)		0,025	0,34	0,025	0,34	0,025	0,34	0,025	0,34
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm ³ /s m ²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,025 = 0,175 dm ³ /s m)		0,175	2,38	0,450	6,12	0,800	10,88	1,400	19,04
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	170	2500	380	5500	600	9600	890	-
	25 mm	190	2650	390	7400	620	-	940	-
	45 mm + Palokatko	280	-	680	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	280	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja (esim. ikkunoiden kohdalla)			
On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² s Pa									

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla. Sementtikuitulevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

CLT-rakenteet (Keski-Euroopan ilmasto, Holzkirchen, Saksa)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus max 67% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti- kuitulevy	Tiili
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä, vuotuinen keskiarvo (dm ³ /s m ²)		0,037	0,34	0,037	0,34	0,037	0,34	0,037	0,34
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusvälissä (dm ³ /s m ²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,037 = 0,259 dm ³ /s m)		0,259	2,38	0,666	6,12	1,184	10,88	2,072	19,04
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletus- välin leveys	45 mm	240	2500	500	5500	770	9600	1140	-
	25 mm	240	2650	500	7400	800	-	1240	-
	45 mm + Palokatko	280	-	680	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	280	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja (esim. ikkunoiden kohdalla)			
On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² s Pa									

Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla. Sementtikuitulevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Betoni-, kevytbetoni- ja tiilirakenteet (Keski-Euroopan ilmasto, Holzkirchen, Saksa)

Rakenteen alkuperäinen kosteuspitoisuus: Betoni max 95% Kevytbetoni tai tiili max 85% (RH-tasapainokosteus)

Rakennuksen korkeus ja julkisivumateriaali									
		2 kerrosta ≤ 7 m		4–5 kerrosta ≤ 14–18 m		8–9 kerrosta ≤ 28–32 m		16 kerrosta ≤ 56 m	
		Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili	Puu tai sementti-kuitulevy	Tiili
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusväliässä, vuotuinen keskiarvo (dm ³ /s m ²)		0,062	0,34	0,062	0,34	0,062	0,34	0,062	0,34
Tarvittava ilmavirtaus tuuletusväliässä (dm ³ /s m ²) eri korkuisissa rakennuksissa seinäjuoksumetriä kohden (esim. 7 x 0,062 = 0,434 dm ³ /s m)		0,434	2,38	1,116	6,12	1,984	10,88	3,472	19,04
Tuuletusaukkojen koon mitoitus (mm²/m) riittävän tuuletuksen varmistamiseksi									
Tuuletusvälin leveys	45 mm	340	2500	710	5500	1100	9600	1660	-
	25 mm	350	2650	720	7400	1150	-	1900	-
	45 mm + Palokatko	280	-	680	-	-	-	-	-
	25 mm + Palokatko	280	-	10000	-	-	-	-	-
Eristeeltä vaadittava ilmanläpäisevyyskerroin konvektion estämiseksi		≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa		≤ 40 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa ≤ 30 x 10 ⁻⁶ m ³ /m s Pa, mikäli julkisivussa on enemmän tuuletusaukkoja (esim. ikkunoiden kohdalla)			
On suositeltavaa käyttää tuotteita, joiden ilmanläpäisevyyskerroin on mahdollisimman pieni. Palokatkojen yhteydessä tulee aina käyttää tuulensuojapinoitettuja eristeitä ≤ 10 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² s Pa									

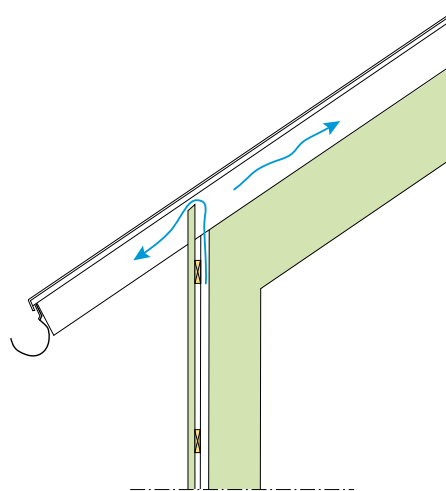
Huom! Tässä ohjeessa mainitut julkisivumateriaalit voidaan korvata paremmin vettä hylkivillä materiaaleilla kuten esim. lasilla tai metallilla. Sementtikuitulevy tai vastaava voidaan myös päällystää rappauksella.

Tuuletusaukkojen mitoitus

Ilman tulo- ja poistoaukkojen pinta-alat on yleensä esitetty muodossa mm²/m. Tämä vastaa yhden tuuletusaukon pinta-alaa rakenteen leveysuunnassa metriä kohti. Sekä tulo- että poistoaukkojen pinta-alan oletetaan olevan saman suuruinen, joten kokonaisaukkoala on kaksi kertaa suurempi kuin mitoitustaulukoissa esitetty arvo.

Jos tuuletusväliin johtaa julkisivun alaosaan vain yksi säädettävä aukko ja tuuletusvälin yläpää on täysin auki, voidaan mitoitustaulukkoa käyttää, vaikka se johtaisi seinän liian suureen tuuletukseen.

Kun tuuletusvälin ilmavirtaus ylittää vaaditun tason, ainoa tapa säätää se vaaditulle tasolle on lisätä ilman virtausvastusta tuloaukoissa pienentämällä aukon pinta-alaa.



Tuuletuksen mitoitustaulukoissa annetut aukkojen vähimmäiskoot koskevat sekä julkisivun ala- että yläosan tuuletusaukkojen mitoitusta. Julkisivun yläosassa olevan tuuletusaukon oletetaan olevan aina auki, joten tältä osin taulukon suunnitteluarvot saavutetaan helposti.

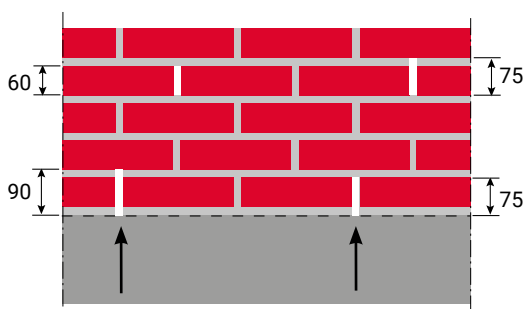
Tiilijulkisivut

Tiilijulkisivuissa tuuletusaukot tehdään tiilimuurauksen alaosaan pystysaumoihin alla olevan taulukon mukaan.

Tiilen korkeus (mm)	Tiilen pystysauman pinta-ala (mm ²)	Taukkojen kokonaispinta-ala (mm ² /m)				
		Joka kolmas pystysauma auki	Joka kolmas pystysauma auki 2 x **	Joka toinen pystysauma auki	Joka toinen pystysauma auki 2 x **	Jokainen pystysauma auki
		1 aukko/m	2 aukkoa/m	2 aukkoa/m	4 aukkoa/m	3 aukkoa/m
60	1125 (1350*)	1125 (1350*)	2250 (2475*)	2250 (2475*)	4500 (4950*)	3375 (4050*)
75	1350 (1575*)	1350 (1575*)	2700 (2925*)	2700 (2925*)	5400 (5625*)	

* Ensimmäisellä tiilirivillä on mahdollista tehdä aukosta suurempia jättämällä laasti pois ylä- ja alasaumasta (h= 60 mm + 15 mm + 15 mm tai h= 75 mm + 15 mm + 15 mm)

** Tuuletusaukot sijoitetaan 1. ja 4. tiilikerrokseen



Esimerkki: Tuuletusaukon mitoitus (mm²/m) tiilijulkisivuille, jossa tiilen korkeus on 60 mm ja joka toinen sauma jätetään auki:

Ensimmäisen tiilirivin aukot:

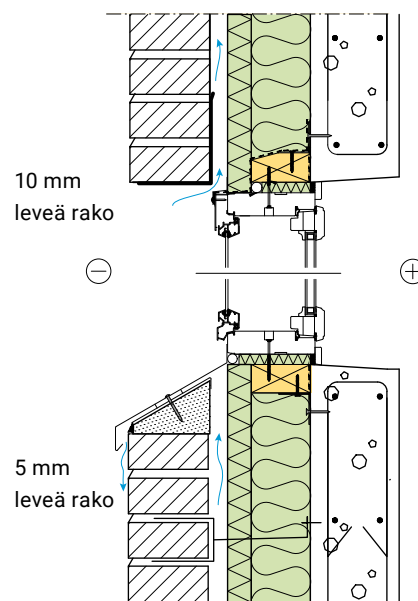
15 x 75 mm = 1125 mm² (tai 15 x 90 mm = 1350 mm²)

→ 2 aukkoa/m = 2 x 1125 mm²/m = 2250 mm²/m

→ 4 aukkoa/m (aukot 1. ja 4. tiilirivillä) =

4 x 1125 mm²/m = 4500 mm²/m

Jos tuuletusväliin johtaa useampia tuuletusaukkoja, voidaan tuuletusvälin suunnittelukorkeutena pitää tuuletusreitien enimmäiskorkeutta aukosta seuraavaan aukkoon. Tässä tapauksessa kunkin tuuletusaukon vähimmäisala määräytyy tämän suunnittelukorkeuden mukaan. Esimerkiksi, jos 28 m korkeassa rakennuksessa tuuletusaukot ovat 7 metrin välein, tällöin tuuletusaukkojen suunnittelukorkeus on 7 m ja tuuletusreitillä on viisi suunnilleen samanlaista aukkoa. Tätä lähestymistapaa voidaan käyttää myös tilanteissa, joissa ikkuna-aukkojen detaljeihin on lisätty tuuletusväliin johtavat tuuletusaukot. Mitoitustaulukon mukaisten tuuletusaukkojen vaadittu kokonaispinta-ala tulisi saavuttaa kosteusteknisesti turvallisen rakenteen varmistamiseksi, ja jokaisen aukon olisi oltava vähintään 50 prosenttia tarvittavasta kokonaispinta-alasta jaettuna tasaisesti kutakin aukkoa kohden.



Ikkunan tai oven leveys (mm)	Ikkunan/oven yläpuolella olevan tuuletusaukon pinta-ala (mm ²)	Ikkunan/oven alapuolella olevan tuuletusaukon pinta-ala (mm ²)
1000	10000	2500–5000
1200	12000	3000–6000
1500	15000	3750–7500
1800	18000	4500–9000
2100	21000	5250–10500

Ikkunan/oven yläpuolella olevan aukon pinta-ala = leveys x 10 mm

Ikkunan/oven alapuolella olevan aukon pinta-ala = leveys x 5 mm.

Kiinnikemateriaalit voivat pienentää ikkunan/oven alapuolella olevaa tuuletusaukkoa ~ 0–50%

Huomautus: Tässä esitetyillä aukkojen pinta-aloilla tarkoitetaan aukkojen todellista vapaata pinta-alaa. Mikäli tuuletusväliin asennetaan eläimiltä suojaavia verkkoja tai muita vastaavia rakenteita, jotka vähentävät todellista aukon pinta-alaa, tulee aukkojen pinta-alat laskea ne huomioiden.

Palokatkot

Tuuletusväleihin voidaan asentaa palokatkoja kahdesta syystä; joko palavan julkisivun tai palavan eristeen käytön yhteydessä.

Jos julkisivumateriaalin paloluokka on D tai sitä heikompi (esimerkiksi puuverhous), voidaan tuuletusväleihin vaatia asennettavaksi vaakasuuntaiset palokatkot jokaiseen kerrokseen. Palokatkojen tarve on varmistettava voimassa olevista palomääräyksistä. Yleisin käytössä oleva palokatkoratkaisu on rei'itetty metalliprofiili, mutta tuuletuksen toimivuuden näkökulmasta olisi parempi käyttää palossa laajenevia palokatkovaihtoehtoja, jotta ilmakehanavat pysyvät mahdollisimman avoimina.

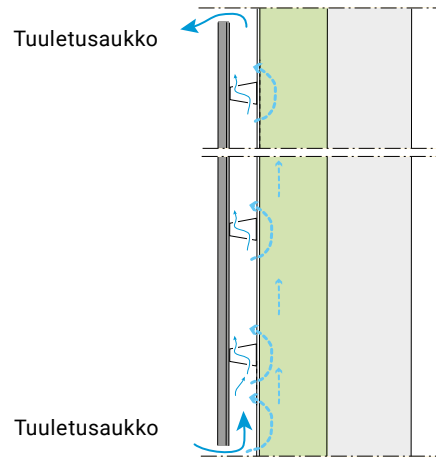
Palon leviäminen ulkoseinän tuuletusvälissä vaakasuuntaisesti esim. hätäpoistumisreittien ja osastoitujen porrashuoneiden kohdalla voidaan estää pystysuuntaisilla palokatkoilla.

Tuuletusvälin leveys

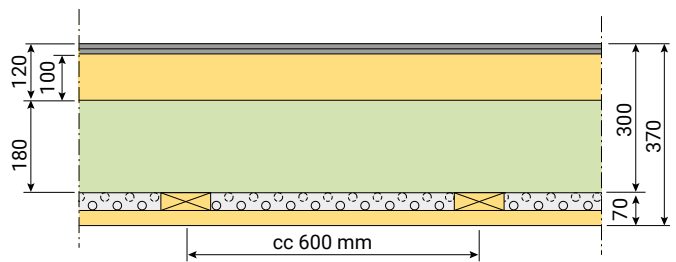
Tuuletusvälin leveyden (45 mm/25 mm) vaikutus tuuletuksen toimintaan on melko pieni tapauksissa, joissa käytetään avointa tuuletusväliä. Mutta kun tuuletusväleissä on palokatkoja, on tuuletusvälin leveyden vaikutus merkittävä, sillä palokatkot voivat vähentää tuuletusvälin poikkileikkausala jopa 95 %. Jos välin leveys on 45 mm, palokatkojen avoin pinta-ala on 80 prosenttia suurempi kuin mitä se olisi 25 mm leveällä raolla. Tämä vaikuttaa merkittävästi palokatkojen aiheuttamaan ilmavirranvastukseen.

Jotta palokatkoilla varustetuissa tuulettuissa ulkoseinärakenteissa saavutettaisiin riittävä tuuletusilman virtausnopeus, tulisi korkeiden rakennusten seinissä olevien tuuletusaukkojen määrää lisätä. Tuuletusaukkojen välinen suurin sallittu etäisyys on yleensä ~18 m.

