

# UUSIA TUTKIMUSTULOKSIA BETONIELEMENTTIEN SAUMAPINTOJEN ESIKÄSITTELYTARPEESTA

Jussi Mattila, tekniikan tohtori, vanhempi tutkija  
Tampereen teknillinen yliopisto TTY,  
Talonrakennustekniikka



Betonijulkisivujen elastisten ns. kittisaumojen toimivuudella on keskeinen vaikutus betonisandwich-tyyppisen ulkoseinän kosteustekniseen toimivuuteen etenkin, jos ulkokuoren takana ei ole yhtenäistä tuuletusrakoa. Saumauksen toimivuuden edellytys on se, että saumaussmassan ja betonin välille saadaan syntymään sellainen tartunta, että saumaussmassa pysyy tiiviinä eli kiinni betonissa sauman leveyden muuttuessa eri syistä. Luonnollisesti sauman toimivuuteen ja kestävytyteen vaikuttavat myös saumaussmassan joustavuus ja poikkileikkamuoto sekä sauman leveys suhteessa siinä tahtuviin liikkeisiin.

1  
Tutkimuksessa selvitettiin yleisimmin käytettyjen polyuretaanipohjaisten saumaussmassojen tartuntalujuutta betoniin sekä käsittelemättömiin että eri tavoin esikäsiteltyihin muottipintoihin.

2, 8  
Asunto Oy Helsingin Pasaatituuli Vuosaaressa. Julkisivuissa on uritettu valkobetoni ja keltainen maalattu betonipinta. Julkisivuelementit: Parma Oy. Arkkitehtitoimisto Lahdelma & Mahlamäki. Kohde ei liity tehtyyn tutkimukseen, vaan edustaa arkkitehtonista saumaratkaisua, jossa elementtisauma on sovitettu julkisivujen arkkitehtuuriin.

Useissa tapauksissa elementtisaumoihin liittyvät reklamaatiot johtuvat saumakittin irtoamisesta saumapinnasta eli tartunnan pettämisestä. Näiden tapausten vähentämiseksi on esitetty, että saumapinnat esikäsiteltäisiin järjestelmällisesti laikkamalla jo elementtitehtaalla. Nykyisen käytännön mukaan tavanomaisten betonisten saumapintojen esikäsitelytarve arvioidaan vasta työmaalla tapauskohtaisesti. Esikäsitelyyn on tällöinkin laikkaus, joka tehdään tarvittaessa, mikäli saumaustyön aikataulu mahdollistaa sen ja hankkeen osapuolet pääsevät yhteisymmärryksen työn kustannusten kattamisesta. Tätä tarveharkintaista käytäntöä on pidetty jossain määrin ongelmallisena myös elementtityöselostuksen ja muiden urakka-asiakirjojen laatimisen kannalta. Toisaalta myös saumattavien betonipintojen järjestelmällistä laikkaamista on pidetty ongelmallisena, koska se aiheuttaa huomattavan paljon pölyhaittoja. Tämä on työsuojellinen kysymys, koska kvartsi- ja silikaalipölyille asetettuja htp-arvoja (haitalliseksi tunnettu pitoisuus) on alennettu.

Rakennusteollisuus RT teetti keväällä 2008 Tampereen teknillisen yliopiston Talonrakennustekniikan yksikössä kokeellisen tutkimuksen, jonka tavoitteena oli selvittää saumattavien betonipintojen ja niiden esikäsitelyjen vaikutusta saumaussmassojen tartuntaan.

Tutkimuksessa tehtiin laboratoriotyönä suuri joukko vetokokeita, joilla selvitettiin yleisimmin käytettyjen polyuretaanipohjaisten saumaussmassojen tartuntalujuutta sekä käsittelemättömiin että eri tavoin esikäsiteltyihin muottipintoihin.

