



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Rakennustekniikan laitos

TUTKIMUSSELOSTUS NRO TRT/1636/2008

BETONISTEN JULKISIVUELEMENTTIEN ELASTISILLA MASSOILLA SAUMATTAVIEN PINTOJEN ESIKÄSITTELYTARVE

4.5.2008



Lausunto nro 1636

BETONISTEN JULKISIVUELEMENTTIEN ELASTISILLA MASSOILLA SAUMATTAVIEN PINTOJEN ESİKÄSITTELYTARVE

16 sivua ja 7 liitesivua

Tilaaja	Rakennusteollisuus RT ry Arto Suikka PL 381 00131 Helsinki
Viite	Sähköpostitilaus 19.11.2007
Tehtävä	Laboratoriossa tehtäviä saumaussmassojen tartuntavetokokeita eri tavoin esikäsitellyistä betonipinnoista ja näihin perustuvan lausunnon antaminen betonisten julkisivuelementtien elastisilla massoilla saumattavien pintojen esikäsitteilytarpeesta.
Tutkimusryhmä	Prof. Matti Pentti Tekn. toht. Jussi Mattila Tekn. lis. Jukka Lahdensivu Dipl.ins. Eeva Huhtasalo Dipl.ins. Jommi Suonketo Dipl.ins. Tomi Strander. Tampereen teknillinen yliopisto Rakennustekniikan laitos PL 600 33101 Tampere Puhelin (03) 3115 11 Faksi (03) 3115 2811
Lausunnon jakelu	Rakennusteollisuus RT ry, Arto Suikka TTY Rakennustekniikan laitoksen arkisto

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



BETONISTEN JULKISIVUELEMENTTIEN ELASTISILLA MASSOILLA SAUMATTAVIEN PINTOJEN ESIKÄSITTELYTARVE

1. Taustaa

Betonielementtiteollisuudelle on esitetty saumausrakoitsijoiden toimesta vaatimus, jonka mukaan julkisivuelementtien elastisten saumamassojen tartuntapinnat tulisi esikäsitellä laikalla hiomalla jo elementtitehtaalla.

Asiaan liittyvässä aiemmassa ohjeistuksessa on esitetty vaihtelevia kannanottoja laikkaamisen tarpeen suhteen. Käytäntö saumattavien pintojen esikäsitteilyjen suhteen on vaihdellut eri työmailla tilaajasta ja urakoitsijasta riippuen. Tämä on aiheuttanut hankaluuksia mm. elementtityöselostuksen ja muiden urakka-asiakirjojen laadinnassa.

Rakennusteollisuus pitää järjestelmällistä laikkaamisvaatimusta tehtaalla ylimitoitettuna siltä osin, kun saumattavat pinnat ovat tavanomaisia muottipintoja. Rakennusteollisuuden mielestä muottipinta soveltuu hyvin saumasmassan tartuntapinnaksi, eikä laikkaamalla saada aikaan parempaa tartuntaa.

Järjestelmällinen laikkaaminen tuottaa myös pölyhaittoja, jotka ovat mm. työsuojelullisesti hankalia tiukentuneiden kvartsipölyn htp- arvojen vuoksi.

2. Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää saumattavan betonipinnan ja sen mahdollisen esikäsitteily eri vaihtoehtojen vaikutusta saumasmassan tartuntaan laboratoriokeihin sekä ottaa kantaa saumapintojen esikäsitteilytarpeeseen. Samalla testattiin saumasmassan tartuntaa joihinkin pintakäsittelyaineisiin.

3. Toimenpiteet

Tutkimuksessa tehtiin laboratoriotyönä vetokokeita, joilla selvitettiin yleisimmin käytettyjen polyuretaanisaumasmassojen tartuntalujuutta sekä käsittelemättömään että eri tavoin esikäsiteltyihin muottipintoihin. Kokeissa varioitiin seuraavia tartuntaan mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä:

- 1) Betonipinnan esikäsitteilytapa (suluissa on esitetty esikäsitteilyistä jäljempänä käytettävä lyhenne)
 - käsittelemätön muottipinta (KÄS)
 - muottipinta, josta sementtiliima poistettu Finnsementti Oy:n Mini Etch Oil -käsitteilyllä (MEO)
 - hienopesupinta, Finnsementti Oy:n MiniCote (HP)
 - timanttilaikalla kevyesti hiottu pinta (THK)
 - timanttilaikalla huolellisesti hiottu pinta (THH)

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



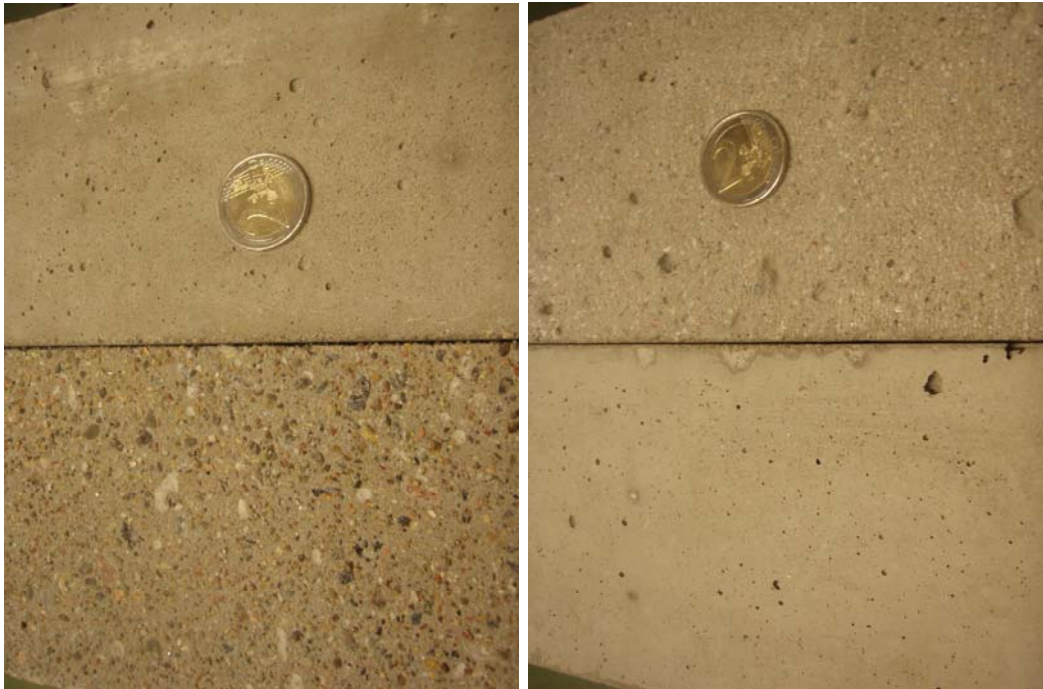
- 2) Sementtityyppi
 - harmaa rapidsementti (HR)
 - valkosementti (VS)
- 3) Betonin kosteustila
 - Kuiva (KU)
 - Kosteaa (KO)
 - Märkä pinta (MÄ)
- 4) Muottimateriaali
 - Vaneri (VA)
 - Teräs (TE)
- 5) Saumausmassa (kolmen keskeisen materiaalitoimittajan yleisimmin käytetty PU-massa)
 - Bostik 2637 uretaanisaumausmassa (BO)
 - Sikaflex Construction (SI)
 - Tremco Dymonic NT (TR)

Seuraavissa kuvissa on esitetty pintojen laatu valokuvin erikseen harmaasta ja valkobetoniasta.