Jos palokatkoja (tai muita vastaavia ilmavirran esteitä) on enemmän kuin tässä oppaassa oletetaan (yksi kutakin kerrosta kohti 3,3 metrin välein), halutun tuuletusilman virtausnopeuden saavuttaminen voi olla vaikeaa.



Mahdolliset palokatkot vähentävät tuuletusvälin ilmavirtausta. Palokatkoillisia tuuletusvälejä esiintyy kivillaeristeiden käytön yhteydessä tyypillisesti esim. puujulkisivuissa. Palokatkot voivat aiheuttaa merkittävää vastusta tuuletusvälissä kulkevalle ilmavirralle pienentäen tuuletusvälin suurinta mitoituksessa käytettävää korkeutta ja aiheuttaen voimakasta paikallista konvektiovirtausta lämmöneristeeseen. Tämän vuoksi palokatkoillisia tuuletusväleissä on aina suositeltavaa käyttää tuulensuojapinnoitteella varustettuja Cortex -tuoteperheen tuulensuojajärjestelmiä. Vaihtoehtoisesti huokoisen eristeen pintaan voidaan asentaa erillinen tiivis tuulensuojapinnoite, jonka suositeltava ilmanläpäisevyyskerroin on enintään $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s Pa}$.



Esimerkiksi yksi palokatko kussakin kerroksessa (jako pystysuunnassa ~3,3 m) ja jokaisella katkolla on kaksi puolta, joissa on 5 %:n avoin alue verrattuna tuuletusontelon poikkipinta-alaan.

Seuraavassa esimerkkirakenteessa on 45 mm leveä tuuletusväli, jonka pinta-ala on metrin tarkasteltavalta leveydeltä: $[(1000 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}) - (1,66 \times 45 \text{ mm} \times 100 \text{ mm})] = 37\,530 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow$ Julkisivun naulauslautojen (k600) osuus lasketaan kaavalla $(1 \text{ m}/0,6 \text{ m} = 1,66 \text{ kpl/m})$ eli niiden viemä pinta-ala on laskelmassa esitetty $1,66 \times 45 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$. Palokatkon vuoksi tuuletusvälissä olevan tuuletusaukon pinta-ala pienenee lisäksi $95\% = 0,05 \times 37\,530 \rightarrow$ Tuuletusaukon koko on näin ollen, $1876 \text{ mm}^2/\text{m}$.

2.2 LÄMMÖNERISTYKSEN SUUNNITTELU

LÄMMÖNERISTEKERROS

Tuulettuvassa julkisivussa käytettävällä eristeellä on oltava riittävä ilmavirranvastus, jotta vältetään konvektion kautta tapahtuvat lämpöhäviöt. Näissä rakenteissa lämmöneristävytyteen voi kohdistua ainakin kolmenlaisia konvektion aiheuttamia vaikutuksia.

- 1. Tuuletusvälin suuntainen painegradientti tuuletusvälissä.** Ilma virtaa tuuletusvälissä lämmöneristeen pinnan suuntaisesti. Kun ontelo on suhteellisen avonainen, suurin osa ilmasta virtaa vapaassa tuuletusvälissä, ei eristeessä, sillä eriste vastustaa ilman virtausta paljon enemmän kuin tyhjä tila. Lämmöneristekerroksen sisäpuolen ja tuuletusvälin välillä oleva lämpötilaero voi sen sijaan aiheuttaa luonnollista konvektiota eristekerroksen sisällä, jos eriste on hyvin huokoinen (ilmaa läpäisevä) ja lämpötilaero eristeen eri puolilla suuri. Luonnollinen lämpötilaeroista johtuva konvektio voi vaikuttaa lämpöhäviöihin enemmän kuin ilmavirran aiheuttama tuuletusvälin korkeussuuntainen paine-ero.
- 2. Ilmavirtaus tuuletusaukkojen läpi.** Tuuli aiheuttaa tuuletusaukkojen kohdille dynaamisia painekenttiä, ja aukon pinta-alasta riippuen aukon läpi kulkevan ilmavirran nopeus voi olla suuri. Kun tämä ilmavirta osuu lämmöneristeen pintaan, joissakin tapauksissa kohtisuoraan, voi se aiheuttaa suuria paine-eroja ja voimakasta paikallista konvektiota eli eristävyden heikennystä aukkojen kohdalla olevassa lämmöneristeessä.
- 3. Paine-erot tuuletusvälin rakenteellisten osien välillä.** Kun tuuletusontelossa on rakenteellisia osia (esim. palokatkoja), jotka vastustavat voimakkaasti ilman virtausta, pyrkii ilmavirta ohittamaan tämän esteen esim. huokoisemman lämmöneristekerroksen kautta.

Luonnollinen konvektio

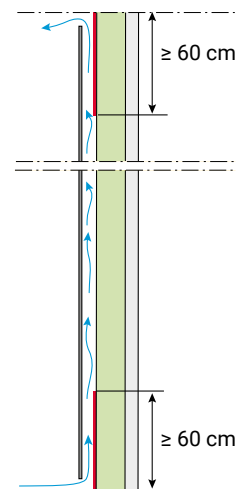
Luonnollisen konvektion riskin näkökulmasta tuulettuvissa julkisivuissa käytettävien eristetuotteiden suurimman ilmanläpäisevyyden tulisi olla noin $50 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. Luonnollista konvektiota voi tapahtua eristekerroksessa jo pelkästään suuresta sisä- ja ulkopuolen välillä vallitsevasta lämpötilaerosta. Jos eriste on liian huokoinen eli se ei vastusta ilman liikettä eristekerroksessa, voi ilman mukana siirtyvä lämpö alkaa liikkumaan eristekerroksen sisällä heikentäen näin rakennuksen energiatehokkuutta erityisesti kylminä talvipäivinä, jolloin lämpötilaero on suurimmillaan:

- Jos lämmöneristeen ilmanläpäisykerroin on välillä $70\text{--}190 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s}$, voi ulkoseinien lämmönsiirtokerroin kasvaa luonnollisesta konvektiosta johtuen $\sim 10\text{--}14\%$. Tätä heikennystä voidaan kompensoida joko lisäämällä lämmöneristekerroksen paksuutta tai käyttämällä erillistä tuulensuojatuotetta tai -pinnoitetta.
- Lämmöneristeet, joiden ilmanläpäisykerroin on yli $190 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$, on aina suojattava tuulensuojatuotteella tai -pinnoitteella

Pakotettu konvektio

Tuulen aiheuttamat paine-erot tuuletusaukkojen lähellä voivat aiheuttaa suuren konvektiovirtauksen lämmöneristeeseen erityisesti tuuletusvälin alaosassa, jossa luonnollinen konvektio tehostaa kylmemmän ulkoilman virtausta rakenteeseen. Tämä voi aiheuttaa merkittäviä paikallisia lämpötilaeroja rakenteeseen ja sitä kautta vaikuttaa myös sekä lämpöhäviöihin että jopa asumismukavuuteen.

Suosittelemme tiiviin tuulensuojakerroksen asentamista lämmöneristeiden pintaan kaikkiin tuuletusaukkoja sisältäviin rakenteisiin - vähintään tuuletusaukkojen kohdalle. Tuulensuojauksen tavoitteena on suojata lämmöneristettä näiltä paikallisilta suuren dynamiikan painegradienteilta ja ohjata ilmavirta tuuletusvälin suuntaiseksi. Suositeltava ilmanläpäisykerroin tuulensuojapinnoitelle on enintään $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s Pa}$.



Helpoin ja varmin ratkaisu on käyttää tuulettuvissa julkisivuissa tuulensuojaeristettä, kuten esimerkiksi PAROC Cortexia koko lämmöneristekerroksen ulkopuolella tai vähintään tuuletusaukkojen kohdilla. Vaihtoehtoisesti tuuletusaukkoja sisältäville vyöhykkeille voidaan lämmöneristekerroksen päälle asentaa erillinen kaistale 60 cm leveää Tyvek-tuulensuojapinnoitetta (PAROC XMW 068). Suositus koskee kaikkia julkisivujen verhouksmateriaaleja.

Tuuletusvälissä (ala- ja yläosan tuuletusaukkojen välillä) sijaitsevan lämmöneristeen tarvittava ilmanläpäisyarvo voidaan määrittää tuuletuksen mitoitustaulukoissa esitettyjen arvojen mukaisesti.

U-arvon laskenta

Tuuletetun julkisivurakenteen U-arvolaskenta tehdään ISO EN 6946 -standardin mukaisesti. Hyvin tuulettuvan ilmakerroksen sisältävän ulkoseinän kokonaislämmönvastus lasketaan ottamatta huomioon ilmakerroksen ja sen ulkopuolisten kerrosten lämmönvastuksia ja ulkopinnan lämmönvastukselle annetaan sama arvo kuin liikkumattomalle ilmalle.

Vaihtoehtoisesti laskennassa voidaan käyttää R_{si} -arvoa 0,13 sekä rakenteen sisä- että ulkopinnoilla.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n + R_{se}$$

jossa

$$R_i = d_i / \lambda_i$$

R_T = rakenneosan kokonaislämmönvastus, (m^2K/W)

R_{si}/R_{se} = sisä-/ulkopuolen pintavastus (m^2K/W)

R_i = yhden materiaalikerroksen lämmönvastus (m^2K/W)

d_i = yhden materiaalikerroksen paksuus (m)

λ_i = yhden materiaalikerroksen lämmönjohtavuus (W/mK)

Rakenneosan sisä- ja ulkopuolen pintavastukset

Lämpövirran suunta			
	Ylöspäin	Vaaka-suoraan	Alaspäin
R_{si} (sisäpuoli)	0,10	0,13	0,17
R_{se} (ulkopuoli)	0,04	0,04	0,04

U-arvo lasketaan rakenteelle ensin ilman eristekerroksen kylmäsiltoja, $U = 1/R_T$

Mekaanisten kiinnikkeiden korjaustekijä (kylmäsilto)

Kylmäsilta on rakenteessa oleva kohta, jossa lämmön siirtyminen on huomattavasti suurempaa kuin ympäröivissä materiaaleissa. Tuulettuvissa julkisivuissa kylmäsilto muodostuvat mm. eristekerroksen läpi kulkevista metallisista kiinnikkeistä ja seinäkonsoleista. Näiden kylmäsiltojen kautta lämpövirta pääsee kulkeutumaan tehokkaammin eristekerroksen läpi heikentäen näin koko rakenteen energiatehokkuutta.

Kiinnikkeiden ja seinäkonsolien määrä ja koko riippuu mm. eristekerroksen paksuudesta sekä rakenteelle kohdistuvista kuormista, kuten julkisivumateriaalin paino ja tuulikuorma. Koska metallikiinnikkeillä ja -konsoleilla on huomattavasti suurempi lämmönjohtavuus kuin eristeillä, on niiden mitoituksella ja materiaalilla merkittävä rooli rakennuksen energiatehokkuuteen erityisesti kylmässä ilmastossa sijaitsevissa rakennuksissa.

Rakenteen U-arvoa laskettaessa on huomioitava eristeen osittain tai kokonaan läpäisevät pistemäiset kylmäsilto, jotka ovat jakautuneet tasaisesti koko seinärakenteen alalle. Tällaisia pistemäisiä kylmäsiltoja

ovat mm. kiinnikkeet, kannakkeet, konsolit, tiilisiteet ja eristekiinnikkeet. Mekaanisten kiinnikkeiden/konsolien vaikutus rakenteen eristävytyteen otetaan huomioon rakenteen U-arvon laskennassa käyttämällä mekaanisista kiinnikkeistä aiheutuvaa korjaustekijää ΔU_f . Jos U-arvon kokonaiskorjaus (korjaustermi ΔU) on $\geq 3\%$ rakenteen lasketusta U-arvosta, tulee korjaustermi ΔU_f lisätä laskettuun U-arvoon.

Metallisten julkisivujärjestelmien seinäkonsolit

Kaikilla metallisten julkisivujärjestelmien valmistajilla on yleensä omat, valmistajakohtaiset pistemäiset lämmönläpäisykertoimet (χ) kiinnikkeilleen/konsoleilleen. Nämä Chi-kertoimet (χ) määritetään ISO 10211 -mallinnusmenettelyjen mukaisesti. Järjestelmävalmistajat suunnittelevat kiinnikkeiden tarvittavan määrän rakennuksen julkisivumateriaalin, yksityiskohtien ja kuormien perusteella. Jos kiinnikkeiden Chi-kertoimet ovat tiedossa, voidaan ΔU_f -korjaustekijä laskea helposti kertomalla Chi-kerroin kiinnikkeiden lukumäärällä:

$$\Delta U_f = n_f \cdot \chi$$

n_f = kiinnikkeiden lukumäärä neliometriä kohti ($1/m^2$)

χ = rakennuskohteeseen määritellyn kiinnikkeen Chi-kerroin

Jos kiinnikkeen kylmäsiltovaikutusta ei tiedetä, voidaan mekaanisten kiinnikkeiden likimääräinen vaikutus laskea seuraavalla kaavalla:

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_i} \cdot \left(\frac{R_i}{R_{tot}} \right)^2$$

ΔU_f = mekaanisten kiinnikkeiden korjaustekijä (W/m^2K)

A_f = yhden kiinnikkeen poikkipinta-ala (m^2)

λ_f = kiinnikkeen lämmönjohtavuus (W/mK)

n_f = kiinnikkeiden lukumäärä neliometriä kohti ($1/m^2$)

R_i = kiinnikkeen läpäisevän lämmöneristekerroksen lämmönvastus (m^2K/W)

R_{tot} = rakenteen kokonaislämmönvastus, jossa ei oteta huomioon mahdollisia kylmäsiltoja (m^2K/W)

$\alpha = 0,8$, jos kiinnike läpäisee lämmöneristekerroksen kokonaan

d_0 = sen lämmöneristekerroksen paksuus, jossa kiinnike on (m)

d_i = lämmöneristekerroksen läpäisevän kiinnikkeen pituus (m)

Mikäli kiinnike on vinossa ja läpäisee koko eristekerroksen (kiinnikkeen pituus on suurempi kuin eristekerroksen paksuus), $\alpha = 0,8$. Vinossa oleva kiinnike johtaa pienempään korjaukseen kuin suorassa oleva kiinnike.

