

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennustekniikka

Juho Tuuliainen

## **Keraamiset tuulettuvat julkisivujärjestelmät**

Opinnäytetyö 2012

## Tiivistelmä

Juho Tuuliainen

Keraamiset tuulettuvat julkisivujärjestelmät, 66 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotanto

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: lehtori Ilkka Paajanen, Saimaan ammattikorkeakoulu, Projektipäällikkö

Erkki Sirkka, Reatek Oy

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Suomessa käytettäviä keraamisia tuulettuvia julkisivujärjestelmiä. Järjestelmistä käytiin läpi niiden elinkaarta, ominaisuuksia ja käyttökohteita. Keraamisista laatoista selvitettiin niiden valintakriteerejä ja yleisiä ominaisuuksia. Taustatietoina työssä selvitettiin yleisimpien ulkoseinien rakenteita sekä niiden toiminta- ja suunnitteluperiaatteita. Pienenä lisänä työssä on selvitys myös lämpörapatuista ulkoseinistä sekä laastikiinnitteisestä julkisivulaatoituksesta. Työn tavoitteena oli vertailla erilaisten keraamisten julkisivujärjestelmien kiinnitystapoja ja arkkitehtonisia ominaisuuksia.

Peruskäsitteistönä käytetyt ulkoseinätyypit ja ulkoseinien yleiset suunnitteluperiaatteet ovat pääosin RT-kortistosta, kuten myös keraamisia laattoja koskeva teoretinen tieto. Ulkoseinärakenteiden toimintaa käsittelevien osioiden lähteinä käytettiin pääasiassa ammattikorkeakoulujen ja yliopistojen julkaisuja. Työssä käsiteltyjen keraamisten julkisivujärjestelmien lähteinä käytettiin toimittajien esitteitä ja haastatteluja.

Keraamisten tuulettujen julkisivujärjestelmien luomat erilaiset mahdollisuudet rakennuksen julkisivun toteutukseen ovat todella monipuoliset. Vaikka kiinnitystapoja ja järjestelmiä on monia, loppukäyttäjän kannalta erot toimittajien kesken tulevat lähinnä kuhunkin järjestelmään tarjottavasta laattavalikoimasta. Jonkinlaisena vedenjakajana järjestelmän valinnalle voidaan pitää myös sitä, jäävätkö laattojen kiinnikkeet näkyviin vai eivät.

Asiasanat: julkisivu, keraaminen laatta, ulkoseinärakenteet

## **Abstract**

Juho Tuuliainen

Ventilated ceramic facades, 66 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Construction Management

Bachelor's Thesis, 2012

Instructors: Senior Lecturer Ilkka Paajanen, Saimaa University of Applied Sciences, Project manager Erkki Sirkka, Reatek Oy

The object of the study was to examine ventilated ceramic facades used in Finland. Various systems were studied about their life cycle, properties and applications. About ceramic tiles their selection criteria and general properties were discovered. As background data it was studied what kind are the most common exterior wall types and how they are supposed to work and to be planned. Also a clearance about plastered walls and walls tiled with mortar was made. The purpose was to compare attaching methods and architectural possibilities between different systems.

The information about exterior walls and ceramic tiles were mostly gathered from RT-cards. Data about how exterior walls work were collected from publications of universities. The information about different systems were collected from brochures and interviews.

When using ventilated ceramic facades there is a huge amount of possibilities to get good-looking façade. Even though there are different kind of systems they mostly differ from each other with collections of tiles. The first thing of choosing the system and supplier may be that are the fasteners invisible or not.

Keywords: facade, ceramic tile, exterior wall

# SISÄLTÖ

1	Johdanto.....	5
2	Ulkoseinärakenteet ja niiden toiminta.....	6
2.1	Rakenteellinen toiminta yleisesti.....	6
2.2	Rakenneratkaisuja.....	9
2.3	Tuotantotekniikat.....	19
3	Tuulettuvat keraamiset julkisivujärjestelmät.....	20
3.1	Keraamiset laatat.....	20
3.1.1	Valmistustavat ja luokitus.....	21
3.1.2	Julkisivulaattojen tärkeitä ominaisuuksia.....	22
3.2	Elinkaari.....	23
3.3	Käyttökohteet.....	24
3.4	Rakennusfysikaaliset ominaisuudet.....	27
3.5	StoneMate -julkisivujärjestelmä.....	28
3.5.1	Kiinnittäminen.....	30
3.5.2	Ulkonäölliset mahdollisuudet.....	34
3.5.3	Tuotanto.....	36
3.6	Muita keraamisia julkisivujärjestelmiä.....	38
4	Eristerappaus.....	53
5	Laastikiinnitteinen julkisivulaatoitus.....	55
6	Vertailu.....	56
6.1	Kiinnittäminen.....	56
6.2	Arkkitehtoninen vertailu.....	58
7	Yhteenvedo ja päätelmät.....	66
	Kuvat.....	68
	Taulukot ja Kaavat.....	72
	Lähteet.....	73



# 1 Johdanto

Opinnäytetyön tilaaja on Reatek Oy. Reatek Oy on lappeenrantalainen yritys, joka tuo maahan keraamisia laattoja ja kylpyhuonevarusteita. Reatek Oy:llä on vähittäismyynnin lisäksi ammattilaisille tarkoitettuja projektipalveluja. Reatek Oy tarjoaa asiakkailleen kokonaisvaltaisia tuotekokonaisuuksia ja laatoituspalveluja. Yksi näistä tuotekokonaisuuksista, joita Reatek Oy:llä on valikoimassaan, on StoneMate-julkisivujärjestelmä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää keraamisten tuulettuvien julkisivujärjestelmien ominaisuuksia ja käyttökohteita sekä järjestelmien keskinäisiä eroja kiinnittämisen ja ulkonäöllisten mahdollisuuksien osalta.

Opinnäytetyö jakaantuu pääasiallisesti kolmeen osaan:

Ensimmäisessä osassa tutkitaan erilaisia ulkoseinätyyppejä. Ulkoseinistä tutkitaan suunnitteluperiaatteita, ominaisuuksia ja tuotantotapoja. Ulkoseinätyypeistä on koottu malliesimerkit.

Toisessa osassa tutkitaan yleisesti keraamisia julkisivuja ja keraamisia laattoja. Yksityiskohtaisemmin käydään läpi eri toimittajien julkisivujärjestelmiä. Järjestelmät on rajattu Suomessa myytäviin järjestelmiin. Keraamisten tuulettuvien julkisivujärjestelmien lisäksi tutkitaan referenssiaineistona lämpörapattuja seiniä sekä laastikiinnitteisiä julkisivulaatoituksia.

Kolmannessa osassa vertaillaan keraamisia tuulettuvia julkisivujärjestelmiä kiinnittämisen ja arkkitehtonisten ominaisuuksien osalta.

## **2 Ulkoseinärakenteet ja niiden toiminta**

Tässä luvussa käydään läpi periaatteita ulkoseinien toiminnasta sekä Suomessa yleisimmin käytettäviä rakenneratkaisuja.

### **2.1 Rakenteellinen toiminta yleisesti**

Ulkoseinärakenteet on suunniteltava ja rakennettava niin, että täytetään ne ominaisuudet, joita Suomessa ulkoseiniltä vaaditaan. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat lämmöneristävyys, kosteuden hallinta sekä paloturvallisuus. Tämä luku sisältää RT-kortin 82-11006 esittelemiä ulkoseinärakenteiden toimintaan liittyviä suunnitteluperiaatteita.

#### **Kosteus ja tiiveys**

Kosteus voi olla rakennekosteutta, joka on syntynyt rakennusaikana. Se voi olla myös ulko- ja/tai sisäilmasta rakenteeseen pääsystä kosteutta. Rakenne on suunniteltava niin, että kosteus pääsee poistumaan vapaasti vaurioittamatta rakennetta. (RT 82-11006, 2.)

Yleinen periaate on rakentaa tuuletettu seinärakenne, joka on sisäpuolelta tiiviimpi kuin ulkopuolelta. Avohuokoisen lämmöneristyksen, eli villaeristeen lämpimällä puolella olevan kerroksen vesihöyrynvastuksen tulee olla vähintään viisinkertainen eristyksen ulkopuolisen kerroksen vesihöyrynvastukseen verrattuna (RT 82-11006, 2). Höyrynsulku seinän sisäpuolella estää vesihöyryn diffuusiovirtauksen sisältä ulospäin (Pellinen 2011, 5).

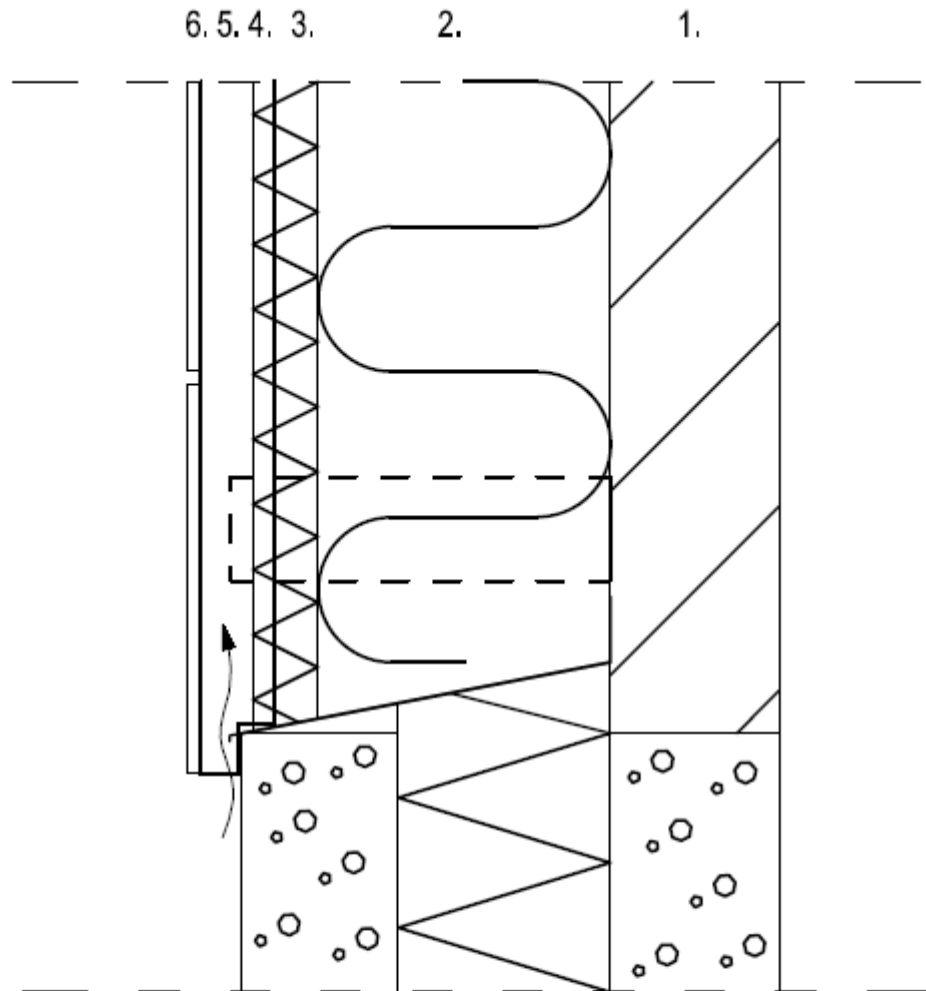
Tiiveys vaikuttaa huomattavasti myös rakennuksen energiataloudellisuuteen. Pellinen osoitti opinnäytetyössään, että vain 2 – 3 mm pistemäinen reikä ulkoseinärakenteessa voi nostaa energiankulutusta jopa 18 % (Pellinen 2011, 64).

Kosteutta ja tiiveyttä koskevat määräykset ja ohjeet löytyvät RakMk:n osasta C2 sivu 9 luku 4.

#### **Tuuletus**

Ulkoseinärakenteet toteutetaan Suomessa hyvin usein tuuletettuina. Tuuletusrako ulkoverhouksen takana auttaa kosteuden siirtymisessä rakenteesta ulkoil-

maan. Toisaalta tuuletusrako estää sateen mukana kulkeutuvan vapaan veden kulkeutumista ulkoverhousmateriaalin pinnalta lämmöneristekerrokseen. Periaate tuuleuksesta on esimerkiksi kuvassa 2.1.



- |        |   |
|--------|---|
| 130 mm | <b>1. Runkorakenne, esim tiili tai betoni</b> |
| 225 mm | <b>2. Pehmeä mineraalivilla</b>               |
| 50 mm  | <b>3. Pinnoitettu tuulensuojavilla</b>        |
|        | <b>4. Alumiininen T-profiili</b>              |
| 40 mm  | <b>5. Ilmarako</b>                            |
| 10 mm  | <b>6. Keraaminen kuivapuristelaatta</b>       |

Kuva 2.1. Leikkaus perusmuurin ja ulkoseinärakenteen liittymästä

Ulkoeristyksen takana olevan tuuletusraon tulee olla ainakin ylä- ja alapäästään avoin. Tuuletus ei saa heikentyä rakenteeseen liittyvien pellitysten tai esimerkiksi palokatkojen takia. (RT 82-11006, 2.)

## **Sisäilma**

Sisäilma on hengitettävää ilmaa, joka saattaa sisältää myös hiukkasmaisia tai kaasumaisia epäpuhtauksia. Sisäilman laatu vaikuttaa ihmisten viihtyvyyteen, työkykyyn ja terveyteen. (Sisäilmayhdistys. Terveelliset tilat.)

Sisäilmayhdistys on laatinut suunnittelu- ja toteutusohjeita. Näitä ohjeita ja päästöluokiteltuja rakennusmateriaaleja käyttämällä saavutetaan sisäilmalle asetetut vaatimukset. (RT 82-11006, 2.)

## **Radon**

Radon on keuhkosityöpää aiheuttava radioaktiivinen kaasu, joka kulkeutuu maaperässä rakennuksen alle. Radonia esiintyy erityisesti rakennettaessa sora- ja kalliomaalle tai kalliolle. Radon imeytyy alipaineiseen rakennukseen alapohjassa olevien rakojen kautta. (Sisäilmayhdistys. Perustietoa.)

Radonpitoisuus ei saa ylittää arvoa 200 Bq/m<sup>3</sup> (RT STM-20929, 1). Ulkoseinien osalta tämä tarkoittaa sitä, että maanvastaiset rakenteet on tiivistettävä niin, ettei radonia pääse kulkeutumaan haitallisia määriä rakennukseen. Radonia hallitaan myös rakennuksen alle asennettavilla keruuputkistoilla, joilla radonia imetään maaperästä ja johdetaan ulkoilmaan.

## **Materiaalit**

Suomen ilmasto aiheuttaa materiaaleille voimakkaita rasituksia. Sateiden aiheuttamat suuret kosteuspitoisuudet julkisivupinnoilla rasittavat materiaaleja. Jatkuva jäätyminen ja sulaminen voivat vaurioittaa rakenteita pysyvästi. Rasitukset tulee ottaa huomioon rakenteen suunnittelussa ja varsinkin materiaaleja valittaessa.

Rakennuksen paloluokka asettaa omat vaatimuksensa käytettäville materiaaleille. Rakennusmääräyskokoelman osassa E1 on vaatimukset erikseen julkisivumateriaalille sekä tuuletusrakoon rajoituville materiaaleille.

On tärkeää huomioida myös se, että osittain tai kokonaan lämmöneristekerroksen sisään tulevien materiaalien tulee kestää niihin kohdistuvat rasitukset (RT 82-11006, 2).

### **Lämmöneristys**

Lämmöneristävyttä kuvataan lämmönläpäisykertoimella U. U-arvon laskennassa otetaan huomioon myös erilaiset kylmäsiljat. Kylmäsiltoja ovat lämmöneristekerroksessa olevat rakenneosat. Lämmöneristävyttä koskevat määräykset ja ohjeet löytyvät RakMk:n osista C3 ja C4. (RT 82-11006, 2.)

### **Palotekniset ominaisuudet**

Rakennus jaetaan tarvittaessa erillisiin palo-osastoihin. Palo-osasto rajautuu usein ulkoseinään. Tästä johtuen ulkoseinärakenteen tulee täyttää rakennuksen paloluokan mukaiset vaatimukset. Paloluokka määräytyy RakMk:n osien E1 ja E2 mukaisesti. Palonkestävyyden määrittämiseen voidaan käyttää myös tyyppi- hyväksyntäpäätöksiä tai muita luotettavia selvityksiä (RT 82-11006, 2).

### **Ulkoverhous**

Ulkoverhous suojaa seinärakennetta ja toisaalta luo rakennukselle ulkonäön.

RakMk määrää toteuttamaan ulkoverhouksen niin, ettei sen taakse pääse vettä tai että sinne päätynyt vesi ja kosteus pääsevät poistumaan rakenteita vahingoittamatta. Ulkoverhouksen on oltava tuulettuva ellei kosteutta muuten saada poistettua. Lisäksi on estettävä tuulenpaineen vaikutuksesta seinäpinnalla liikkuvan veden pääsy rakenteisiin. (C2 RakMk , 10.)

## **2.2 Rakenneratkaisuja**

Tässä luvussa on RT-kortin 82-11006 esittelemiä ulkoseinärakenteita. Rakennetyypin tunnus (esim. RT US 405) viittaa suoraan RT-kortissa esiintyvään tunnuksen. Esittelystä on jätetty pois maanvastaiset seinät sekä paljon toistensa

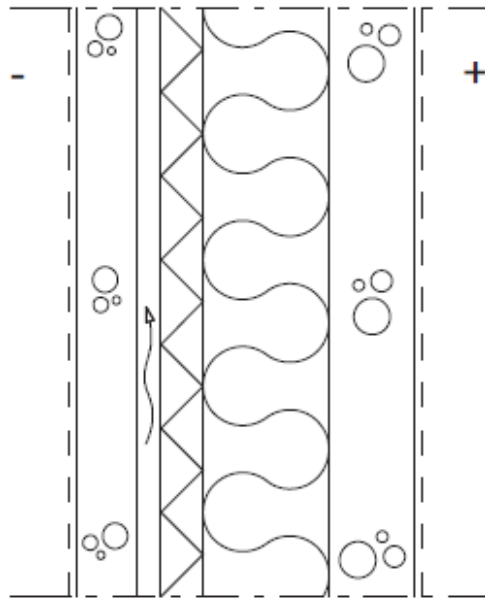
kaltaisia seinätyyppejä. Referenssimateriaalina käytetty lämpöräpattu esitellään RT-seinätyyppien jälkeen. Se on Parocin rakennekirjastosta löytynyt rakennetyyppi lämpöräpatusta ulkoseinästä.

Keraamisia julkisivujärjestelmiä käytetään pääasiassa toimistorakennuksissa, kerrostaloissa, tuotantotiloissa ja muissa suurissa rakennuksissa. Usein niiden paloluokka on vähintään P2.

RT-kortissa on rakennetyypeille annettu paloluokat. Ilmoitettujen paloluokkien perusteella kahta seinätyyppiä lukuun ottamatta kaikki sopivat käytettäväksi tavanomaisissa alle kahdeksan kerroksisissa P1-luokan rakennuksissa. RT US 707 ei sellaisenaan sovellu P1-luokan rakennuksiin ja RT US 604:n paloluokka määräytyy elementin rakenteen ja valmistajan mukaan. Rakennetyypin RT US 604 mukainen rakenne on paloluokaltaan vähintään EI 60.

## RT US 401

RT US 401 on betonirunkoinen, mineraalivillaeristeinen ja tuuletusraollinen ulkoseinä (Kuva 2.2). Kantava betonirunko toimii rakenteessa höyrynsulkuna. Ulkoverhous on toteutettu kuorielementillä, joka kiinnitetään mekaanisesti betonirunkoon eristekerroksen läpi. RT-kortissa on vastaavanlainen seinä RT US 402, jossa on tiilimuuraus kuorielementin tilalla. Toiminnaltaan ja teknisiltä ominaisuuksiltaan nämä eivät poikkea toisistaan.