Kokeissa varioitiin seuraavia tartuntaan vaikuttavaksi otaksuttuja tekijöitä:

- 1) Betonipinnan esikäsitelytapa
  - käsittelemätön muottipinta
  - muottipinta, josta sementtiliima poistettu Finnsementti Oy:n Mini Etch Oil -käsitteilyllä
  - hienopesupinta, Finnsementti Oy:n MiniCote
  - timanttilaikalla kevyesti hiottu pinta
  - timanttilaikalla huolellisesti hiottu pinta
- 2) Sementtityyppi
  - harmaa rapidsementti
  - valkosementti
- 3) Betonin kosteustila
  - Kuiva: koekappaleita säilytettiin jälkihoidon jälkeen vähintään 2 viikkoa tilassa, jonka olosuhteet olivat T 23 °C, RH 70 %.
  - Kosteä: Em. kuiva pinta, jota pidettiin märkänä yhden vuorokauden ja annettiin kuivua ennen saamaamista 18 h olosuhteissa T 23 °C, RH 70 %.
  - Märkä pinta: Em. kuiva pinta, jota pidettiin märkänä yhden vuorokauden ja annettiin kuivua ennen saamaamista 4 h olosuhteissa T 23 °C, RH 70 %.
- 4) Muottimateriaali
  - Vaneri
  - Teräs
- 5) Saumaussmassa (kolmen keskeisen materiaalitoimittajan yleisimmin käytetty PU-massa)
  - Bostik 2637 uretaanisaumaussmassa
  - Sikaflex Construction
  - Tremco Dymonic NT

Saumaussmassojen tartunta alustaansa mitattiin suurin vetokokein. Rinnakkaisia koevetoja tehtiin kustakin testattavasta variaatiosta kuusi kappaletta niin, että kolme vetokoeita tehtiin suoraan primeroidusta betonipinnasta ja toiset kolme primeroituun pintaan levitetystä saumaussmassasta.

Tutkimuksessa koebetoneina käytettiin tavanomaisia julkisivuelementeissä käytettyjä betonilaatuja ja koekappaleiden valmistuksessa normaalia betonielementtien tuotanto- ja jälkihoidotapaa. Muotit oli käsitelty koekappaleet valmistaneella tehtaalla (Parma Oy:n Kangasalan tehdas) käytössä



3, 4

Saumasmassojen tartunta alustaansa mitattiin suurin vetokokein. Kolme vetokoetta tehtiin suoraan primeroi-

dusta betonipinnasta ja toiset kolme primeroituun pintaan levitetystä saumasmassasta.



TY  
3



4

TY



olevaan tapaan koestettavasta variaatiosta riippuen joko mineraaliöljypohjaisella muottijöllä tai pintahidastusaineella.

Kaikki sementtityyppi-, kosteustila- (poislukien märkä) ja esikäsitteilyvariaatiot testattiin läpi Sikaflex Construction -massalla. Lisäksi kahdella muulla massalla testattiin valkosementti ja kostea betonipinta ristiin kaikkien betonipinnan esikäsitteilyjen kanssa. Märkä kosteusvariaatio testattiin kaikkien esikäsitteily-yhdistelmien ja Sikaflex Construction -massan kanssa vain valkobetonilla. Testaukset tehtiin pääosin vanerimuottiin valetulle betonipinnalle. Teräsmuottiin valettuna testattiin vain käsittelemätön ja kevyesti laikattu valkobetonipinta kaikilla kosteusvariaatioilla (poislukien märkä) ja kaikilla saumausmassoilla.

Primereina käytettiin kunkin tuotteen markkinoijan tuoteinformaatiossaan esittämää primeria.