Jos kiinnike läpäisee lämmöneristeen osittain (esim. lämmöneristeeseen upotettu kattokiinnike):

$$\alpha = 0,8 \cdot d_i / d_0$$

Tällöin $R_i = d_i / \text{lämmöneristeen lämmönjohtavuus}$

Kiinnikkeen/seinäkonsolin mitoitus kuuluu rakennesuunnittelijan vastuulle, sillä kiinnikkeiden koko ja määrä neliometriä kohti ($1/m^2$) riippuu julkisivun kuormista. Julkisivumateriaalin pystysuuntaiset kiinnitysprofiilit määritetään julkisivumateriaalin vaatimusten mukaisesti – tyypillisesti niiden asennus tehdään k600 mm jaolla. Käytettäessä paksuja eristekerroksia tai painavia julkisivumateriaaleja on tarvittavan seinäkonsolin koko suurempi kuin ohuilla eristekerroksilla tai kevyillä julkisivumateriaaleilla. Keskimääräinen kiinnikkeiden määrä on $\sim 3-4$ kiinnikettä/ m^2 .

Seinäkonsoleissa ja kiinnikkeissä käytetyillä erilaisilla metallilaaduilla on hyvin erilaiset lämmönjohtavuusarvot (λ). Alla olevassa taulukossa esitetään konsoleissa ja kiinnikkeissä tyypillisimmin käytettävien metallilaatujen viitteelliset lämmönjohtavuudet. Mitä suurempi metallin lämmönjohtavuus on, sitä suurempi on kiinnikkeen kylmäsilta vaikutus.

Metalli	Lämmönjohtavuus (λ), W/mK
Alumiini	220
Teräs	50
Ruostumaton teräs	17

Laskentaesimerkki:

Tuulettuva julkisivujärjestelmä asennetaan 150 mm betonielementtiin (sisäkuori) ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla L-muotoisilla seinäkonsoleilla. Eristekerroksen läpi kulkevan konsolin korkeus on 150 mm ja käytetyn materiaalin paksuus 3 mm, 4 konsolia/ m^2 . Kuinka paksu PAROC Cortex One -eristekerros tarvitaan U-arvon 0,17 W/ m^2K saavuttamiseksi?

Kiinnike, ruostumatonta terästä, λ	17 W/mK
Kiinnikkeen korkeus	0150 mm = 0,150 m
Kiinnikkeessä käytetyn metallin paksuus	3 mm = 0,003 m
Kiinnikkeen poikkipinta-ala	0,00045 m^2 (= 0,150 m x 0,003 m)
Kiinnikkeiden lukumäärä	4 kpl/ m^2
$R_{si} + R_{se}$	0,13 + 0,13 = 0,26 m^2K/W
Betoniseinän paksuus	150 mm = 0,150 m
Betoni, lämmönjohtavuus	2,5 W/mK
R_2 betoniseinä	0,06 m^2K/W (= 0,15 m / 2,5 W/mK)
R_1 eriste	d_1 (m) / 0,033 W/mK
U_c arvon vaatimus	0,17 W/ m^2K $\rightarrow U = 1/R \rightarrow R = 1/U \rightarrow$ tavoite $R = 5,88 m^2K/W$

Näistä arvoista voidaan laskea tarvittava eristepaksuus ilman kylmäsiltoja:

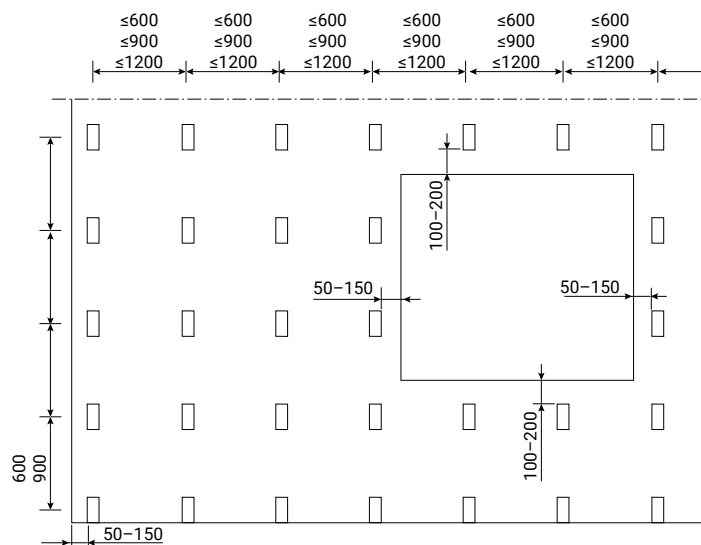
$$R_{tot} = R_{si} + R_2 + R_1 + R_{se}$$

$$R_{tot} = 0,13 + 0,06 + d_1/0,033 + 0,13 = 5,88$$

$$\rightarrow R_1(\text{eriste}) = 5,56 m^2K/W (5,88 - 0,13 - 0,06 - 0,13 = 5,56)$$

\rightarrow Ilman huomioituja kylmäsiltoja, tarvittava eristevahvuus olisi ~ 183 mm

$$(R_{eriste} = d_1/\lambda_{eriste} \rightarrow d_1 = R_{eriste} \times \lambda_{eriste} \rightarrow d_1 = 5,56 \times 0,033 = 0,183m = 183 \text{ mm})$$



Seuraavasta taulukosta löydät sekä likimääräiset korjaustekijät (ΔU_f) seinäkonsoleille että kylmäsilan vaikutuksen kompensoimiseksi tarvittavan eristyspaksuuden tason. Mikäli kylmäsiltoja ei huomioitaisi, niin tavoiteltava U-arvo voitaisiin saavuttaa 180 mm:n eristyspaksuudella. Mutta tuulettuvissa julkisivujärjestelmissä seinäkiinnikkeiden määrä on suuri, joten myös kylmäsiltojen vaikutus on suuri. Joten, kun edellä mainittuun arvoon lisätään ruostumattomasta teräksestä valmistettujen kiinnikkeiden kylmäsiltojen aiheuttama korjaus (ΔU_f), U-arvo kasvaa liian suureksi ollen 0,29 W/m²K. Muiden kiinnikemateriaalien kanssa U arvoa heikentävä vaikutus on vieläkin suurempi.

Kun siirryt taulukossa alaspäin sarakkeessa "Korjattu U-arvo, ruostumaton teräs", näet, että **U-arvo 0,17 W/m²K voidaan tässä tapauksessa saavuttaa 320 mm paksulla eristekerroksella.**

Paras tapa pienentää kylmäsilan vaikutusta ja tarvittavaa eristyspaksuutta olisi käyttää vähemmän konsoleita, joissa on pienempi lambda-arvo ja myös pienempi eristekerroksen läpi kulkeva poikkipinta-ala. Tämä ei ole aina mahdollista, koska konsoleiden mitat perustuvat koko julkisivujärjestelmän mitoittukseen.

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

Korjaustekijä (ΔU_f) esimerkkejä laskettuna 3 mm vahvaisille ja 150 mm korkeille L-muotoisille seinäkonsoleille, 4 kpl/m², $\alpha = 0,8$

Eriste-paksuus	R ₁ (eriste)	R ₂ (betoni)	R _{tot}	ΔU_f	ΔU_f	ΔU_f	Korjaa-maton U arvo	Korjattu U-arvo, Ruostu-maton teräs	Korjattu U-arvo, Teräs	Korjattu U-arvo, Alumiini
d ₁	R ₁ (Cortex One, λ=0,033 W/mK) m ² K/W	150 mm betoni, (λ=2,5 W/mK) m ² K/W	R _{tot} = R _{si} + R ₁ + R ₂ + R _{se} m ² K/W	Alumiini (λ=220 W/mK) W/m ² K	Teräs (λ=50 W/mK) W/m ² K	Ruostu-maton teräs (λ=17 W/mK) W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
0,150	4,545	0,06	4,865	1,843	0,419	0,142	0,206	0,348	0,625	2,049
0,160	4,848	0,06	5,168	1,742	0,396	0,134	0,193	0,328	0,589	1,935
0,170	5,152	0,06	5,472	1,651	0,375	0,127	0,183	0,310	0,558	1,834
0,180	5,455	0,06	5,775	1,570	0,356	0,121	0,173	0,294	0,529	1,743
0,190	5,758	0,06	6,078	1,496	0,340	0,115	0,165	0,281	0,505	1,661
0,200	6,061	0,06	6,381	1,428	0,324	0,110	0,157	0,267	0,481	1,585
0,210	6,364	0,06	6,684	1,367	0,310	0,105	0,150	0,255	0,460	1,517
0,220	6,667	0,06	6,987	1,310	0,298	0,101	0,143	0,244	0,441	1,453
0,230	6,970	0,06	7,290	1,259	0,286	0,097	0,137	0,234	0,423	1,396
0,240	7,273	0,06	7,593	1,210	0,275	0,093	0,132	0,225	0,407	1,342
0,250	7,576	0,06	7,896	1,166	0,265	0,090	0,127	0,217	0,392	1,293
0,260	7,879	0,06	8,199	1,125	0,255	0,087	0,122	0,209	0,377	1,247
0,270	8,182	0,06	8,502	1,086	0,246	0,083	0,118	0,201	0,364	1,204
0,280	8,485	0,06	8,805	1,050	0,238	0,081	0,114	0,195	0,352	1,164
0,290	8,788	0,06	9,108	1,016	0,231	0,078	0,110	0,188	0,341	1,126
0,300	9,091	0,06	9,411	0,985	0,224	0,076	0,106	0,182	0,330	1,091
0,310	9,394	0,06	9,714	0,955	0,217	0,073	0,103	0,176	0,320	1,058
0,320	9,697	0,06	10,017	0,927	0,210	0,071	0,100	0,171	0,310	1,027

R_{si} + R_{se} = 0,26 W/m²K

Tiiliverhotut julkisivut tiilisiteillä

Tiiliverhotuissa julkisivuissa esiintyy myös kylmäsiltoja, sillä tiilijulkisivu on tuettava kantavaan rakenteeseen eristekerroksen läpi metallisilla tiili-/muuraussiteillä. Tiilisiteen halkaisija on yleensä $\varnothing 4$ mm ja siteiden tarvittava määrä normaalisti n. 4–6 kpl/seinä- m^2 .

Tiilisiteiden kylmäsiltaavaikutus lasketaan käyttämällä samaa kaavaa kuin metallikiinnikkeille.

Laskentaesimerkki:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Tiiliseinä } 130 \text{ mm } (\lambda_U = 1,0 \text{ W/mK}), R = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Lämmöneriste } 175 \text{ mm } (\lambda_U = 0,036 \text{ W/mK}), R = 4,86 \text{ m}^2\text{K/W}$$

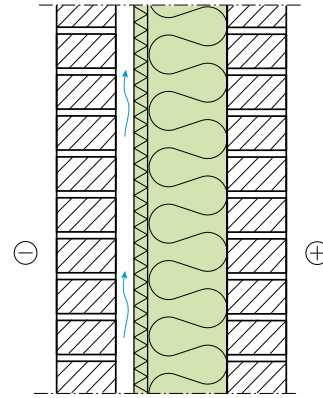
$$\lambda_U \text{ ruostumattomasta teräksestä valmistetuille siteille} = 17 \text{ W/mK}$$

$$\text{Tuulensuojaeriste } 30 \text{ mm } (\lambda_U = 0,033 \text{ W/mK}), R = 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (0,13 + 0,13 + 4,86 + 0,90 + 0,13) \text{ m}^2\text{K/W} = 6,15 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ (ilman kylmäsiltoja)}$$

$$U = 1/R_T = 1/6,15 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}$$



Kylmäsiltoja lasketaan kaavalla:

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

Side, ruostumaton teräs, lambda	17 W/mK
Siteen pituus eristekerroksessa	30 + 175 = 205 mm = 0,205 m
Siteessä käytetyn metallin paksuus	$\varnothing 4$ mm
Siteen poikkipinta-ala	$A_f = \pi (4 \text{ mm})^2 / 4 = 12,6 \text{ mm}^2 = 0,0000126 \text{ m}^2$
Siteiden (kiinnikkeiden) lukumäärä	6 kpl/ m^2
$R_1 = d_0 / \lambda_{eriste}$	$0,03 / 0,033 + 0,175 / 0,036 = 5,77 \text{ m}^2\text{K/W}$
$R_T =$	6,15 $m^2\text{K/W}$

$$U_f = 0,8 \cdot [(17 \cdot 0,0000126 \cdot 6) / 0,205] \cdot (5,77 / 6,15)^2 = 0,0047 \text{ W/m}^2\text{K}$$

0,0047 / 0,162 = 2,9% (< 3%). Jos korjausvaikutus on vähemmän kuin 3 % lämmönläpäisykerroimen lasketusta arvosta (U), korjauksia ei huomioida. Lopullinen U-arvo on siis 0,16 W/m²K

3. PAROC-TUOTTEET

PAROC-kivivillaeristeet eivät ole ainoastaan hyviä lämmöneristeitä – yhdellä ja samalla tuotteella saat rakenteillesi lisäksi erinomaiset palo- ja kosteustekniset ominaisuudet. PAROC-kivivilla parantaa myös ulkoseinän ääneneristävyyttä optimaalisen kuiturakenteensa sekä ilmanläpäisevyytensä ansiosta.

PALOTURVALLISUUS

Kaikki pinnoittamattomat PAROC-kivivillatuotteet kuuluvat parhaaseen paloluokkaan A1 ja Cortex-pinnoitetut tuulensuojaeristeet paloluokkaan A2-s1, d0. A-luokan tuotteet eivät edistä palon leviämistä ja voit käyttää niitä rajoituksetta kaikenlaisissa rakennuksissa. Palamaton kivivilla säilyttää muotonsa palon aikana, joten se suojaa kaikkia muita materiaaleja sekä kiinteistönhaltijan omaisuutta palotilanteessa. Hitaasti kehittyvä palo antaa ihmisille enemmän aikaa poistua rakennuksesta ja palomiehille enemmän aikaa sammutustöihin.

KOSTEUSTURVALLISUUS

Huokoisen rakenteensa vuoksi mineraalivilla edistää seinärakenteiden kuivumista muita eristemateriaaleja nopeammin. Vesihöyry kulkeutuu esteettä kuiturakenteen läpi kastelematta eristettä.