Kuva 1 Esikäsitellyt valkobetoni-pinnat MEO vasemmalla ylhäällä, HP vasemmalla alhaalla, THH oikealla ylhäällä ja THK oikealla alhaalla

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



Kuva 2 Esikäsitellyt harmaat betonipinnat MEO vasemmalla ylhäällä, HP vasemmalla alhaalla, THH oikealla ylhäällä ja THK oikealla alhaalla

Vetokokeet suoritettiin koestamalla esikäsiteltyihin betonipintoihin tutkittavilla saumausmassoilla liimaamalla kiinnitettyjen suorakulmaisten vetokappaleiden tartuntalujuus alustaansa. Rinnakkaisia vetoja tehtiin kustakin testattavasta variaatiosta kuusi kappaletta niin, että kolme vetokoetta tehtiin suoraan primeroidusta betonipinnasta ja toiset kolme primeroituun pintaan levitetystä saumausmassasta. Lisäksi Tremco Dymonic NT:llä tehtiin rinnakkaiskokeet ilman primerointikäsitelyä, koska tuotteen markkinoija ei pidä primerin käyttöä tarpeellisena, jos tartunta-alustana on tavanomainen betonipinta.

Vetokokeita varten valmistettiin kooltaan $100 \times 100 \times 300 \text{ mm}^3$ betoniprismoja. Prismat valettiin vaakasuorassa asennossa Parma Oy:n Kangasalan tehtaalla tavanomaisesta julkisivuelementteihin käytettävästä betonista (harmaasta ja valkoisesta massasta). Molempien lujuusluokka oli tehtaalla normaalisti käytettävä K-40. Harmaan betonin maksimiraekoko oli 16 mm ja vesisementtisuhde 0,51. Valkobetonin vastaavat arvot olivat 12 mm ja 0,52.

Muotit oli valmistettu kalvopinnoitetusta muottivanerista ja teräsprofiilista testattavien koekappaleiden mukaan. Muotit oli käsitelty tehtaalla käytössä olevaan tapaan koestettavasta variaatiosta riippuen joko mineraaliöljypohjaisella muottiöljyllä tai pintahidastusaineella.

Koekappaleisiin tuleva betoni valettiin maanantaina 12.11.2007. Muotit ja niiden esikäsitely tarkastettiin ja hyväksyttiin ennen valua tutkijoiden toimesta. Massan valmistus ja betonin valu tehtiin elementtitehtaan normaalilla tuotantokalustolla. Tiivistäminen tehtiin normaalien vaakaelementtien tapaan pöytämuotin

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan

tärytyksellä. Koekappaleet purettiin muotista seuraavana päivänä ja jälkihoidettiin samalla tavalla kuin tehtaan muukin tuotanto.

Varsinaiset vetokoekappaleet valmistettiin primeroimalla koekappaleiden valutilanteessa pystysuorassa olleet sivut ja kiinnittämällä primeroituun betonipintaan koivuvanerista valmistetut 20*60 mm² kokoiset vetokappaleet joko tutkittavilla saumausmassoilla (tutkittavana saumausmassan tartuntalujuus) tai lujalla Kiilto Oy:n PL 250 polyuretaaniimalla (tutkittavana betonipinnan vetolujuus). Koestettavan saumausmassan pituusmitaksi valittiin 5 mm. Tätä paksumpaa massakerrosta ei käytetty massan vulkanoitumiseen tarvittavan ajan pitämiseksi kohtuullisena. Kuvassa 4 on esitetty koalueiden rajaus ennen vetokappaleiden kiinnittämistä ja vetokokeen koejärjestely.



Kuva 3 Tartunta-alueiden rajaus teippaamalla ennen vetokappaleiden kiinnittämistä ja vetokokeen koejärjestely..

Kaikki sementtityyppi-, kosteustila- (poislukien märkä) ja esikäsitteilyvariaatiot testattiin läpi SikaFlex Construction -massalla. Lisäksi muilla massoilla testattiin ainoastaan valkosementti ja kostea betonipinta ristiin kaikkien betonipinnan esikäsitteilyjen kanssa. Märkä kosteusvariaatio testattiin kaikkien esikäsitteilyyhdistelmien 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 esittämää primeria. Primerit olivat Bostik Primer 5075 (Bostik 2637 uretaanisaumausmassa), Sika Primer 3 N (Sikaflex Construction) ja Dymonic NT Huokoisten Pintojen Primeri (Tremco Dymonic NT)

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



Ennen koekappaleiden primerointia tai saumausmassan levittämistä (primeroimattomat koekappaleet) betoniprismat tasapainotettiin haluttuihin kosteustiloihin seuraavasti:

- Kuiva (KU): koekappaleita säilytettiin yli 2 viikkoa tilassa, jonka olosuhteet olivat T 23 °C, RH 70 %.
- Kosteaa (KO): Em. kuiva pinta, jota pidettiin märkänä yhden vuorokauden ja annettiin kuivua 18 h olosuhteissa T 23 °C, RH 70 %).
- Märkä pinta (MÄ): Em. kuiva pinta, jota pidettiin märkänä yhden vuorokauden ja annettiin kuivua 4 h olosuhteissa T 23 °C, RH 70 %).

Primerin levittämisen ja saumaamisen välisen odotusajan suhteen noudatettiin saumamassatoimittajien ohjeistusta. Saumaus suoritettiin kuitenkin niin, että saumaustyö pyrittiin tekemään mahdollisimman nopeasti primerin kuivumisajan tultua täyteen, jotta betonin kosteustila olisi myös varsinaista saumausmassaa levitettäessä kuvattujen kosteustilamäärittysten mukainen. Lopullisten vetokoekappaleiden valmistus tehtiin +23 °C lämpötilassa ja 70 % suhteellisessa kosteudessa.

Tutkimuksen yhteydessä selvitettiin myös Sikaflex Construction saumausmassan tartuntaa kolmeen pinnoitemateriaaliin: Maxit Oy:n Serpo SilkoMaaliin ja Serpo SilkoPinnoitteeseen sekä Tikkurila Oy:n Finngard 500:aan. Tätä varten valmistettiin harmaasta betonista kuusi 100*100*300 mm³ betoniprismaa, joiden kaksi pystypintaa käsiteltiin kappaleet valmistaneella tehtaalla em. pintakäsittelyaineilla. Näiden pintojen esikäsittelyynä oli sementtiliimapoistokäsittely (Mini Etch Oil). Kustakin pinnasta testattiin sekä primerin tartunta kolmella vetokokeella että saumausmassan tartunta niin ikään kolmella vetokokeella.

Vetokokeet tehtiin vetämällä vetokappaleita koekuormituslaitteella kohtisuoraan betonipintaa vastaan muodonmuutosohjauksella niin, että vetokappaleen siirtymänopeus oli 5 mm/min. Koestus tehtiin huoneen lämpötilassa.

Kokeiden tuloksena kirjattiin maksimaalinen vetovoima sekä murtotapa (betonista, saumausmassasta tai vanerista). Myös murtovenymä luonnollisesti kirjattiin, mutta sitä ei ole sisällytetty tuloksiin, koska tavoitteena ei ollut massojen muodonmuutoskyvyn mittaaminen.

4. Tulokset

Seuraavassa on esitetty tutkimuksen tulokset koontitaulukoina niin, että kussakin taulukossa on esitetty kunkin tutkittavan asiakokonaisuuden (esikäsittelyt, sementtityyppi, betonin kosteustila, muottimateriaali) vaikutusta kuvaavat mittaustulokset. Kussakin ruudussa esitetty tartuntalujuus on aritmeettinen keskiarvo kolmen vetokokeen tuloksista. Tartuntalujuusarvojen oikealla puolella olevat lyhenteet osoittavat, mistä käsittely-yhdistelmästä mittaustulokset ovat.

Kuhunkin taulukkoon on koottu vain ne vetokokeiden tulokset, joista löytyy täsmälleen vertailukelpoiset pinnat ja olosuhteet niin, että tulosparit eroavat toisistaan vain tarkastelussa olevien ominaisuuden osalta.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



Kussakin alakohdassa on kaksi taulukkoa, joista ensimmäisessä on esitetty saumausmassojen tartuntalujuudet. Toisessa taulukossa on esitetty pelkästä primeroidusta pinnasta lujalla liimalla tehtyjen vetokokeiden tulokset. Nämä tulokset kuvaavat samalla myös betonipinnan vetolujuutta, koska useimmissa tapauksissa murto tapahtui betonista.

Yksittäiset koetulokset sisältävä ”raakadata” on liitteenä.