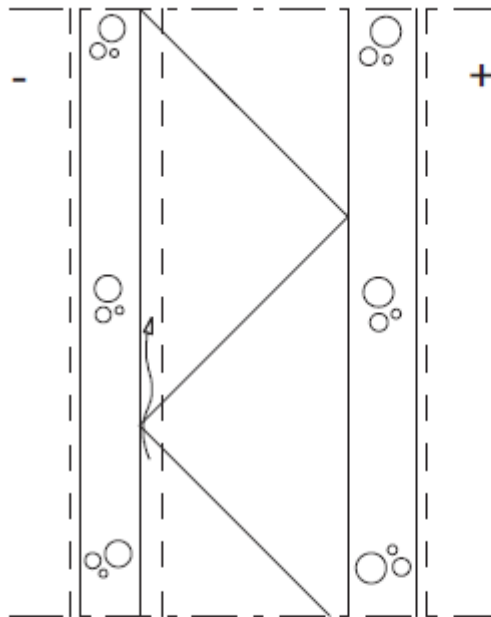


- $\geq 70$  mm **Kuorielementti** rakennesuunnitelman mukaan, teräsbetoni, pinta by 40 mukaan
  - $\geq 30$  mm **Tuuletusväli**
  - $\geq 50$  mm **Tuulensuoja**, mineraalivilla,  $\lambda_{Design}=0,031$  W/mK
  - 150 mm **Lämmöneriste**, mineraalivilla,  $\lambda_{Design}=0,032$  W/mK, kiinnitys mekaanisesti alustaansa, syöpyttämiä kiinnikkeitä vähintään 4 kpl/m<sup>2</sup>
  - $\geq 100$  mm **Kantava rakenne** rakennesuunnitelman mukaan, teräsbetoni, pinta by 40 mukaan
- Seinäpinta ja pintakäsittely** huoneselosteen mukaan

Kuva 2.2. RT US 401 (RT 82-11006, 4)

## RT US 405

RT US 405 on Suomessa hyvin tyypillinen betonisandwichelementti (Kuva 2.3). Eristeenä on uritettu mineraalivillaeriste, joka mahdollistaa rakenteen tuulettumisen ulospäin. Kantava betonirunko toimii rakenteessa höyrynsulkuna. Ulkokuori on kiinnitetty kantavaan sisäkuoreen teräsansaililla. Ulkokuori voi olla tehtaalta lähtiessään myös tiililaattapintainen kuten RT US 406, luonnonkivipintainen kuten RT US 408 tai klinkkeripintainen kuten RT US 407.



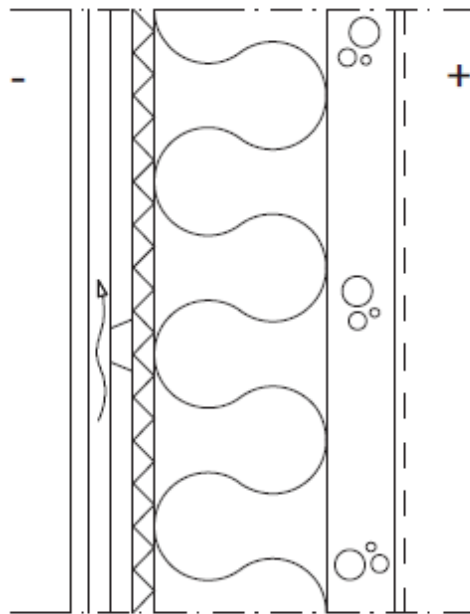
	<b>Pintakäsittely</b> rakennusselostuksen mukaan
≥ 70 mm	<b>Ulkokuori</b> rakennesuunnitelman mukaan, teräsbetoni, pinta by 40 mukaan
240 mm	<b>Lämmöneriste</b> , mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,035$ W/mK, ristiin uritettu, urasuojattu
≥ 80 mm	<b>Sisäkuori</b> rakennesuunnitelman mukaan, teräsbetoni, pinta by 40 mukaan
	<b>Seinäpinta ja pintakäsittely</b> huoneselosteen mukaan

Kuva 2.3. RT US 405 (RT 82-11006, 8)



## RT US 409

RT US 409 on betonirunkoinen mineraalivillaeristeinen ulkoseinä (Kuva 2.4). Ulkoveroraus on toteutettu metallikaseteilla. Ulkoverousta varten betonirunkoon joudutaan asentamaan puinen apurunko, joka kannattelee metallikasettien kiinnittämiseen tarkoitettuja teräksisiä hattuorsia. Kantava betonirunko toimii rakenteessa höyrynsulkuna. Tuuletus hoidetaan hattuorsien välissä olevalla tuuletusraolla. Rakenne voidaan verhota myös esimerkiksi puupaneelilla kuten RT US 410.

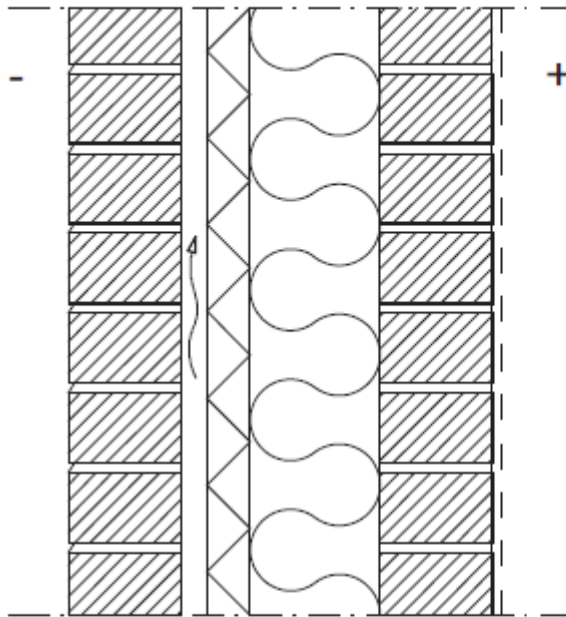


	<b>Seinäpinta ja pintakäsittely</b> rakennusselostuksen mukaan
	<b>Ulkoverhouk</b> rakennusselostuksen mukaan, metallikasetti
25 mm	<b>Tuuletusväli</b>
	<b>Teräsorsi</b> rakennusselostuksen mukaan, 25 mm kuumasinkitty hattuprofiili, jako ulkoverhouksen mukaan
25 mm	<b>Teräsorsi</b> rakennusselostuksen mukaan, kuumasinkitty hattuprofiili
≥ 25 mm	<b>Tuulensuoja</b> , mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,033$ W/mK
200 mm	<b>Puukoolaus</b> , 50x200 k 600
	<b>Lämmöneriste</b> , 200 mm mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,036$ W/mK
≥ 80 mm	<b>Kantava rakenne</b> rakennesuunnitelman mukaan, teräsbetoni, pinta by 40 mukaan
	<b>Seinäpinta ja pintakäsittely</b> huoneselosteen mukaan

Kuva 2.4. RT US 409 (RT 82-11006, 12)

## RT US 501

RT US 501 on tiilivuorattu, tiilirunkoinen ja mineraalivillaeristeinen ulkoseinä (Kuva 2.5). Ulko- ja sisäkuori sidotaan toisiinsa muuraussiteillä, joiden avulla saadaan kiinnitettyä myös eristeet tiiviisti sisäkuoreen. Rakenne voidaan toteuttaa myös vaihtamalla kantava sisäpuolen muuraus kevytbetoniin (RT US 502) tai kevytsoraharkkoon (RT US 503). Muuratulla kantavalla rakenteella saavutetaan riittävä vesihöyryn vastus, joka yhdessä tuulettuvan julkisivun kanssa takaa rakenteen toiminnan.

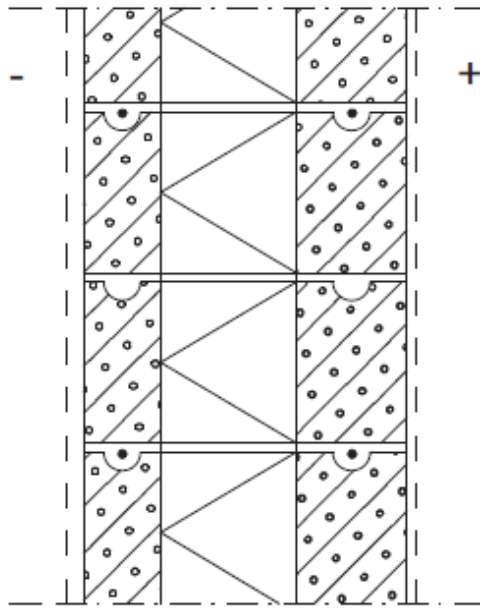


≥ 85 mm	<b>Ulkoverhous</b> rakennusselostuksen mukaan, säänkestävä tiilimuuraus ja saumat, muurauslaasti M100/500, muuraussiteet ruostumatonta terästä, vähintään 4 kpl/m <sup>2</sup>
≥ 30 mm	<b>Tuuletusväli</b>
50 mm	<b>Tuulensuoja</b> , mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,031$ W/mK
150 mm	<b>Lämmöneriste</b> , mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,032$ W/mK
130 mm	<b>Kantava rakenne</b> rakennesuunnitelman mukaan, tiilimuuraus, muurauslaasti M100/500 <b>Seinäpinta ja pintakäsittely</b> huoneselosteen mukaan

Kuva 2.5. RT US 501 (RT 82-11006, 14)

## RT US 504

RT US 504 on lämpöharkoista muuraamalla tehtävä ulkoseinä (Kuva 2.6). Hal-kaistun kevytsoraharkon välissä on polyuretaani- tai eps-eriste. Ulkopinta käsi-tellään usein rappauksella. Höyrynsulkuna rakenteessa toimii umpisolui- nen lämmöneriste. Rakenteessa ei ole erillistä tuuletusrakoa, vaan se sitoo ja luo- vuttaa kosteutta vallitsevien sääolosuhteiden mukaan.

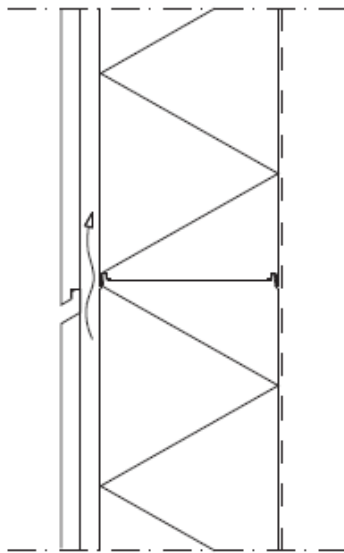


8...10 mm **Pintamateriaali ja -käsittely** rakennusselostuksen mukaan, 2-kerrosrappaus kuitulaastilla  
380 mm **Kantava rakenne**, kevytsoralämpöharkko, 160 mm PU- tai EPS-eriste, muurauslaasti M100/500  
**Seinäpinta ja pintakäsittely** huoneselosteen mukaan

Kuva 2.6. RT US 504 (RT 82-11006, 17)

## RT US 604

RT US 604 on ulkopuolelta metallikaseteilla verhottu peltisandwichelementti (Kuva 2.7). Elementti koostuu peltikuorista, joiden välissä on kova mineraalivillaläeriste. Rakenne vaatii erillisen kantavan rungon. Rakenteessa saumoistaan tiivistetyt peltikuoret toimivat höyrynsulkuina. Rakenne voidaan verhota molemmilta puolilta lähes millä tahansa materiaalilla ja se voidaan toteuttaa myös tuulettuvana lisäämällä mahdollisen erillisen ulkoverhouksen alle apukoolaukseksi esim. teräksinen hattuorsi. Käyttökohteita ovat usein myymälätilat sekä tuotanto- ja varastorakennukset.



	<b>Pintakäsittely</b> rakennusselostuksen mukaan
20 mm	<b>Ulkoverhous</b> rakennusselostuksen mukaan, metallikasetti
	<b>Tuuletusväli</b>
	<b>Kiinnitysraangat</b> , kuumasinkitty hattuprofiili
230 mm	<b>Kantava rakenne</b> rakennesuunnitelman mukaan, mineraalivillaytiminen metallielementti
	<b>Seinäpinta tai pintakäsittely</b> huoneselosteen mukaan

Seinärakenne vaatii erillisen kantavan ja jäykistävän rungon.

Metallikasettien ja -elementtien kiinnitykset rakennesuunnitelman ja valmistajan ohjeiden mukaan.

Seinärakenne voidaan toteuttaa ilman ulkoverhousta.

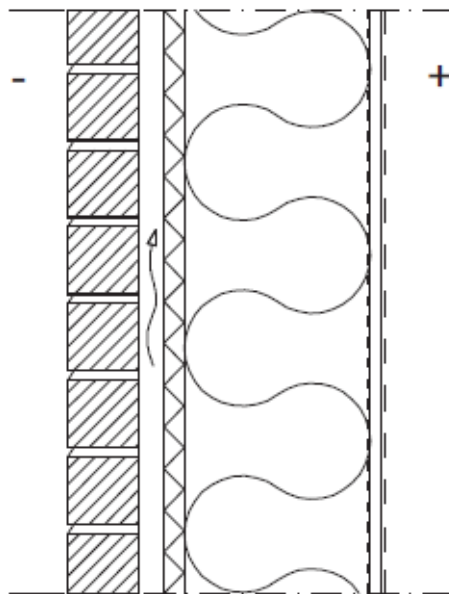
Rakenteen paloluokka määräytyy elementin rakenteen ja valmistajan mukaan.

Ks. myös taulukko 1.

Kuva 2.7. RT US 604 (RT 82-11006, 23)

## RT US 707

RT US 707 on useimmiten pientaloissa käytettävä puurunkoinen mineraalivillaeeristetty ulkoseinä (Kuva 2.8). Runkona voidaan käyttää myös teräsrankoja. Rakenne varustetaan rakennetyypin mukaisesti erillisellä höyrynsulkukerroksella. Tuulettuva ulkoverhous on toteutettavissa tuulettavana tiilimuurausten lisäksi esimerkiksi puupaneloinnilla kuten RT US 701 (pystypaneeli) ja RT US 705 (vaakapaneeli).

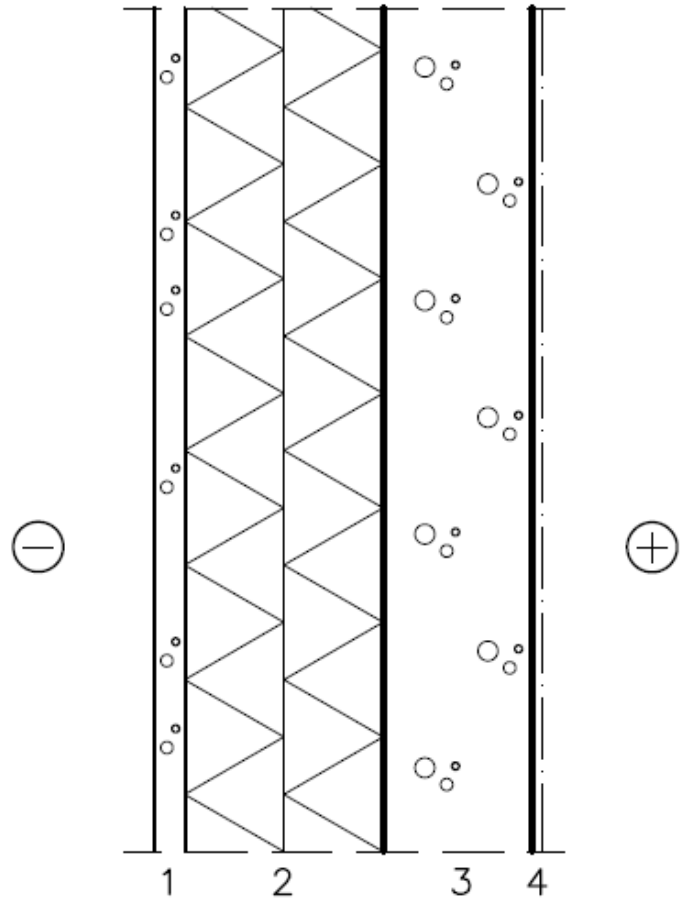


≥ 85 mm	<b>Ulkoverhous</b> rakennusselostuksen mukaan, säänkestävä tiilimuuraus ja saumat, muurauslaasti M100/500, muuraussiteet ruostumatonta terästä, vähintään 4 kpl/m <sup>2</sup>
≥ 30 mm	<b>Tuuletusväli</b> , varmistettava raon säilyminen muuraustyön aikana
≥ 25 mm	<b>Tuulensuoja</b> , mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,033$ W/mK
223 mm	<b>Kantava rakenne</b> rakennesuunnitelman mukaan, puurunko 48x223 k 600
	<b>Lämmöneriste</b> , 223 mm mineraalivilla, $\lambda_{Design}=0,036$ W/mK
0,2 mm	<b>Ilman- ja höyrynsulku</b> , polyeteenimuovikalvo, saumat ilma- ja höyrytiivit
9...15 mm	<b>Rakennuslevy</b> , esimerkiksi vaneri, lastulevy, kartonkipintainen kipsilevy
	<b>Seinäpinta ja pintakäsittely</b> huoneselosteen mukaan

Kuva 2.8. RT US 707 (RT 82-11006, 30)

## Paroc US RF 20.1

Paroc US RF 20.1 on betonirunkoinen mineraalivillaeristeinen ulkoseinä. (Kuva 2.9) Ulkoverhouksena toimii 25 mm paksu rappauskerros. Kantava betonirunko toimii rakenteessa höyrynsulkuna. Erillistä tuuletusrakoa ei ole vaan rappauskerros tasaa ulkopinnan kosteusvaihteluita.



- |        |  |
|--------|--|
| 200 mm | 1 PAKSURAPPAUS, rakennusselityksen mukaan  |
|        | 2 RAPPAUSALUSERISTE, kivilla PAROC FAS 1 (100+100mm) rappaustyöohjeen mukaan + kiinnikkeet |
| 150 mm | 3 KANTAVA RAKENNE, rakennesuunnitelmien mukaan   |
|        | 4 PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY, huoneselityksen mukaan                                   |

Kuva 2.9. PAROC US RF 20.1 (Paroc ratkaisut ja tuotteet)

### 2.3 Tuotantotekniikat

Ulkoseinät voidaan jakaa tuotantotekniikan perusteella kolmeen osaan: elementtirakenteiset, paikallarakennetut ja näiden kahden yhdistelmät. Mahdollisiin sisäpuolisiin pintamateriaaleihin tai -käsittelyihin ei oteta kantaa.

Ainoa täysin elementtirakenteinen seinä on betonisandwichelementtiseinä RT US 405.

Täysin paikallarakennettavia ovat muurattavat seinät RT US 504 ja RT US 501.

Lämpörappattu seinä PAROC US RF 20.1 on mahdollista tehdä elementtinä joko pelkkänä sisäkuorena tai sisäkuorena eristeineen. Näin ollen työmaalle ei jäisi kuin ulkopuolen rappaus. Toki sisäkuoren voi valaa myös työmaalla, jolloin rakenne on kokonaan paikallarakennettu.

Puurunkoinen pientalon seinä RT US 707 on julkisivumuurausta lukuun ottamatta mahdollista tehdä joko elementtirakenteisena tai kokonaan työmaalla. Elementti voi sisältää kaikki rakennekerrokset tai vain osan niistä.

Betonirunkoinen, apukoolattu RT US 409 antaa mahdollisuuden käyttää elementtirakenteista betonirunkoa. Runko voidaan valaa myös työmaalla. Betonirunkoon kiinnitettävät puukoolaukset voidaan nekin esivalmistaa, myös eristettynä. Ulkoverhous on kuitenkin mittatarkkuuden takia asennettava työmaalla.

Betonirunkoinen, betonisella ulkokuorella varustettu RT US 401 voidaan esivalmistaa kokonaan tai se voidaan ulkokuorta lukuun ottamatta rakentaa paikalla. On myös mahdollista käyttää elementtirakenteisia sisä- ja ulkokuoria ja tehdä eristystyöt työmaalla.

Peltisandwichelementteihin perustuva RT US 604 voidaan tehdä ulkoverhousta lukuunottamatta elementtirakenteisena.

### 3 Tuulettuvat keraamiset julkisivujärjestelmät

Tässä osiossa on kerättyä tietoa keraamisista laatoista sekä erilaisista keraamisista julkisivujärjestelmistä. Lisäksi on käsitelty keraamisten tuulettuvien julkisivujärjestelmien elinkaarta, soveltuvuutta eri käyttökohteisiin ja niiden rakennusfysikaalista toimintaa. Järjestelmistä on selvitetty erilaiset kiinnitystavat sekä järjestelmätoimittajien laattatarjonta. Niiden perusteella tehdään myöhemmin vertailua.