Kivivilla on epäorgaaninen materiaali. Kivivillan painosta 96–98 % on vulkaanista kiveä – loput 2–4 % on orgaanista sideainetta. PAROC-kivivillatuotteet on testattu puolueettomassa laboratorioissa* ja kivivillan on todettu olevan epäsuotuisa kasvualusta homeelle. Testeissä tutkittiin tyypillisimpiä rakennuksissa esiintyviä homelajeja erittäin kosteissa olosuhteissa (95–100 % suhteellisessa kosteudessa ja 22 °C:n lämpötilassa

28 vuorokauden ajan; * SP Sweden, testiraportti ETi PXX07404/17.2.2011).

PAROC-kivivillalla eristettyjä rakenteita on tutkittu oletetuissa vuoden 2030 vallitsevissa ilmasto-olosuhteissa käyttämällä VTT:n kehittämää homeindeksimallia (Mold Index Model) (Viitanen 2001). Rakenteiden toimivuutta tutkittiin sekä RH 80 % että RH 95 % suhteellisissa kosteuksissa (*Sweco RA08_61351/ 16.12.2015).

Näiden puolueettomien tutkimusten, laskelmien ja simulaatioiden perusteella tuulettuvissa julkisivuissa, joissa lämmöneristeenä on PAROC-kivivilla ja julkisivuna puuverhoilu, tiili tai julkisivulevy, kosteus- tai homeriskejä ei havaittu missään rakenteen osassa.

PAROC-kivivilla hylkii nestemäisessä muodossa olevaa vettä (hydrofobinen). Se ei myöskään ime vettä ympäröivästä ilmasta itseensä, vaan pysyy kuivana jopa erittäin kosteissa olosuhteissa (RH 98 %). Vain kuiva eriste toimii suunnitellusti.

Pehmeä kivivillaeriste on erittäin helppo asentaa. Eristystyössä eristelevyt asennetaan tiiviisti toisiaan tai ympäröivää rakennetta vasten puskuliitoksilla, jolloin saumat tiivistyvät automaattisesti villakuiduilla eikä erillisiä tiivistystuotteita tarvita. Kivivillaeriste on kestävä eristysratkaisu: se säilyttää mittansa ja ominaisuutensa eri ilmasto-olosuhteissa ja lämpötiloissa.

PAROCILLA ON LAAJA TUOTEVALIKOIMA TUULETTUVIEN JULKISIVUJEN TOTEUTTAMISEEN:



PAROC Cortex One
-tuulensuojaeriste

PAROC Cortex One – yksikerroksinen eristysratkaisu

- PAROC Cortex One on täydellinen ratkaisu tuulettuviin julkisivuihin. Yksikerroksisessa eristysratkaisussa sekä tuulensuoja että koko lämmöneristekerros ovat yhdessä ja samassa eristelevyissä. Tämä tekee julkisivueristyksestä helppoa ja nopeaa. Tuotteen erinomainen ilmatiivyys ja vedenpitävyys saavutetaan käyttämällä ilmatiiivistä, mutta vesihöyryä läpäisevää Tyvek FireCurb -tuulensuojaeristettä kivivillalevyn päällä. Pinnoitteen hyvä vesihöyrynläpäisevyys mahdollistaa rakennekosteuden kuivumisen turvallisesti ilman vaaraa kosteuden tiivistymisestä rakenteisiin. Paksulla Cortex One -eristeellä on erittäin pieni lambda-arvo 0,033 W/mK, joten erinomainen energiatehokkuus voidaan saavuttaa kaksikerroksratkaisua ohuemmillä eristepaksuuksilla.
- PAROC Cortex One:n paloluokka on A2, s1-d0, minkä ansiosta tuotetta voidaan käyttää kaikenlaisissa rakennuksissa ilman rajoituksia. PAROC Cortex One:lla on myös suojaverhouluokitus K₂30, joten sitä voidaan käyttää lämmöneristämisen lisäksi myös puurakenteiden suojaverhoustuotteena.
- Tuulensuojauksen ilmatiivyys varmistetaan teippaamalla kaikki tuulensuojaeristelevyjen väliset saumat ja liittymäkohdat ympäröiviin rakenteisiin PAROC XST 022 Saumausteipillä. Ulkokulmien tiivistämisessä on suositeltavaa käyttää asennustyötä nopeuttavaa leveämpää PAROC XST 021 Saumausteippiä.



PAROC Cortex- ja PAROC Cortex pro,
PAROC Cortex b

PAROC Cortex / PAROC Cortex pro – kaksikerroksinen eristysratkaisu

- PAROC Cortex- ja PAROC Cortex pro -tuulensuojakerstelevyjä voidaan käyttää ulompana kerroksena kaksikerroksisessa eristysratkaisussa yhdessä toisen lämmöneristekerroksen (kuten PAROC eXtran) kanssa. Kaksikerroksisen eristysratkaisun avulla voidaan luoda yhtenäinen jatkuva lämmöneristekerros asentamalla eristeet mahdollisimman tiiviisti toisiaan vasten ja eri eristekerrosten saumat limittäin. Saumojen limittäminen parantaa seinän lämmöneristyskykyä.
- Kaikki valkoiset Cortex ja Cortex pro -levyt on päällystetty Tyvek FireCurb -tuulensuojapinnoitteella. Tuulensuojakerroksen ilmatiiviyys varmistetaan teippaamalla kaikki tuulensuojakerstelevyjen väliset saumat ja liittymäkohdat ympäröiviin rakenteisiin PAROC XST 022 Saumausteipillä. Ulkokulmien tiivistämisessä on suositeltavaa käyttää asennustyötä nopeuttavaa leveämpää PAROC XST 021 Saumausteippiä.
- **PAROC Cortex b on musta tuulensuojakerste.** Mustien tuulensuojakersteiden saumojen teippaamisessa voidaan käyttää mustaa PAROC XST 042 Saumausteippiä.
- PAROC Cortex ja Cortex pro -levyt ovat erittäin energiatehokkaita. PAROC Cortexin lambda on 0,033 W/mK ja PAROC Cortex pron lambda on 0,032 W/mK.



PAROC XFF 002 Pinnoitekiinnike

PAROC XFF 002 Pinnoitekiinnike

- Muovinen kiinnike, jolla voidaan kiinnittää erillinen pinnoite jäykän kivillalevyn pintaan (ei sovellu pehmeille levyeristeille). Kiinnikkeen terävä kärki läpäisee helposti myös Cortex -tuotteiden kestävät ja lujat pinnat.
- Kiinnikettä käytetään esimerkiksi erillisenä toimitettavan PAROC XMW 068 Tyvek FireCurb tuulensuojapinnoitteen kiinnittämiseen sekä myös valmiiksi pinnoitettujen Cortex -tuotteiden tuulensuojapinnoitteen pysyvyyden varmistamiseen levyn reunoilla niissä tilanteissa, joissa saumojen teippausta ei päästä tekemään heti tuulensuojakersteiden asennustyön yhteydessä.
- Kiinnike asennetaan painamalla se pinnoitteen läpi kiinni kivillalevyyn.



PAROC XMW 068 Tyvek FireCurb
Tuulensuojapinnoite

PAROC XMW 068 Tyvek FireCurb Tuulensuojapinnoite

- Tuulensuojapinnoite on erittäin kestävä, tuuli- ja ilmatiivis ja hyvin vesihöyryä läpäisevä. Pinnoitteella suojataan huokoista lämmöneristekerrosta sateelta ja tuulen aiheuttamilta konvektiovirtauksilta.
- Pinnoite asennetaan jäykän kivillalevyn päälle PAROC XFF 002 Pinnoitekiinnikkeillä painamalla kiinnikkeet pinnoitteen läpi kivillalevyyn.
- Kokonaisille seinärakenteille suosittelemme PAROC Cortex -tuulensuojakersteitä, jossa tuulensuojapinnoite on valmiiksi kiinnitettynä lämmöneristeeseen.

Cortex-tuulensuojakersteiden saumausteipit

PAROC XST 022 ja 021 (valkoinen)

PAROC XST 042 (musta)



PAROC XST 022 ja PAROC XST 021
(valkoinen)

PAROC XST 042 (musta)

- Rakennuksen vaipan tuuli-/ilmatiiviyys varmistetaan teippaamalla eristelevyjen väliset saumat sekä liittymät muihin rakenteisiin ja läpivienteihin erittäin hyvin tarttuvilla PAROC XST Saumausteipeillä.
- Valkoista PAROC XST 022 Saumausteippiä on saatavana 60 ja 100 mm leveänä ja mustaa PAROC XST 042 teippiä 60 mm leveänä. Teipin menekki: PAROC Cortex ja PAROC Cortex pro: n. 1,5 m/m² ja PAROC Cortex One: n. 2,5 m/m².
- PAROC XST 021 -saumausteippiä käytetään tuulensuojakersteiden ulkokulmien tiivistämiseen. Leveämmän teipin käyttö nopeuttaa ja helpottaa asennustyötä. Saumausteipin leveys on 350 mm ja siinä on 2 erillistä pitkittäissuuntaista teippipintaa reunoissa.
- Tuulensuojakersteiden saumojen teippaus tulee tehdä tuulensuojakersteiden asennuksen yhteydessä puhtaalle tuulensuojapinnalle kuivissa olosuhteissa. Saamaamattomia eristeitä ei saa jättää tuulelle alttiiksi pitkäksi aikaa.
- Tuulensuojapinnoitteen liimaamisessa käytettävä liimamäärä on minimoitu parhaan paloturvallisuuden saavuttamiseksi, joten pinnoitteen alle pääsevä tuuli voi repiä teippaamattomien saumojen kautta pinnoitetta alustaltaan.
- PAROC XST 022 ja XST 042 Saumausteippien asennustemperatuurit -10 – +40 °C. PAROC XST 021 Saumausteipin asennustemperatuurit +0 – +40 °C.
- Saumausteippien varastointilämpötila on +5 – +25 °C. Varastointi kuivassa tilassa.



PAROC WAS 35t



PAROC WAS 25t



PAROC eXtra, PAROC eXtra F, eXtra pro



PAROC XFP 002 Naulausvälike



PAROC XFW 003 Aluslevy



PAROC XFS 005 CLT-ruuvi



PAROC XFM 004 Välike/kiinnike (puualustalle)

PAROC WAS 35t – yksi- tai kaksikerroksiselle eristysratkaisulle PAROC WAS 25t – kaksikerroksiselle eristysratkaisulle

- WAS-tuotteiden suuri ilmavirranvastus saavutetaan eristeen tiheällä kuiturakenteella, joka on samanlainen koko eristelevyn paksuudella. WAS-tuotteiden pinta on päällystetty ohuella luonnonvärisellä tai mustalla lasikuituhuovalla.
- PAROC WAS 25t:n ilmanläpäisykerroin on $< 30 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{Pa s}$, joten se soveltuu erittäin hyvin matalampiin ($< 7 \text{ m}$) rakennuksiin, jossa tuuletusvälin ilmavirtaus on voimakkaampi kuin korkeissa rakennuksissa.
- PAROC WAS 35t:n ilmanläpäisykerroin on $< 40 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{Pa s}$, joten se soveltuu rakennuksiin, joissa on enemmän kuin kaksi kerrosta ($> 7 \text{ m}$) ja joiden julkisivuverhoilussa tuuletusaukot on yli kolmen kerroksen välein.
- Kummankin WAS -tuotteen lambda-arvo on erinomainen $0,033 \text{ W/mK}$, ja ne kuuluvat korkeimpaan paloluokkaan A1.
- Tuuletusaukkojen ympärillä, joissa tuuletusvälissä oleva ilmavirtaus on suurempi, suosittelemme käyttämään erillistä 600 mm leveää tuulensuojakalvoa PAROC XMW 068 lasikuituhuovalla pinnoitetun WAS-eristyslevyn päällä. Vaihtoehtoisesti näillä vyöhykkeillä voidaan myös käyttää tiiviimpiä Cortex -tuotteita.

PAROC eXtra / PAROC eXtra F / eXtra pro – lämmöneriste kaksikerroksiseen eristysratkaisuun

- PAROC eXtra -tuotteet ovat pehmeitä yleiseristeitä, joita voidaan käyttää yhdessä ohuempien PAROC Cortex ja PAROC Cortex pro -tuulensuojaeristeiden kanssa varsinaisena lämmöneristekerroksena.
- PAROC eXtra ja eXtra F ovat tehokkaita lämmöneristeitä, joiden lambda on $0,036 \text{ W/mK}$. Tehokkaampaan eristystarpeeseen tai ahtaaseen rakenteeseen suosittelemme PAROC eXtra pro-eristettä, jonka lambda on $0,033 \text{ W/mK}$.
- Päällystämättömät PAROC eXtra -tuotteet kuuluvat parhaaseen A1- paloluokkaan.

PAROC XFP 002 Naulausvälike

- PAROC XFP 002 muovisen naulausvälikkeen avulla estetään tuulensuojaeristeen litistymisen naulauslautoja kiinnitettäessä. Naulausvälike on varustettu piikeillä, jotka lävistävät hyvin PAROC-tuulensuojaeristeen pinnoitteen.
- Naulausvälikkeitä on saatavana 30, 40, 50, 55 ja 70 mm paksuille tuulensuojaeristeille.

PAROC XFW 003 Aluslevy

- Metallista PAROC XFW 003 Aluslevyä ($\text{Ø } 50 \text{ mm}$ /reikä $\text{Ø } 6,5 \text{ mm}$) käytetään eristeiden kiinnittämiseen yhdessä naulojen/ruuvien kanssa.
- Aluslevy on valmistettu galvanoidusta teräslevystä. Aluslevy soveltuu käytettäväksi mm. PAROC XFS 005 CLT-ruuvien kanssa.

PAROC XFS 005 CLT-ruuvi

- PAROC XFS 005 CLT-ruuvi soveltuu 180-220 mm eristeiden kiinnittämiseen CLT-levyyn tai puuhun. Ruuvi soveltuu käytettäväksi PAROC XFW 003 Aluslevyn kanssa.