Koska tutkimuksen tulokset eivät viittaa merkittäviin eroihin eri saumausmassojen tartuntakyvyssä, tuloksista ei ole laadittu koontitaulukkoa saumamassakohtaisesti. Tähän päädyttiin myös siitä syystä, että tutkimuksen tavoitteena ei ollut massojen keskinäinen vertailu. Kokeet tehtiin pääosin yhdellä massalla (Sikaflex Construction) ja muilla massoilla tehtiin kokeita vain sen varmistamiseksi, että tuotteiden välillä ei esiinny merkittäviä eroja epäedullisimmiksi otaksutuissa tapauksissa.

Murtotapojen suhteen on otettava huomioon, että koestettava kittisauma on pituusprofiililtaan tasapaksu ja tasa-aineinen (poikkileikkausta ei ole muotoiltu koveraksi). Tästä syystä murto ei luontaisesti ohjaudu tartuntapintaan tai mihinkään muuhunkaan kohtaan koekappaletta. Tämä tarkoittaa, että koetulos ei suoraan osoita tartuntalujuuden arvoa, vaan murren ohjautuessa muuhun kohtaan kuin tartuntapintaan mittaustulos kertoo, mikä tartuntalujuuden arvo vähintään on. Tästä syystä tuloksiin sisältyy myös sellaisia tuloksia, joissa murto on tapahtunut jopa vetokappaleen ja massan rajapinnasta. Nämä tulokset on otettu sellaisenaan mukaan siinä tapauksessa, että murtojännitys on tällöin ollut vähintään samaa tasoa kuin muista kohdista murtuneiden kappaleiden murtojännitys.

4.1 Esikäsittelyjen vaikutus tartuntaan

Seuraavassa taulukossa on esitetty vetolujuustulokset, jotka kuvaavat tutkittujen betonipinnan esikäsittelyjen vaikutusta saumausmassojen tartuntaan.

Taulukko 4.1

Saumausmassojen keskimääräiset vetolujuuden arvot eri tavalla esikäsitellyillä betonipinnoilla. Käytetyt lyhenteet on esitetty kohdan 3. *Toimenpiteet* alussa sivuilla 3 ja 4. Keskiarvot on esitetty taulukon alarivillä lihavoituina.

Vetolujuus MPa					Kosteus-tila	Sementti-tyyppi	Muottimateriaali	Massa / primer
KÄS	MEO	HP	THK	THH				
0,41	0,41	0,39	0,44	0,45	KU	HR	VA	SI
0,42	0,40	0,36	0,43	0,48	KO	HR	VA	SI
0,43	0,46	0,38	0,43	0,43	KU	VS	VA	SI
0,38	0,43	0,39	0,46	0,43	KO	VS	VA	SI
0,43	0,38	0,40	0,42	0,46	MÄ	VS	VA	SI
0,36	0,35	0,36	0,39	0,36	KO	VS	VA	BO
0,38	0,34	0,30	0,39	0,37	KO	VS	VA	TR
0,40	0,40	0,37	0,42	0,43				

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



Taulukon tuloksista voidaan havaita, että tutkituilla esikäsitteilyillä on ollut tutkimuksen olosuhteissa vain marginaalinen vaikutus syntyvään tartuntalujuuteen. Hienopestyillä pinnalla tartuntalujuus on ollut hieman muita pintoja alhaisempi. Tämä saattaa johtua siitä, että saumausmassa ei tunkeutunut täydellisesti kaikkiin hienopestyssä pinnassa oleviin epätasaisuuksiin. Nämä ontelot saattoivat toimia saumausmassan repeytymisen käynnistävinä kohtina.

Seuraavassa taulukossa on esitetty primeroitujen betonipintojen vetolujuuden arvot eri esikäsitteilyjen tapauksessa.

Taulukko 4.2

Primeroitujen betonipintojen vetolujuuden arvot eri esikäsitteilyjen tapauksessa. Käytetyt lyhenteet on esitetty kohdan 3. *Toimenpiteet* alussa sivuilla 3 ja 4. Keskiarvot on esitetty taulukon alarivillä lihavoituina.

Vetolujuus MPa					Kosteus-tila	Sementti-tyyppi	Muotti-materiaali	Massa / primer
KÄS	MEO	HP	THK	THH				
2,81	2,71	3,65	2,70	2,44	KU	HR	VA	SI
2,19	2,22	3,19	1,82	1,72	KO	HR	VA	SI
2,33	2,74	3,07	2,43	2,46	KU	VS	VA	SI
2,77	2,07	3,03	2,15	2,36	KO	VS	VA	SI
1,81	2,24	3,19	2,69	2,37	MÄ	VS	VA	SI
1,98	1,91	3,04	1,83	2,54	KO	VS	VA	BO
2,23	2,54	3,52	2,87	2,18	KO	VS	VA	TR
2,30	2,35	3,24	2,35	2,30				

Suoraan primeroiduista betonipinnoista mitattujen vetolujuuksien perusteella voidaan todeta, että hienopesemällä käsitellyn pinnan vetolujuus on selvästi korkein. Kaikkien muiden, kevyemmin käsiteltyjen pintojen lujuus on käytännössä samalla tasolla.

Periaatteessa K40-lujuusluokan betonin vetolujuus on noin 4 MPa. Vaikka useissa tapauksissa murto tapahtui nimenomaan betonista, vetolujuudet jäivät selvästi tätä alemmiksi. Tämä johtunee 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 alhaisemmaksi. Tällöin myös kevyesti esikäsiteltyjen primeroitujen pintojen tartuntavetolujuudet jäävät betonin vetolujuutta alemmiksi.

Julkisivuelementeissä on yleisesti käytössä K35-lujuusluokan betoni silloin, kun ulkokuoressa käytetään RST- raudoitusta. Tällöin betonin vetolujuus lienee luokkaa 3,5 MPa

Vastaavasti hienopestyn pinnan suurempi lujuus johtunee sekä pinnan karkeuden tuomasta suuremmasta tartuntapinta-alasta sekä siitä, että tartunta tapahtuu suuremmalta osin suoraan kiviainekseen, joka on sementtikiveä selvästi lujempaa. Myös em. muottipinnassa oleva luontaisesti muuta betonia hieman heikompi kerros on poistettu hienopesukäsittelyssä.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



4.2 Sementtityypin vaikutus tartuntaan

Seuraavassa taulukossa on esitetty vetolujuustulokset, jotka kuvaavat sementtityypin vaikutusta saumausmassojen tartuntaan.

Taulukko 4.3

Saumausmassojen keskimääräiset vetolujuuden arvot eri sementtityyppien tapauksessa.

Vetolujuus MPa		Esi- käsittely	Kosteus- tila	Muotti- materiaali	Massa / primer
Harmaa	Valko				
0,41	0,43	KÄS	KU	VA	SI
0,42	0,38	KÄS	KO	VA	SI
0,44	0,43	THK	KU	VA	SI
0,43	0,46	THK	KO	VA	SI
0,45	0,43	THH	KU	VA	SI
0,48	0,43	THH	KO	VA	SI
0,41	0,46	MEO	KU	VA	SI
0,40	0,43	MEO	KO	VA	SI
0,39	0,38	HP	KU	VA	SI
0,36	0,39	HP	KO	VA	SI
0,42	0,42				

Taulukosta voidaan havaita, että tulosten valossa sementtityypillä ei ole ollenkaan vaikutusta saumausmassojen tartuntaan. Myöskään taulukon 4.3 sisällä olevista variaatioista ei ole löydettävissä mitään viitteitä siitä, että sementtityypillä olisi merkittävää vaikutusta missään tutkituista olosuhteista.

Seuraavassa taulukossa on esitetty primeroitujen betonipintojen vetolujuuden arvot eri sementtityyppien tapauksessa.

Taulukko 4.4

Primeroitujen betonipintojen vetolujuuden arvot eri sementtityyppien tapauksessa.