## TULOKSET:

### – ESİKÄSITTELYJEN VAIKUTUS TARTUNTAAN

Eri tavoin esikäsitellyistä betonipinnoista tehtiin yhteensä noin 40 vetokoetta. Näiden pohjalta voidaan todeta, että tutkituilla esikäsitteilyillä oli tutkimuksen olosuhteissa vain hyvin vähäinen vaikutus saumausmassojen tartuntalujuuteen. Eri esikäsitteilyjen tapauksissa tartuntalujuudet olivat haarukassa 0,40 ... 0,43 MPa poislukien hienopestyt pinnat,

joissa tartuntalujuus oli hieman alempi, eli keskimäärin 0,37 MPa. Tämä johtui todennäköisesti siitä, että saumausmassaa ei saatu tunkeutumaan täydellisesti kaikkiin hienopestyssä pinnassa luonnostaan oleviin epätasaisuuksiin. Nämä ontelotilat toimivat vetokokeessa saumausmassan irtirepymisen alkukohtina ja alensivat näin hieman tartuntalujuutta.

Pelkästään primeroiduista betonipinnoista tehtiin niin ikään hieman yli 40 vetokoetta. Tällöin vetokappaleet oli liimattu suoraan primeroituihin betonipintoihin lujalla PU-liimalla, ja tällöin vetokokeet kuvasivat nimenomaan betonipinnan vetolujuutta. Näin saatujen koetulosten perusteella voidaan todeta, että hienopesemällä käsiteltyjen pintojen vetolujuudet olivat selvästi korkeampia, luokkaa 3,2 MPa. Kaikkien muiden, kevyemmin käsiteltyjen pintojen lujuus oli haarukassa 2,3 ... 2,4 MPa.

Periaatteessa K40-lujuusluokan betonin vetolujuuden tulisi olla noin 4 MPa. Vaikka useissa tapauksissa murto tapahtuikin juuri betonista, vetolujuudet jäivät selvästi tätä alemmiksi. Tämä johtui todennäköisesti siitä, että muottia vasten pakkautunut betonimassa ei täysin edusta normaalia betonimassaa. Siinä sementtikiven ja hienon kiviaineksen osuudet ovat muuta betonia suurempia, jolloin pinnan lujuus jää hieman alhaisemmaksi. Tällöin myös kevyesti esikäsiteltyjen primeroitujen pinto-

5, 6

Tavanomaisten betonisten saumapintojen esikäsitteilytarve arvioidaan usein vasta työmaalla tapauskohtaisesti. Esikäsitteilynä on tällöin reunan laikkaus.

7

Hienopestyjen primeroitujen betonipintojen suurempi vetolujuus johtui todennäköisesti sekä betonipinnan karkeuden tuomasta suuremmasta tartuntapinta-alasta sekä siitä, että tartunta tapahtui suuremmalta osin suoraan kiviainekseen, joka on sementtikiveä selvästi lujempaa.

8

Asunto Oy Helsingin Pasaatituuli Vuosaaressa. Julkisivuissa on uritettu valkobetonin ja keltainen maalattu betonipinta. Julkisivuelementit: Parma Oy.

jen tartuntavetolujuudet jäivät betonin ”normaalia” vetolujuutta alemmiksi.

Vastaavasti hienopestyjen primeroitujen betonipintojen suurempi vetolujuus johtui todennäköisesti sekä betonipinnan karkeuden tuomasta suuremmasta tartuntapinta-alasta sekä siitä, että tartunta tapahtui suuremmalta osin suoraan kiviainekseen, joka on sementtikiveä selvästi lujempaa. Myös em. muottipinnassa oleva luontaisesti muuta betonia hieman heikompi kerros on poistettu kokonaan hienopesukäsittelyssä.

### – SEMENTTITYYPIN VAIKUTUS TARTUNTAAN

Sementtityypin (harmaa rapid / valkosementti) vaikutusta saumausmassojen tartuntakykyyn selvitettiin noin 60 vetokokeella. Näiden tulos oli, että saumausmassojen tartuntalujuus oli kummallakin sementtityypillä täsmälleen sama, 0,42 MPa. Tuloksesta ei ole myöskään löydettävissä sellaisia viitteitä, että sementtityypillä olisi merkittävää vaikutusta tartuntalujuuteen missään yksittäisistä tutkituista olosuhteista.