PAROC XFM 004 Välike/kiinnike (puualustalle)

- PAROC ZEROfix -julkisivujärjestelmään kuuluva 180mm pitkä PAROC XFM 004 -kiinnike toimii sekä naulauslaudan välikkeenä että 180mm paksun eristeen kiinnikkeenä puualustalle. Tuotepakkauksessa tulee mukana jatkovarsi 350 mm (Torx T25) puuruuvien asennukseen.
- PAROC XFM 004 ei sovellu suojaverhousta vaativien kohteiden kiinnikkeeksi.



PAROC XFB 002 Betonikiinnike

PAROC XFB 002 Betonikiinnike

- PAROC XFB 002 on eristeikiinnike betonialustalle. Lasikuidulla vahvistettu muovinaula kiinnikkeessä mahdollistaa nopean ja helpon asennuksen.



PAROC XFB 001 Tiilaside

PAROC XFB 001 Tiilaside

- PAROC XFB 001 -tiilisidettä käytetään tiiliverhouksen sitomiseen kiviaineiseen runkorakenteeseen. Tiilaside on tehty haponkestävästä teräksestä. Verhouksen maksimikorkeus ≤ 6 m. Tiilaside soveltuu käytettäväksi PAROC XFW 008 -lukituslevyn kanssa.



PAROC XFW 008 Lukituslevy

PAROC XFW 008 Lukituslevy

- Tiiliseiten lukituslevy PAROC XFW 008 on tarkoitettu käytettäväksi PAROC XFB 001 -tiiliseiten kanssa. Lukituslevyn avulla eriste puristetaan kiinni taustalla olevaan kivrakenteeseen.

ZEROfix-JÄRJESTELMÄÄN KUULUVAT TUOTTEET (KANTAVANA RAKENTEENA CLT):



PAROC XFS 002 Julkisivuruuvi

PAROC XFS 002 Julkisivuruuvi (puualustalle)

- PAROC XFS 002 on itseporautuva kaksoiskierteinen julkisivuruuvi (Torx T40, uppokanta) puualustalle (mm. CLT ja LVL). Ruuvi on valmistettu karkaistusta hiiliteräksestä. Ruuvissa on lisäksi sinkkinikkeli (HP) -korroosionsuojapinnoite. Erilaisten kierreosien ansiosta puuosat lukittuvat tiukasti paikalleen ja esimerkiksi puun eläminen ei löysennä rakennetta.
- PAROC ZEROfix -julkisivujärjestelmään kuuluvalla julkisivuruuvilla kiinnitetään ulkoverhouksen naulauslauta eristekerroksen päälle. Naulauslauta toimii valitun julkisivuverhoilun kiinnitysalustana. Julkisivuverhoitus asennetaan naulauslataan julkisivutoimittajan ohjeiden mukaisesti.
- PAROC XFS 002 Julkisivuruuvi soveltuu erinomaisesti mm. CLT -rakenteelle, jonka ulkopuolelle asennetaan paksu PAROC Cortex One -tuulensuojaeriste.
- Julkisivuruuvi kantaa rakenteen julkisivuverhouksen kuormat (tuulikuorman ja pystysuuntaisen kuorman). Ruuveja tarvitaan yhteen julkisivurakenteeseen kaksi eri pituutta; toinen ruuveista asennetaan vaakasuoraan (tuulikuorma) ja toinen vinoon (pystykuorma).
- Tarvittavien julkisivuruuvien lukumäärä, pituus ja sijainti on määritettävä kohteen sijainnin, tuulen nopeuden, rakennuksen korkeuden, rungon materiaalin ja verhoismateriaalin painon perusteella suunnittelijan toimesta. Tarvittava mitoituslaskenta voidaan tehdä PAROC ZEROfix -mitoitustyökalulla.



PAROC XRB 001

PAROC XRB 001 palosuojakäsitelty naulauslauta

- PAROC XRB 001 on PAROC ZEROfix -julkisivujärjestelmään kuuluva eristekerroksen päälle asennettava Palosuojakäsitelty naulauslauta (paloluokka B-s1, d0), johon varsinainen julkisivuverhoitus kiinnitetään. Naulauslauta on valmistettu kuusesta (lujuusluokka C24) ja sen mitat ovat 36 x 98 x 3600 mm.
- PAROC ZEROfix -julkisivujärjestelmässä PAROC XRB 001 naulauslaudat asennetaan 600 mm jaolla. Naulauslauta kiinnitetään eristeen läpi CLT-elementtiin järjestelmään kuuluvilla pitkillä PAROC XFS 002 Julkisivuruuveilla.
- Naulauslaudan palosuojakäsittely on tehty vedenpitävällä kyllästysmateriaalilla, mikä tekee siitä kestävämmän myös kosteutta vastaan.

Lisäksi järjestelmään kuuluvat seuraavat tuotteet, jotka on esitetty edellä tässä oppaassa:

- PAROC Cortex One Tuulensuojaeriste
- PAROC XST 022 Saumausteippi
- PAROC XST 021 Saumausteippi
- PAROC XFM 004 Välike/kiinnike
- PAROC XFS 005 CLT-ruuvi
- PAROC XFW 003 Aluslevy

4. PAROC-ERISTYSRATKAISUT

4.1. PUURUNKORAKENTEET / RAKENNE-ESIMERKKI

Puurakenteinen ulkoseinä voidaan rakentaa useilla eri tavoilla. Tästä syystä puurakenteiden palo- ja ääneneristävyyksimitoitukset tehdään yleensä laskennallisesti mm. Eurokoodi 5:n mukaisesti. Vinkkejä puurakenteiden palomitoitukseen löydät myös palo-oppaastamme.

Puista runkoseinä-rakennetta suunniteltaessa on otettava huomioon useita eri näkökohtia, joilla on vaikutus seinän palo-, lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan:



- Sisäverhous: kipsilevy, 13 mm
- Koolaus, k600/PAROC pehmeä lämmöneriste, 50 mm
- PAROC Höyryn-/ilmansulku, saumojen teippaus: PAROC XST 013
- Puurunko (C24), k600/PAROC pehmeä lämmöneriste, 125–200 mm
- Tuulensuojaeristys: PAROC Cortex pro tai PAROC Cortex kiinnitettynä ruuvien ja aluslevyn avulla. Saumojen teippaus: PAROC XST 022 (saumat) ja PAROC XST 021 (ulkokulmien tiivistys).
- Tuuletusväli: Naulausvälike tuulensuojaeristeen paksuuden mukaan PAROC XFP 002 + pystysuora naulauslauta 22 x 100 mm, k600
- Puuverhous

REI 60, kuorma 5,5 kN/runkotolppa/9,2 kN/m (EUF129-19003518-T1)
(eristeinä: PAROC eXtra 150 mm + PAROC Cortex 30 mm)

R_w 42 dB / R_w + C 40 dB / R_w + Ctr 37 dB

(eristeinä: PAROC eXtra 50 + 125 mm + PAROC Cortex pro 40 mm)

RUNGON SISÄPUOLISET RAKENTEET

Rakenteen sisäpintaan asennetut rakennuslevyt

jäykistävät rakennetta, suojaavat rakennuksen runkoa tulipalolta ja parantavat rakenteen äänieristävyyttä. Rakenteen palonkestävyyden mitoitukset tehdään Eurokoodi 5 ohjeistuksen mukaisesti. Palonkestävyys voidaan osoittaa myös palokokeen avulla.

Tiivis ilman-/höyrynsulkukerros on erityisen tärkeä puurakenteen kosteudenhallinnan kannalta, koska tämä kerros estää kostean sisäilman tunkeutumisen syvemmälle rakenteeseen. Suunnittelutyön haasteena on varmistaa höyrynsulkukerroksen jatkuvuus erityisesti rakenteiden liittymäkohdissa ja höyrynsulun läpivientikohdissa. Kaikki liittymät ja läpiviennit on tiivistettävä huolellisesti. Johdot ja kaapelit asennetaan aina höyrynsulun lämpimälle puolelle. Rungon sisäpuolinen koolaus toimii rakenteessa höyrynsulun suojana ja johdotusten asennustilana. Koolausten väliin asennettu villoitus lisää lämmöneristävyyden lisäksi rakenteen palonkesto-aikaa sekä ääneneristävyyttä.

RUNKORAKENNE

Puurunkorakenne mitoitetaan kuormituksen ja/tai energiatehokkuusvaatimusten mukaan. PAROC-kivivillasta tehdyt pehmeät levyeristeet ovat kimmoisia ja jäämäkkiä ja siten helppo asentaa tiiviisti kiinni ympäröiviin rakenteisiin ja toisiinsa ilman kiinnikkeitä. Tulipalossa kivivilla suojaa puurunkoa hiiltymiseltä.

Kivivilla onkin ainoa lämmöneristemateriaali, jota voidaan käyttää puurakenteiden palomitoituksessa palonkestävyyttä parantavana tekijänä. Palotestien ja -laskelmien mukaan yleisimmin käytössä olevat PAROC-kivivillalla eristetyt puurunkoiset seinärakenteet saavuttavat palonkestävyysluokan EI 60 (väliseinät tai ei-kantavat ulkoseinät) tai REI 60 (kantavat ulkoseinät).

Pehmeäksi lämmöneristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC eXtra** soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin.
- **PAROC eXtra F** kuten eXtra, mutta soveltuu myös rakenteisiin, jossa tarvitaan tiheydeltään $\geq 30 \text{ kg/m}^3$ kivivillatuotetta.
- **PAROC Natura Lana** hiilineutraali vaihtoehto, soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin.
- **PAROC eXtra pro** tehokkaampi lämmöneriste, soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin

Tuulensuojaeristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC Cortex/Cortex b** 30 mm eristevävyys (b= musta), $\lambda 0,033 \text{ W/mK}$
- **PAROC Cortex pro** 40, 50, 55 ja 70 mm eristevävyudet, $\lambda 0,032 \text{ W/mK}$

RUNGON ULKOPUOLISET RAKENTEET

Puurungon ulkopintaan asennettu tuulensuojajeriste suojaa sekä puurunkoa, että lämmöneristekerrosta muuttuvilta sääolosuhteilta. Kun runko eristetään ulkopuolelta yhtenäisellä tuulensuojajeristekerroksella, eristekerroksen läpi kulkeva puun muodostama kylmäsilta katkeaa, ja runkorakenteen lämpötila nousee merkittävästi parantaen rakenteen kosteusturvallisuutta. Tuulensuojajeristekerroksen suositeltu paksuus on 30–70 mm.

Huokoinen kivillaeriste ja siinä käytettävä hengittävä pinnoite eivät estä rakenteessa olevan mahdollisen rakennuskosteuden haihtumista. Rakennuksen vaipan tuuli-/ilmatiiviys varmistetaan teippaamalla tuulensuojajeristelevyjen saumat ja leikkauspinnat saumausteipillä (PAROC XST 022 ja PAROC XST 021) heti levyjen asennuksen jälkeen. Tuulensuojajeristeen ja rungon välissä voidaan tarvittaessa käyttää rakennetta jäykistävää rakennuslevykerrosta.

Naulausvälikettä PAROC XFP 002 käytetään puu- ja levyverhouksen yhteydessä naulauslautojen asennuksen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi. Välikkeellä estetään tuulensuojajeristeen puristuminen naulauslautan asennuksessa. Naulausvälike valitaan tuulensuojajeristeen paksuuden mukaan. Välike työnnetään tuulensuojajeristeen läpi runkotolppaa vasten ja kiinnitetään ruuvilla tai naulalla k600 jaolla (menekki: 4–6 kpl/m²).

Naulausvälikkeiden päälle asennetaan naulauslaudat naulaamalla tai ruuvaamalla ne kiinni runkorakenteeseen. Välikkeiden ja lautojen avulla saadaan tarvittava tuuletusväli rakenteen ja ulkoverhouksen väliin. Yhtenäinen tiivistetty tuulensuojajeristekerros puurungon

ulkopuolella parantaa rakenteen kosteusturvallisuuden lisäksi myös koko seinärakenteen energiatehokkuutta. Naulausvälikkeet soveltuvat sekä uudisrakentamiseen että vanhan seinän lisäeristykseen.

PALOTURVALLISUUS

Puurunko voidaan asetuksen mukaisesti suojata ulkopuoliselta palolta suojaverhouksella. Paloluokiteltu suojaverhouk (K₂) suojaa puupintaa hiiltymiseltä 10, 30 tai 60 minuuttia. Suojaverhoukluokat esitetään merkinnöillä K₂10, K₂30 ja K₂60. PAROC-tuulensuojajeristeitä voidaan käyttää samalla sekä lämmöneristeenä että suojaverhoustuotteena. Seuraavassa taulukossa on esitettyä PAROC-tuulensuojajeristeiden suojaverhoukluokituksia. Suojaverhousta vaativat kohteet: katso kiinnitysohjeistus PAROC Rakennevalitsimesta.

Suojaverhoukluokitellut PAROC-tuulensuojajeristeet

PAROC Cortex pro	50 mm	K ₂ 30
PAROC Cortex One	80 mm	K ₂ 30

Puurakenteisen seinän julkisivuverhoiluun takana on aina oltava tuuletusväli. Puuverhoiluun käyttö julkisivussa saattaa edellyttää palokatkon asentamista tuuletusväliin. Tämä on syytä pitää mielessä tuuletusvälin mitoituksessa ja tuulensuojajeristeen valinnassa. Tuuletusvälin palokatkoja sisältäviin rakenteisiin suosittelemme aina PAROC Cortex -tuotteiden käyttöä, sillä tuuletusvälissä olevat esteet lisäävät ilmavirtausta (konvektio) palokatkojen ympärillä ohjaten ilmaa eristekerrokseen. Cortex-tuotteen tiivis pinnoite estää tehokkaasti kylmän ilmavirran pääsyn eristeeseen.