#### 3.1 Keraamiset laatat

Tässä luvussa kerrotaan yleisesti keraamisista laatoista, niiden ominaisuuksista ja käyttökohteista. Tämän luvun lähteenä on käytetty RT-ohjetta RT 34-10997.

##### Käsitteitä

**Keraaminen laatta** on savesta lisäainein tai ilman lisäaineita valmistettu ja poltettu laatta.

**Kuivapuristelaatta** on kuivahkosta jauheesta puristettu keraaminen laatta.

**Märkäpuristelaatta** (suulakepuristelaatta) on plastisesta massasta puristettu keraaminen laatta.

**Kaakelilaatta** on kuivapuristettu huokoinen ja lasitettu keraaminen seinälaatta.

**Klinkkerilaatta** on lasitettu tai lasittamaton keraaminen laatta.

**Mosaiikkilaatta** on kooltaan korkeintaan 70 mm x 70 mm kaakeli- tai klinkkerilaatta.

**Sintrattu laatta** on poltettu kuivatuksen jälkeen sintraantumispisteeseen saakka.

**Tiililaatta** on märkä- tai kuivapuristettu savesta polttamalla valmistettu reiällinen tai reiätön laatta. Tiililaatan valmistuksessa käytetään sahanpurua tai muuta huokoistusainetta.



### 3.1.1 Valmistustavat ja luokitus

Keraamisia laattoja käytetään sisä- ja ulkotiloissa seinien, lattia- ja tasopintojen päällystämiseen. Laatat on jaettu valmistusmenetelmän perusteella kahteen ryhmään: A ja B. Ryhmän A laatat ovat märkäpuristettuja ja ryhmän B kuivapuristettuja. Muulla tavalla valmistetut kuuluvat ryhmään C. Laatat jaetaan lisäksi eri ominaisuuksien perusteella alaluokkiin. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi vedenimukyky, liukkaus, ja kulutuskestävyys.

Märkäpuristetut laatat (Ryhmä A) valmistetaan puristamalla plastinen massa suulakkeen läpi haluttuun muotoon, jonka jälkeen massa leikataan määrämittäisiksi laatoiksi. Kuivatuksen jälkeen laatat poltetaan tai lasitetaan ja poltetaan. Märkäpuristettuja klinkkerilaattoja käytetään lattioiden ja seinien laatoittamiseen sisä- ja ulkotiloissa.

Kuivapuristetut laatat (Ryhmä B) valmistetaan puristamalla jauhemainen massa suurella paineella laatoiksi. Jauheen kosteuspitoisuus on kuudesta kahdeksaan prosenttia.

Lasitettuja kuivapuristettuja laattoja käytetään sisätiloissa seinä- ja lattialaattoina. Ne eivät kestä pakkasta. Vedenimukyky on 3 %...6 % (Ryhmä BIIa) tai 6 %...10 % (Ryhmä BIIb).

Kaakelilaattoja (Ryhmä BIII) käytetään asumiseen liittyvien kuivien tilojen ja märkätilojen seinälaattoina. Kaakelilaatat eivät sovellu vaativimpiin kohteisiin kuten ulkotiloihin tai yleisiin märkätiloihin. Kaakelilaatat poltetaan sintraantumisen alkuun saakka ja niiden vedenimukyky on yli 10 %.

Kuivapuristettuja laattoja, joilla on pieni vedenimukyky, kutsutaan klinkkerilaatoiksi (Ryhmä BIIb). Kuivapuristettuja sintrattuja klinkkerilaattoja voidaan käyttää seinä- ja lattialaattoina sekä sisä- että ulkotilojen laatoituksiin. Ulkotilojen laatoittamiseen käytettävien laattojen vedenimukyky saa olla enintään 1 % laatan kuivapainosta.

Täysin sintraantunutta kuivapuristelaattaa (Ryhmä BIIa) voidaan käyttää ilman rajoituksia.

Taulukon 3.1 jaottelun mukaan laattaryhmät soveltuvat käytettäväksi seuraavasti:

Ala, Bla soveltuu ulkotiloihin

Alb, Blb soveltuu osittain ulkotiloihin

Alla, Bllb soveltuu sisätiloihin

AIII, BIII soveltuu sisätiloihin

Taulukko 1. Keraamisten laattojen jaottelu vedenimukyvyn E perusteella (% laatan kuivapainosta), standardi SFS-EN 14411.

Laattatyyppi	Ryhmä I		Ryhmä IIa	Ryhmä IIb	Ryhmä III
Vedenimukyky (E) %	$E < 0,5$	$0,5 \leq E \leq 3$	$3 < E \leq 6$	$6 < E \leq 10$	$E > 10$
Märkäpuristetut laatat, ryhmä A	Ryhmä Ala	Ryhmä Alb	Ryhmä Alla-1 Ryhmä Alla-2	Ryhmä Allb-1 Ryhmä Allb-2	Ryhmä AIII
Kuivapuristetut laatat, ryhmä B	Ryhmä Bla	Ryhmä Blb	Ryhmä BIIa	Ryhmä BIIb	ryhmä BIII
Muu valmistustapa, ryhmä C		Ryhmä CI	Ryhmä CIIa	Ryhmä CIIb	Ryhmä CIII

Taulukko 3.1. Laattojen jaottelu vedenimukyvyn perusteella. (RT 34-10997)

### 3.1.2 Julkisivulaattojen tärkeitä ominaisuuksia

#### Lämmönkestävyys

Auringon säteily aiheuttaa julkisivuverhoukseen lämpörasituksia. Rasitukset on otettava suunnittelussa huomioon ja niiden haittoja voidaan vähentää rakenteellisin keinoin. Keraamiset laatat kestävän yleensä äkillisiä julkisivupinnoissa tapahtuvia lämpötilan muutoksia. Laattojen lämpötilan vaihtelun kestävyys testataan standardin SFS-EN ISO 10545-8 mukaisesti.

#### Pakkasenkestävyys

Keraamiset laatat altistuvat ulkokäytössä Suomessa voimakkaalle ilmastorasitukselle. Rasitukset ovat seurausta toistuvasta jäätymis-sulamissyklistä. Säänkestävyys (pakkasenkestävyys) testataan standardin SFS-EN ISO 10545-12 mukaisesti.

Keraamiselle laatalle määritelty vedenimukyky on verrannollinen sen kestävyteen ulkokäytössä. Yleisesti pienempi vedenimukyky on parempi ulkokäytössä. Laatussa on sitä pienempi vedenimukyky, mitä suurempi on sintraantumisaste.

Toisin sanoen suuremmissa lämpötilassa sintraamalla saavutetaan pienempi vedenimuprosentti. Vedenimukyky mitataan painoprosentteina. Vedenimukyky määritellään standardin SFS-EN ISO 10545-3 mukaisesti.

### **Kemiallinen kestävyys**

Keraamiset laatat ja niissä käytettävät lasitukset eivät yleensä vahingoitu tavallisimmista puhdistusaineista, joita on käytössä kotitalouksilla. Laatoituksen kestävyteen kokonaisuutena vaikuttavat myös käytetyt kiinnitystavat ja kiinnitysainesten kemikaalien kestävyys. Laattojen kemiallinen kestävyys testataan standardin SFS-EN ISO 10545-13 mukaisesti.

### **3.2 Elinkaari**

Elinkaarikustannuksilla tarkoitetaan kiinteistön koko elinkaaren ajan kustannuksia. Vielä muutama vuosikymmen sitten rakentamisessa keskityttiin tehokkaan tuotantoon elinkaarikustannuksista liiemmin välittämättä. Lisäksi 1960- ja 1970-luvuilla kiinteistöjen kunnossapitoa ja huoltoa laiminlyötiin, jotta vuokrat ja vastikkeet pysyisivät alhaalla. Nykyään rakennuttajat ovat kiinnostuneempia elinkaarikustannuksista. Elinkaarikustannuksiin vaikutetaan jo suunnitteluvaiheessa ja hyvällä arvioinnilla voidaan esimerkiksi vuokrien kehitystä arvioida pitkällä tähtäimellä. (Herrainsilta 2006, 5.)

Rakentamisvaiheessa kustannukset koostuvat yli sadasta nimikkeestä. Julkisivu kuuluu kunnossapitovaiheen kuuden tärkeimmän rakennusosan joukkoon yhdessä esimerkiksi vesikaton ja lämmitysjärjestelmän kanssa. (Herrainsilta 2006, 18.)

Rakennuksen käytön aikana julkisivun elinkaarikustannukset koostuvat huollosta, mahdollisista korjauksista sekä julkisivun uusimisesta. Julkisivun uusiminen on kallista, jos se joudutaan tekemään yksittäisenä työnä. Taloudellisempaa on, jos julkisivu kestää ainakin niin kauan, että rakennus joudutaan peruskorjaamaan suuremmissa mittakaavassa.

Julkisivua voidaan joutua huoltamaan esimerkiksi pintakäsittelyn osalta. Maalattuja julkisivuja voidaan joutua huoltomaalaamaan useasti elinkaaren aikana. Huoltoa voi olla myös julkisivumateriaalien puhdistaminen. Jotkut julkisivumate-

riaalit keräävät pinnoilleen ilman epäpuhtauksia. Epäpuhtauksia voidaan joutua pesemään julkisivun pitämiseksi halutun näköisenä. Jotkut julkisivumateriaalit puhdistuvat pelkästään sateen vaikutuksesta. Kiviaineisille materiaaleille on olemassa pinnoitteita, jotka estävät lian tarttumisen materiaalin pintaan. Pinnoitteissa voidaan käyttää nanoteknologiaa esimerkiksi vähentämään kitkaa materiaalin pinnassa. Rakennettaessa alueelle, jossa ilma on likaista, julkisivun puhdistaminen aiheuttaa merkittäviä kustannuksia.

Julkisivu saattaa vaurioitua esimerkiksi ilkvallan takia tai kiinteistöhuollon yhteydessä. Korjaustarpeen ilmentyessä olisi tärkeää, että korjauskustannukset olisivat helposti arvioitavissa. Vaikeasti korjattavat julkisivut saattavat kustannusten takia jäädä jopa korjaamatta, jos vaurio ei aiheuta muuta kuin ulkonäöllistä haittaa. Keraamiset tuulettuvat julkisivut voivat vaurioitua mekaanisen iskun seurauksesta. Tällaisissa tapauksissa rikkoontunut laatta on kuitenkin vaihdettavissa yksittäin, joten korjauskustannukset eivät ole suuria. Asia on otettava huomioon suunnitteluvaiheessa.

### **3.3 Käyttökohteet**

Keraamisia julkisivujärjestelmiä voidaan käyttää sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Rajoittava tekijä käyttökohteita valittaessa on ulkoverhouksen ja sen kannatusrakenteiden paino. Ulkoverhouksen paino on saatava siirrettyä kantavien rakenteiden kautta turvallisesti perustuksille. Suomessa käytettävissä ulkoseinissä keraamisen julkisivuverhouksen paino muodostuu hyvin harvoin ongelmaksi. Keraamisten kuivapuristelaattojen tilavuuspainot vaihtelevat välillä 2000 - 2200 kg/m<sup>3</sup> (Sirkka 2012). Tilavuuspainon perusteella laatoituksen neliöpainoksi saadaan 10 mm paksulla kuivapuristelaatalla noin 21 kg/m<sup>2</sup>. Alumiinisen tukirakenteen kanssa esimerkiksi StoneMate-järjestelmällä toteutettu ulkoverhous painaa alle 30 kg/m<sup>2</sup> (Sirkka 2012).

Seuraavassa käydään läpi joitain vaihtoehtoja mahdollisista käyttökohteista. Todellisuudessa käyttökohteita on lähes rajattomasti.

Rapattua seinää (Paroc US RF 20.1) lukuun ottamatta luvussa 2 esiteltyihin rakennetyyppeihin voidaan tukirakenteen avulla kiinnittää tuulettuva keraaminen

julkisivuverhous. Alla on kuvailtuna esimerkkiratkaisuja mahdollisista toteutuksista.

### **US 401**

Uudisrakentamiskohteessa rakenne voidaan toteuttaa ilman betonista ulkokuorta korvaamalla se keraamisella laatoituksella. Laatoitus voidaan kiinnittää kantavaan betonirunkoon (Kuva 3.1). Samanlainen tilanne on rakenne-esimerkissä RT US409, jossa peltiverhous voidaan korvata keraamisella laatoituksella.



Kuva 3.1 Julkisivulaatoitus kannakoitu eristekerroksen läpi runkorakenteeseen

### **US405 ja (US504)**

Uudisrakennuskohteessa laatta voidaan kiinnittää elementin pintaan suoraan hattuorsilla (Kuva 3.2). Korjauskohteessa vanhaan ulkokuoreen voidaan myös asentaa lisäeristys ja t-profiili.



Kuva 3.2 Laatoitus hattuorsilla sandwichelementin pintaan

### **US 604 ja US 504**

Uudis- tai korjauskohteessa asennetaan hattulistat ja laatoitus suoraan elementin pintaan kuten kuvassa 3.2.

### **US 707**

Tiiliverhous voidaan uudisrakennuskohteessa korvata keraamisella laatoituksella asentamalla puinen vaakakoolaus tuulensuojalevyn päälle ja hattulista pystykoolaukseksi vaakakoolaukseen. Laatta kiinnitetään hattulistaan (Kuva 3.3).





Kuva 3.3 Laatoituksen kiinnittäminen hattuorsilla puurunkoiseen seinään

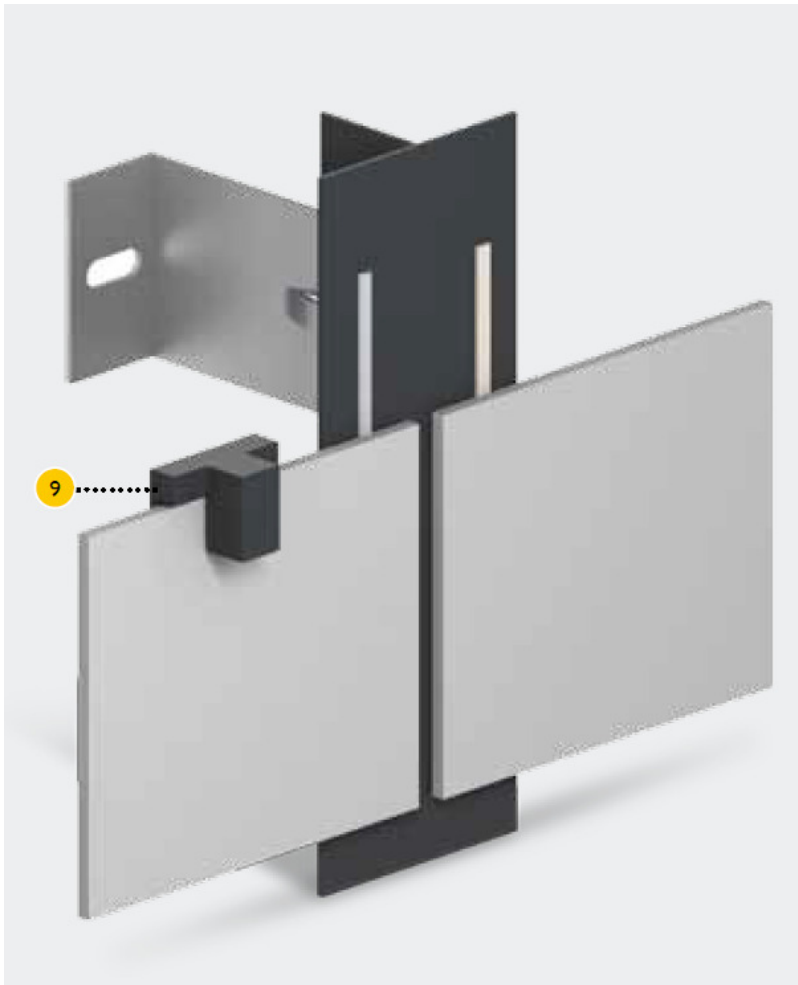
### **3.4 Rakennusfysikaaliset ominaisuudet**

StoneMate LT –julkisivujärjestelmä toteutetaan aina tuulettavana. Sen lisäksi, että ilma pääsee vapaasti kiertämään laatoituksen ylä- ja alapäässä olevista raoista, laatoituksessa olevat avosaumat tehostavat tuuletusta. Tehokas tuuletus tasaa lämpötilaeroja ulkoverhouksen ja ulkoilman välillä. Kesäaikana tämä ominaisuus vähentää jäähdytystarvetta. (Reatek Oy 2012, 1.)

Lämmöneristyksen määrä ei vaikuta keraamisen tuulettuvan julkisivujärjestelmän käyttöön.

### 3.5 StoneMate -julkisivujärjestelmä

Reatek OY tarjoaa tuulettuvan keraamisen julkisivuratkaisun, joka perustuu StoneMate-liimamassaan ja erillisiin tukirakenteisiin. StoneMate-julkisivujärjestelmässä keraaminen ulkoverhousmateriaali kiinnitetään liimamassalla tukirakenteeseen (Kuva 3.4).



Kuva 3.4 Periaatekuva StoneMate-järjestelmästä

StoneMate on hollantilaisen Twehan kehittämä pysyvästi elastinen kestävä liimamassa, joka on kehitetty kiviaineisten ulkoverhoustuotteiden kiinnittämiseen. Liimamassaa käytetään yhdessä kaksipuoleisen teipin ja alumiinisen tai teräksisen alusrakenteen kanssa. Järjestelmällä on mahdollista kiinnittää näkymättömillä kiinnikkeillä kiviaineinen ulkoverhous metalliseen alusrakenteeseen (Kuva 3.5). (Tweha. Product leaflet, 2.)





Kuva 3.5 StoneMate-järjestelmällä toteutettu kauppakeskus Gallerian julkisivu Lappeenrannassa

Tweha Trading B.V. on toiminut vuodesta 1992 kehittäen kestäviä liimoja erityisesti kiviaineisten ulkoverhoustuotteiden kiinnittämiseen. Tweha tarjoaa liimamassoja myös muiden materiaalien kiinnittämiseen. Tweha kehittää liimamassoja omassa laboratoriossaan valvoen samalla tuotteidensa laatua. (Tweha. Core business.)

StoneMate-liimamassalla on hollantilaisen KOMO:n tuotetodistussertifikaatti, joka perustuu direktiivin BRL 4101 kohdan 1 (julkisivupinnan levyverhous) ja kohdan 7 (julkisivulevyjen kiinnittämiseen tarkoitetut liimamassat) kansallisiin

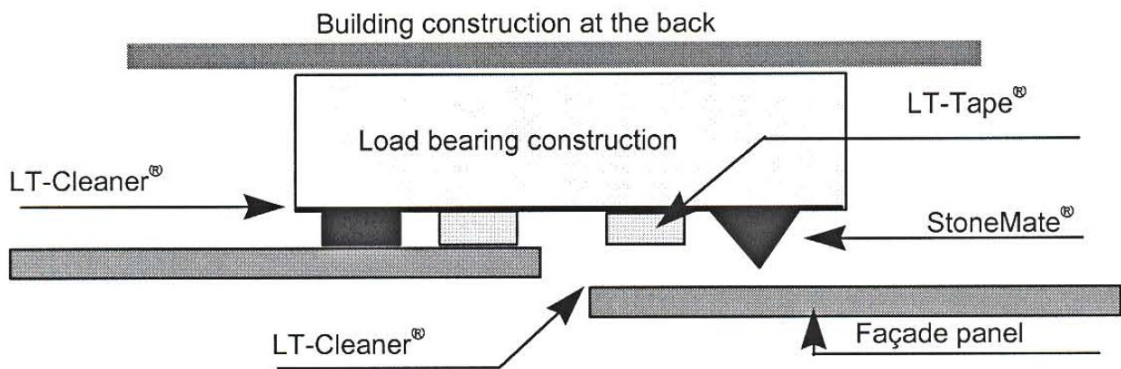
sovelluksiin SKH:n tuotesertifiointista antamien säädösten mukaisesti. (KOMO tuotetodistussertifikaatti 2002, 1.)

StoneMate on MS-polymeeripohjainen liimamassa. Sen kemiallinen perusaine on hybridipolymeeripohjainen komponentti. Liimamassan vetolujuus on 2 Mpa ja shorekovuus A-60. Liimamassan käyttölämpötila vaihtelee välillä -20 C° - 40 C°. Kovettumisen jälkeen liimamassa sietää jopa -20 C° - 150 C° lämpötiloja. 3 mm paksu liimasauma kuivuu vuorokaudessa lämpötilan ollessa 20 C° ja suhteellisen kosteuden ollessa on 50 %. (Tweha. Technical datasheet.)