Pelkästään primeroiduille betonipinnoille tehtiin niin ikään noin 60 vetokoetta. Näidenkin tulos oli se, että vetolujuuden taso on molemmissa täsmälleen sama, tässä tapauksessa 2,54 MPa. Tämän pohjalta voidaan todeta, että sementtityypillä ei ollut tutkimuksen olosuhteissa vaikutusta myöskään betonipinnan vetolujuuteen.

### – BETONIN KOSTEUSTILAN VAIKUTUS TARTUNTAAN

Betonipinnan kosteustilan vaikutusta saumausmassojen tartuntaan selvitettiin yhteensä 36 vetokokeella. Näistä saatujen tulosten perusteella tutkimuksessa käytetyillä betonipinnan kosteustiloilla ei ollut havaittavaa vaikutusta saumausmassojen tartuntakykyyn. Tämä selittyy ainakin osin sillä, että käytetyt yksikomponenttiset polyuretaanituotteet kovettuvat kosteuden vaikutuksesta. Tartunta muodostuu lujaksi, jos betonipinnassa ei ole saumattomassa sellaista vesikalvoa, joka estäisi tuotteen imeytymisen betonin pinnan huokosiin.

Primeroitujen betonipintojen vetolujuutta tutkittiin niin ikään 36 vetokokeella. Näistä saatujen tulosten perusteella primeroitujen betonipintojen vetolujuudet eivät riipu merkittävästi betonin kosteustilasta. Alimmat lujuudet mitattiin kuitenkin käsittelemättömistä pinnoista ”märän” pinnan edustassa alinta arvoa. Hienopestyssä pinnassa vetolujuudet olivat kauttaaltaan selkeästi korkeimpia.



Tämä johtunee siitä, että hienopesty pinta muodostuu suurimmaksi osaksi kiviaineksesta, jonka pinta kuivahtaa nopeasti ja jonka vetolujuus on vain hyvin vähäisessä määrin riippuvainen kosteustilasta.

#### – MUOTTIMATERIAALIN VAIKUTUS TARTUNTAAN

Muottimateriaalin vaikutusta saumasmassojen tartuntaan selvitettiin noin 50 vetokokeella. Näiden perusteella voidaan todeta, että muottimateriaalilla ei ole kokeen olosuhteissa havaittavaa vaikutusta saumasmassojen tartuntakykyyn.

Primeroitujen betonipintojen vetolujuutta eri muottimateriaalien tapauksessa selvitettiin niin ikään noin 50 vetokokeella. Tämän perusteella voidaan todeta, että muottimateriaalilla ei ollut kokeen olosuhteissa merkittävää vaikutusta primeroidun betonipinnan vetolujuuteen.

#### – ELASTISILLA SAUMASMASSOILLA SAUMATTAVALTA BETONIPINNALTA VAADITTAVASTA VETOLUJUUDESTA

Edellä kuvatut kokeet osoittivat, että saumasmassojen vetolujuus on kaikissa tutkituissa tapauksissa luokkaa 0,4 MPa. Tästä ei voida kuitenkaan suoraan päätellä, että tämä lujuustaso olisi soveltuva vaatimus saumattavien betonipintojen vetolujuudelle. Todellisissa käyttöolosuhteissa esiintyvissä matalissa lämpötiloissa saumasmassa on huomattavasti lujempaa ja jäykempää, jolloin sauman jännitystaso muodostuu vetorasituksessa korkeammaksi varsinkin, kun saumaraot ovat useimmiten leveimmillään juuri matalimmissa lämpötiloissa. Myös saumasmassojen vanhemmisilmäiden tiedetään aiheuttavan massan kovetumista. Edelleen, todellisissa käyttöolosuhteissaan saumasmassojen venytystilat ovat pitkäaikaisia verrattuna laboratoriokokeiden koestustilanteeseen. Toisaalta on todettava myös, että käyttöolosuhteissa saumasmassoille sallitaan minimaalinen venymä verrattuna koestuksessa havaittaviin usean sadan prosentin murtovenymiin.