Vetolujuus MPa		Esi- käsittely	Kosteus- tila	Muotti- materiaali	Massa / primer
Harmaa	Valko				
2,81	2,33	KÄS	KU	VA	SI
2,19	2,77	KÄS	KO	VA	SI
2,70	2,43	THK	KU	VA	SI
1,82	2,15	THK	KO	VA	SI
2,44	2,46	THH	KU	VA	SI
1,72	2,36	THH	KO	VA	SI
2,71	2,74	MEO	KU	VA	SI
2,22	2,07	MEO	KO	VA	SI
3,65	3,07	HP	KU	VA	SI
3,19	3,03	HP	KO	VA	SI
2,54	2,54				

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



Suoraan primeroidusta betonipinnasta mitattujen vetolujuuksien pohjalta voidaan todeta, että sementtityypillä ei ollut tutkimuksen olosuhteissa vaikutusta myöskään betonipinnan vetolujuuteen.

4.3 Betonin kosteustilan vaikutus tartuntaan

Seuraavassa taulukossa on esitetty vetolujuustulokset, jotka kuvaavat betonipinnan kosteustilan vaikutusta saumaussmassojen tartuntaan.

Taulukko 4.5

Saumaussmassojen keskimääräiset vetolujuuden arvot eri kosteustilojen tapauksessa.

Vetolujuus MPa			Esi- käsittely	Sementti- tyyppi	Muotti- materiaali	Massa / primer
Kuiva	Kostea	Märkä				
0,43	0,38	0,43	KÄS	VS	VA	SI
0,43	0,46	0,42	THK	VS	VA	SI
0,43	0,43	0,46	THH	VS	VA	SI
0,46	0,43	0,38	MEO	VS	VA	SI
0,38	0,39	0,40	HP	VS	VA	SI
0,42	0,42	0,42				

Taulukon 4.5 tulosten pohjalta voidaan todeta, että tutkimuksessa käytetyillä betonipinnan kosteustiloilla ei ollut havaittavaa vaikutusta saumaussmassojen tartuntakykyyn. Tämä selittynee sillä, että käytetyt yksikomponenttiset polyuretaanituotteet kovettuvat kosteuden vaikutuksesta. Tartunta muodostuu lujaksi, jos betonipinnassa ei ole sellaista vesikalvoa, joka estäisi tuotteen imeytymisen betonin pinnan huokosiin.

Seuraavassa taulukossa on esitetty primeroitujen betonipintojen vetolujuuden arvot eri kosteustilojen tapauksessa.

Taulukko 4.6

Primeroitujen betonipintojen vetolujuuden arvot eri kosteustilojen tapauksessa.

Vetolujuus MPa			Esi- käsittely	Sementti- tyyppi	Muotti- materiaali	Massa / primer
Kuiva	Kostea	Märkä				
2,33	2,77	1,81	KÄS	VS	VA	SI
2,43	2,15	2,69	THK	VS	VA	SI
2,46	2,36	2,37	THH	VS	VA	SI
2,74	2,07	2,24	MEO	VS	VA	SI
3,07	3,03	3,19	HP	VS	VA	SI
2,61	2,48	2,46				

Tehtyjen kokeiden mukaan primeroitujen betonipintojen lujuudet eivät riipu merkittävästi betonin kosteustilasta. Alimmat lujuudet mitattiin kuitenkin käsittelemättömistä pinnoista "märän" pinnan edustaessa alinta arvoa. Hienopestyssä pinnassa vetolujuudet olivat kauttaaltaan selkeästi korkeimpia. Tämä voitaneen selittää sillä, että hienopestyssä pinta muodostuu suurimmaksi

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



osaksi kiviaineksesta, jonka pinta kuivahtaa nopeasti ja jonka vetolujuus on vain hyvin vähäisessä määrin riippuvainen kosteustilasta.

4.4 Muottimateriaalin vaikutus tartuntaan

Seuraavassa taulukossa on esitetty vetolujuustulokset, jotka kuvaavat muottimateriaalin vaikutusta saumausmassojen tartuntaan.

Taulukko 4.7

Saumausmassojen keskimääräiset vetolujuuden arvot eri muottimateriaalien tapauksessa.

Vetolujuus MPa		Esi- käsittely	Kosteus- tila	Sementti- tyyppi	Massa / primer
Vaneri	Teräs				
0,43	0,46	KÄS	KU	VS	SI
0,38	0,40	KÄS	KO	VS	SI
0,36	0,37	KÄS	KO	VS	BO
0,38	0,37	KÄS	KO	VS	TR
0,43	0,45	THK	KU	VS	SI
0,46	0,38	THK	KO	VS	SI
0,39	0,39	THK	KO	VS	BO
0,39	0,41	THK	KO	VS	TR
0,40	0,40				

Tehtyjen kokeiden perusteella muottimateriaalilla ei ollut kokeen olosuhteissa havaittavaa vaikutusta saumausmassojen tartuntakykyyn.

Seuraavassa taulukossa on esitetty primeroitujen betonipintojen vetolujuuden arvot eri muottimateriaalien tapauksessa.

Taulukko 4.8

Primeroitujen betonipintojen vetolujuuden arvot eri muottimateriaalien tapauksessa.

Vetolujuus MPa		Esi- käsittely	Kosteus- tila	Sementti- tyyppi	Massa / primer
Vaneri	Teräs				
2,33	2,48	KÄS	KU	VS	SI
2,77	2,01	KÄS	KO	VS	SI
1,98	2,22	KÄS	KO	VS	BO
2,23	2,49	KÄS	KO	VS	TR
2,43	2,85	THK	KU	VS	SI
2,15	1,72	THK	KO	VS	SI
1,83	2,26	THK	KO	VS	BO
2,87	1,87	THK	KO	VS	TR
2,32	2,24				

Taulukossa 4.8 esitettyjen tulosten pohjalta voidaan todeta, että muottimateriaalilla ei ollut kokeen olosuhteissa merkittävää vaikutusta primeroidun betonipinnan vetolujuuteen.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



4.5 Primeroinnin vaikutus tartuntaan

Tremco Dymonic NT –saumasmassan markkinoija ei pidä saumapintojen primeroimista tarpeellisena. Tästä syystä tutkimuksessa selvitettiin, mikä vaikutus betonipinnan primeroinnin poisjättämisellä on.

Seuraavassa taulukossa on esitetty Tremco Dymonic NT -massalla tehtyjen vetokokeiden tulokset, jotka kuvaavat saumapinnan primeroimattomuuden vaikutusta saumasmassojen tartuntaan.

Taulukko 4.9

Tremco Dymonic NT -saumasmassan keskimääräiset vetolujuuden arvot primeroiduilla ja primeroimattomilla betonipinnoilla.

Vetolujuus MPa		Esi- käsittely	Kosteus- tila	Sementti- tyyppi	Muotti- materiaali
Primeroitu	Primeroimaton				
0,38	0,38	KÄS	KO	VS	VA
0,30	0,45	HP	KO	VS	VA
0,34	0,50	MEO	KO	VS	VA
0,39	0,40	THK	KO	VS	VA
0,37	0,46	THH	KO	VS	VA
0,37	0,44	KÄS	KO	VS	TE
0,41	0,45	THK	KO	VS	TE
0,37	0,44				

Kuten taulukosta 4.9 käy ilmi, primeroinnin puuttuminen vaikuttaisi parantaneen tartuntaa. Tosiasiassa erot johtuvat mitä todennäköisimmin saumasmassan luultua pidempään jatkuvasta kovettumisesta. Primeroitujen näytteiden ikä koestettaessa oli 14 vrk ja primeroimattomien 24 vrk. Valmistajan ohjeen mukaan Tremco Dymonic NT -massan kovettumisnopeus on 2 mm/vrk, eli massan olisi pitänyt kovettua läpi paksummassakin suunnassa jo viidessä vuorokaudessa.

Tuloksista voidaan kuitenkin päätellä, että testattujen pintojen tapauksessa ilman primerointikäsittelyäkin on mahdollista saada aikaan hyvä massatartunta.