StoneMate-järjestelmällä toteutettava julkisivu suunnitellaan kestämään rakennuksen koko käyttöiän. Rakentamisaikaisen investoinnin jälkeen kustannuksia tulee ainoastaan mahdollisista korjauksista. Korjaustarvetta voi aiheutua, jos laatoitus rikkoutuu voimakkaasta ulkoisesta mekaanisesta iskusta. Paikoissa, joissa ilmassa on paljon epäpuhtauksia, julkisivua voidaan joutua pesemään. Laattojen vedenimukyky on niin pieni, että epäpuhtaudet eivät imeydy veden mukana laattaan. Stonemate-järjestelmän laatoitus puhdistuu hyvin pelkän saateen vaikutuksesta, koska mahdolliset epäpuhtaudet jäävät laatan pinnalle. Tämän vuoksi julkisivu ei tummene epäpuhtauksien takia. (Sirkka 2012.)

### 3.5.1 Kiinnittäminen

StoneMate-järjestelmällä keraaminen laatta kiinnitetään liimamassalla erilliseen alusrakenteeseen. Järjestelmään kuuluu liimamassan lisäksi kaksipuoleinen LT-teippi, LT-cleaner-puhdistusaine sekä alumiininen tukirakenne (Kuva 3.6).



Kuva 3.6 Periaateleikkaus StoneMate-järjestelmästä (KOMO tuotetodistussertifikaatti, 2)

LT-cleaner-puhdistusainetta käytetään liimattavien pintojen puhdistamiseen julkisivumateriaalista ja alusrakenteesta. Se on alifaattinen hiilivetyliuotinaineiden seos. Pakkauskoot ovat 1, 5, 25 ja 200 litraa. (Reatek Oy 2011, 2.)

Liimamassaa ei voida yksin käyttää laatan kiinnittämiseen. Kaksipuolista LT-teippiä käytetään pitämään laatta paikallaan liiman kuivumisen ajan. LT-teippi myös varmistaa oikean liimapaksuuden. LT-teippi valmistetaan polyeteenivaahdosta. Sitä on saatavana mustana tai valkoisena 25 m rullissa. (Reatek Oy 2011, 2-3.)

StoneMate-liimamassa luo lopullisen kiinnityksen julkisivumateriaalille. Liimamassa tulee pursottaa tietynlaisesta suulakkeesta, jotta varmistutaan riittävän kokoisesta liimakerroksesta. Liimakerroksen tulee olla mitoiltaan vähintään 12 mm x 3 mm. Liimamassan oikea leveys mahdollistaa julkisivumateriaalin liikkeistä johtuvat rasitukset. Liimamassan käyttölämpötila on -20 - +40 C°. (Reatek Oy 2011, 2-3.)

StoneMate-liimamassan elastisuus mahdollistaa julkisivulaatan lämpöliikkeet. Käytettävän laatan maksimikoko määräytyy laskentakaavasta (kaava 1), joka ottaa huomioon laatan lämpöliikkeet ja liiman elastisuuden.

$$d_{max} \leq 2 \frac{x_{max}}{f_{max}} \quad (1)$$

$d_{max}$  = laatan maksimi lävistäjä [m]

$x_{max}$  = laatan sallittu maksimiliike [mm]

$f_{max}$  = laatan maksimi muodonmuutos tietyissä ilmasto-olosuhteissa [mm/m<sup>1</sup>]

Käytettäessä lämpölaajenemiskerrointa  $12 \times 10^{-6} 1/C^{\circ}$ , saadaan sadan asteen lämpötilaerolla laatan maksimimuodonmuutokseksi 1,2 mm/m. Näillä arvoilla saadaan laatan maksimilävistäjälle arvo 5,5 m. Tällä hetkellä suurimmat laatat, joita Reatek OY tarjoaa käytettäväksi ulkoverhouksissa, ovat 3000 mm x 1500 mm. Liiman elastisuus ei siis ole rajoittava tekijä laattoja valittaessa.

StoneMate-liimamassalla kiinnitetyn yksittäisen laatan vaihtaminen onnistuu ilman erikoistyökaluja tai -osaamista. Laatan vaihtaminen ei myöskään vaadi

tukirakenteiden uusimista. Rikkoontunut laatta saadaan irti leikkaamalla liimasauma pystysuunnassa halki esimerkiksi terävällä veitsellä. Ennen uuden laatan liimaamista vanhat liimajäämät poistetaan mekaanisesti tukirakenteesta.

### **Hattuorsi**

Hattuorsia käytetään silloin kun julkisivumateriaalia kannattelevan runkorakenteen ja julkisivumateriaalin välissä ei ole eristekerrosta. Hattuorsi mahdollistaa tuulettuvan rakenteen. (Kuva 3.7). Hattuorsien materiaalina käytetään kuumasinkittyä terästä (Sirkka, 2012).

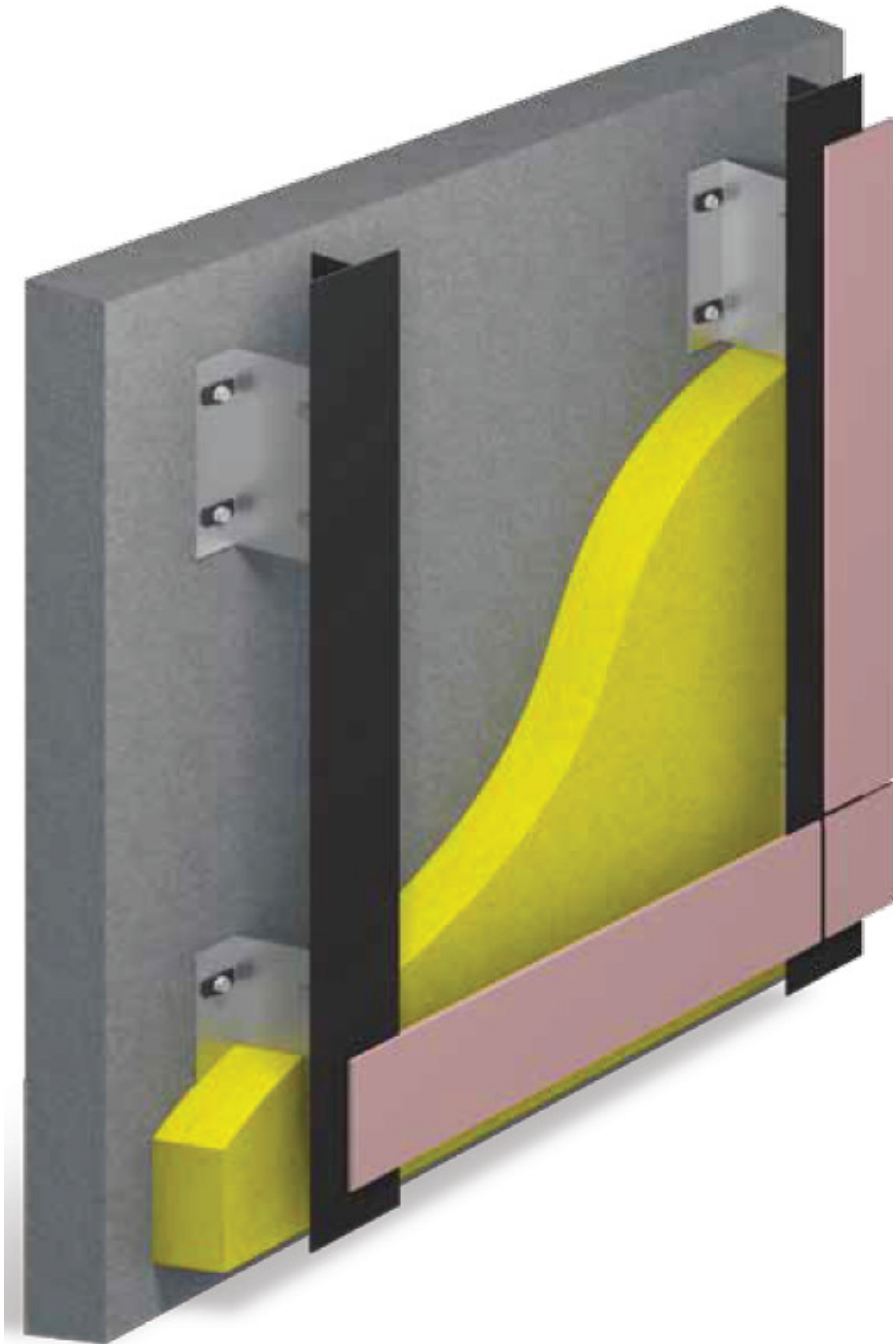


Kuva 3.7 StoneMate-järjestelmän hattuorsilla koolattu ulkoseinä

### **T-profiili ja L-kannakkeet**

Reatek OY käyttää Twehan tarjoamia tukirakenteita, jotka on suunniteltu käytettäväksi StoneMate-liimamassan kanssa. Alumiinisia T-profiileja ja L-kannakkeita

käytetään silloin, kun keraaminen julkisivumateriaali kannakoidaan eristekerroksen läpi rakennuksen runkoon (Kuva 3.8).



Kuva 3.8 StoneMate-järjestelmän periaatekuva eristekerroksen läpi kannakoitava laatoituksesta (Torv systems 2012, 3)

L-kannakkeiden kiinnityspisteet ovat pystysuunnassa liukuvia ja näin ollen mahdollistavat erimerkiksi lämpörasituksista aiheutuvat muodonmuutokset tuki-



rakenteissa. L-kannakkeiden pituus voidaan valita eristekerroksen paksuuden mukaan. (Kuva 3.9)



Kuva 3.9 StoneMate-järjestelmän L-kannake (Torv systems 2012, 5)

### 3.5.2 Ulkonäölliset mahdollisuudet

Reatek Oy tarjoaa StoneMate-järjestelmän kanssa käytettäväksi kaikkia ulko-käyttöön soveltuvia laattoja, jotka löytyvät yrityksen valikoimasta. Valikoima koostuu useiden valmistajien kattavista valikoimista. Reatek Oy tuo laatat maa-han suoraan tehtailta. (Sirkka 2012.)

Pelkästään esimerkiksi italialaisen Iris FMG:n valikoimasta löytyy 2013 tuoteku-vaston mukaan erilaisia väri- ja pintavaihtoehtoja yli 170 kpl. Kun näihin väri- ja pintavaihtoehtoihin yhdistetään eri kokovaihtoehdot, kasvaa valikoiman suuruus tuhansiin erilaisiin laattoihin. Suurimmat laatat ovat 3000 mm x 1500 mm. Iris FMG valmistaa tasaväristen kuivapuristelaattojen lisäksi huomattavan paljon erilaisia kuivapuristelaattoja, jotka jäljittelevät luonnonkiviä. Valmistusmenetel-

miensä ansiosta laatussa oleva kuvio ei ole vain pinnassa vaan se jatkuu koko laatan läpi (Kuva 3.10). Kuvassa ylempi on luonnonkiveä.



Kuva 3.10 Poikkileikkaukset luonnonkivestä ja Iris FMG -kuivapuristelaatasta (Iris FMG Tuotekuvasto 2013 ,6)

StoneMate-järjestelmässä on mahdollisuus käyttää integroitavia aurinkopaneeleja. Paneelit asennetaan laatoittamisen yhteydessä, ja ne jäävät kiinteäksi osaksi julkisivua. (Sirikka 2012.)

### 3.5.3 Tuotanto

StoneMate-järjestelmää käytetään pääasiassa kahdella tavalla. Laatoitus kannakoidaan L-kannakkeiden ja T-profiilien avulla eristekerroksen läpi kantavaan runkoon tai hattuprofiililla heti tuuletusraon takana olevaan kantavaan seinän osaan.

Käytettäessä T-profiilia laattojen kiinnitysalustana työ tehdään kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa L-kannattimet asennetaan kantavaan runkorakenteeseen. Työ suositellaan tehtäväksi seinän eristämisen yhteydessä. Kannatinjako määräytyy käytettävän laatan leveyden mukaan. Nurkissa ja liittymissä rankajako muutetaan seinärakenteen mukaan sopivaksi ja laatat leikataan niiden kiinnittämisen yhteydessä. Eristystyö nopeutuu käytettäessä kannatinjaolle sopivia eristeitä. Avohuokoisen eristeen asentaminen onnistuu myös kannattimen päälle tekemällä siihen viilto kannattimen kohdalle. Jos eristyskerros koostuu useista erillisistä eristekerroksista, voidaan alemmat asentaa niin, että kannatin lävistää eristeet ja tuuletusrakoa lähinnä oleva eriste/tuulensuojamateriaali niin, että niiden pystysaumot tulevat kannatinlinjaan.

Toinen vaihe on T-profiilin asennus ja laattojen kiinnitys. Ensin T-profiilit asennetaan laatoitettavalle alueelle. Tässä vaiheessa julkisivupinta linjataan suoraksi ja varmistetaan, että tuuletusrako jää riittävän suureksi. Linjauksen ajan T-profiilit ovat L-kannattimessa joustavan teräsosan varassa. Linjauksen jälkeen T-profiili kiinnitetään mekaanisesti ruuveja käyttämällä L-kannattimeen. Kun T-profiilit on asennettu laatoitettavalle alueelle, puhdistetaan profiilien ja laattojen liimattavat pinnat LT-cleaner-puhdistusaineella. Puhdistuksen jälkeen asennetaan LT-teippi ja pursotetaan liimamassa. Laatoitus aloitetaan toiseksi alimmas-ta vaakarivistä väliaikaisen tuen päältä. Tuki kiinnitetään T-profiiliin ruuveilla. Laattojen vaakasaumoihin laitetaan sauman paksuiset muoviset välikkeet, jotka poistetaan liimauksen kovetuttua. Samoilla välikkeillä tarkastetaan pystysaumojen oikea koko. Alin laattarivi kiinnitetään, kun ylempien laattarivien liimaus on kuivunut riittävästi.

Käytettäessä hattuorsia laatoituksen kiinnitysalustana työ tehdään yhdessä vaiheessa. Hattuorsien kiinnitysalustan ollessa suora ne kiinnitetään mekaanisin

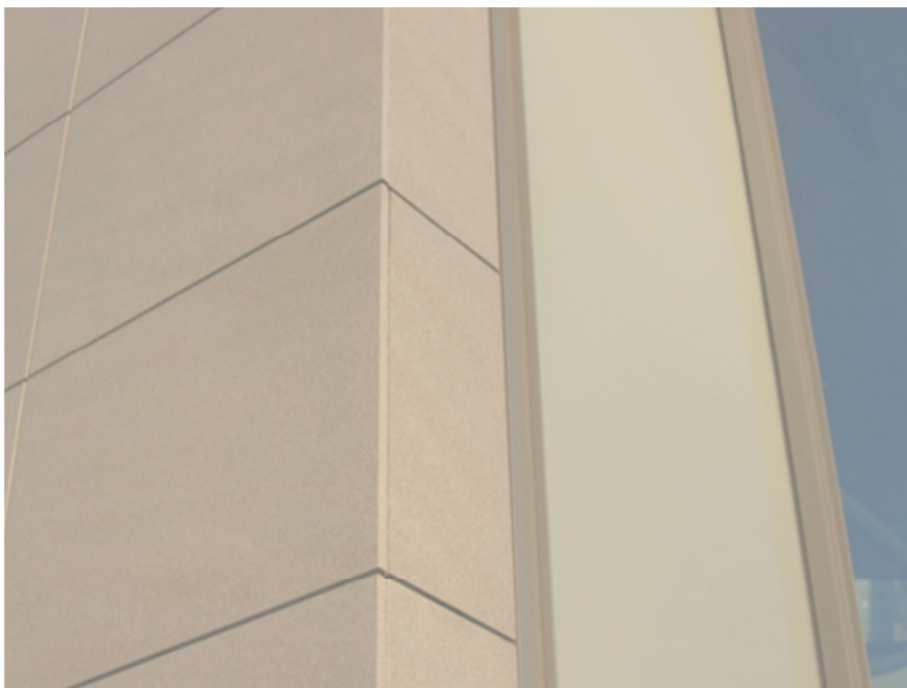


kiinnikkein suoraan alustaan. Jos alustassa havaitaan mittapoikkeamia, voidaan hattuorsia kiilata alustasta irti esimerkiksi elementtiasennuksessa käytettävillä muovisilla asennuspaloilla. Puhdistus ja laattojen kiinnitys tapahtuu kuten T-profiilia käytettäessä.

StoneMate-järjestelmän yksinkertaisuuden vuoksi kustannukset voidaan arvioida tarkasti etukäteen. Järjestelmällä voidaan tehdä erikoisemmatkin liittymät ja smyygit vakio-osia käyttäen. Vakio-osilla tarkoitetaan alusrakenteeseen käytettäviä alumiinirakenteita. Koska laatat ovat materiaaliltaan homogeenisiä ja poikileikkaukseltaan symmetrisiä, niiden katkaisupinnat ovat ulkonäöltään yhteneväisiä muiden laattojen kanssa. Näin ollen ei tarvita erillisiä ”kulmalaattoja” ulkonurkkien ja smyygien tekemiseen (Kuvat 3.11 ja 3.12).



Kuva 3.11 StoneMate-järjestelmällä toteutettu ikkunasmyygi



Kuva 3.12 StoneMate-järjestelmän ulkokulmaratkaisu

Reatek Oy:llä on kehitteillä kiinnitystapa myös suurille esimerkiksi 1500 mm x 3000 mm kokoisille laatoille. Tarkoituksena on liimata T-profiilit laattaan valmiiksi erillisessä tuotantotilassa ja kiinnittää se työmaalla mekaanisesti L-kannakkeisiin.

### **3.6 Muita keraamisia julkisivujärjestelmiä**

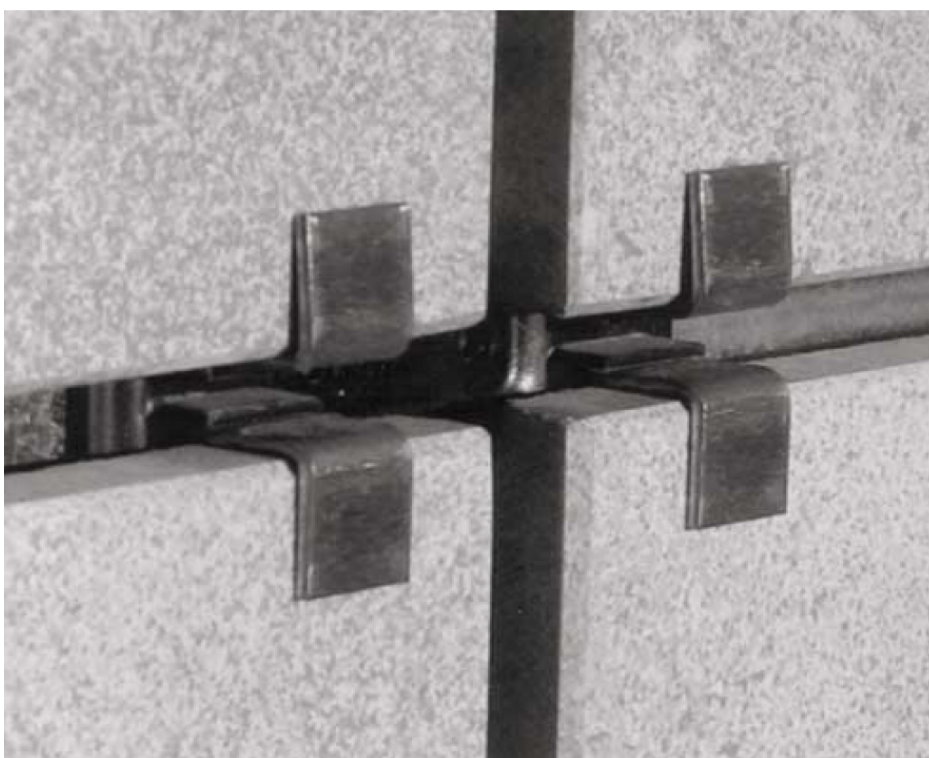
Suomessa tuulettuvia keraamisia julkisivujärjestelmiä tarjoaa Reatek Oy:n lisäksi ainakin Turun Pelti ja Eristys Oy, ABL-laatat (ABL Finland Oy) ja Kaakelikeskus (Kaakelikeskus Helsinki Oy). Tässä osiossa esitellään näiden kolmen toimittajan keraamisten julkisivujärjestelmien kiinnitystapoja. Reatek Oy:n StoneMate-järjestelmän kiinnitystapa on esitelty aikaisemmin luvussa 3.5.1.