Tämä tutkimus osoittaa, että saumattavien pintojen vetolujuus on alhaisimmillaankin moninkertainen saumasmassojen maksimaalista sallittua venymää vastaavaan jännitykseen verrattuna. Tästä syystä kysymys saumapinnalta vaadittavasta vetolujuuden minimiarvosta muuttuu eräällä tavalla merkityksettömäksi.

#### JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä artikkelissa kuvatussa tutkimuksessa selvitettiin saumasmassojen tartuntalujuutta eri tavoin esikäsiteltyihin betonipintoihin. Tässä yhteydessä varioitiin betonin kosteustilaa, sementtityyppiä ja muottimateriaalia. Koestettavat variaatiot oli pyritty valitsemaan niin, että ne edustivat mahdollisimman hyvin keskeisiä tartuntaan vaikuttavia tekijöitä.

Saumapinnalla olevat epäpuhtaudet ovat keskeinen tartuntaa heikentävä tekijä. Sitä ei kuitenkaan katsottu järkeväksi ottaa tutkimukseen mukaan, koska epäpuhtauksien määrää tai laatua ei pystytä koejärjestelyin varioimaan niin, että koejärjestely olisi toistettavissa tai että koeopinnoissa olevan likeysuuden voitaisiin todeta edes karkealla tarkkuudella edustavan käytännössä esiintyvää likeysuutta.

Tehtyjen kokeiden mukaan saumasmassojen tartuntalujuus oli kokeiden olosuhteissa n. 0,4 MPa ja primeroitujen betonipintojen vetolujuus n. 2,3 ... 3,3 MPa tyyppillisen julkisivubetonin suoran vetolujuuden ollessa luokkaa 3,5 ... 4 MPa. Tämän perusteella kaikkien betonipintojen vetolujuuden sinänsä voidaan otaksua olevan riittävän saumasmassan tartunnan kannalta kaikissa normaalitilanteissa.

Tehty kokeet osoittivat siis selkeästi sen, että kaikilla tutkituilla esikäsitteilyvaihtoehdoilla on mahdollisuus saada saumasmassoille hyvä tartunta. Myös puhtaan käsittelemättömän muottipinnan voidaan todeta soveltuvan hyvin saumasmassojen tartuntapinnaksi.

Saumaustyössä kuitenkin törmätään tapauksiin, joissa riittävää tartuntaa ei ole syntynyt, vaan saumasmassa on irronnut tartuntapinnasta. Tämä tarkoittaa, että saumasmassan tartuntaan vaikuttaa myös sellaisia tekijöitä, joita ei tarkasteltu tässä tutkimuksessa. Näitä voivat kohdekohtaisesti olla mm. seuraavat tekijät:

- Saumaaminen vielä epäedullisemmissä olosuhteissa, kuin tässä tutkimuksessa käytettiin.
- Saumapinnalla oleva tartuntaa heikentävä aines (lika, jää tms.).
- Saumaraon riittämätön leveys suhteessa saumasmassa tapahtuviin liikkeisiin.
- Sauman poikkileikkauksen epäedullinen paksuus tai poikkileikkauksen muoto.

Kahden jälkimmäisen tekijän osalta on todettava, että nämä eivät sinänsä vaikuta tartuntaan, vaan lisäävät vaurioitumisen riskiä kasvattamalla sauman tartuntakykyä koettelevaa rasitusta.

Edellä mainituista tekijöistä saumasmassan

tartuntaan vaikuttanee kaikkein keskeisimmin saumattavan pinnan puhtaus. Saumapinnalla olevat heikosti kiinnittyneet likapartikkelit estävät kattamaltaan alueelta täysin saumasmassan kontaktin lujaan pintaan ja voivat siten aiheuttaa sen, että tartunta jää heikoksi tai sitä ei synny käytännössä lainkaan.