Lämmöneristävyys/U-arvot eri paksuuksille

	Eristepaksuus (mm)							
PAROC eXtra , eXtra F tai Natura Lana (pystykoolaus)		50	50			50	50	50
PAROC eXtra, eXtra F tai Natura Lana (puurunko)	100	150	125	175		175	175	200
PAROC eXtra pro (puurunko)					150			
PAROC Cortex pro	40		40	40	50	40	55	55
PAROC Cortex		30						
U-arvo, W/m²K	0,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,14	0,13	0,12

Laskentaparametrit (Laskenta EN ISO 6946 standardin mukaan):

Höyrynsulku	$\lambda_u = 0,33 \text{ W/mK}$, $d = 0,25 \text{ mm}$ $R = 0,001 \text{ m}^2\text{K/W}$
Kipsilevy	$\lambda_u = 0,25 \text{ W/mK}$, $d = 9/13 \text{ mm}$, $R = 0,036/0,052 \text{ m}^2\text{K/W}$
PAROC eXtra	$\lambda_u = 0,036 \text{ W/mK}$
PAROC eXtra F	$\lambda_u = 0,036 \text{ W/mK}$
PAROC Natura Lana	$\lambda_u = 0,036 \text{ W/mK}$
PAROC eXtra pro	$\lambda_u = 0,033 \text{ W/mK}$
PAROC Cortex	$\lambda_u = 0,033 \text{ W/mK}$
PAROC Cortex pro	$\lambda_u = 0,032 \text{ W/mK}$
Puu	$\lambda_u = 0,12 \text{ W/mK}$
Puurunko/koolaus	50 x 50–200 mm, k600 mm
Pintavastus, sisä	$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
Pintavastus, ulko	$R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

U-arvoa korjaavat tekijät:

$\Delta U_g =$ Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin $\Delta U''$: Taso 0

$\Delta U_f =$ Mekaanisten kiinnikkeiden vaikutus/korjaus rakenteen U-arvoon on alle 3 %, jolloin korjauksia ei huomioida

Lämmönläpäisykertoimen korjaustermi $\Delta U = 0$ ja siten rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin $U_c = U$.

4.2. CLT-RAKENTEET PAROC ZEROFIX -JULKISIVUJÄRJESTELMÄLLÄ / RAKENNE-ESIMERKKI

CLT-rakenteella (ristiinlaminoitu massiivinen puulevy) toteutetut ulkoseinät tarjoavat perustan ihanteellisille eristysratkaisuille, sillä rakennuksen kantava puinen rakenne pysyy kokonaisuudessaan eristekerroksen lämpimällä puolella.

Huomaus! CLT-tuotteille ei ole tällä hetkellä harmonisoitua eurooppalaista tuotestandardia, joten CLT-levyt voidaan CE-merkitä eurooppalaisen teknisen hyväksyntäkäytännön mukaisesti. CLT-elementtien tekniset ominaisuudet ja mitoitus ovat valmistajakohtaisia.



Seinärakenne on mitoitettava paloluokalle R30 tai R60 (tai tarvittaessa REI 30/REI 60).

Ilmaääneneristysluku:

R_w 49 dB / $R_w + C$ 48 dB / $R_w + C_{tr}$ 42 dB

(Ilmaääneneristysluvun laskennassa huomioitu CLT kantavana rakenteena + sisäpuolinen K_2 10 suojaverhous, kipsilevy 13 mm)

- Sisäverhous huoneselityksen mukaan
- Sisäpuolinen suojaverhous vaatimustason mukaan
 - puukerrostalossa: K_2 10 tai K_2 30 (esim. kipsilevy)
 - 1–2 krs. P2-paloluokan rakennukset ja pientalot: ei suojaamisvaadetta tällä rakenteella
- Kantava rakenne: 90–120 mm CLT -levy
- Tuulensuojieristys/suojaverhousvaatimus K_2 10 (yli 2 krs. P2-paloluokan rakennukset/puukerrostalot):
 - PAROC Cortex One (K_2 30), työmaalla tehtävä alkukiinnitys (menekki: 1–2 kpl/levy): PAROC XFM 004 -aluslevyllinen kiinnike tai suojaverhousta vaativissa kohteissa: PAROC XFS 005 -CLT-ruuvi + PAROC XFW 003 aluslevy (katso kiinnitysohjeistus: PAROC Rakennevalitsin).
 - Saumojen teippaus: PAROC XST 022 (saumat) ja PAROC XST 021 (ulkokulmien tiivistys)
- Tuuletusväli + PAROC Zerofix -julkisivujärjestelmä: palosuojakäsittely naulauslauta PAROC XRB 001, k600, kiinnitys PAROC XFS 002 -julkisivuruuveilla. Naulausväli: PAROC XFM 004, k800 (5 kpl/3,6 m lauta)/ vastaava puristusta kestävä väli.
- Palokatkot kerroksittain tarvittaessa kohteen vaatimustason mukaan
- Ulkoverhous

CLT-RAKENNE JA SISÄPUOLISET RAKENNEKERROKSET

CLT-rakenteen ilma-/höyrytiiviyys perustuu huolellisesti suunniteltuihin ja toteutettuihin tiiviisiin rakenneliittyymiin sekä massiivipuu-elementin ilmatiiviyteen. CLT-elementin valmistustekniikasta riippuen levyn jokaisen laudan syrjä on joko liimattu tai liimaamaton. Reunaliimatusta CLT:ssä rakenne pystytään toteuttamaan ilman höyrynsulkumuovia, kun taas reunaliimaamattomassa CLT:ssä lautojen välit jäävät näkyviin, joten rakenteen tiiviyys täytyy varmistaa höyrynsulkumuovilla.

On myös syytä pitää mielessä, että CLT-elementissä kosteus siirtyy liimaamattomissa puuliitoksissa. Toisaalta reunaliimatusta elementissä kuivuminen voi aiheuttaa halkeilua.

CLT-rakenteissa mahdollisesti edellytetty sisäinen palosuojaus tehdään yleensä sisäpinnalle asennettavilla kipsilevykerroksilla.

YKSI- TAI KAKSIKERROKSIINEN ERISTYSRATKAISU

Yksikerroksisessa eristysratkaisussa samanaikaisesti lämmöneristeenä ja tuulensuojana toimiva paksu PAROC Cortex One -tuulensuojieristekerros asennetaan

suoraan CLT-elementin ulkopintaan. PAROC Cortex One -tuulensuojieriste kiinnitetään CLT-levyyn PAROC XFM 004 -aluslevyllisillä kiinnikkeillä tai suojaverhousta vaativissa kohteissa PAROC XFS 005 -CLT-ruuvilla + PAROC XFW 003 aluslevyllä ennen julkisivuverhouksen kiinnitykseen tarvittavien naulauslautojen asennusta. PAROC Cortex One tuotteen erinomaisen ilmatiivyyden ja eristyskyvyn ansiosta vaadittu energiatehokkuus voidaan saavuttaa yhdellä paksulla eristekerroksella. Tämä nopeuttaa asennustyötä ja vähentää työmaalla käytettävien tuotteiden määrää.

Kaksikerroksista eristysratkaisua käytettäessä CLT-elementtiin kiinnitetään ensin pehmeä PAROC eXtra -lämmöneriste (tai muu PAROC pehmeä lämmöneriste), jonka päälle asennetaan erillinen ohut PAROC Cortex tai Cortex pro -tuulensuojieristekerros. Pällekkäisten eristekerrosten saumat limitetään. Pehmeiden eristeiden yhteydessä on hyvä käyttää naulausvälikettä asennuksen helpottamiseksi.

Lämmöneristeet tulee aina asentaa tiiviisti toisiaan ja kantavaa sisäkuorta vasten. Tuulensuojieristelevyjen ja rakenteellisten liitoskohtien väliset saumat teipataan rakenteen täydellisen ilmatiivyyden varmistamiseksi mahdollisimman pian tuulensuojieristeen asentamisen jälkeen PAROC-saumausteipeillä (PAROC XST 022 ja PAROC XST 021).

JULKISIVU

Julkisivuverhous kiinnitetään CLT-elementtiin eristekerroksen läpi. PAROC ZEROfix on julkisivujärjestelmä, jossa eristekerroksen läpäisevien kylmäsiltojen määrä on minimoitu. Tässä järjestelmässä eristekerroksen päälle asennetaan julkisivuverhouksen kiinnitystä varten palosuojakäsitelty PAROC XRB 001 -naulauslauta. Naulauslauta kiinnitetään CLT-elementtiin pitkillä PAROC XFS 002 julkisivuruuveilla. Ruuveja tarvitaan kaksi eri pituutta/rakenne, joista toinen asennetaan vaakasuoraan (tuulikuorma) ja toinen vinoon (pystykuorma).

Naulauslaudat asennetaan eristekerroksen päälle 600 mm:n jaolla. Tarvittavien julkisivuruuvien lukumäärä, pituus ja sijainti on määritettävä kohteen sijainnin, tuulen nopeuden, rakennuksen korkeuden, rungon materiaalin ja verhouksmateriaalin painon perusteella. Tarvittava mitoituslaskenta voidaan tehdä PAROC ZEROfix -mitoitustyökalulla. Yksinkertaisimmillaan jokainen naulauslauta tarvitsee yhden vinoon asennettavan ruuvin kerrosta kohti ja yhden vaakaruovin metrin välein.

Naulauslauta toimii valitun julkisivuverhoilun kiinnitysalustana. Julkisivuverhous asennetaan naulauslautaan julkisivutoimittajan ohjeiden mukaisesti. Lisätietoja: www.paroc.fi, PAROC ZEROfix -ratkaisusivu ja mitoitustyökalu.

PALOTURVALLISUUS

Puurunko voidaan asetuksen mukaisesti suojata ulkopuoliselta palolta suojaverhouksella. Paloluokiteltu suojaverhous (K_2) suojaa puupintaa hiiltymiseltä 10, 30 tai 60 minuuttia. Suojaverhousluokat esitetään merkinnöillä K_210 , K_220 ja K_260 . PAROC-tuulensuojajärjestelmiä voidaan käyttää samalla sekä lämmöneristeenä että suojaverhoustuotteena.

Seuraavassa taulukossa esitettynä PAROC-tuulensuojajärjestelmien suojaverhousluokituksia. Suojaverhousta vaativat kohteet: katso kiinnitysohjeistus PAROC Rakennevalitsimesta.

Suojaverhousluokitellut PAROC-tuulensuojajärjestelmät

PAROC Cortex pro	50 mm	K_230
PAROC Cortex One	80 mm	K_230

Puurakenteisen seinän julkisivuverhoilun takana on aina oltava tuuletusväli. Puuverhoilun käyttö julkisivussa saattaa edellyttää palokatkon asentamista tuuletusväliin. Tämä on syytä pitää mielessä tuuletusvälin mitoituksessa ja tuulensuojajärjestelmän valinnassa. Tuuletusvälin palokatkoja sisältäviin rakenteisiin suosittelemme aina PAROC Cortex -tuotteiden käyttöä, sillä tuuletusväliin olevat esteet lisäävät ilmavirtausta (konvektio) palokatkojen ympärillä ohjaten ilmaa eristekerrokseen. Cortex-tuotteen tiivis pinnoite estää tehokkaasti kylmän ilmavirran pääsyn eristeeseen.

LÄMMÖNERISTÄVYYS

U-arvot eri eristepaksuuksille (CLT-elementin paksuus 90–120 mm ZEROfix-julkisivujärjestelmää käytettäessä)

	Eristepaksuus (mm)		
PAROC Cortex One	180	205	220
U-arvo, W/m^2K	0,17	0,15	0,14

Laskentaparametrit (Laskenta EN ISO 6946 standardin mukaan):

Kipsilevy $\lambda_U = 0,25 W/mK$, $d = 13/18 mm$, $R = 0,052$ or $0,072 m^2K/W$

PAROC Cortex One $\lambda_U = 0,033 W/mK$

PAROC XFS 002 -julkisivuruuvi: $\lambda = 50 W/mK$

• vaakasuuntaan asennettava: k1200 (pystysuunta)

• vinoon asennettava (kulma 30°): k2700 (pystysuunta)

• vaakasuunta/naulauslaudat: k600

CLT elementti $\lambda_U = 0,11 W/mK$, $d = 90 mm$

Pintavastus, sisä $R_{si} = 0,13 m^2K/W$

Pintavastus, ulko $R_{se} = 0,13 m^2K/W$

U-arvoa korjaavat tekijät:

$\Delta U_g =$ Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin $\Delta U''$: Taso 0

$\Delta U_f =$ ZEROfix/CLT) = Eristepaksuuksilla 180, 205 ja 220 mm

mekaanisten kiinnikkeiden vaikutus/korjaus rakenteen U-arvoon on yli 3 % ja vaikutus (0,009-0,011 W/m_2K) on huomioitu U-arvossa.

ZEROfix -julkisivujärjestelmä/CLT:

PAROC XFS 002 Julkisivuruuvien pituudet ja asennussyvydet eri eristepaksuuksilla

PAROC Cortex One paksuus (mm)	Vaakasuoraan asennettavan ruuvien pituus (mm)	Vinoon 30° kulmaan asennettavan ruuvien pituus (mm)	Vinoon 45° kulmaan asennettavan ruuvien pituus (mm)
100	210 (74)	210 (46)	250 (41)
120	210 (54)	230 (43)	300 (56)
180	270 (54)	300 (44)	400 (67)
205	300 (59)	330 (45)	400 (42)
220	300 (44)	360 (56)	440 (55)

Julkisivuruuvien pituudessa on huomioituna eristepaksuus ja PAROC XRB 001 Palosuojakäsitellyn naulauslaudan paksuus 36 mm. Asennussyvyys CLT:hen vähintään 40 mm

ZEROFIX-JÄRJESTELMÄÄN KUULUVAT TUOTTEET (KANTAVANA RAKENTEENA CLT):



PAROC Cortex One -tuulensuojaeeriste

PAROC Cortex One -tuulensuojaeeriste

Paloturvallinen, kivivillasta tehty puolijäykkä paksu tuulensuojaeeriste P0-, P1-, P2- ja P3-paloluokan rakennuksien tuulettuviin julkisivuihin. Yksikerrosratkaisu, tuulensuoja ja koko lämmöneristekerros samassa tuotteessa.



PAROC XST 022
Saumausteippi

PAROC XST 021
Saumausteippi

PAROC XST 022 Saumausteippi

Tiivistämiseen: eristelevyjen väliset saumat, liittymät muihin rakenteisiin ja läpiviennit

PAROC XST 021 Saumausteippi

Tiivistämiseen: ulkokulmat ja liittymät muihin rakenteisiin



PAROC XFM 004 Välike/kiinnike

PAROC XFM 004 Välike/kiinnike

Toimii sekä välikkeenä että kiinnikkeenä (sis. Puuruuvin, Torx T25) 180 mm tuulensuojaeeristeelle. PAROC XFM 004 ei sovellu suojaverhousta vaativien kohteiden kiinnikkeeksi.