#### **Kerasteel**

Turun Pelti ja Eristys Oy tarjoaa Kerasteel tuotenimellä kulkevaa kiinnitysjärjestelmää. Laatat kiinnitetään mekaanisesti teräksisillä kiinnikkeillä tukirakenteiden avulla suoraan seinärakenteeseen. (Kuvat 3.13 ja 3.14). Järjestelmään kuuluvat seuraavat osat: teräksinen teräksinen hattuorsi (Kuva 3.17), kiinnike SLK (Kuva 3.16) sekä aloituskiinnike SLAK (Kuva 3.15).

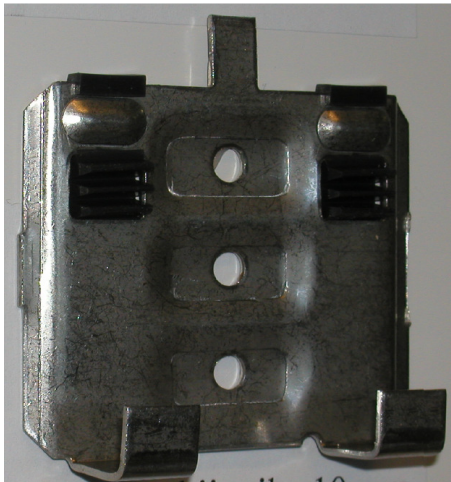


Kuva 3.13 Kerasteel-julkisivujärjestelmällä toteutettua julkisivua (Turun Pelti ja Eristys Oy, KeraSTEEL-esite, 2)



Kuva 3.14 Kerasteel-julkisivujärjestelmän kiinnikedetalji (Turun Pelti ja Eristys Oy, KeraSTEEL-esite, 2)

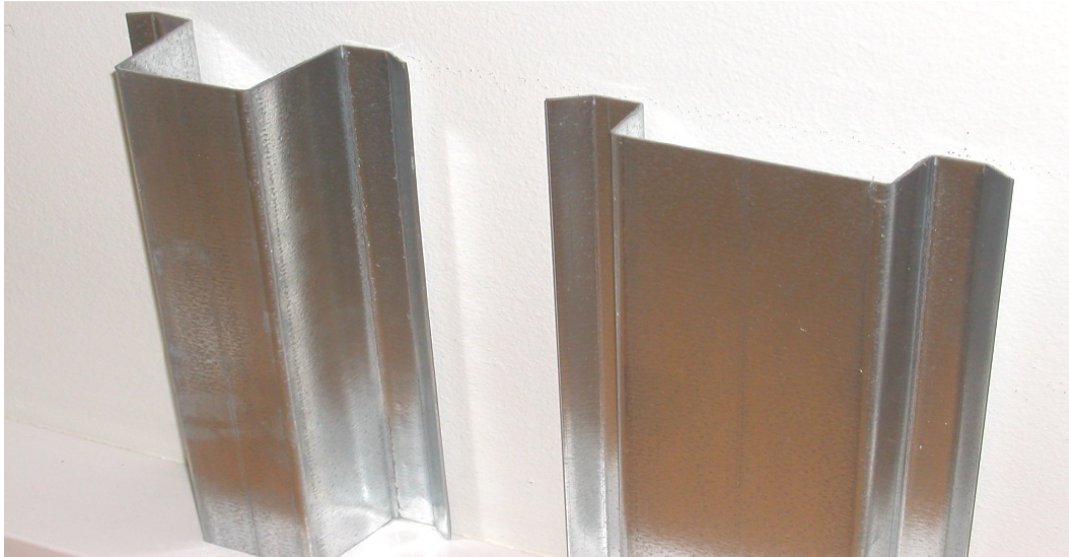
Hattuorsia käytetään alusrakenteena yksittäin tai ristiinkoolattuna. Hattuorsia on saatavana 45 mm ja 25 mm korkuisina. Aloituskiinnikettä käytetään laatoituksen reuna-alueilla ja kiinnikettä muualla laatoituksessa. Molemmat kiinnikkeet ovat ruostumatonta terästä, ja ne on saatavissa polttomaalattuina. Kiinnikkeitä on kolmelle eri laattapaksuudelle: 8 mm, 10 mm ja 14 mm. Sauman paksuus on aina kahdeksan millimetriä. (Turun Pelti ja Eristys Oy, 2.)



Kuva 3.15 Kerasteel-aloituskiinnike SLAK (Turun Pelti ja Eristys Oy, KeraSTEEL-esite, 2)



Kuva 3.16 Kerasteel-kiinnike SLK (Turun Pelti ja Eristys Oy, KeraSTEEL-esite, 2)

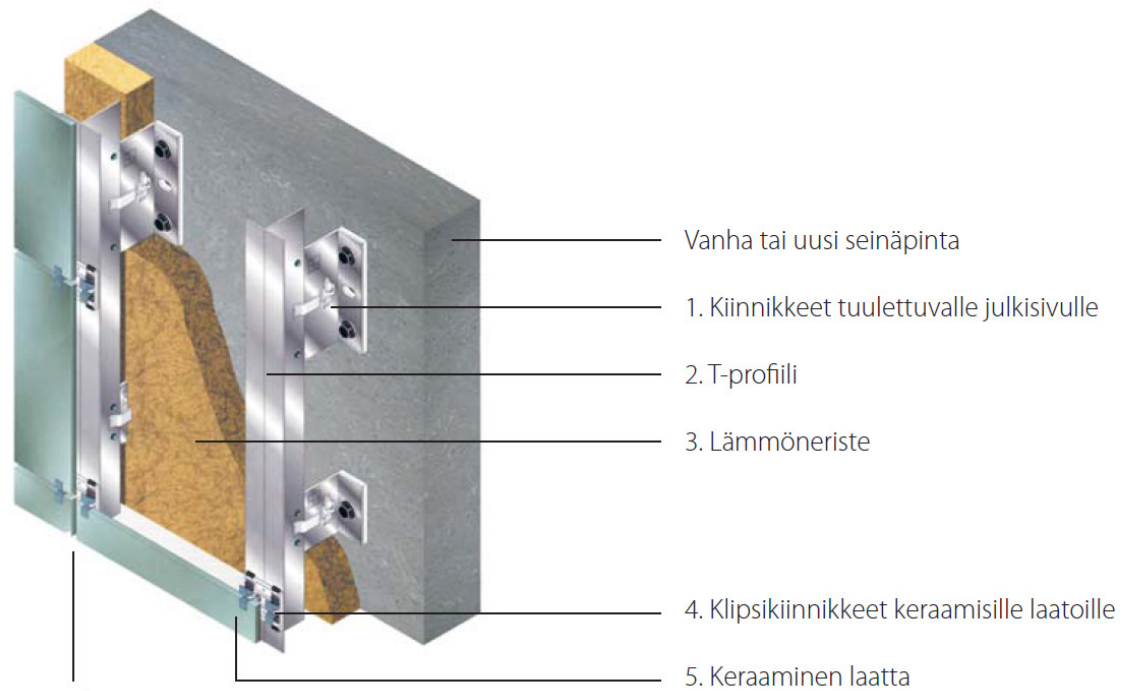


Kuva 3.17 Kerasteel-kiinnitysorsi (Turun Pelti ja Eristys Oy, KeraSTEEL-esite, 2)

### **Kaakelikeskus**

Kaakelikeskuksen kiinnitysjärjestelmä on kuvattuna kuvassa 3.18. T-profiili kannakoidaan eristyskerroksen läpi kantavaan runkorakenteeseen. Laatat kiinnittyvät teräksisillä klipsikiinnikkeillä mekaanisesti T-profiiliin. Klipsikiinnike voidaan myös asentaa hattulistaan kuten kuvassa 3.19, jos lämmöneristettä ei tarvita. (Kaakelikeskus. Julkisivuesite, 1.)





Julkisivussa käytetään  
5-8 mm leveitä avoimia saumoja.

Kuva 3.18 Periaatekuva Kaakelikeskuksen julkisivujärjestelmästä (Kaakelikeskus. Julkisivuesite, 1)



Kuva 3.19 Detaljikuva hattuorten kiinnittämisestä (Kaakelikeskus. Julkisivuesite, 1)

Järjestelmässä voidaan käyttää kaikkia Kaakelikeskuksen laattoja, jotka soveltuvat ulkokäyttöön (Kaakelikeskus. Julkisivuesite, 2).

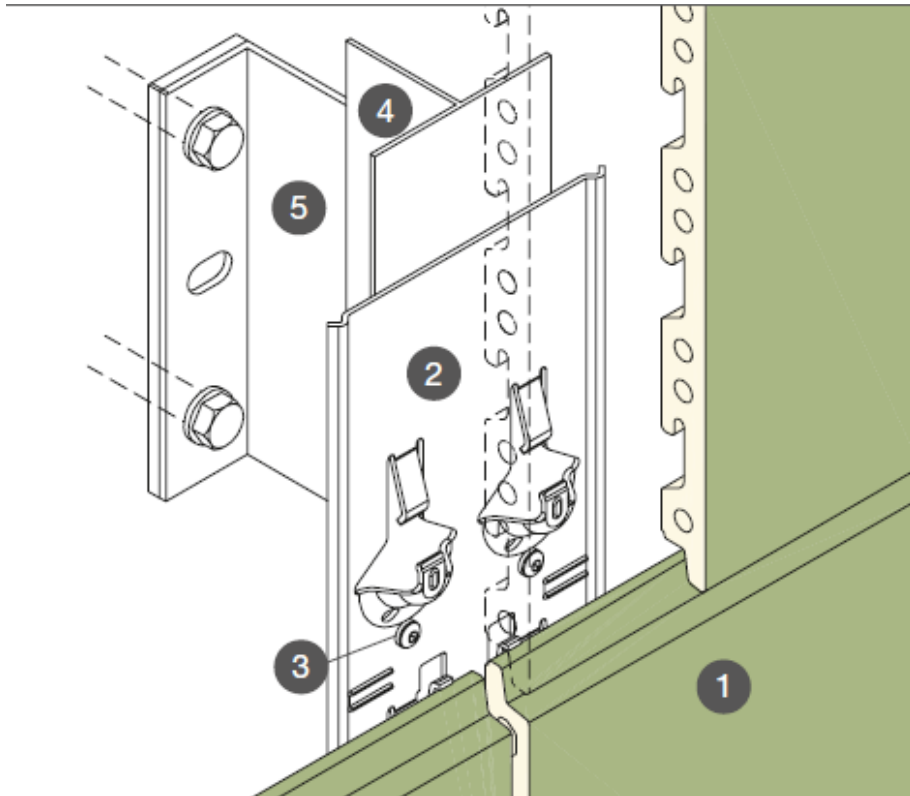
### **ABL-laatat**

ABL-laatat toimittaa kahta julkisivujärjestelmää: Keratwin K-20 ja Keraion K-8. Keratwin K-20-järjestelmässä on neljä erilaista alusrakenneyhdistelmää, joissa kaikissa kiinnikkeet jäävät laatan taakse piiloon. Keraion K-8-järjestelmää on saatavana piilokiinnityksellä ja näkyvällä hakaskiinnityksellä. Molemmissa järjestelmissä laatat ovat suulakepuristettuja. Keratwin K-20- ja Keraion K-8-järjestelmien esittelyssä käytetty lähdemateriaali on poimittu ABL-Finland Oy:n julkisivuesitteestä.

### **Keratwin K-20**

KeraTwin K20 -julkisivulaatat asennetaan laatan kiinnitysurilla erilaisiin profiileihin. Kiinnitysprofiileja on malliltaan kolme erilaista (Kuvat 3.20, 3.21 ja 3.22). Laatan kiinnitys on näihin kolmeen profiiliin samanlainen. Erot tulevat vain alusrakenteen mallista. Profiileihin on integroitu puristusjouset ja poistovarmistus. Laattojen sivuttainen liike estetään saumaprofiililla tai saumavälikkeellä. Alusrakenteet kiinnitetään mekaanisesti. Laattojen kiinnitys tapahtuu ilman työkaluja.

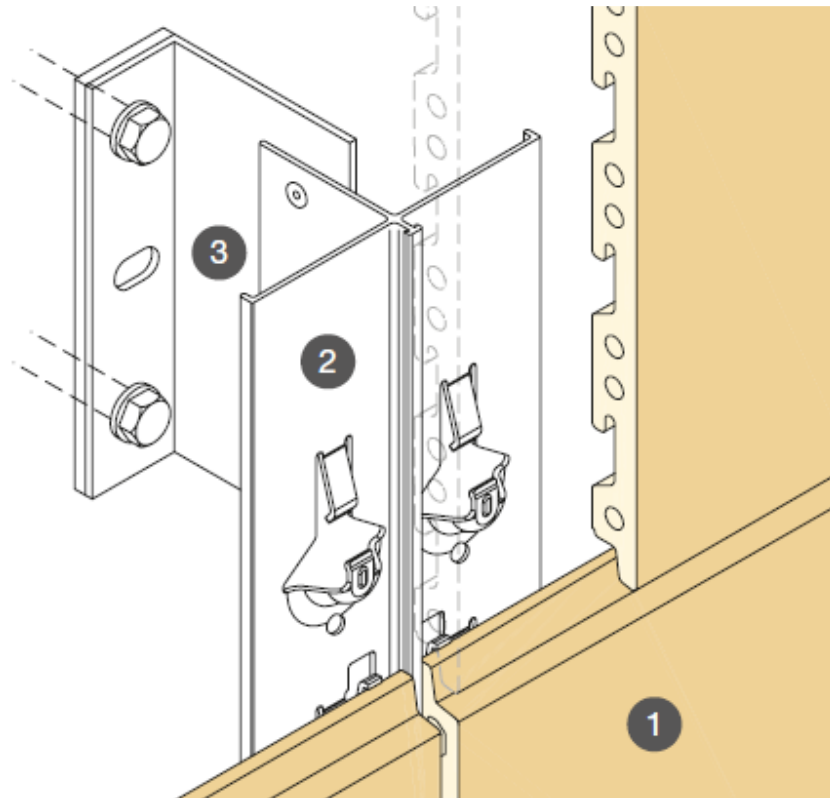
Näiden lisäksi laatat on mahdollista kiinnittää myös kuvan 3.23 mukaisella kiinnikekiinnitysjärjestelmällä, jossa laatan kiinnike kiinnitetään T-malliseen vakio-profiiliin.



- 1 Julkisivulaatta KeraTwin® K20
- 2 Pystysuora järjestelmäprofiili K20, Tuote 620
- 3 A4-RST ruuvi, tuote 659 (vaihtoehtoisesti kiinnitys Al popniitillä, tuote 658, on mahdollista)
- 4 Pystysuora kannatusprofiili (perusalusrakenne)
- 5 Runkoprofiili (perusalusrakenne)

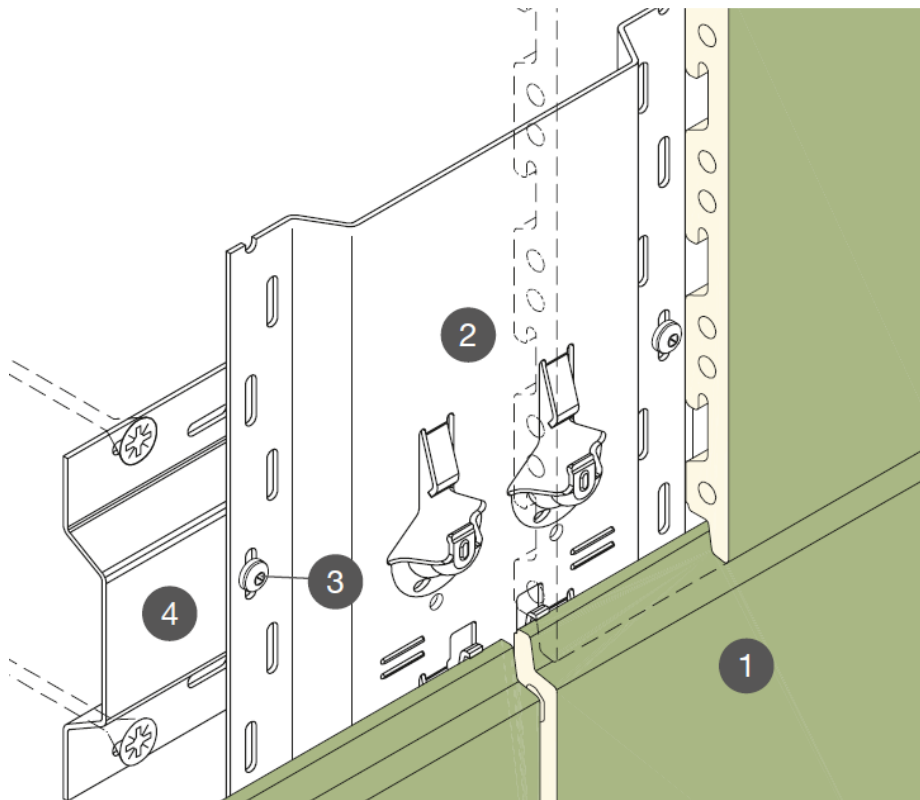
Kuva 3.20 KeraTwin K20 -järjestelmän kiinnitys käyttäen pystysuoraa järjestelmäprofiilia K20 (ABL-laatat. Julkisivuesite 2012, 36)





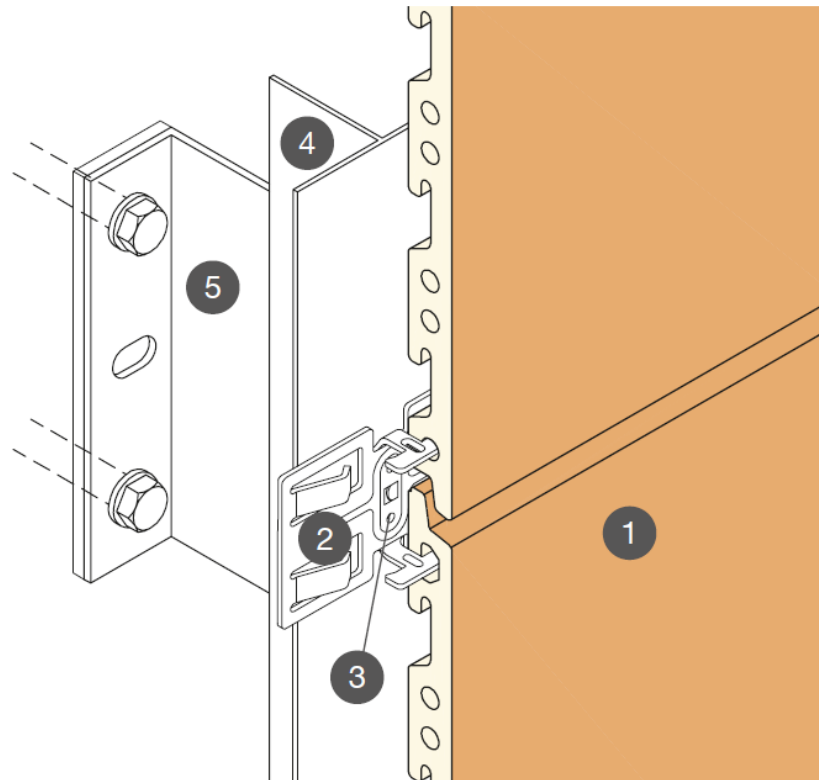
- 1 Julkisivulaatta KeraTwin® K20
- 2 Pystysuora T-profiili K20, tuote 698
- 3 Runkoprofiili (perusalusrakenne)

Kuva 3.21 KeraTwin K20 –järjestelmän kiinnitys käyttäen pystysuoraa T-profiilia K20 (ABL-laatat. Julkisivuesite 2012, 36)



- 1 Julkisivulaatta KeraTwin® K20
- 2 Pystysuora Hattuprofiili K20, tuote 624
- 3 A4 RST-ruuvi, tuote 659 (vaihtoehtoisesti kiinnitys Al popniitillä, tuote 658, on mahdollista)
- 4 Vaakasuora kannatusprofiili (perusalusrakenne)