Käytännön rakennustyössä saumapintaa ei ole mahdollista saada saumaushetkellä moitteettoman puhtaaksi. Tästä syystä primerien oikealla käytöllä voitaneen merkittävästi edistää saumauksen tartuntakykyä, vaikkakaan tämä ei tullut esille tämän tutkimuksen puhtailla koeopinnoilla. Primer pystynee suuren kustutuskykynsä ansiosta sitomaan jossain määrin ainakin hienoimpia epäpuhtauksia alustaan, mikä eliminoi niiden tartuntaa heikentävän vaikutuksen. On kuitenkin korostettava, että primerointia ei tule koskaan suosittelua käytettäväksi ns. pölynsidontatarkoituksessa.

Tämän tutkimuksen tulosten hyödyntämisen kannalta on keskeistä ottaa huomioon se, että tehtaalla tehtävästä esikäsitteilytavasta riippumatta saumapinnan tulee saumaushetkellä (varastoinnin, kuljetuksen, asennuksen ja saumaamattomana oloajan jälkeen) olla puhdas. Millään tehtaalla tehtävällä saumapinnan esikäsitteilyllä ei voida vaikuttaa siihen, minkä verran, minkälaista ja miten vaikeasti poistettavaa likaa saumattavalle pinnalle kertyy saumaushetken mennessä. Tästä syystä kaikkien saumattavien pintojen puhtaus on tarkistettava joka tapauksessa työmaalla ja likaantuneet pinnat on tarvittaessa puhdistettava välittömästi ennen saumaamista niin, että saumattavalla pinnalla ei ole saumasmateriaalien tartuntaa häiritseviä epäpuhtauksia. Tätä puhdistusta ei voida siirtää tehtaalla tehtäväksi.

Tässä tutkimuksessa ei siis tullut esille seikkoja, joiden johdosta normaalit vaneri- tai teräsmuottia vasten valetut betonipinnat eivät olisi saumauskelpoisia, kunhan ne vain ovat saumaushetkellä puhtaita. Tästä syystä siirtymiselle saumapintojen järjestelmälliseen laikaamiseen elementtitehtaalla ei ole nähtävissä teknisiä perusteita.

#### LISÄTIETOJA:

Arto Suikka, Rakennusteollisuus RT  
arto.suikka@rakennusteollisuus.fi  
tai  
Jussi Mattila, TTY  
jussi.mattila@tut.fi

### NEED FOR PRE-TREATMENT OF JOINT SURFACES ON PRECAST CONCRETE ELEMENTS

The Confederation of Finnish Construction Industries RT ordered from the Unit of House Building of the Tampere University of Technology in the spring of 2008 an experimental study on the impact of joined concrete surfaces and their treatment methods on the adhesion of jointing compounds.