PAROC XFS 005 CLT-ruuvi

PAROC XFS 005 CLT-ruuvi

Soveltuu Cortex One 180-220 mm tuulensuojaeeristeiden kiinnittämiseen CLT-levyyn /puuhun. Ruuvi soveltuu suojaverhousta vaativien kohteiden kiinnikkeeksi, jolloin sitä käytetään yhdessä PAROC XFW 003 Aluslevyn kanssa. Ruuvien Ø 4,8 mm ja pituus 260 mm.



PAROC XFW 003 Aluslevy

PAROC XFW 003 Aluslevy

Metallista PAROC XFW 003 -aluslevyä käytetään eristeiden kiinnittämiseen. Aluslevy on valmistettu galvanoidusta teräslevystä. Aluslevy soveltuu suojaverhousta vaativiin kohteisiin, jolloin sitä käytetään yhdessä PAROC XFS 005 CLT-ruuvien kanssa. Aluslevyn Ø 50 mm/reikä Ø 6,5 mm.



PAROC XRB 001
Palosuojakäsittely naulauslauta

PAROC XRB 001 Palosuojakäsittely naulauslauta

PAROC XRB 001 on PAROC ZEROfix -julkisivujärjestelmään kuuluva eristekerroksen päälle asennettava Palosuojakäsittely naulauslauta (paloluokka B -s1, d0), johon kiinnitetään julkisivuverho. Naulauslaudan palosuojakäsittely on tehty vedenpitävällä kyllästysmateriaalilla, mikä tekee siitä kestävämmän myös kosteutta vastaan. Paksuus 36 mm, leveys 98 mm ja pituus 3600 mm.



PAROC XFS 002
Julkisivuruuvi (puualustalle)

PAROC XFS 002 Julkisivuruuvi (puualustalle)

PAROC XFS 002 on itseporautuva kaksoiskierteinen julkisivuruuvi (Torx T40, uppokanta) puualustalle (mm. CLT ja LVL), joka on valmistettu karkaistusta hiiliteräksestä. Ruuvissa on lisäksi sinkkinikkeli (HP) -korroosionsuojapinnoite. Eriolaisten kierreosien ansiosta puuosat lukittuvat tiukasti paikalleen ja esimerkiksi puun eläminen ei löysennä rakennetta.



PAROC XTI 001 Kulmatyökalu

PAROC XTI 001 Kulmatyökalu (30° ja 45°)

PAROC XTI 001 on Kulmatyökalu, joka helpottaa Julkisivuruuvi PAROC XFS 002 asentamista joko 30° tai 45° kulmaan.

4.3. METALLIRAKENTEISET JULKISIVUJÄRJESTELMÄT / RAKENNE-ESIMERKKI

Metallirakenteista julkisivujärjestelmää voidaan käyttää kaikenlaisten kantavien seinärakenteiden yhteydessä ja sen käyttö tarjoaa laajat mahdollisuudet valita erilaisia julkisivumateriaaleja.



- Kantava rakenne (betoni, kevytbetoni, tiili jne.)
- Metallirakenteinen julkisivujärjestelmä (esim. seinäkannake + profiili)
- **Lämmöneristys:**
 - yksikerroksinen eristeratkaisu: PAROC Cortex One -tuulensuojajeriste
 - kaksikerroksinen eristeratkaisu:
PAROC pehmeä lämmöneriste + PAROC-tuulensuojajeriste
 - saumojen teippaus:
PAROC XST 022 (saumat) ja PAROC XST 021 (ulkokulmien tiivistys)
- Tuuletusväli järjestelmän mukaisesti
- Verhouslevy + esim. rappaus

**Seinärakenne on tarvittaessa mitoitettava paloluokalle R(EI)30 tai R(EI)60.
Ilmääneneristysluku on laskettava tarvittaessa.**

JULKISIVUJÄRJESTELMÄ (VALMISTAJAN OHJEIDEN MUKAISESTI)

Metallirakenteisten julkisivujärjestelmien julkisivuverhousta kannatteleva rakenne on yleensä valmistettu alumiinista tai ruostumattomasta teräksestä. Järjestelmän seinäkonsoleissa käytetyllä metallityypillä on suuri vaikutus vaadittuun eristepaksuuteen. Tämä johtuu lämmöneristekerrokseen tunkeutuvien seinäkonsolien (kylmäsiltojen) suuresta määrästä ja metallin suuresta lämmönjohtavuudesta. Ruostumattomasta teräksestä valmistetulla konsoleilla on käytetyistä metallityypeistä pienin lämmönjohtavuus. Markkinoilla on myös sellaisia julkisivujärjestelmiä, joissa konsoloiden lämmönjohtavuutta on pienennetty kylmäsiltojen avulla (esimerkiksi Hilti) tai optimoimalla kiinnikkeen koko (esimerkiksi Sto Ventro X).

Järjestelmän valmistaja suunnittelee kiinnikkeiden määrän ja koon seinän neliometriä kohti jokaiseen kohteeseen erikseen kohteen vaatimusten mukaisesti. Yleensä seinäkiinnikkeiden määrä on n. 2–4 kpl/m². Kiinnikkeen koko ja/tai määrä riippuu mm. julkisivuverhouksen painosta ja eristekerroksen paksuudesta. Jos seinäkiinnikkeen tyyppi vaihdetaan rakennusvaiheessa järjestelmästä toiseen, tulee kiinnikkeiden kylmäsiltovaikutuksen muutos tarkistaa niin, että rakenteen U-arvo pysyy vaatimusten mukaisena.

LÄMMÖNERISTYS

Lämmöneriste asennetaan yleensä joko seinäkiinnikkeiden väliin tai vaihtoehtoisesti asentamalla kiinnike eristelevyn läpi kiinni taustaseinään. Lämmöneristeet tulee aina asentaa tiiviisti toisiaan ja kantavaa sisäkuorta vasten. Lämmöneristys voidaan toteuttaa joko kaksikerroksisen tai yksikerroksisen eristysratkaisun avulla:

Kaksikerroksisessa eristeratkaisussa asennetaan kantavan rakenteen ulkopintaan ensin paksumpi pehmeä eristekerros (esimerkiksi PAROC eXtra) kantavaa seinärakennetta vasten, jonka päälle asennetaan ohuempi tuulensuojajeriste (esimerkiksi PAROC Cortex pro). Eristekerrokset asennetaan saumat limittäen.

Yksikerroksisessa eristysratkaisussa koko lämmöneriste- ja tuulensuojakerros toteutetaan yhdellä paksulla PAROC Cortex One -tuulensuojajeristekerroksella.

Tuulensuojajeristelevyjen ja rakenteellisten liitokohtien väliset saumat teipataan rakenteen täydellisen ilmatiiviyyden varmistamiseksi mahdollisimman pian tuulensuojajeristeen asentamisen jälkeen PAROC-saumausteipeillä (PAROC XST 022 ja PAROC XST 021).

JULKISIVUVERHOUS

Julkisivuverhouksen kiinnitysalustana toimivat metalliprofiilit ja julkisivuverhouksen asennetaan mahdollisimman pian eristeiden asennuksen jälkeen antamaan tarvittava sääsuojasäilytys sisäpuolisille rakennekerroksille. Metallirakenteiset julkisivujärjestelmät tarjoavat laajat mahdollisuudet erilaisten julkisivuverhousten toteuttamiseen. Suosituimpia julkisivupintoja ovat mm. rappaus, tiililaatta ja erilaiset rakennuslevyt sekä niiden yhdistelmät.

LÄMMÖNERISTÄVYYS

Seuraavan sivun taulukoista löydät valmiiksi lasketut U-arvot eri eristepaksuuksilla joillekin markkinoilla oleville metallisille julkisivujärjestelmille.

STO Ventro X



Hilti Eurofox MFT – FOX VT



U-arvot (yksikerroksinen eristeratkaisu)

STO Ventro X -julkisivujärjestelmälle:

	Eristepaksuus (mm)	
PAROC Cortex One	135	205
U-arvo, W/m²K	0,25	0,17

U-arvot (yksikerroksinen eristysratkaisu)

Hilti Eurofox MFT-FOX VT -järjestelmälle:

	Eristepaksuus (mm)	
PAROC Cortex One	125	185
U-arvo, W/m²K	0,25	0,17

Laskentaparametrit (Laskenta EN ISO 6946 standardin mukaan):

Betoni, sisäkuori 100 mm (STO Ventro X -laskelma): $\lambda_U = 2,5 \text{ W/mK}$, $d = 80 \text{ mm}$, $R = 0,032 \text{ m}^2\text{K/W}$

Betoni, sisäkuori 150 mm (Hilti Eurofox MFT- FOX VT -laskelma): $\lambda_U = 2,5 \text{ W/mK}$, $d = 150 \text{ mm}$, $R = 0,060 \text{ m}^2\text{K/W}$

PAROC Cortex One: $\lambda_U = 0,033 \text{ W/mK}$

Pintavastus, sisä $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

Pintavastus, ulko $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

U-arvoa korjaavat tekijät:

$\Delta U_f =$ Imaraosta aiheutuva korjauskerroin ΔU_f : Taso 0)

$\Delta U_f =$ Mekaanisten kiinnikkeiden korjauskerroin STO-järjestelmässä: $d = 135 \text{ mm} = 0,018$, $d = 205 \text{ mm} = 0,016 (> 3\%)$

$\Delta U_g =$ Mekaanisten kiinnikkeiden korjauskerroin Hilti-järjestelmässä: $d = 125 \text{ mm} = 0,0105$, $d = 185 \text{ mm} = 0,0057 (> 3\%)$

Pehmeäksi lämmöneristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC eXtra** soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin.
- **PAROC eXtra F** kuten eXtra, mutta soveltuu myös rakenteisiin, jossa tarvitaan tiheydeltään $\geq 30 \text{ kg/m}^3$ kivivillatuotetta.
- **PAROC Natura Lana** hiilineutraali vaihtoehto, soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin
- **PAROC eXtra pro** tehokkaampi lämmöneriste, soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin

Tuulensuojaeristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC Cortex/Cortex b** 30 mm eristevahvuus (b= musta), $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$
- **PAROC Cortex pro** 40, 50, 55 ja 70 mm eristevahvuudet, $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$
- **PAROC Cortex One** 180, 205 ja 220 mm eristevahvuudet, $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$

Seinäkonsoleissa käytettävillä metallityypeillä on hyvin erilaiset lämmönjohtavuudet. Alla olevassa taulukossa näkyy lämmönjohtavuuden erot eri metallien välillä. Mitä suurempi lämmönjohtavuus metallilla on sitä suurempi konsolin kylmäsiltavaikutus.

Metallityyppi	Lämmönjohtavuus (λ) W/mK
Alumiini	220
Teräs	50
Ruostumaton teräs	17

4.4. TIILIVERHOTUT RAKENTEET / RAKENNE-ESIMERKKI

Tiiliverhousta voidaan käyttää monenlaisten kantavien rakenteiden yhteydessä. Toisin kuin muissa tuulettuissa julkisivurakenteissa, tiilijulkisivujen tuuletusvälin ja -aukkojen mitoitus perustuu pääasiassa tiiliverhoilun suureen kosteudensitomiskykyyn ja sen vaikutukseen ympäröiviin rakenteisiin. Koska useimmat julkisivuverhouksmateriaalit ovat melko ohuita, ne kuivuvat yleensä nopeasti. Paksu ja huokoinen tiilijulkisivu voi sen sijaan imeä itseensä paljon kosteutta muuttuvissa sääolosuhteissa. Tiiliverhouksen suuri kosteuskuorma lisää julkisivuverhouksen kuivumisaikaa ja taustalla olevan tuuletusvälin kosteuspitoisuutta. Tästä syystä tuuletusvälin ilmavirta tulee saada riittävän tehokkaaksi tuuletusaukotuksen huolellisella suunnittelulla, jotta ylimääräinen kosteus saadaan johdettua pois rakenteesta.

Tuuletusvälin ja -aukkojen mitoitusaulukko löytyy sivuilta 7–11.



- Kantava rakenne (betonia), 150 mm
- **Lämmöneristys 180–250 mm:**
 - yksikerroksinen eristeratkaisu: PAROC Cortex One (180–220 mm)
 - kaksikerroksinen eristeratkaisu:
PAROC eXtra + PAROC Cortex (pro) (180–250 mm)
 - saumojen teippaus:
PAROC XST 022 (saumat) ja PAROC XST 021 (ulkokulmien tiivistys)
- Tuuletusväli ≥ 30 mm 1–2 kerrokselle, ≥ 35 –50 mm yli 2-kerroksisiin rakennuksiin
- Tiilijulkisivu 130 mm, kiinnitetty kantavaan rakenteeseen tiilisiiteillä.

Seinä rakenne on tarvittaessa mitoitettava paloluokalle R(EI)30 tai R(EI)60.
Ilmaääneneristysluku: R_w 60 dB / R_w + C 58 dB / R_w + C_r 52 dB

KIVIRAKENTEISET TIILIVERHOTUT SEINÄT

Lämmöneristekerros asennetaan kivirakenteisen seinän ulkopintaan. Kaksikerroksisessa eristeratkaisussa asennetaan kantavan rakenteen ulkopintaan ensin paksumpi pehmeä eristekerros (esimerkiksi PAROC eXtra) kantavaa seinärakennetta vasten, jonka päälle asennetaan ohuempi tuulensuojakerros (esimerkiksi PAROC Cortex pro). Eristekerrokset asennetaan limitetysti päällekkäin. Yksikerroksisessa eristysratkaisussa koko lämmöneriste- ja tuulensuojakerros toteutetaan yhdellä paksulla PAROC Cortex One -tuulensuojakerroksella. Tuulensuojakerstelevyjen ja rakenteellisten liitoskohtien väliset saumat teipataan rakenteen täydellisen ilmatiiviyden varmistamiseksi.

Tiiliverhousta tuetaan kantavaan seinärakenteeseen tiilisiiteillä eristekerroksen läpi. U-arvoa laskettaessa on otettava huomioon tiilisiiteistä muodostuvat kylmäsilat.