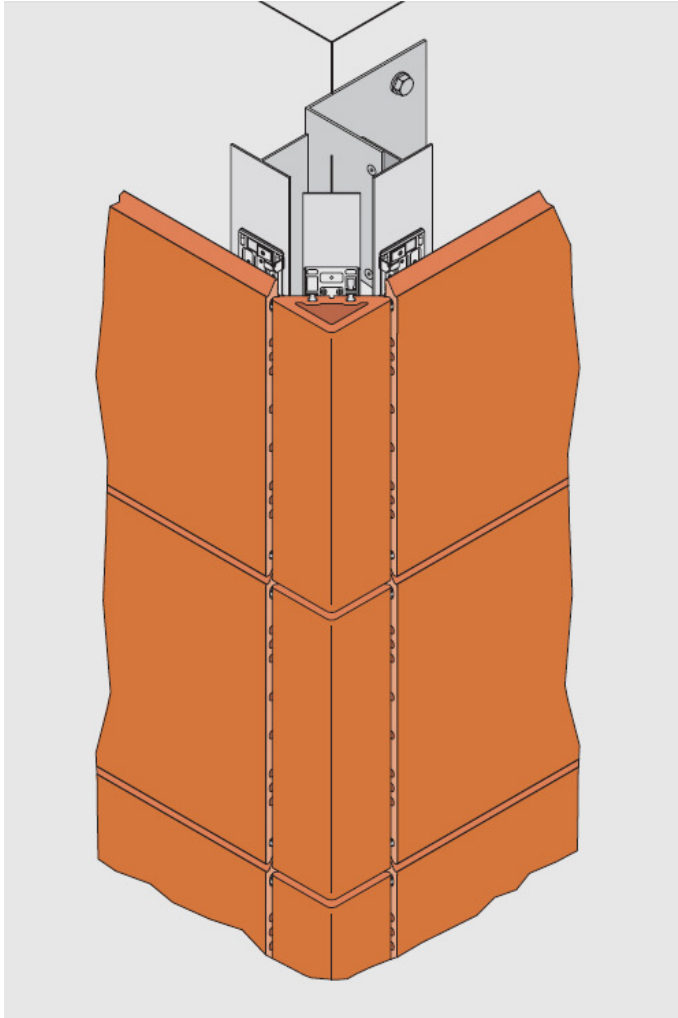
Kuva 3.22 KeraTwin K20 -järjestelmän kiinnitys käyttäen pystysuoraa K20-hattuprofiilia (ABL-laatat. Julkisivuesite 2012, 38)



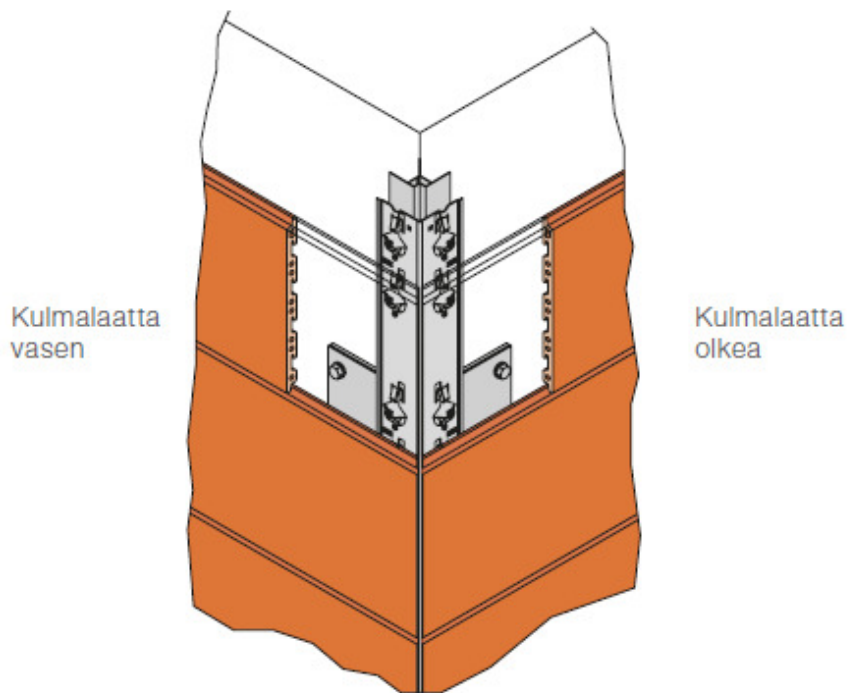
- 1 Julkisivulaatta KeraTwin® K20
- 2 Kaksoiskiinnike K20, tuote 680
- 3 RST-popniitti, tuote 675
- 4 Pystysuora kannatusprofiili (perusalusrakenne)
- 5 Runkoprofiili (perusalusrakenne)

Kuva 3.23 KeraTwin K20 -järjestelmän kiinnitys kiinnikekiinnitysjärjestelmällä (ABL-laatat. Julkisivuesite 2012, 38)

Ulkokulmien tekemiseen Keratwin-järjestelmässä on vaihtoehtoina jiiiratut kulmalaatat (kuva 3.25) sekä alumiiniset ja keraamiset kulmaprofiilit (Kuva 3.24). Erilaisia kulmalaattoja ja -profiileja on valittavissa useita erilaisia.



Kuva 3.24 Keratwin-järjestelmän keraaminen kulmaprofiili (ABL-laatat. Julkisivuesite 2012, 62)



Kuva 3.25 KeraTwin-järjestelmän jiratuilla laatoilla toteutettu kulmaratkaisu K-20 (ABL-laatat. Julkisivuesite 2012, 32)

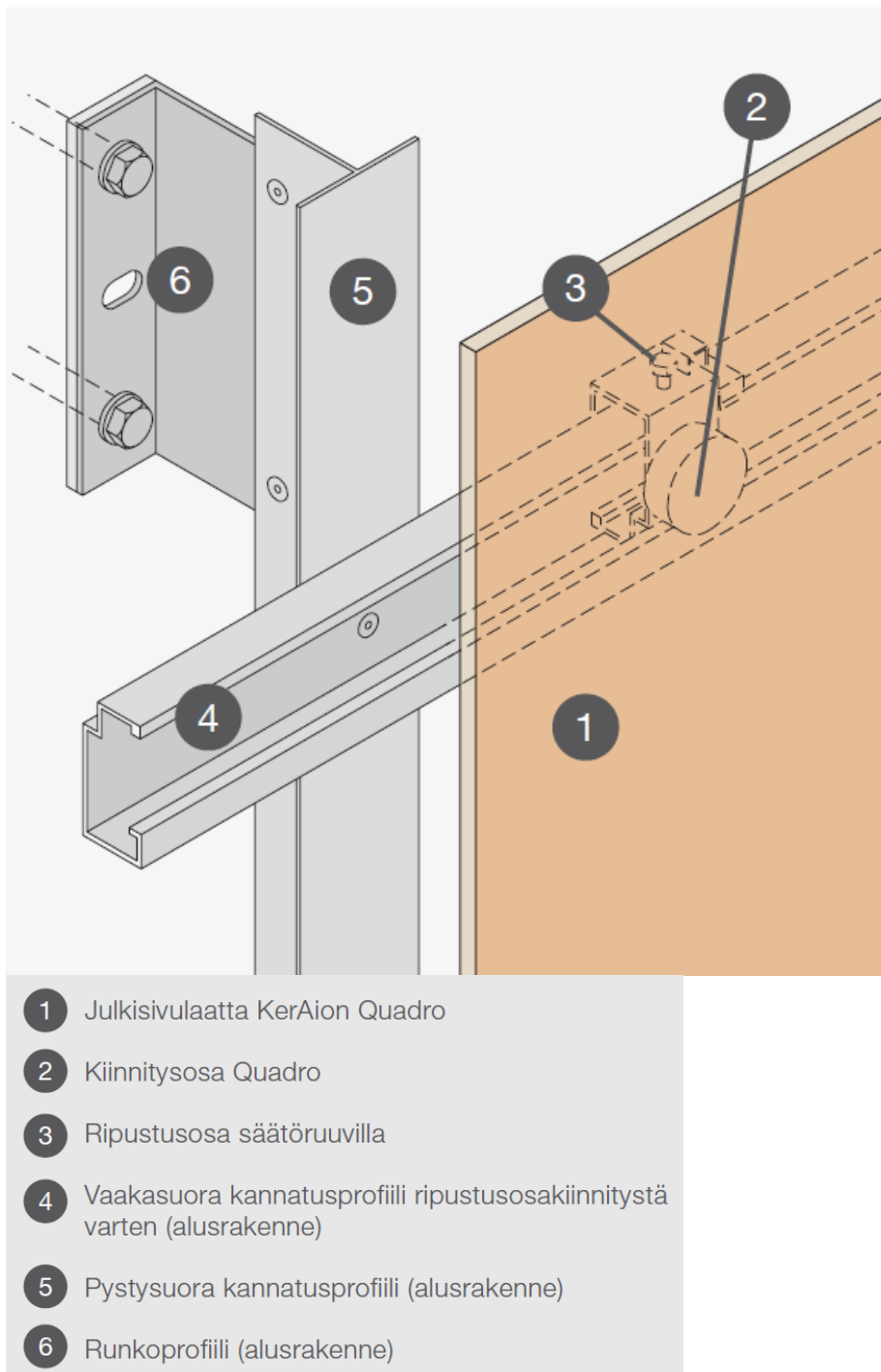
Keratwin-julkisivulaattojen vakiokorkeuksia (rasterimitta) ovat: 20 cm, 22,5 cm, 25 cm, 27,5 cm, 30 cm, 32,5 cm, 35 cm, 37,5 cm, 40 cm, 45 cm ja 50 cm. Laattoja toimitetaan asiakkaan pyynnöstä myös muilla korkeuksilla. Laattojen pituudet (valmistusmitta) voidaan valita väliltä 392 - 1350 mm 1 mm välein. Laatan paksuun on aina 20 mm.

Keratwin-järjestelmän seinälaattojen näkyville pinnoille on annettu seuraavat vaihtoehdot: aaltoileva, siniaalto, raidallinen, pintaharjattu tai uritettu. Erilaisia väri- ja pintavaihtoehtoja on lähes sata.

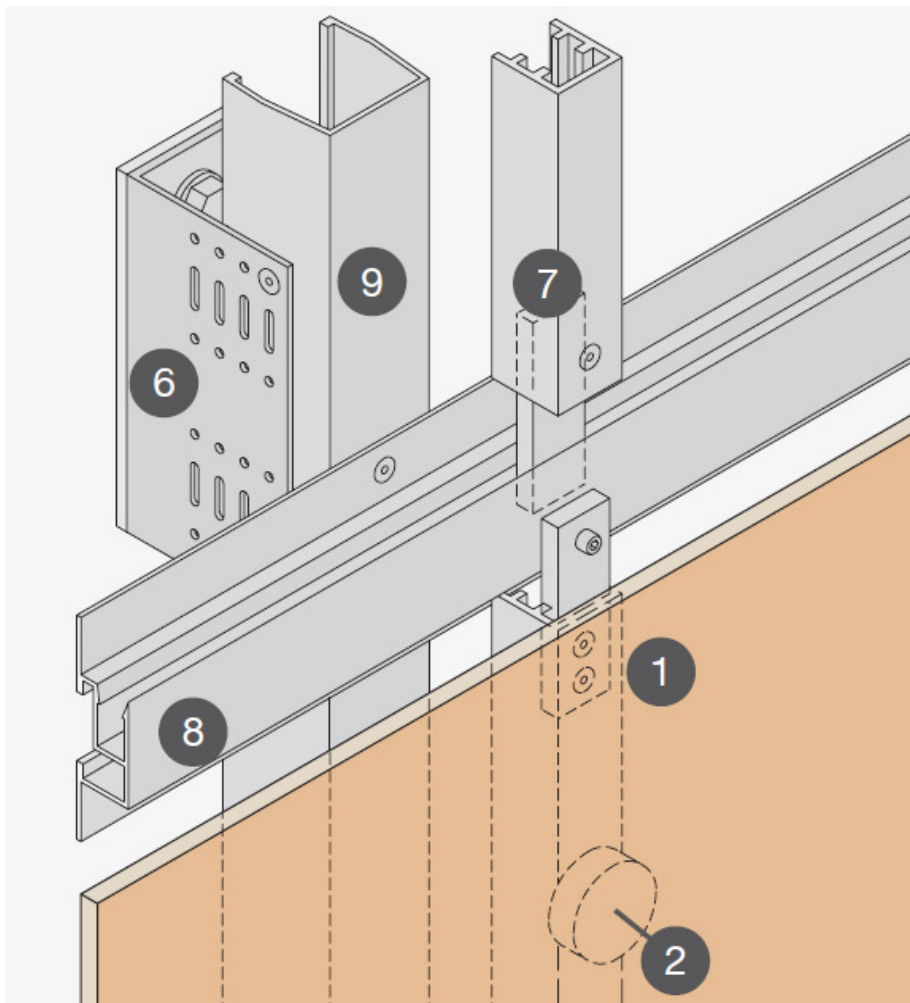
### **KerAion K-8 -piilokiinnitys**

KerAion K-8 -piilokiinnitysjärjestelmässä laatat kiinnitetään mekaanisesti alusrakenteeseen. Laattojen takapuolelle on poltettu kiinni kiinnitysosat, joissa on kiinteät ruostumattomat ruuvit. Kiinnitysosaan ruuvataan ripustusosa (kokoon 60 x

90 cm asti) tai kannatusprofiili (kokoon 120 x 120 cm asti). Ripustusosakiinnitys on kuvassa 3.26 ja kannatusprofiilikiinnitys kuvassa 3.27.



Kuva 3.26 KerAion Quadro -järjestelmän ripustusosakiinnitys (ABL-laatat. Julkisivuesite 2012, 70)

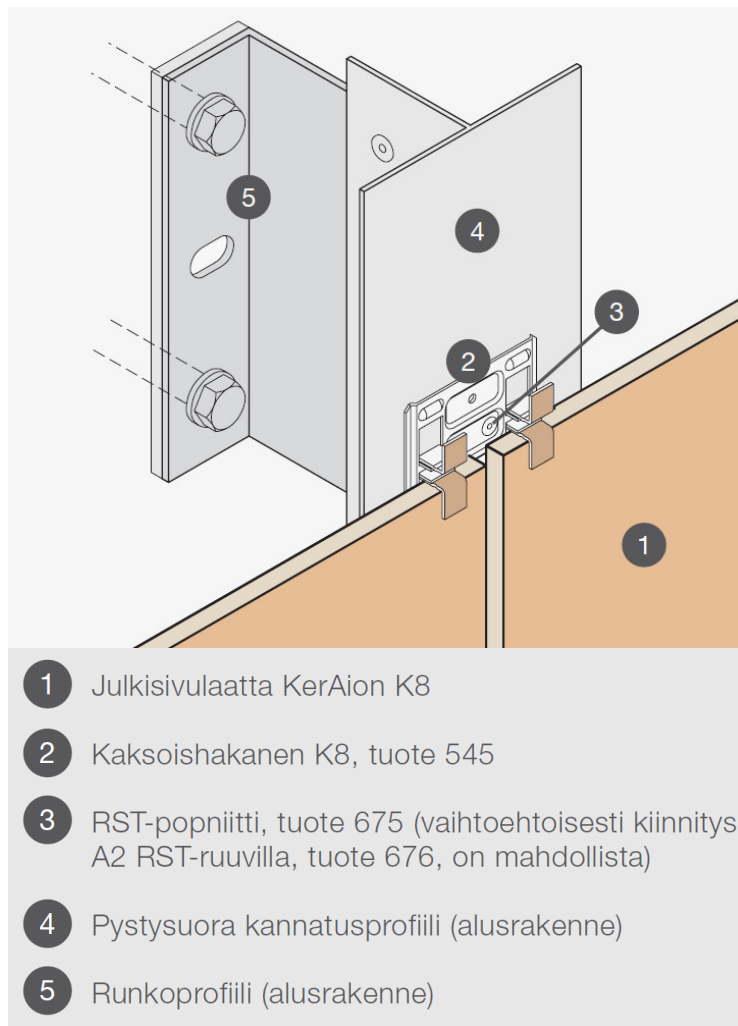


- 1 Julkisivulaatta KerAion Quadro
- 2 Kiinnitysosa Quadro
- 3 Ripustusosa säätöruuilla
- 4 Vaakasuora kannatusprofiili ripustusosakiinnitystä varten (alusrakenne)
- 5 Pystysuora kannatusprofiili (alusrakenne)
- 6 Runkoprofiili (alusrakenne)
- 7 Kannatusprofiili (alusrakenne)
- 8 Vaakasuora kannatusprofiili kannatusprofiilikiinnitystä varten (alusrakenne)
- 9 Pystysuora kannatusprofiili (alusrakenne)

Kuva 3.27 KerAion Quadro -järjestelmän kannatusprofiilikiinnitys (ABL-laatat. Julkisivuesite 2012, 70)

## KerAion K-8 -hakaskiinnitys

KerAion K-8 -hakaskiinnitysjärjestelmässä laatat kiinnitetään mekaanisesti ruostumattomilla teräshakasilla alusrakenteeseen. Alusrakenteen ja laatan välissä on vaahtomuovinen pehmike estämässä kolinaa. Kiinnityshakasten väri soviteaan laatoituksen kanssa yhtenäiseksi (Kuva 3.28).



Kuva 3.28 KerAion K8 -järjestelmän hakaskiinnitys (ABL-laatat. Julkisivuesite 2012, 70)

Laattojen vakiokoot piilokiinnitysjärjestelmän kiinnitysosilla (rasterimitta) 60 x 60 cm, 60 x 90 cm. piilokannatusprofiilikiinnityksellä: 60 x 120 cm, 90 x 90 cm, 90 x 120 cm, 120 x 120 cm,

Laattojen vakiokoot hakaskiinnitysjärjestelmällä (rasterimitta): 60 x 60 cm, 60 x 90 cm ja 90 x 90 cm.

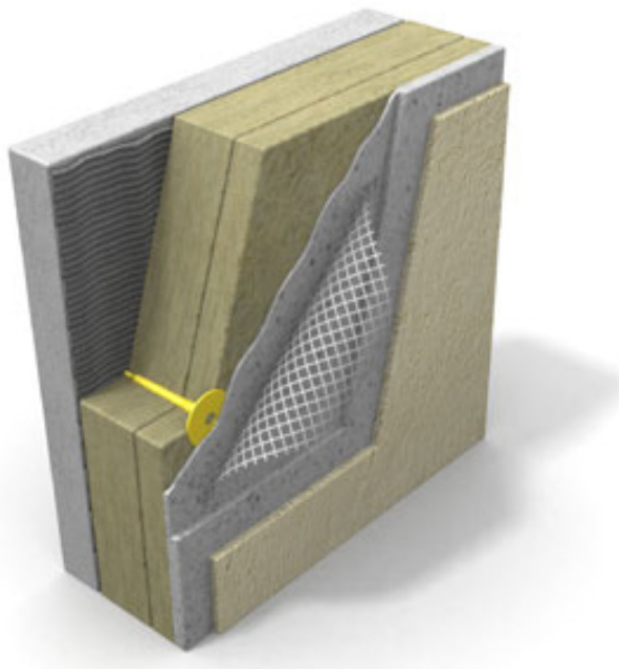


Asiakkaan pyynnöstä on mahdollista saada myös muita kokoja. Laattojen paksuus Keraion-järjestelmällä on aina 8 mm. KerAion K-8 -laattoja toimitetaan siileäpintaisina tai pintaharjattuna.

## 4 Eristerappaus

Eristerappauksella tarkoitetaan rakennetta, jossa julkisivurappaus tehdään kantavaan runkoon kiinnitettyjen eristeiden pintaan. Eristerappaukset voidaan jakaa kahteen luokkaan (ohut- ja paksurappaus) rappauspaksuuksien perusteella.

Ohutrappausjärjestelmä (Kuva 4.1) on paksuudeltaan 5 – 10 mm. Rappauskerrokset kiinnittyvät eristeeseen vain laastitartunnan avulla. Ohutrappauksella on mahdollisuus tehdä julkisivusta saumaton. Verkkona käytetään usein tiheäsilmäistä muovipinnoitettua lasikuituverkkoa. Alusrakenteen suoruus on erityisen tärkeää kunnollisen lopputuloksen kannalta. Ohutrappatun seinän pinnoite on usein vesihöyryä läpäisevää, mutta vettä pitävää materiaalia. (Lahdensivu 2011, 6 – 8.)