4.6 Saumasmassojen tartunta eräisiin pintakäsittelyaineisiin

Seuraavassa taulukossa on esitetty Sikaflex Construction –massalla tehtyjen kokeiden tulokset, jotka kuvaavat saumasmassan tartuntaa eräisiin betonipinnoilla käytettyihin pintakäsittelyihin.



Taulukko 4.10

Saumausmassan keskimääräiset vetolujuuden arvot eri tuotteilla pintakäsitellyillä betonipinnoilla.

SerpoSilko- Maali	SerpoSilko- Pinnoite	Tikkurila Finn- gard 500	Kosteus- tila	Sementti- tyyppi	Muotti- materiaali	Massa / primer
0,41	0,38	0,46	KU	HR	VA	SI

Tehtyjen kokeiden perusteella voidaan todeta, että saumausmassan tartuntalujuus muodostui kokeen olosuhteissa suuruusluokaltaan samanlaiseksi kaikkiin tutkittuihin pintakäsittelyihin. Tehtyjen kokeiden mukaan tartuntalujuus pintakäsittelyihin on samaa tasoa kuin betonipintoihinkin.

Koska kyseessä on saamaaminen polymeerejä sisältäviin pintoihin, on mahdollista, että tuotteet reagoivat ajan myötä keskenään niin, että reaktiot vaikuttavat tartuntalujuuteen. Tästä syystä pinnoitekoekappaleista tehtiin kaksoiskappaleet, joita säilytetään ulkona puolen vuoden ajan. Saumojen tartuntalujuudet koestetaan tämän jälkeen tartunnan kehittymisen selvittämiseksi.

Seuraavassa taulukossa on esitetty primeroitujen pintakäsittelyjen vetolujuuden arvot.

Taulukko 4.11

Primeroitujen pintakäsittelypintojen vetolujuuden arvot.

SerpoSilko- Maali	SerpoSilko- Pinnoite	Tikkurila Finn- gard 500	Kosteus- tila	Sementti- tyyppi	Muotti- materiaali	Massa / primer
1,99	1,29	2,08	KU	HR	VA	SI

Taulukon 4.11 pohjalta voidaan todeta, että primeroitujen pintakäsittelyjen vetolujuus on huomattavasti suurempi kuin saumausmassan tartuntalujuus, joten tässä mielessä estettä hyvän tartunnan aikaansaamiselle ei ole.

5. Elastisilla saumausmassoilla saumattavalta betonipinnalta vaadittava vetolujuus

Tässä tutkimuksessa selvitettiin saumausmassojen tartuntalujuutta eri tavoin esikäsiteltyihin betonipintoihin. Tässä yhteydessä varioitiin betonin kosteustilaa, sementtityyppiä ja muottimateriaalia.

Tehdyt kokeet osoittivat, että saumausmassojen vetolujuus on kaikissa tutkituissa olosuhteissa luokkaa 0,4 MPa. Tästä ei voida kuitenkaan suoraan päätellä, että tämä lujuustaso olisi soveltuva vaatimus saumattavien betonipintojen vetolujuudelle. Todellisissa käyttöolosuhteissa esiintyvissä matalissa lämpötiloissa saumausmassa on todennäköisesti huomattavasti lujempaa ja jäykempää, jolloin jäykkyys ja siten myös jännitystaso muodostuvat vetorasituksessa korkeammiksi varsinkin, kun useimmiten saumaraot ovat leveimmillään ja saumausmassassa siten suurin venytys juuri matalimmissa lämpötiloissa. Myös saumamassojen vanhenemisilmiöiden tiedetään aiheuttavan massan kovettumista eli jäykkyyden

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



lisääntymistä. Edelleen, todellisissa käyttöolosuhteissaan saumausmassojen venytystilat ovat pitkäaikaisia verrattuna laboratoriokokeiden koestustilanteeseen. Toisaalta on todettava myös, että käyttöolosuhteissa saumausmassoille sallitaan minimaalinen venymä verrattuna koestuksessa havaittaviin usean sadan prosentin murtovenymiin.

Tämän tutkimuksen tulosten osoittaessa, että saumattavien pintojen vetolujuus on alhaisimmillaankin moninkertainen saumausmassojen murtovenymän hetkellä havaittuun jännitykseen verrattuna, kysymys saumapinnalta vaadittavasta vetolujuuden minimiarvosta muuttuu eräällä tavalla merkityksettömäksi.

Julkaisussa BY41 *Betonirakenteiden korjausohjeet* todetaan, että korjattavan betonin vetolujuuden tulee kaikissa tapauksissa olla vähintään 0,7 MPa. Tätä voitaneen pitää myös saumattavien betonipintojen vetolujuudelle asetettavana minimivaatimuksena.

6. Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa selvitettiin saumausmassojen tartuntalujuutta eri tavoin esikäsiteltyihin betonipintoihin. Tässä yhteydessä varioitiin betonin kosteustilaa, sementtityyppiä ja muottimateriaalia. Koestettavat variaatiot oli valittu yhteistyössä rakennusteollisuuden kanssa niin, että ne edustivat 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 tuotettavan likaisuuden asteen voitaisiin todeta edustavan edes karkealla tarkkuudella käytännössä esiintyvää likaisuutta.

Tehdyt kokeet osoittivat selkeästi, että kaikilla tutkituilla esikäsitelyvaihtoehdoilla on mahdollisuus saada saumausmassalle hyvä tartunta. Myös puhdas käsittelemätön muottipinta soveltuu hyvin saumausmassojen tartuntapinnaksi.

Tehtyjen kokeiden perusteella saumamassojen 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 voidaan otaksua olevan riittävän saumausmassan tartunnan kannalta kaikissa normaalitilanteissa.

Saumaustyössä kuitenkin törmätään toistuvasti tapauksiin, joissa riittävää tartuntaa ei ole syntynyt, vaan saumamassa on irronnut tartuntapinnasta. Tämä tarkoittaa, että saumausmassan 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 saumassa tapahtuviin liikkeisiin.
- Sauman poikkileikkauksen epäedullinen paksuus tai poikkileikkauksen muoto.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



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

Edellä mainituista tekijöistä saumausmassan tartuntaan vaikuttanee kaikkein keskeisimmin saumattavan pinnan puhtaus. Saumapinnalla olevat heikosti kiinnittyneet likapartikkelit estävät kattamaltaan alueelta täysin saumausmassan kontaktin lujaan pintaan ja voivat siten aiheuttaa sen, että tartuntaa 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 koepinnoilla. Primer pystynee suuren kostutuskykynsä ansiosta sitomaan jossain määrin ainakin hienoimpia epäpuhtauksia alustaan, joka eliminoi niiden tartuntaa heikentävän vaikutuksen. On kuitenkin korostettava, että primerointia ei tule koskaan suositella 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 saumaushetkeen mennessä. Tästä syystä kaikkien saumattavien pintojen puhtaus on tarkistettava työmaalla ja likaantuneet pinnat on puhdistettava, tarvittaessa mekaanisesti, välittömästi ennen saumaamista niin, että saumattavalla pinnalla ei ole saumattaessa tartuntaa häiritseviä epäpuhtauksia. Tätä puhdistusta ei voida siirtää tehtaalla tehtäväksi.

Tässä tutkimuksessa ei tullut esille seikkoja, joiden johdosta normaalit vaneri- tai teräsmuottia vasten valetut betonipinnat eivät olisi saumauskelpoisia, kunhan ne vain ovat saumaushetkellä puhtaita.

Tampereella 4.5.2008

Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustekniikan laitos
Talonrakennustekniikka

Matti Pentti
Professori
Tekniikan tohtori

Jussi Mattila
Vanhempi tutkija
Tekniikan tohtori

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille koekappaleille
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan

Liite I

Vetokoetulokset

Harmaalla pohjalla esitetyt tulokset ovat primeroitujen betonipintojen vetolujuuksia.