VTT:n tutkimuksen ja sen tulosten perusteella on suositeltavaa välttää korkeita ikkunattomia tiiliverhottuja julkisivurakenteita, sillä riittävän tuuletuksen varmistaminen voi olla niissä hankalaa. Ikkuna-aukkojen detaljoinnin hyödyntäminen osana tuuletusaukotusta parantaa huomattavasti tiiliverhouksen taustan tuuletuksella ilmankierron tehostuessa. Ohuemat julkisivutiilet tai vettä hylkivä muurauksen pintakäsittely parantavat tiiliverhotun rakenteen kosteusteknistä toimintaa.

Tiiliverhottujen betonirakenteiden kerrostalojen puisten apukarmien yläosa suojataan asennusaikaiselta kosteudelta hengittävällä Tyvek-kankaalla. Apukarmin päälle asennettava vettä hylkivä, mutta vesihöyryä läpäisevä kangas, suojaa puurakennetta valuilta vedeltä ja mahdollistaa materiaaleihin sitoutuneen

rakennuskosteuden kuivumisen. Kosteuden siirtyminen tuoreesta betonista puiseen apukarmiin estetään apukarmin ja betoniseinän väliin asennettavalla bitumikaistaleella.



PAROC DUO L (kuvassa apukarmin päällä) on keskeltä vinoon leikattu kivivillalamelli, jonka väliin voidaan asentaa apukarmia kosteudelta suojaava bitumikaistale valmiiksi jo betonielementtitehtaalla. Bitumikaistaletta käytettäessä on hyvä huomata, että bitumikaistaletta ei voi asentaa suoraan apukarmin pintaan vaan apukarmin ja sitä suojaavan bitumikaistan väliin on jätettävä riittävästi tilaa apukarmin kuivumisen mahdollistamiseksi.

Edellä mainittujen suojausratkaisujen lisäksi puinen apukarmi tulee eristää ulkoapäin n. 50 mm paksulla tuulensuojakerroksella. Eriste pitää apukarmin lämpötilan ulkolämpötilaa korkeampana ja takaa näin puurakenteen kosteusturvallisen toiminnan eri vuodenaikoina.

LÄMMÖERISTÄVYYS

U-arvot eri eristepaksuuksilla:

Yksikerroksinen eristeratkaisu

Eristepaksuus (mm)				
PAROC Cortex One	120	180	205	220
U-arvo, W/m²K	0,25	0,17	0,15	0,14

Kaksikerroksinen eristeratkaisu:

Eristepaksuus (mm)							
PAROC Cortex	30		30	30			
PAROC Cortex Pro		40			50	55	50
PAROC eXtra, eXtra F tai Natura Lana	100	150		175	175	175	200
PAROC eXtra Pro			150				
U-arvo, W/m²K	0,25	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13

Laskentaparametrit (Laskenta EN ISO 6946 standardin mukaan):

Betoni, sisäkuori 150 mm $\lambda_U = 2,5 \text{ W/mK}$, $d = 150 \text{ mm}$, $R = 0,060 \text{ m}^2\text{K/W}$

PAROC Cortex One $\lambda_U = 0,33 \text{ W/mK}$

PAROC eXtra $\lambda_U = 0,36 \text{ W/mK}$

PAROC eXtra F $\lambda_U = 0,36 \text{ W/mK}$

PAROC Natura Lana $\lambda_U = 0,36 \text{ W/mK}$

PAROC eXtra Pro $\lambda_U = 0,33 \text{ W/mK}$

PAROC Cortex $\lambda_U = 0,33 \text{ W/mK}$

PAROC Cortex Pro $\lambda_U = 0,32 \text{ W/mK}$

Pintavastus, sisä $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

Pintavastus, ulko $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

U-arvoa korjaavat tekijät:

ΔU_g = Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin $\Delta U''$: Taso 0

ΔU_f = Mekaanisten kiinnikkeiden korjauskerroin. Tiilisiteet $\varnothing 4 \text{ mm}$, 4–6 kpl/m², $\lambda_U = 17 \text{ W/mK}$ (< 3%)

PUURAKENTEISET TIILIVERHOTUT SEINÄT

Tehokkaasti tuulettuvaa tiiliverhoilua voidaan käyttää turvallisesti myös puurakenteissa. Korkeammissa puurunkoisissa rakennuksissa, joissa on tiilijulkisivu, on suositeltavaa tehostaa tuuletusraon ilmavirtausta toteuttamalla tuuletusaukot myös ikkuna-aukotusten detaljeihin.



- Sisäverhoilu: kipsilevy, 13 mm
- Koolaus, k600/PAROC pehmeä lämmöneriste, 50 mm (Tarvittaessa puurakenteen palosuojaus vaatimustason mukaan, esim. puukerrostaloissa yleensä K₂30, pientaloissa ei suojaamisvaadetta)
- PAROC Höyryn-/ilmansulku, saumojen teippaus: PAROC XST 013
- Puurunko (C24), k600/PAROC pehmeä lämmöneriste, 125–200 mm
- Tuulensuojaeristys:
 - PAROC Cortex pro tai PAROC Cortex kiinnitettynä aluslevyillä (PAROC XFW 003) ja sinkityillä nautoilla tai ruuveilla.
 - saumojen teippaus: PAROC XST 022 (saumat) ja PAROC XST 021 (ulkokulmien tiivistys)
- ≥ 40 mm tuuletusväli
- Tiilijulkisivu 130 mm, kiinnitettynä runkotolppiin kohteeseen soveltuvilla tiiliteillä

Paloluokka REI 60

Ilmaääneneristysluku: R_w 57 dB / R_w + C 55 dB / R_w + C_r 51 dB
(eristeinä: PAROC eXtra 175 mm + PAROC Cortex pro 40 mm)

LÄMMÖNERISTÄVYYS

U-arvot eri eristepaksuuksilla

	Eristepaksuus (mm)							
PAROC eXtra, eXtra F tai Natura Lana (pystykoolaus)		50	50			50	50	50
PAROC eXtra, eXtra F tai Natura Lana (puurunko)	100	150	125	175		175	175	200
PAROC eXtra Pro (puurunko)					150			
PAROC Cortex Pro	40		40	40	50	40	55	55
PAROC Cortex		30						
U-arvo, W/m²K	0,25	0,17	0,17	0,17	0,17	0,14	0,13	0,12

Laskentaparametrit (Laskenta EN ISO 6946 standardin mukaan):

Höyrynsulku $\lambda_U = 0,33$ W/mK, d = 0,25 mm
R = 0,001 m²K/W

Kipsilevy $\lambda_U = 0,25$ W/mK, d = 13 mm
R = 0,052 m²K/W

PAROC eXtra $\lambda_U = 0,36$ W/mK

PAROC eXtra F $\lambda_U = 0,36$ W/mK

PAROC Natura Lana $\lambda_U = 0,36$ W/mK

PAROC eXtra Pro $\lambda_U = 0,33$ W/mK

PAROC Cortex $\lambda_U = 0,33$ W/mK

PAROC Cortex Pro $\lambda_U = 0,32$ W/mK

Puu $\lambda_U = 0,12$ W/mK

Pintavastus, sisä $R_{si} = 0,13$ m²K/W

Pintavastus, ulko $R_{se} = 0,13$ m²K/W

U-arvoa korjaavat tekijät:

ΔU_g = Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin $\Delta U''$: Taso 0

ΔU_f = Mekaanisten kiinnikkeiden vaikutus/korjaus rakenteen U-arvoon on alle 3 %, jolloin korjauksia ei huomioida

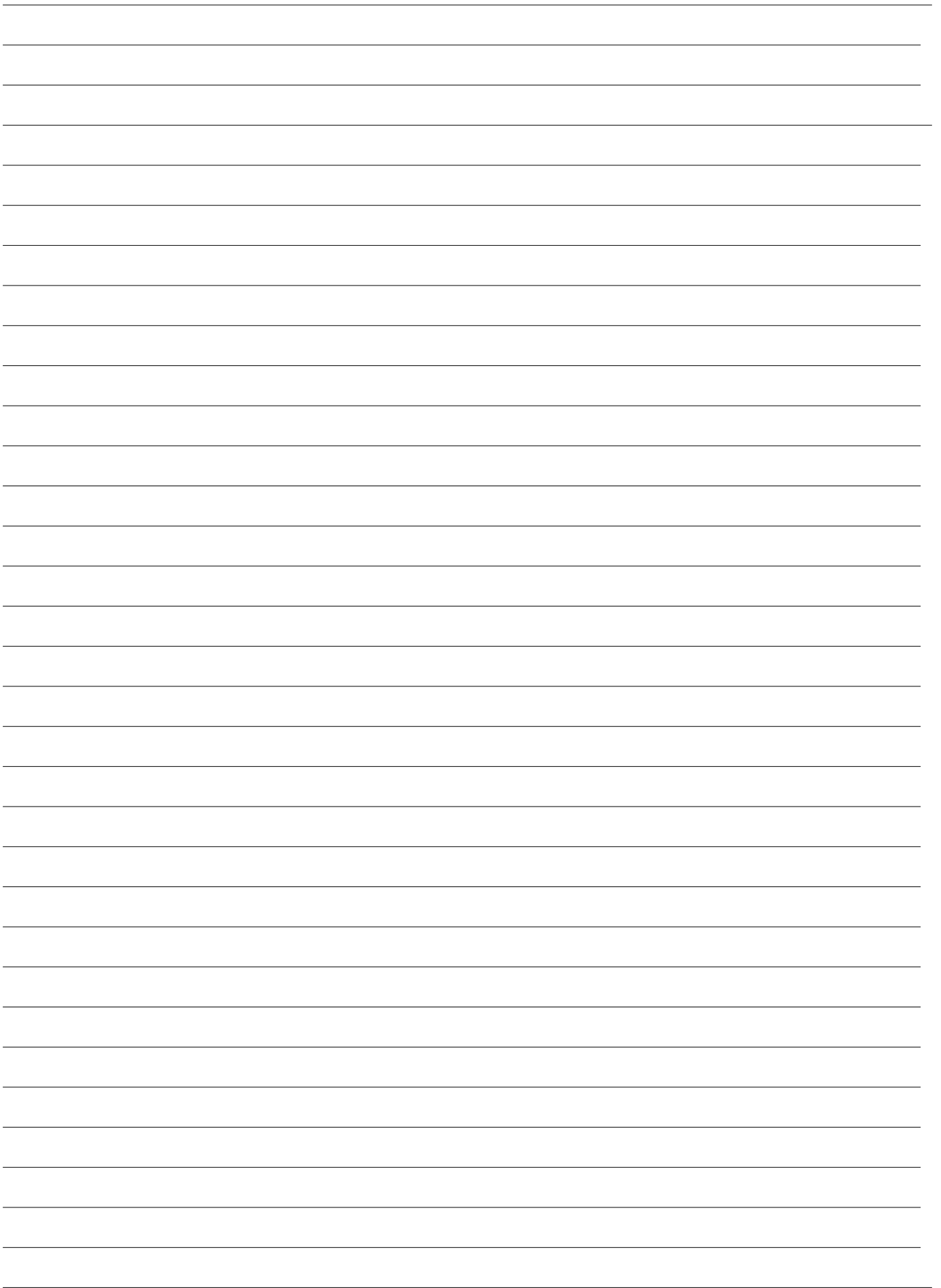
Lämmönläpäisykerroimen korjaustermi $\Delta U = 0$ ja siten rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin $U_c = U$.

Pehmeäksi lämmöneristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC eXtra** soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin.
- **PAROC eXtra F** kuten eXtra, mutta soveltuu myös rakenteisiin, jossa tarvitaan tiheydeltään ≥ 30 kg/m³ kivivillatuotetta.
- **PAROC Natura Lana** hiilineutraali vaihtoehto, soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin
- **PAROC eXtra pro** tehokkaampi lämmöneriste, soveltuu kaikkiin normaaleihin seinärakenteisiin

Tuulensuojaeristeeksi soveltuvat tuotteet:

- **PAROC Cortex/Cortex b** 30 mm eristevahvuus (b= musta), lambda 0,033 W/mK
- **PAROC Cortex pro** 40, 50, 55 ja 70 mm eristevahvuudet, lambda 0,032 W/mK

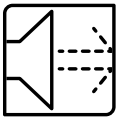




DURABLE



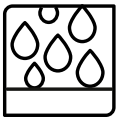
REUSABLE



**SOUND
REDUCING**



FIRE PROOF



**MOISTURE
PROOF**



SAFE



**ENERGY
EFFICIENT**

Kivivillasta valmistetut energiatehokkaat ja paloturvalliset PAROC®-eristeratkaisut vastaavat uudis- ja korjausrakentamisen, laiva- ja offshore-teollisuuden, akustoinnin ja muun rakentamisen tarpeisiin. Tuotteidemme takana on 80-vuotinen historia, jonka aikana olemme kartuttaneet kivivillan tuotantoon liittyvää asiantuntemusta sekä teknistä eristeosaamista ja innovaatioita.

Rakennuseristeiden laaja tuote- ja ratkaisutarjonta soveltuu kaikkeen perinteiseen rakennusten eristämiseen. Rakennuseristetuotteita käytetään pääasiassa ulkoseinien, kattojen, lattioiden ja alapohjien sekä välipohjien ja väliseinien lämpö-, palo- ja äänieristämiseen.

Teknisiä eristeitä käytetään lämpö-, palo- ja äänieristeinä talotekniikassa, prosessiteollisuudessa ja putkistoissa, teollisuustuotteissa sekä laivanrakennus- ja offshore-teollisuudessa.

Lisätietoja on saatavilla yrityksen kotisivuilla osoitteessa www.paroc.fi

Tarjoamme nämä tekniset tiedot ilmaiseksi ja ilman velvoitteita, ja vastaanottaja on yksin vastuussa niiden vastaanottamisesta ja hyväksymisestä. Koska käyttöolosuhteet voivat vaihdella emmekä me voi vaikuttaa niihin, Paroc ei anna mitään takuuta eikä ota minkäänlaista vastuuta näiden tuotteiden käyttöön liittyvien tietojen täsmällisyydestä tai luotettavuudesta. Paroc pidättää oikeuden muuttaa tätä asiakirjaa ilman ennakoilmoitusta.

Heinäkuu 2022

Korvaa: Tammikuu 2022

2279BIFI0722

© Paroc 2022