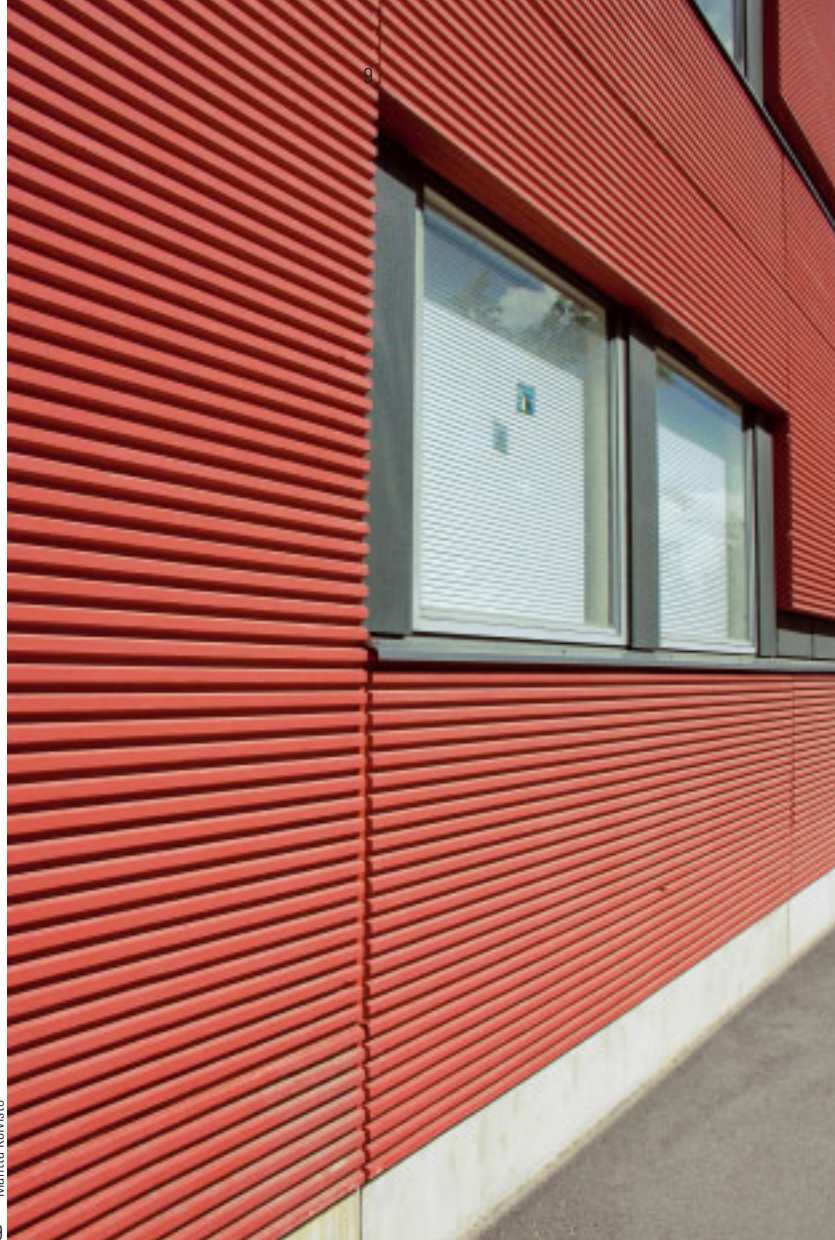
The experiments showed that all the studied pre-treatment alternatives make it possible to achieve good adhesion for jointing compounds. A clean, untreated form surface can also be concluded to be well suited as an adhesive surface for jointing compounds.

However, in some cases adequate adhesion of the jointing compound is not achieved, but the compound comes loose from the surface. The cleanness of the surface to be jointed is probably the most important factor affecting the adhesion of the jointing compound. In practical building work it is not possible to make the surface adequately clean for jointing. For this reason, appropriate application of primers could probably significantly improve the adhesion of the jointing, although this could not be established as only clean test surfaces were used in the study. Owing to their high wetting capacity, primers can be expected to bind at least the finest impurities to some extent, which will eliminate their detrimental impact on adhesion. It should be emphasised, however, that application of a primer is never recommended for the purpose of dust binding.

No pre-treatment of the jointing surface in a factory can influence the amount or type of the dirt that will accumulate on the surface before the jointing process, or how difficult it is to remove dirt from the surface. Because of this, the cleanness of all jointing surfaces must in any case be inspected on the site, and soiled surfaces have to be cleaned immediately before jointing so that during the jointing process the surface is free from impurities that would impair the adhesion of the jointing materials. This cleaning cannot be carried out in the factory.

9, 10

Asunto Oy Espoon Rustholti, Leppävaara, Espoo. Arkkitehtitoimisto Tuomo Siitonen Oy. Kohde on valmistunut vuonna 2000. Sandwichrakenteisen julkisivun vaakasaumat piiloutuvat pinnan syvään vaakauritukseen. Pysty-saumot on sovitettu arkkitehtonisesti ikkunoiden pieliin. Julkisivut on maalattu ja saumojen sävy on sama kuin punaiseksi maalattu betonipinta.



Maritta Koivisto



Maritta Koivisto

10