Lujuus MPa	KA Lujuus Mpa	Esi-käsittely	Kosteus-tila	Sementti-tyyppi	Muotti-materiaali	Massa/Primer	Murtotapa
0,441		KÄS	KU	HR	VA	SI	Vanerista
0,422		KÄS	KU	HR	VA	SI	Vanerista
0,435	0,433	KÄS	KU	HR	VA	SI	Vanerista
3,277		KÄS	KU	HR	VA	SI	60% alasta irtosi betonia
2,956		KÄS	KU	HR	VA	SI	60% alasta irtosi betonia
2,210	2,814	KÄS	KU	HR	VA	SI	90% alasta irtosi betonia
0,443		KÄS	KO	HR	VA	SI	Tartunnasta
0,371		KÄS	KO	HR	VA	SI	Vanerista
0,442	0,419	KÄS	KO	HR	VA	SI	Tartunnasta
2,573		KÄS	KO	HR	VA	SI	25% alasta irtosi betonia
-		KÄS	KO	HR	VA	SI	LIIMAUSVIRHE
1,808	2,190	KÄS	KO	HR	VA	SI	50% alasta irtosi betonia
0,383		HP	KU	HR	VA	SI	Tartunnasta
0,368		HP	KU	HR	VA	SI	Tartunnasta
0,417	0,389	HP	KU	HR	VA	SI	Tartunnasta
3,813		HP	KU	HR	VA	SI	50% alasta irtosi betonia
3,578		HP	KU	HR	VA	SI	40% alasta irtosi betonia
3,548	3,646	HP	KU	HR	VA	SI	45% alasta irtosi betonia
0,380		HP	KO	HR	VA	SI	Vanerista
0,350		HP	KO	HR	VA	SI	Tartunnasta
0,334	0,355	HP	KO	HR	VA	SI	Tartunnasta
3,028		HP	KO	HR	VA	SI	10% alasta irtosi betonia
3,349		HP	KO	HR	VA	SI	10% alasta irtosi betonia
3,178	3,185	HP	KO	HR	VA	SI	0% alasta irtosi betonia
0,445		MEO	KU	HR	VA	SI	Vanerista
0,463		MEO	KU	HR	VA	SI	Vanerista
0,469	0,459	MEO	KU	HR	VA	SI	Vanerista
2,755		MEO	KU	HR	VA	SI	30% alasta irtosi betonia
2,668		MEO	KU	HR	VA	SI	65% alasta irtosi betonia
2,717	2,713	MEO	KU	HR	VA	SI	40% alasta irtosi betonia
0,372		MEO	KO	HR	VA	SI	Vanerista
0,446		MEO	KO	HR	VA	SI	Tartunnasta
0,373	0,397	MEO	KO	HR	VA	SI	Tartunnasta
1,843		MEO	KO	HR	VA	SI	25% alasta irtosi betonia
3,289		MEO	KO	HR	VA	SI	90% alasta irtosi betonia
1,542	2,224	MEO	KO	HR	VA	SI	15% alasta irtosi betonia
0,427		THK	KU	HR	VA	SI	Vanerista
0,457		THK	KU	HR	VA	SI	Tartunnasta
0,438	0,441	THK	KU	HR	VA	SI	Vanerista
2,927		THK	KU	HR	VA	SI	10% alasta irtosi betonia
2,632		THK	KU	HR	VA	SI	85% alasta irtosi betonia
2,533	2,697	THK	KU	HR	VA	SI	65% alasta irtosi betonia
0,447		THK	KO	HR	VA	SI	Vanerista
0,467		THK	KO	HR	VA	SI	Tartunnasta
0,384	0,433	THK	KO	HR	VA	SI	Tartunnasta
1,295		THK	KO	HR	VA	SI	20% alasta irtosi betonia
2,335		THK	KO	HR	VA	SI	60% alasta irtosi betonia
-	1,815	THK	KO	HR	VA	SI	LIIMAUSVIRHE
0,446		THH	KU	HR	VA	SI	Tartunnasta
0,483		THH	KU	HR	VA	SI	Vanerista
0,434	0,454	THH	KU	HR	VA	SI	Tartunnasta

Lujuus MPa	KA Lujuus Mpa	Esi-käsittely	Kosteus-tila	Sementti-tyyppi	Muotti-materiaali	Massa/Primer	Murtotapa
2,766		THH	KU	HR	VA	SI	80% alasta irtosi betonia
2,773		THH	KU	HR	VA	SI	30% alasta irtosi betonia
1,785	2,441	THH	KU	HR	VA	SI	50% alasta irtosi betonia
0,505		THH	KO	HR	VA	SI	Tartunnasta
0,491		THH	KO	HR	VA	SI	Tartunnasta
0,456	0,484	THH	KO	HR	VA	SI	Vanerista
1,511		THH	KO	HR	VA	SI	20% alasta irtosi betonia
2,269		THH	KO	HR	VA	SI	60% alasta irtosi betonia
1,367	1,716	THH	KO	HR	VA	SI	45% alasta irtosi betonia
0,380		KÄS	KO	VS	VA	BO	Saumasmassasta
0,358		KÄS	KO	VS	VA	BO	Saumasmassasta
0,343	0,360	KÄS	KO	VS	VA	BO	Saumasmassasta
1,419		KÄS	KO	VS	VA	BO	30% alasta irtosi betonia
2,479		KÄS	KO	VS	VA	BO	90% alasta irtosi betonia
2,028	1,975	KÄS	KO	VS	VA	BO	50% alasta irtosi betonia
0,386		KÄS	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,274		KÄS	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,466	0,375	KÄS	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
1,419		KÄS	KO	VS	VA	TR	10% alasta irtosi betonia
2,888		KÄS	KO	VS	VA	TR	95% alasta irtosi betonia
2,373	2,227	KÄS	KO	VS	VA	TR	60% alasta irtosi betonia
0,459		KÄS	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,449		KÄS	MÄ	VS	VA	SI	Vanerista
0,383	0,430	KÄS	MÄ	VS	VA	SI	Vanerista
2,205		KÄS	MÄ	VS	VA	SI	50% alasta irtosi betonia
2,092		KÄS	MÄ	VS	VA	SI	80% alasta irtosi betonia
1,126	1,808	KÄS	MÄ	VS	VA	SI	25% alasta irtosi betonia
0,433		KÄS	KU	VS	VA	SI	Vanerista
0,436		KÄS	KU	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,413	0,427	KÄS	KU	VS	VA	SI	Tartunnasta
2,791		KÄS	KU	VS	VA	SI	45% alasta irtosi betonia
2,250		KÄS	KU	VS	VA	SI	45% alasta irtosi betonia
1,944	2,328	KÄS	KU	VS	VA	SI	55% alasta irtosi betonia
0,303		KÄS	KO	VS	VA	SI	Vanerista
0,416		KÄS	KO	VS	VA	SI	Vanerista
0,422	0,380	KÄS	KO	VS	VA	SI	Tartunnasta
-		KÄS	KO	VS	VA	SI	LIIMAUSVIRHE
2,953		KÄS	KO	VS	VA	SI	85% alasta irtosi betonia
2,583	2,768	KÄS	KO	VS	VA	SI	30% alasta irtosi betonia
0,403		HP	KO	VS	VA	BO	Saumasmassasta
0,337		HP	KO	VS	VA	BO	Saumasmassasta
0,345	0,361	HP	KO	VS	VA	BO	Saumasmassasta
3,481		HP	KO	VS	VA	BO	100% alasta irtosi betonia
2,833		HP	KO	VS	VA	BO	100% alasta irtosi betonia
2,793	3,036	HP	KO	VS	VA	BO	100% alasta irtosi betonia
0,303		HP	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,303		HP	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,291	0,299	HP	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
3,589		HP	KO	VS	VA	TR	50% alasta irtosi betonia
3,527		HP	KO	VS	VA	TR	80% alasta irtosi betonia
3,450	3,522	HP	KO	VS	VA	TR	70% alasta irtosi betonia
0,422		HP	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,412		HP	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,364	0,399	HP	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta

Lujuus MPa	KA Lujuus Mpa	Esi-käsittely	Kosteus-tila	Sementti-tyyppi	Muotti-materiaali	Massa/Primer	Murtotapa
2,933		HP	MÄ	VS	VA	SI	80% alasta irtosi betonia
3,641		HP	MÄ	VS	VA	SI	95% alasta irtosi betonia
3,007	3,193	HP	MÄ	VS	VA	SI	90% alasta irtosi betonia
0,385		HP	KU	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,436		HP	KU	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,323	0,381	HP	KU	VS	VA	SI	Vanerista
3,728		HP	KU	VS	VA	SI	95% alasta irtosi betonia
2,941		HP	KU	VS	VA	SI	70% alasta irtosi betonia
2,538	3,069	HP	KU	VS	VA	SI	35% alasta irtosi betonia
0,405		HP	KO	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,402		HP	KO	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,348	0,385	HP	KO	VS	VA	SI	Tartunnasta
2,957		HP	KO	VS	VA	SI	10% alasta irtosi betonia
3,244		HP	KO	VS	VA	SI	60% alasta irtosi betonia
2,877	3,026	HP	KO	VS	VA	SI	30% alasta irtosi betonia
0,349		MEO	KO	VS	VA	BO	Saumaussmassasta
0,392		MEO	KO	VS	VA	BO	Saumaussmassasta
0,295	0,345	MEO	KO	VS	VA	BO	Saumaussmassasta
1,518		MEO	KO	VS	VA	BO	10% alasta irtosi betonia
2,423		MEO	KO	VS	VA	BO	50% alasta irtosi betonia
1,798	1,913	MEO	KO	VS	VA	BO	30% alasta irtosi betonia
0,316		MEO	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,364		MEO	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,339	0,340	MEO	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
3,373		MEO	KO	VS	VA	TR	60% alasta irtosi betonia
2,438		MEO	KO	VS	VA	TR	80% alasta irtosi betonia
1,813	2,541	MEO	KO	VS	VA	TR	80% alasta irtosi betonia
0,358		MEO	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,403		MEO	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,390	0,383	MEO	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
-							LIIMAUSVIRHE
2,228		MEO	MÄ	VS	VA	SI	55% alasta irtosi betonia
2,258	2,243	MEO	MÄ	VS	VA	SI	60% alasta irtosi betonia
0,458		MEO	KU	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,459		MEO	KU	VS	VA	SI	Vanerista
0,470	0,462	MEO	KU	VS	VA	SI	Tartunnasta
3,048		MEO	KU	VS	VA	SI	50% alasta irtosi betonia
2,750		MEO	KU	VS	VA	SI	30% alasta irtosi betonia
2,435	2,744	MEO	KU	VS	VA	SI	40% alasta irtosi betonia
0,445		MEO	KO	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,409		MEO	KO	VS	VA	SI	Vanerista
0,445	0,433	MEO	KO	VS	VA	SI	Vanerista
2,274		MEO	KO	VS	VA	SI	30% alasta irtosi betonia
1,880		MEO	KO	VS	VA	SI	80% alasta irtosi betonia
2,047	2,067	MEO	KO	VS	VA	SI	50% alasta irtosi betonia
0,385		THK	KO	VS	VA	BO	Saumaussmassasta
0,413		THK	KO	VS	VA	BO	Saumaussmassasta
0,379	0,393	THK	KO	VS	VA	BO	Saumaussmassasta
1,738		THK	KO	VS	VA	BO	50% alasta irtosi betonia
2,114		THK	KO	VS	VA	BO	50% alasta irtosi betonia
1,627	1,826	THK	KO	VS	VA	BO	50% alasta irtosi betonia
0,390		THK	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,403		THK	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,376	0,389	THK	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta

Lujuus MPa	KA Lujuus Mpa	Esi-käsittely	Kosteus-tila	Sementti-tyyppi	Muotti-materiaali	Massa/Primer	Murtotapa
3,195		THK	KO	VS	VA	TR	70% alasta irtosi betonia
2,868		THK	KO	VS	VA	TR	85% alasta irtosi betonia
2,548	2,870	THK	KO	VS	VA	TR	90% alasta irtosi betonia
0,458		THK	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,419		THK	MÄ	VS	VA	SI	Vanerista
0,387	0,421	THK	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
2,759		THK	MÄ	VS	VA	SI	90% alasta irtosi betonia
2,617		THK	MÄ	VS	VA	SI	90% alasta irtosi betonia
2,708	2,694	THK	MÄ	VS	VA	SI	75% alasta irtosi betonia
0,429		THK	KU	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,448		THK	KU	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,408	0,428	THK	KU	VS	VA	SI	Tartunnasta
2,258		THK	KU	VS	VA	SI	60% alasta irtosi betonia
2,831		THK	KU	VS	VA	SI	55% alasta irtosi betonia
2,189	2,426	THK	KU	VS	VA	SI	20% alasta irtosi betonia
0,418		THK	KO	VS	VA	SI	Vanerista
0,491		THK	KO	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,458	0,456	THK	KO	VS	VA	SI	Tartunnasta
2,275		THK	KO	VS	VA	SI	40% alasta irtosi betonia
2,248		THK	KO	VS	VA	SI	55% alasta irtosi betonia
1,937	2,153	THK	KO	VS	VA	SI	45% alasta irtosi betonia
0,389		THH	KO	VS	VA	BO	Saumasmassasta
0,337		THH	KO	VS	VA	BO	Saumasmassasta
0,339	0,355	THH	KO	VS	VA	BO	Saumasmassasta
2,140		THH	KO	VS	VA	BO	60% alasta irtosi betonia
2,858		THH	KO	VS	VA	BO	90% alasta irtosi betonia
2,624	2,541	THH	KO	VS	VA	BO	90% alasta irtosi betonia
0,428		THH	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,350		THH	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,342	0,373	THH	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
1,973		THH	KO	VS	VA	TR	60% alasta irtosi betonia
2,553		THH	KO	VS	VA	TR	60% alasta irtosi betonia
2,018	2,181	THH	KO	VS	VA	TR	45% alasta irtosi betonia
0,434		THH	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,468		THH	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,473	0,459	THH	MÄ	VS	VA	SI	Tartunnasta
2,447		THH	MÄ	VS	VA	SI	75% alasta irtosi betonia
2,290		THH	MÄ	VS	VA	SI	60% alasta irtosi betonia
2,385	2,374	THH	MÄ	VS	VA	SI	70% alasta irtosi betonia
0,465		THH	KU	VS	VA	SI	Vanerista
0,427		THH	KU	VS	VA	SI	Vanerista
0,383	0,425	THH	KU	VS	VA	SI	Tartunnasta
2,750		THH	KU	VS	VA	SI	45% alasta irtosi betonia
2,915		THH	KU	VS	VA	SI	35% alasta irtosi betonia
1,721	2,462	THH	KU	VS	VA	SI	45% alasta irtosi betonia
0,403		THH	KO	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,408		THH	KO	VS	VA	SI	Tartunnasta
0,464	0,425	THH	KO	VS	VA	SI	Tartunnasta
2,229		THH	KO	VS	VA	SI	20% alasta irtosi betonia
2,564		THH	KO	VS	VA	SI	60% alasta irtosi betonia
2,283	2,359	THH	KO	VS	VA	SI	45% alasta irtosi betonia
0,379		KÄS	KO	VS	TE	BO	Saumasmassasta
0,369		KÄS	KO	VS	TE	BO	Saumasmassasta
0,361	0,370	KÄS	KO	VS	TE	BO	Saumasmassasta