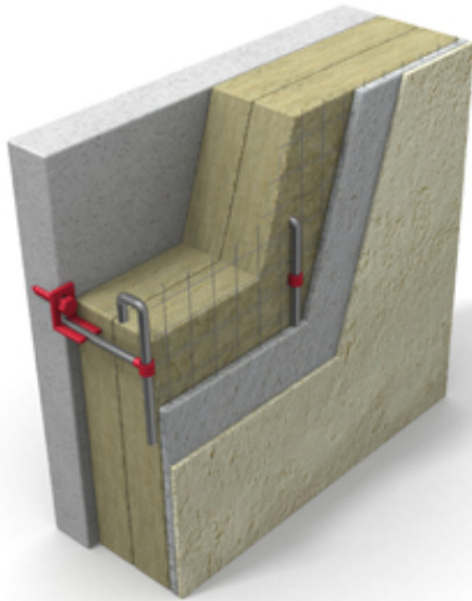


- Kantava rakenne: betoni
- Lämmön- ja rappausaluseriste: PAROC FAS 4
- Mekaaniset kiinnikkeet
- Pohjalaasti + muovipinnoitteinen, lasikuituvahvisteinen verkko
- Tasoitekerros
- Viimeistelykerros

Ohuempaa lämmöneristettä tarvittaessa (esim ikkunanpielissä) voidaan eristeenä käyttää PAROC FAB 3- levytuotetta.

Kuva 4.1 PAROC Ohutrappaus levyeristeiden päälle (Paroc: Ratkaisut ja tuotteet 2012)

Paksurappausjärjestelmässä (Kuva 4.2) rappauskerros kiinnittyy mekaanisten kiinnikkeiden ja rappausverkon välityksellä kantavaan runkorakenteeseen. Rappauksen paksuus on 20 – 25 mm. Paksurappausjärjestelmä vaatii liikuntasaumoja 12 – 15 metrin välein, koska lämmöneristekerros ei vaikuta rappauksen lämpö- ja kosteusliikkeisiin. Verkkona käytetään usein sinkittyä teräsverkkoa. (Lahdensivu 2011, 13.)



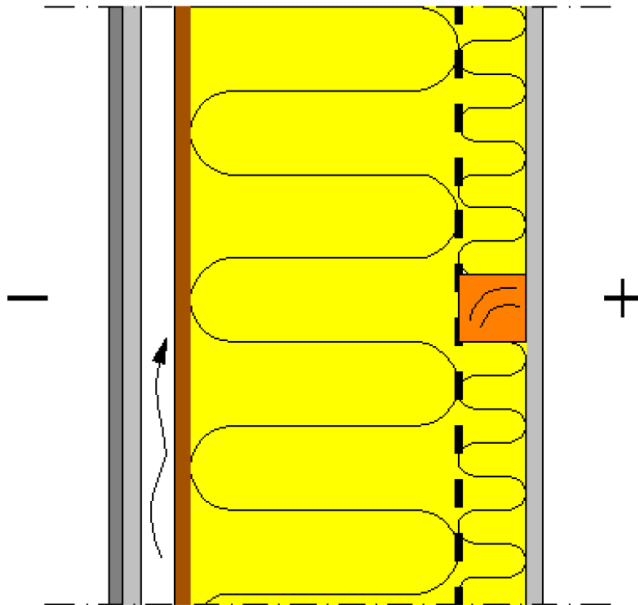
- Kantava rakenne: betoni
- Lämmön- ja rappausaluseriste: yksi tai kaksi kerrosta PAROC FAS 1
- Mekaaniset kiinnikkeet
- Metalliverkko kiinnitettynä eristyskerroksen läpi kantavaan rakenteeseen
- Kolme erillistä sementtikalkkipohjaista rappauskerrosta

Kuva 4.2 PAROC Paksurappaus levyeristeen päälle (Paroc: Ratkaisut ja tuotteet 2012)

Eristerapattu seinä eroaa koville alustoille tehtävistä rappauksista ja massiivisemmasta ulkoverhouksesta, koska rappauksen takana oleva lämmöneriste ei tasaa julkisivun kosteusvaihteluita. Ohut rappauskerros altistuu voimakkaalle ilmatorasitukselle. Rapattu pinta tehdään usein vettä hylkiväksi, josta seuraa sateella vesikalvo rappauksen pintaan. Rappauksen on tämän takia oltava tiivis ja saumojen on oltava kunnossa. Lämpörapattu seinä tulee suunnitella kokonaisuutena pakkasenkestäväksi. (Lahdensivu 2011, 3 - 5.)

Jos puurunkoinen seinä halutaan rapata ulkopuolelta, on käytettävä tuulettuvaa levyrappausjärjestelmää (Kuva 4.3), koska rakenteiden kastuminen ja hidas kuivuminen aiheuttavat homeen kasvua rakenteen sisäosissa (Mäkitalo 2011, 25).

Useiden eri lähteiden mukaan (Samuelson et al. 2007, Samuelson & Jansson 2009, God bebyggd miljö 2010, Jansson 2011) tuulettumattoman rappauksen käytön on huomattu aiheuttavan kosteusvaurioita seinärakenteisiin. Kosteusvauriot johtuvat liitosten ja detaljien vuotoherkkyydestä. (Lahdensivu, Suonketo, Vinha, Lindberg, Manelius, Kuhno, Saastamoinen, Salminen & Lähdesmäki 2012, 29.)



Kuva 4.3 Levyrappausjärjestelmällä toteutettavan ulkoseinän rakennetyyppi (Mäkitalo 2011, 25)

## 5 Laastikiinnitteinen julkisivulaatoitus

Kiinnittämällä keraaminen laatoitus laastilla betonirakenteiseen seinään saadaan kestävä ja näyttävä lopputulos. Laatoittaminen laastin kanssa on kuitenkin verrattain kallista työn hitauden vuoksi. Tällaista laatoitusta käytetäänkin usein seinissä, jotka sijaitsevat katutasossa tai joutuvat muuten mekaaniseen rasitukseen.

Betonipinnalle laatoitettaessa on pintojen oltava suoria, karheita ja puhtaita. Sementtiliima tulee hioa pois, jotta varmistutaan riittävän vetolujuuden saavuttamisesta.

Suunnittelussa on otettava huomioon betonisesta alusrakenteesta mahdollisesti kosteuden mukana kulkeutuvat aineet. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi erilaiset suolat ja kalkki. Koska laatoituksen vedenläpäisevyys on pientä, epäpuhtaudet työntyvät saumalaastikerroksen läpi ja valuvat laatan näkyvää pintaa pitkin alas. Kosteuden tulisi päästä poistumaan betonirakenteesta jotenkin muuten kuin yllä kuvatulla tavalla. Kosteus voi johtua hallitsemattomasta ilmavuodosta seinärakenteessa, rakennusaikaisesta kosteudesta tai vaikkapa riittämättömästi tuuletetusta seinärakenteesta.

## **6 Vertailu**

Vertailuosa sisältää ulkonäöllistä vertailua ja keraamisten järjestelmien kiinnitystapoja käsittelevää vertailua. Kiinnitystapoja vertaillaan tässä työssä esiteltyjen keraamisten julkisivujärjestelmien välillä. Julkisivujen ulkonäöllisiä mahdollisuuksia koskevaan vertailuun otettiin mukaan seuraavat järjestelmät: StoneMate, Keratwin K-20, Keraion K-8, Kaakelikeskus, lämpörappaus ja laastikiinnitys. Vertailuista on jätetty pois KeraSTEEL-järjestelmä, koska sillä ei ole mahdollista kannakoida laatoitusta eristekerroksen läpi.

### **6.1 Kiinnittäminen**

Kaikki aikaisemmin esiteltyt julkisivujärjestelmät rakennetaan esivalmistetuista komponenteista työmaalla. Merkittäviä eroja tuotantotavoista kiinnittämisen suhteen ei tämän takia synny. Järjestelmät eroavat toisistaan lähinnä laatan kiinnittämisen ja alusrakenteiden eri osien perusteella.

Kaikilla järjestelmillä on mahdollista kannakoida laatoitus eristekerroksen läpi seinärakenteeseen. Kaikilla järjestelmillä alusrakenne on toteutettavissa yksinkertaisesti L-kannakkeilla ja erilaisilla T-profiileilla. Eri mittaiset L-kannakkeet mahdollistavat myös eristepaksuuden vapaamman valinnan. L-kannakkeet ovat kaikissa järjestelmissä periaatteeltaan ja muodoltaan samanlaisia. Sileäpintaista T-profiilia käytetään Keraion K8- ja Kaakelikeskuksen hakaskiinnitysjärjestelmässä sekä StoneMate-järjestelmässä. KeraTwin K-20 -järjestelmässä kiinnikkeet on integroitu valmiiksi T-profiiliin tai siinä on käytettävä sileäpintaisen T-profiilin lisäksi järjestelmäprofiilia, jossa on laatan kiinnikkeet. KerAion Quadro-

ripustusosakiinnitys vaatii T-profiilin ja laatan väliin lisäksi vaakakannatusprofiilin.

Kaikilla järjestelmillä onnistuu myös kiinnittäminen hattuorsilla. Hattuorsia käytetään silloin, kun laatoitus kiinnitetään kovaan alustaan. Yksinkertaisimmat hattuorret ovat StoneMate-järjestelmässä, Keraion K-8 -hakaskiinnitysjärjestelmässä ja Kaakelikeskuksen järjestelmässä. Keratwin-järjestelmän hattuorressa on integroituna laatan kiinnityspisteet. Keraion-piilokiinnitysjärjestelmä vaatii hattuorren lisäksi vaakakannatusprofiilin.

Kiinnitystavoiltaan järjestelmät eroavat huomattavasti toisistaan. Vertailussa on neljä erilaista kiinnitysvaihtoehtoa. Kaakelikeskus ja Keraion K-8 -hakaskiinnitysjärjestelmä käyttävät laatan pinnassa näkyviä hakaskiinnikkeitä. StoneMate-järjestelmässä laatta kiinnittyy liimamassalla. KeraTwin K-20 -järjestelmässä laatta kiinnittyy laatasta olevien kiinnitysurien kautta alusrakenteeseen. Keraion K-8 -piilokiinnitysjärjestelmässä laatta kiinnittyy siihen poltettujen kiinnitysosien avulla. Keratwin K-20 -järjestelmässä kiinnitysprofiilien asennustarkkuus on tärkeää, koska laatan kiinnikkeet on integroitu profiiliin. Muissa järjestelmissä laatoituksen suoruutta voidaan korjata laatoituksen edetessä. StoneMate-järjestelmän liimamassan sallittu käyttölämpötila aiheuttaa rajoituksia talviaikaan laatoittamiselle ellei, laatoitusta ole mahdollista tehdä lämmitetyssä sääsuojassa.

Julkisivuissa on lähes aina kohtia, joissa ei voida käyttää täysikokoista laattaa. Tällaisia paikkoja on ainakin nurkissa, räystäillä ja julkisivumateriaalin kohdassa oven tai ikkunan. Koska Keraion K-8 -järjestelmässä kiinnikkeet on poltettu laattoihin valmiiksi kiinni, on erittäin tärkeää, että julkisivun mitoitus on suunniteltu huolella. Ulkonurkkien tekemiseen löytyy kaikista järjestelmistä vaihtoehtoja. Keratwin K-20- ja Keraion K-8 -piilokiinnitysjärjestelmissä voidaan käyttää erillisiä kulmaprofiileja ja niille soveltuvia alusrakenteita. Keratwin K-20-järjestelmissä voidaan käyttää myös jirattuja kulmalaattoja. Hakaskiinnitysjärjestelmissä käytetään nurkkalaattoina samaa laattaa kuin muualla. Nurkkaan käytetään omanlaisia kiinnityshakasia. StoneMate-järjestelmässä nurkkalaatta ja sen alusrakenne on samanlainen kuin muualla laatoituksessa. Kuivapuriste-laatat voidaan leikata laattaleikkurilla työmaalla laatoittamisen yhteydessä. Me-

netelmä on nopea ja pölytön. Leikkausmahdollisuuden ansiosta työmaalla voidaan vakiokokoisista laatoista tehdä sopivat palat nurkkiin ja erilaisiin liittymiin.

Tuotantomäärien ollessa suuria korostuu järjestelmän yksinkertaisuus. Erilisten komponenttien määrä vaikuttaa suoraan työvaiheiden määrään ja sitä kautta mahdollisesti työsuorituksen hintaan. Myös logistiikan ja tarvikkeiden hallinnan on oltava työmaalla kunnossa, koska jokainen järjestelmään kuuluva osa on tärkeä.

## **6.2 Arkkitehtoninen vertailu**

Tähän lukuun on kerätty kuvia erilaisista kohteista ja toteutuksista. Ulkonäöllisesti eri järjestelmien erona on pääasiassa vain niihin tarjottavien laattojen valikoima. Kaikissa järjestelmissä laattavalikoima on todella monipuolinen sekä kokojen että värien osalta. Pienempiä eroja järjestelmien kesken luo liitosten ja detaljien toteutus sekä saumojen koko.

Piilokiinnitys- ja klipsi/hakaskiinnitysjärjestelmien ero huomataan vain katusossa ja lähempää tarkasteltaessa. Näkyvät kiinnikkeet muodostavat kuitenkin aina vaakapintoja, jotka likaisissa olosuhteissa keräävät ilman epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet voivat aiheuttaa valumajälkiä julkisivuun.

Monissa järjestelmissä laatan paksuus on sidottu kiinnitysjärjestelmään. Keratwin-järjestelmässä laatan paksuus on aina 20 mm. Keraion-järjestelmässä laatan paksuus on aina 8 mm. Kaakelikeskuksen klipsikiinnitysjärjestelmissä klipsikiinnikkeiden valikoima rajaa laattavaihtoehtojen määrää. StoneMate-järjestelmässä laatan paksuutta rajaa vain laatan ominaisuudet. StoneMate-järjestelmässä voidaan käyttää myös esimerkiksi keraamisia laattoja huomattavasti paksumpia luonnonkivestä valmistettuja laattoja.

Keraion-piilokiinnitysjärjestelmällä tehtäessä vaaditaan huolellisuutta julkisivulaattojen mitoitukselta. Imatran rautatieaseman julkisivu on peruskorjattu käyttäen Keraion-järjestelmää (Kuva 6.1). Laattaan poltettavien kiinnikkeiden takia laattojen mitat on jouduttu varmistamaan jo ennen laattojen saapumista työmaalle. Tämä voi aiheuttaa ongelmia, jos mitoitus epäonnistuu tai jos julkisivuun tulee muutoksia rakentamisen aikana.



Kuva 6.1 Keraion-piilokiinnitysjärjestelmällä toteutettu julkisivu Imatralla

Kuvia 6.2 ja 6.3 vertailemalla voidaan todeta, että järjestelmällä ei ole suurta merkitystä julkisivun ulkonäköön. StoneMate-järjestelmällä saumat saadaan oluemmiksi kuin Keratwin K-20 -järjestelmällä. Ohuet saumat tuovat keveyden tuntua julkisivuun.





Kuva 6.2 StoneMate-järjestelmällä toteutettu julkisivu Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla.



Kuva 6.3 Keratwin K-20 -järjestelmällä toteutettu julkisivu Turussa Hämeenkadulla (ABL-Laatat julkisivureferenssejä)

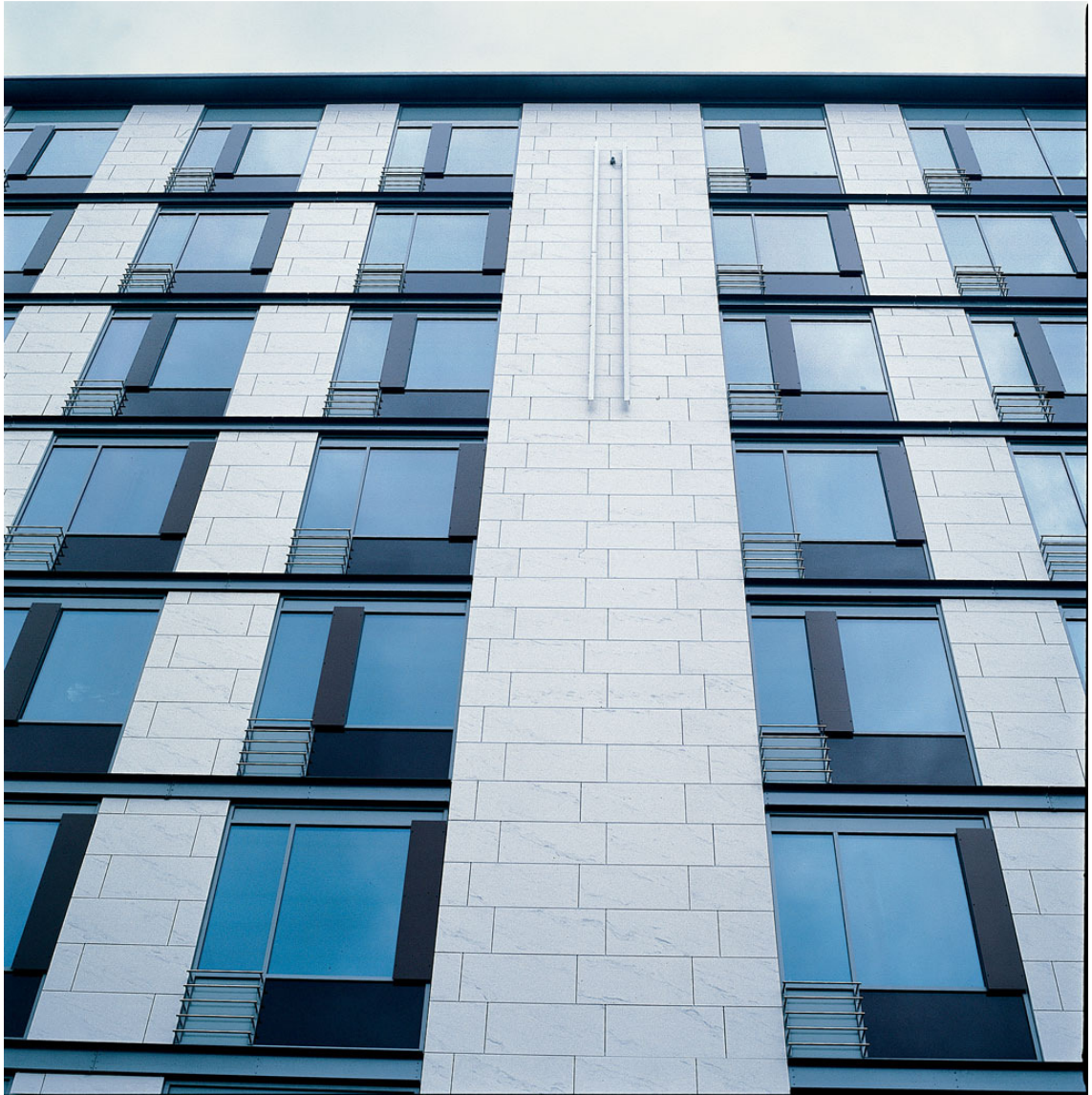


Klipsikiinnitteisissä järjestelmissä klipsit jäävät osaksi julkisivua. Läheltä tarkastellessa ne voivat tuntua irrallisilta ja laatoitukseen kuulumattomilta (Kuva 6.4). Toisaalta kauempaa katsottuna niitä ei juurikaan erota (Kuva 6.5). Sopivassa ympäristössä klipsit voivat olla myös toimiva osa arkkitehtuuria.



Kuva 6.4 Kaakelikeskusjärjestelmällä toteutettua julkisivua Nättinummen ostoskeskuksessa (Kaakelikeskus. Referenssit)

Hotelli Sellossa on saatu laatoituksen limittämällä aikaiseksi näyttävyyttä julkisivuun (Kuva 6.5). Laattojen limittäminen lisää kustannuksia alusrakenteiden osalta, koska pystysaumoja ja kiinnitysrankoja tulee useampaan linjaan.



Kuva 6.5 Kaakelikeskuksen julkisivujärjestelmällä toteutettu julkisivu Hotelli Sellossa Espoossa (Kaakelikeskus. Referenssit)

Laatoituksella voidaan saada aikaiseksi myös tehosteita monotonisiin betonijulkisivuihin. Kuvassa 6.6 on betonisandwichrakenteinen ulkoseinä, johon kiinnitetään pelkästään ulkonäkösyistä keraaminen laatoitus.