Lujuus MPa	KA Lujuus Mpa	Esi-käsittely	Kosteus-tila	Sementti-tyyppi	Muotti-materiaali	Massa/Primer	Murtotapa
2,247		KÄS	KO	VS	TE	BO	90% alasta irtosi betonia
2,264		KÄS	KO	VS	TE	BO	70% alasta irtosi betonia
2,149	2,220	KÄS	KO	VS	TE	BO	80% alasta irtosi betonia
0,406		KÄS	KO	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,353		KÄS	KO	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,364	0,374	KÄS	KO	VS	TE	TR	Tartunnasta
2,848		KÄS	KO	VS	TE	TR	95% alasta irtosi betonia
2,270		KÄS	KO	VS	TE	TR	75% alasta irtosi betonia
2,337	2,485	KÄS	KO	VS	TE	TR	95% alasta irtosi betonia
0,318		KÄS	KU	VS	TE	BO	Saumasmassasta
0,311		KÄS	KU	VS	TE	BO	Saumasmassasta
0,308	0,312	KÄS	KU	VS	TE	BO	Saumasmassasta
2,820		KÄS	KU	VS	TE	BO	80% alasta irtosi betonia
2,931		KÄS	KU	VS	TE	BO	60% alasta irtosi betonia
2,530	2,760	KÄS	KU	VS	TE	BO	80% alasta irtosi betonia
0,466		KÄS	KU	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,349		KÄS	KU	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,378	0,398	KÄS	KU	VS	TE	TR	Tartunnasta
2,032		KÄS	KU	VS	TE	TR	90% alasta irtosi betonia
2,603		KÄS	KU	VS	TE	TR	100% alasta irtosi betonia
2,337	2,324	KÄS	KU	VS	TE	TR	50% alasta irtosi betonia
0,453		KÄS	KU	VS	TE	SI	Tartunnasta
0,466		KÄS	KU	VS	TE	SI	Vanerista
0,472	0,463	KÄS	KU	VS	TE	SI	Tartunnasta
2,548		KÄS	KU	VS	TE	SI	85% alasta irtosi betonia
2,365		KÄS	KU	VS	TE	SI	85% alasta irtosi betonia
2,516	2,476	KÄS	KU	VS	TE	SI	75% alasta irtosi betonia
0,395		KÄS	KO	VS	TE	SI	Tartunnasta
0,400		KÄS	KO	VS	TE	SI	Tartunnasta
0,402	0,399	KÄS	KO	VS	TE	SI	Tartunnasta
2,039		KÄS	KO	VS	TE	SI	40% alasta irtosi betonia
2,336		KÄS	KO	VS	TE	SI	90% alasta irtosi betonia
1,651	2,009	KÄS	KO	VS	TE	SI	45% alasta irtosi betonia
0,374		THK	KO	VS	TE	BO	Saumasmassasta
0,377		THK	KO	VS	TE	BO	Saumasmassasta
0,403	0,385	THK	KO	VS	TE	BO	Saumasmassasta
1,841		THK	KO	VS	TE	BO	40% alasta irtosi betonia
2,609		THK	KO	VS	TE	BO	50% alasta irtosi betonia
2,336	2,262	THK	KO	VS	TE	BO	50% alasta irtosi betonia
0,491		THK	KO	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,383		THK	KO	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,350	0,408	THK	KO	VS	TE	TR	Tartunnasta
1,631		THK	KO	VS	TE	TR	40% alasta irtosi betonia
1,873		THK	KO	VS	TE	TR	45% alasta irtosi betonia
2,093	1,865	THK	KO	VS	TE	TR	45% alasta irtosi betonia
0,377		THK	KU	VS	TE	BO	Saumasmassasta
0,372		THK	KU	VS	TE	BO	Saumasmassasta
0,346	0,365	THK	KU	VS	TE	BO	Saumasmassasta
2,848		THK	KU	VS	TE	BO	95% alasta irtosi betonia
2,420		THK	KU	VS	TE	BO	100% alasta irtosi betonia
3,086	2,785	THK	KU	VS	TE	BO	100% alasta irtosi betonia
0,428		THK	KU	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,423		THK	KU	VS	TE	TR	Vanerista
0,443	0,431	THK	KU	VS	TE	TR	Vanerista

Lujuus MPa	KA Lujuus Mpa	Esi-käsittely	Kosteus-tila	Sementti-tyyppi	Muotti-materiaali	Massa/Primer	Murtotapa
3,072		THK	KU	VS	TE	TR	85% alasta irtosi betonia
3,100		THK	KU	VS	TE	TR	95% alasta irtosi betonia
3,126	3,099	THK	KU	VS	TE	TR	90% alasta irtosi betonia
0,398		THK	KU	VS	TE	SI	Vanerista
0,340		THK	KU	VS	TE	SI	Vanerista
0,388	0,375	THK	KU	VS	TE	SI	Vanerista
0,450		THK	KU	VS	TE	SI	Tartunnasta
0,458		THK	KU	VS	TE	SI	Tartunnasta
0,448	0,452	THK	KU	VS	TE	SI	Tartunnasta
2,968		THK	KU	VS	TE	SI	45% alasta irtosi betonia
2,916		THK	KU	VS	TE	SI	50% alasta irtosi betonia
2,656	2,847	THK	KU	VS	TE	SI	50% alasta irtosi betonia
0,409		THK	KO	VS	TE	SI	Tartunnasta
0,370		THK	KO	VS	TE	SI	Tartunnasta
0,360	0,380	THK	KO	VS	TE	SI	Tartunnasta
1,637		THK	KO	VS	TE	SI	85% alasta irtosi betonia
1,730		THK	KO	VS	TE	SI	80% alasta irtosi betonia
1,801	1,723	THK	KO	VS	TE	SI	65% alasta irtosi betonia

SerpoSilko-maalipinnoitus

0,470		MEO	KU	HS	VA	SI	Vanerista
0,391		MEO	KU	HS	VA	SI	Tartunnasta
0,365	0,409	MEO	KU	HS	VA	SI	Tartunnasta
2,049		MEO	KU	HS	VA	SI	30% alasta irtosi betonia
1,958		MEO	KU	HS	VA	SI	5% alasta irtosi betonia
1,969	1,992	MEO	KU	HS	VA	SI	0% alasta irtosi betonia

SerpoSilko-pinnoite

0,398		MEO	KU	HS	VA	SI	Tartunnasta
0,402		MEO	KU	HS	VA	SI	Tartunnasta
0,333	0,377	MEO	KU	HS	VA	SI	Tartunnasta
1,303		MEO	KU	HS	VA	SI	100% alasta irtosi betonia
1,353		MEO	KU	HS	VA	SI	100% alasta irtosi betonia
1,227	1,294	MEO	KU	HS	VA	SI	100% alasta irtosi betonia

Tikkurila Finngard-maalipinnoitus

0,483		MEO	KU	HS	VA	SI	Tartunnasta
0,466		MEO	KU	HS	VA	SI	Tartunnasta
0,431	0,460	MEO	KU	HS	VA	SI	Tartunnasta
1,991		MEO	KU	HS	VA	SI	60% alasta irtosi betonia
2,304		MEO	KU	HS	VA	SI	20% alasta irtosi betonia
1,948	2,081	MEO	KU	HS	VA	SI	15% alasta irtosi betonia

Primeroimattomat vetolujuudet

Lujuus MPa	KA Lujuus Mpa	Esi-käsittely	Kosteus-tila	Sementti-tyyppi	Muotti-materiaali	Massa/Primer	Murtotapa
0,447		KÄS	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,349		KÄS	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,351	0,382	KÄS	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,488		HP	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,443		HP	KO	VS	VA	TR	Vanerista
0,431	0,454	HP	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,487		MEO	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,524		MEO	KO	VS	VA	TR	Vanerista
0,484	0,498	MEO	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,441		THH	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,448		THH	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,495	0,461	THH	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,360		KÄS	KU	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,488		KÄS	KU	VS	TE	TR	Vanerista
0,461	0,436	KÄS	KU	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,459		THK	KO	VS	TE	TR	Vanerista
0,467		THK	KO	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,408	0,445	THK	KO	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,536		THK	KU	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,427		THK	KU	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,413	0,458	THK	KU	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,481		KÄS	KO	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,426		KÄS	KO	VS	TE	TR	Tartunnasta
0,445	0,451	KÄS	KO	VS	TE	TR	Vanerista
0,355		THK	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta
0,385		THK	KO	VS	VA	TR	Vanerista
0,472	0,404	THK	KO	VS	VA	TR	Tartunnasta