Kuva 6.6 StoneMate-järjestelmän hattuorsilla toteutettu laatoitus sandwichelementin pintaan Kauppakeskus Galleriassa Lappeenrannassa

Lämpörapattu seinä on varmasti ajaton ratkaisu, kunhan käytetään vaaleita värejä. Ohutrappausmenetelmällä toteutettu julkisivu on arka mekaanisille iskuille. Kerrostaloissa kannattaisi harkita katutasossa olevan kerroksen ulkoseinätyypiksi esimerkiksi sandwichelementtiä tai betonista kuorielementtiä. Kuvassa 6.7 kauempana näkyvässä kerrostalossa näin on tehty, mutta kuvassa lähempänä olevassa kerrostalossa julkisivurappaus ulottuu polven korkeudelle.





Kuva 6.7 Ohutrappausmenetelmällä lämpöräpättyjä julkisivuja

Laatoitettaessa kovalle alustalle laastilla, täytyy tarkasti varmistaa alustan soveltuvuus myös laatoitushetkellä. Jos alustana käytettävä betoni on huomattavan kosteaa, voi kosteus poistua haitallisesti saumoista laatoittamisen jälkeen. Laatoitetut rakenteet on myös suojattava kastumiselta rakentamisen aikana, jos esimerkiksi lopullisissa suojapellityksissä on puutteita. Kuvassa 6.8 pellitykset on tehty laatoittamisen jälkeen, josta on aiheutunut rakenteen kastuminen. Tärkeää on myös olosuhteet saumaustyön aikana. Saumauslaastin vesimäärä on oltava sallituissa rajoissa kestävä lopputuloksen saavuttamiseksi. Saumaus heikkenee, jos siihen pääsee ylimääräistä kosteutta ennen kovettumista.

Kuvassa 6.9 laatoitus ja saumaus on tehty sääsuojan alla. Lopputulos on kestävä ja moitteettoman näköinen.



Kuva 6.8 Laastilla kiinnitetty julkisivulaatoitus Lappeenrannassa Kauppakeskus Galleriassa



Kuva 6.9 Laastilla kiinnitetty julkisivulaatoitus Raatimiehenkadulla Lappeenrannassa

## 7 Yhteenveto ja päätelmät

Keraaminen tuulettuva julkisivu sopii hyvin käytettäväksi kaikenkokoisissa uudis- ja korjausrakennuskohteissa. Tuulettuvan rakenteen ansiosta seinärakenne toimii yleisten suunnitteluohjeiden mukaisesti. Keraaminen laatoitus on kestävä materiaali julkisivussa. Oikein valitut laatat kestävät ilmaston rasituksia moitteettomasti. Keraaminen julkisivu ei haalistu eikä vaadi normaaliolosuhteissa huoltoa. Keraamisella laatoituksella saadaan toteutettua kestäviä, tyylikkäitä ja ajattomia julkisivuja. Keraamiset laatat voivat muodostaa myös häkellyttävä ja monivärisiä seinäpintoja erilaisia värejä ja laattakokoja yhdistelemällä.

Kaikki keraamiset tuulettuvat julkisivujärjestelmät ovat paikallarakennettavia. Tuotanto vaatii aina telineet tai esimerkiksi mastolavan. Korjausrakennuskohteessa tai työmaalla eristettävissä rakennuksissa telineet joudutaan joka tapauksessa hankkimaan, joten ne eivät muodosta suuria lisäkustannuksia laatoittamisen takia.

Merkittävin ero järjestelmää valittaessa on se, käytetäänkö näkyviä kiinnikkeitä vai piilokiinnitysjärjestelmiä. Muita ulkonäöllisiä eroja järjestelmien kesken saadaan aikaiseksi vertailemalla eri toimittajien laattavalikoimaa. Kuitenkin kaikissa järjestelmissä laattavalikoima on todella monipuolinen sekä kokojen että värien osalta. Pienempiä eroja järjestelmien kesken luo liitosten ja detaljien toteutus sekä saumojen koko.

Kiinnitystavoiltaan vertailussa olleet neljä erilaista kiinnitysjärjestelmää eroavat huomattavasti toisistaan. Myös järjestelmissä käytettävien komponenttien määrä eroaa merkittävästi toisistaan. Erilaisten komponenttien määrä vaikuttaa suoraan työvaiheiden määrään ja sitä kautta mahdollisesti työsuorituksen hintaan. Kaikkia järjestelmiä on erilaisuudesta huolimatta mahdollisuus käyttää samoissa käyttökohteissa.

Lämpörapatut seinät ovat alttiita virheistä johtuville kosteusvaurioille. Virheitä tulee erilaisten liittymien ja detaljien vedenpitävyydestä. Kova tuuli painaa rappauksen pinnalla sateella olevaa vapaata vettä pienistäkin raoista ja halkeamista eristekerrokseen.



Laastikiinnitteisissä julkisivulaatoituksissa on huolehdittava erityisen hyvin ympäristöolosuhteista laatoittamisen aikana. Lisäksi tulee varmistua laatoitettavan pinnan riittävän alhaisesta suhteellisesta kosteudesta.

Ilmastonmuutoksen on ennustettu lisäävän riskejä ulkoseinärakenteissa. Sademäärien lisääntyminen ja lämpötilan nousu lisäävät ulkoseiniin kohdistuvia kosteusrasituksia. Muuttuvan ilmaston takia myös rakenteiden kuivuminen tulee hidastumaan varsinkin keväällä ja syksyllä. Lisäksi talvella tulee olemaan nykyistä enemmän jäätymis- ja sulamissyklejä, josta aiheutuu kivirakenteiden pakkasrapautumista. Koska olosuhteet eivät siis muutu rakenteiden kannalta ainakaan helpommaksi, onkin tärkeää panostaa suunnitteluun ja huolelliseen tuotantoon valitusta julkisivumateriaalista riippumatta.

## Kuvat

Kuva 2.1. Leikkaus perusmuurin ja ulkoseinärakenteen liittymästä. S. 7.

Kuva 2.2. RT US 401. RT-82-11006 Ulkoseinärakenteita 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto OY. S. 11.

Kuva 2.3. RT US 405. RT-82-11006. Ulkoseinärakenteita 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto OY. S. 12.

Kuva 2.4. RT US 409. RT-82-11006. Ulkoseinärakenteita 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto OY. S. 13.

Kuva 2.5. RT US 501. RT-82-11006. Ulkoseinärakenteita 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto OY. S. 14.

Kuva 2.6. RT US 504. RT-82-11006. Ulkoseinärakenteita 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto OY. S. 15.

Kuva 2.7. RT US 604. RT-82-11006. Ulkoseinärakenteita 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto OY. S. 16.

Kuva 2.8. RT US 707. RT-82-11006. Ulkoseinärakenteita 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto OY. S. 17.

Kuva 2.9 PAROC US RF 20.1. Paroc ratkaisut ja tuotteet <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/ulko-ja-valiseinat/rapattu-ulkoseina-paksurappaus>. S. 18.

Kuva 3.1 Julkisivulaatoitus kannakoitu eristekerroksen läpi runkorakenteeseen. S. 25.

Kuva 3.2 Laatoitus hattuorsilla sandwichelementin pintaan. S. 26.

Kuva 3.3 Laatoituksen kiinnittäminen hattuorsilla puurunkoiseen seinään. S. 27.

Kuva 3.4 Periaatekuva StoneMate järjestelmästä. S. 28.

Kuva 3.5 StoneMate-järjestelmällä toteutettu kauppakeskus Gallerian julkisivu Lappeenrannassa. S. 29.

Kuva 3.6 Periaateleikkaus StoneMate-järjestelmästä. KOMO-tuotetodistussertifikaatti. 2002. Numero 20698/02. Huizen. S. 30.

Kuva 3.7 StoneMate-järjestelmän hattuorsilla koolattu ulkoseinä. S. 32.

Kuva 3.8 StoneMate-järjestelmän periaatekuva eristekerroksen läpi kannakoitavasta laatoituksesta. Torv systems Catalogue 2012. S. 33.

Kuva 3.9 StoneMate-järjestelmän L-kannake. Torv systems Catalogue 2012. S. 34.



Kuva 3.10 Poikkileikkaukset luonnonkivestä ja Iris FMG -kuivapuristelaatasta. Iris FMG. Tuoteluettelo 2013. FMG MKTG DEPT. Omniadvert S.p.A. Maranello. S. 35.

Kuva 3.11 StoneMate-järjestelmällä toteutettu ikkunasmyygi

Kuva 3.12 StoneMate-järjestelmän ulkokulmaratkaisu. S. 37.

Kuva 3.13 Kerasteel julkisivujärjestelmällä toteutettua julkisivua. Turun Pelti ja Eristys OY. KeraSTEEL-esite. <http://www.nbl.fi/~nbl3819/tpe.fi/Kerasteel.pdf>. Luettu 9.11.2012. S. 38.

Kuva 3.14 Kerasteel julkisivujärjestelmän kiinnikedetalji. Turun Pelti ja Eristys OY. KeraSTEEL-esite. <http://www.nbl.fi/~nbl3819/tpe.fi/Kerasteel.pdf>. Luettu 9.11.2012. S. 39.

Kuva 3.15 Kerasteel aloituskiinnike. Turun Pelti ja Eristys OY. KeraSTEEL-esite. <http://www.nbl.fi/~nbl3819/tpe.fi/Kerasteel.pdf>. Luettu 9.11.2012. S. 39.

Kuva 3.16 Kerasteel-kiinnike SLK. Turun Pelti ja Eristys OY. KeraSTEEL-esite. <http://www.nbl.fi/~nbl3819/tpe.fi/Kerasteel.pdf>. Luettu 9.11.2012. S. 40.

Kuva 3.17 Kerasteel kiinnitysorsi. Turun Pelti ja Eristys OY. KeraSTEEL-esite. <http://www.nbl.fi/~nbl3819/tpe.fi/Kerasteel.pdf>. Luettu 9.11.2012. S. 40.

Kuva 3.18 Periaatekuva Kaakelikeskuksen julkisivujärjestelmästä. Kaakelikeskus. Julkisivuesite. [http://www.kaakelikeskus.net/kaakelikeskus/v2/tiedostot/upl/tuulettuva\\_keraaminen\\_laatta\\_julkisivu\\_kaakelikeskus.pdf](http://www.kaakelikeskus.net/kaakelikeskus/v2/tiedostot/upl/tuulettuva_keraaminen_laatta_julkisivu_kaakelikeskus.pdf). Luettu 10.11.2012. S. 41.

Kuva 3.19 Detaljikuva hattuorten kiinnittämisestä. Kaakelikeskus. Julkisivuesite. [http://www.kaakelikeskus.net/kaakelikeskus/v2/tiedostot/upl/tuulettuva\\_keraaminen\\_laatta\\_julkisivu\\_kaakelikeskus.pdf](http://www.kaakelikeskus.net/kaakelikeskus/v2/tiedostot/upl/tuulettuva_keraaminen_laatta_julkisivu_kaakelikeskus.pdf). Luettu 10.11.2012. S. 41.

Kuva 3.20 KeraTwin K20 -järjestelmän kiinnitys käyttäen pystysuoraa järjestelmäprofiilia K20. ABL-Laatat. Julkisivuesite. 2012. [http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat\\_kevyt.pdf](http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat_kevyt.pdf). Luettu 12.11.2012. S. 43.

Kuva 3.21 KeraTwin K20 -järjestelmän kiinnitys käyttäen pystysuoraa T-profiilia K20. ABL-Laatat. Julkisivuesite. 2012. [http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat\\_kevyt.pdf](http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat_kevyt.pdf). Luettu 12.11.2012. S. 44.

Kuva 3.22 KeraTwin K20 -järjestelmän kiinnitys käyttäen pystysuoraa K20 hatutuprofiilia. ABL-Laatat. Julkisivuesite. 2012. [http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat\\_kevyt.pdf](http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat_kevyt.pdf). Luettu 12.11.2012. S. 45.

Kuva 3.23 KeraTwin K20 -järjestelmän kiinnitys kiinnikekiinnitysjärjestelmällä. ABL-Laatat. Julkisivuesite. 2012.

[http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat\\_kevyt.pdf](http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat_kevyt.pdf). Luettu 12.11.2012. S. 46.

Kuva 3.24 Keratwin-järjestelmän keraaminen kulmaprofiili. ABL-Laatat. Julkisivuesite. 2012.

[http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat\\_kevyt.pdf](http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat_kevyt.pdf). Luettu 12.11.2012. S. 47.

Kuva 3.25 KeraTwin-järjestelmän jiiiratuilla laatoilla toteutettu kulmaratkaisu K-20. ABL-Laatat. Julkisivuesite. 2012.

[http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat\\_kevyt.pdf](http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat_kevyt.pdf). Luettu 12.11.2012. S. 48.

Kuva 3.26 KerAion Quadro -järjestelmän ripustusosakiinnitys. ABL-Laatat. Julkisivuesite. 2012.

[http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat\\_kevyt.pdf](http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat_kevyt.pdf). Luettu 12.11.2012. S. 49.

Kuva 3.27 KerAion Quadro -järjestelmän kannatusprofiilikiinnitys. ABL-Laatat. Julkisivuesite. 2012.

[http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat\\_kevyt.pdf](http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat_kevyt.pdf). Luettu 12.11.2012. S. 50.

Kuva 3.28 KerAion K8 -järjestelmän hakaskiinnitys. ABL-Laatat. Julkisivuesite. 2012.

[http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat\\_kevyt.pdf](http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat_kevyt.pdf). Luettu 12.11.2012. S. 51.

Kuva 4.1 PAROC Ohutrappaus levyristeen päälle. Paroc. Ratkaisut ja tuotteet 2012. <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/ulko-ja-valiseinat/rapattu-ulkoseina-paksurappaus>. Luettu 19.10.2012. S. 52.

Kuva 4.2 PAROC Paksurappaus levyristeen päälle. Paroc. Ratkaisut ja tuotteet 2012. <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/ulko-ja-valiseinat/rapattu-ulkoseina-paksurappaus>. Luettu 19.10.2012. S.53.

Kuva 4.3 Levyrappausjärjestelmällä toteutettavan ulkoseinän rakennetyyppi. Mäkitalo, M. 2011. Puurunkoisten ulkoseinärakenteiden toiminta. Frame – yleisöseminaari. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.

<http://www.rakennusteollisuus.fi/download.aspx?intFileID=2767&intLinkedFromObjectID=13296>. Luettu 4.12.2012. S. 54.

Kuva 6.1 Keraion-piilokiinnitysjärjestelmällä toteutettu julkisivu Imatralla. S. 58.

Kuva 6.2 StoneMate-järjestelmällä toteutettu julkisivu Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla. S. 59.

Kuva 6.3 Keratwin K-20 -järjestelmällä toteutettu julkisivu Turussa Hämeenkadulla. ABL-Laatat. Julkisivureferenssejä. <http://www.abl.fi/node/225>. Luettu 28.11.2012. S. 59.

Kuva 6.4 Kaakelikeskusen järjestelmällä toteutettua julkisivua Nättinummen ostoskeskuksessa. Kaakelikeskus. Referenssit.

<http://www.kaakelikeskus.net/sivu.php?id=58#id562>. Luettu 28.11.2012. S. 60.

Kuva 6.5 Kaakelikeskusen julkisivujärjestelmällä toteutettu julkisivu Hotelli Sellossa Espoossa. Kaakelikeskus. Referenssit.

<http://www.kaakelikeskus.net/sivu.php?id=58#id562>. Luettu 28.11.2012. S. 61.

Kuva 6.6 StoneMate-järjestelmän hattuorsilla toteutettu laatoitus sandwichelementin pintaan Kauppakeskus Galleriassa Lappeenrannassa. S. 62.

Kuva 6.7 Ohutrappausmenetelmällä lämpöräpättyjä julkisivuja. S. 63.

Kuva 6.8 Laastilla kiinnitetty julkisivulaatoitus Lappeenrannassa Kauppakeskus Galleriassa. S. 64.

Kuva 6.9 Laastilla kiinnitetty julkisivulaatoitus Raatimiehenkadulla Lappeenrannassa. S. 64.

## **Taulukot ja Kaavat**

Taulukko 3.1 RT 34-10997. Keraamiset laatat 2010. Rakennustietosäätiö RTS.  
Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kaava 3.1 ©KOMO-tuotetodistussertifikaatti. 2002. Numero 20698/02. Huizen:  
Komo.

## Lähteet

ABL-Laatat. Julkisivuesite. 2012.

[http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat\\_kevyt.pdf](http://www.abl.fi/sites/default/files/julkisivujarjestelmat_kevyt.pdf). Luettu 12.11.2012.

ABL-Laatat julkisivureferenssejä. <http://www.abl.fi/node/225>. Luettu 25.11.2012.

C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto.

Herrainsilta, M. 2006. Kiinteistön elinkaarikustannukset. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Kiinteistönpitotekniikka.

Iris FMG. Tuoteluettelo 2013. FMG MKTG DEPT. Maranello: Omniadvert S.p.A.

Kaakelikeskus. Julkisivuesite.

[http://www.kaakelikeskus.net/kaakelikeskus/v2/tiedostot/upl/tuulettuva\\_keraaminen\\_laatta\\_julkisivu\\_kaakelikeskus.pdf](http://www.kaakelikeskus.net/kaakelikeskus/v2/tiedostot/upl/tuulettuva_keraaminen_laatta_julkisivu_kaakelikeskus.pdf). Luettu 10.11.2012.

®KOMO-tuotetodistussertifikaatti. 2002. Numero 20698/02. Huizen: Komo.

Lahdensivu, J. 2011. Eristerappausrakenteiden toiminta. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.

Lahdensivu, J, Suonketo, J, Vinha, J, Lindberg, R, Manelius, E, Kuhno, V, Saastamoinen, K, Salminen, K, Lähdesmäki K. 2012. Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita. Tutkimusraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.

Mäkitalo, M. 2011. Puurunkoisten ulkoseinärakenteiden toiminta. Frame – yleisöseminaari. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. <http://www.rakennusteollisuus.fi/download.aspx?intFileID=2767&intLinkedFromObjectID=13296>. Luettu 4.12.2012

Paroc. Ratkaisut ja tuotteet 2012. <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/ulko-ja-valiseinat/rapattu-ulkoseina-paksurappaus>. Luettu 19.10.2012.

Pellinen, L. 2011. Ilmavuodon vaikutus vaipparakenteiden lämpö- ja kosteusolosuhteisiin. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma.

Reatek Oy 2011. StoneMate tekniset tiedot. Lappeenranta: Reatek Oy

Reatek Oy 2012. Laatoitetut Julkisivut. Ventiloidun julkisivun etuja käytettäessä keraamisia laattoja. Lappeenranta: Reatek Oy

RT-82-11006. Ulkoseinärakenteita 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 34-10997. Keraamiset laatat 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT STM-20929. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista. Suomen säädöskokoelma 944/1992.

Sirkka, E. 2012. Reatek Oy:n projektipäällikkö. Haastattelu 2.11.2012.

Sisäilmayhdistys. Terveelliset tilat. Sisäilmasto  
[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/sisailmasto/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/). Luettu 29.10.2012.

Sisäilmayhdistys. Perustietoa. Epäpuhtaudet ja niiden torjunta.  
[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/epapuhtaudet\\_ja\\_niiden\\_torjunta/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/epapuhtaudet_ja_niiden_torjunta/). Luettu 29.10.2012.

StoneMate Tekniset tiedot 2012. Lappeenranta: Reatek Oy

Turun Pelti ja Eristys OY. KeraSTEEL-esite.  
<http://www.nbl.fi/~nbl3819/tpe.fi/Kerasteel.pdf>. Luettu 9.11.2012.

Tweha. Core business. <http://www.tweha.nl/Engels/bedrijfsinformatieEN.asp>. Luettu 23.10.2012.

Tweha. Instructions for use. <http://www.tweha.nl/Engels/StonemateEN.asp>. Luettu 1.11.2012.

Tweha. Product leaflet.  
<http://www.tweha.nl/Engels/Downloads/Stonemate/StoneMate%20Productbrochure%20April%202008%20version%201.0%20EN.pdf>. Luettu 5.12.2012

Tweha. Technical datasheet.  
<http://www.tweha.nl/Engels/Downloads/Stonemate/Technical%20data%20StoneMate.pdf>. Luettu 9.11.2012.