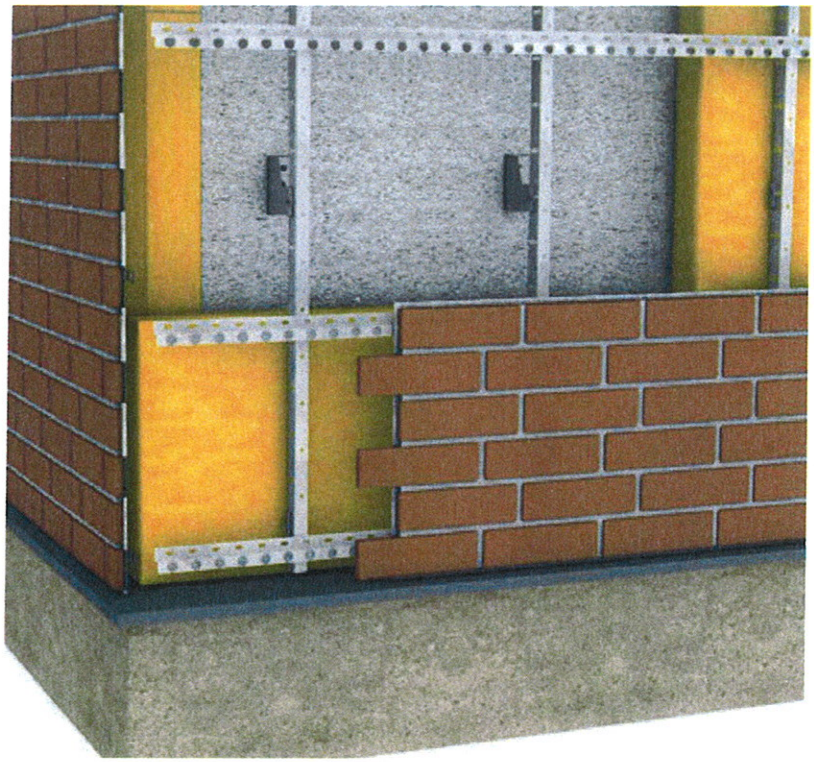


Stonel Oy:n teräsohutlevyrunkoon ja ohueen tiililaattaverhoiluun perustuvan seinärakenteen korjausjärjestelmän käyttöiän arviointi

Tilaaja: Stonel Oy

Tilaaja

Stonel Oy
Jorma Katainen
Hallitie 22
51200 Kangasniemi

Tilaus

11.11.2009

Yhteyshenkilö VTT:ssä

Erikoistutkija Tuomo Ojanen
PL1000
02044 VTT
puh. 020 722 4743
Sähköposti tuomo.ojanen@vtt.fi

Tehtävä

Stonel Oy:n teräsohutlevyrunkoon ja ohueen tiililaattaverhoiluun perustuvan seinärakenteen korjausjärjestelmän käyttöiän arviointi

Selvityksessä esitetään korjatun rakenteen käyttöikäarvio verrattuna vanhan rakenteen mukaisesti uusitun rakenteen vastaavaan. Asiantuntijaselvityksessä tarkastellaan uudella ja vanhalla tavalla korjattujen rakenneratkaisujen käyttöikään vaikuttavia tekijöitä ja arvioidaan niiden merkitys esitetyn rakenteen korjaustavan suhteelliseen käyttöikään.

Käyttöikään vaikuttavia tekijöitä ovat pääasiassa ulkopuolisen ilmaston aiheuttamat lämpötila- ja kosteusrasitukset.

Julkisivun korjausjärjestelmän kuvaus

Tarkasteltu korjausjärjestelmä on tarkoitettu rakennusten julkisivuihin, joissa kantavana rakenteena voi olla betoni, teräs, tiili tai puu. Tutkittavassa korjausjärjestelmässä on kantava betoninen sisäkuori. Korjausratkaisussa vanhan betonirunkoseinän tiiliulkoverhous ja eristeet puretaan ja betonin ulkopuoliset kerrokset uusitaan Stonel Oy:n esittämään korjausjärjestelmään perustuen. Samalla lämmöneristyskerroksen kokonaispaksuus kasvaa, sen ulkopuoli katetaan tuulensuojavillalla ja tuuletusvälin ulkopuolelle asennetaan ulkoverhous, joka on tehty noin 20 mm paksuisista, teräsprofiloiduista tiiliverhouselementeistä. Poltettujen tiililaattojen saumalaasti on polymeerimodifioitua laastia.

Korjattavassa rakenteessa on lämmöneristevillan (tyypillisesti 100 mm) ulkopuolella tuuletettu tiilimuuraus tai betonikuori. Korjauksessa ulkokuori ja lämmöneristeet poistetaan, uudet lämmöneristeet asennetaan sinkittyjen teräskiinnikkeiden varaan. Näihin kiinnikkeisiin kiinnitetään pystysuorat teräksiset eristyskiskot 600 mm vaakajaolla. Eristyskiskojen väliin asennetaan tuulensuojaeristelevyt. Kiskoihin kiinnitetään tiilaattalevyjen jaolla (tässä tapauksessa 600 mm) vaakasuorat asennuskiskot, joihin Stonel-tiililaattalevyt asenne-

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

taan. Tiililaattalevyt ovat 20 mm paksuja tiililaattoja, jotka on asennettu tiiliseinämuurauksen tavoin teräskehikkoon. Julkisivuverhouslevyt ripustetaan asennuskiskoihin ja ne saumataan yhtenäiseksi. Profiililtaan vinojen U-muotoisten asennuskiskojen kannat ovat kauttaaltaan aukollisia siten, että 30 mm välein on 20 mm aukko koko 25 mm leveässä kannassa. Tuulensuojaeristelevyt asennetaan siten, että asennuskiskon ja tuulensuojapinnan välissä on 10mm rako, jolloin tuuletusrako on kauttaaltaan 35mm. Tuuletusrako säilyy siten käytännössä kauttaaltaan avoimena, eivätkä vaakasuorat asennuskiskojen kohdat aiheuta olennaista ylimääräistä kuristusta tuuletusvirtaukseen.

Rakenteen kokonaispaksuus voi pienentyä alkuperäiseen verrattuna, vaikka lämmöneristyksen paksuutta kasvatetaan merkittävästi. Lopputuloksena on kokonaispaksuudeltaan alkuperäistä ohuempi, paremmin eristetty ja tuuletettu rakenne (Kuva 1).

Tehtävän kuvaus

Tehtävässä arvioitiin korjausmenetelmän vaikutusta rakenteen käyttöikään. Tähän vaikuttavien olosuhteiden laskennallisessa selvityksessä tarkasteltiin yhtä mitoiltaan tyypillistä, Stonel Oy:n menetelmällä korjattua seinärakennetta.

Tarkasteltavan rakenteen kerrokset ja niiden dimensiot olivat ulkoa sisälle päin seuraavat:

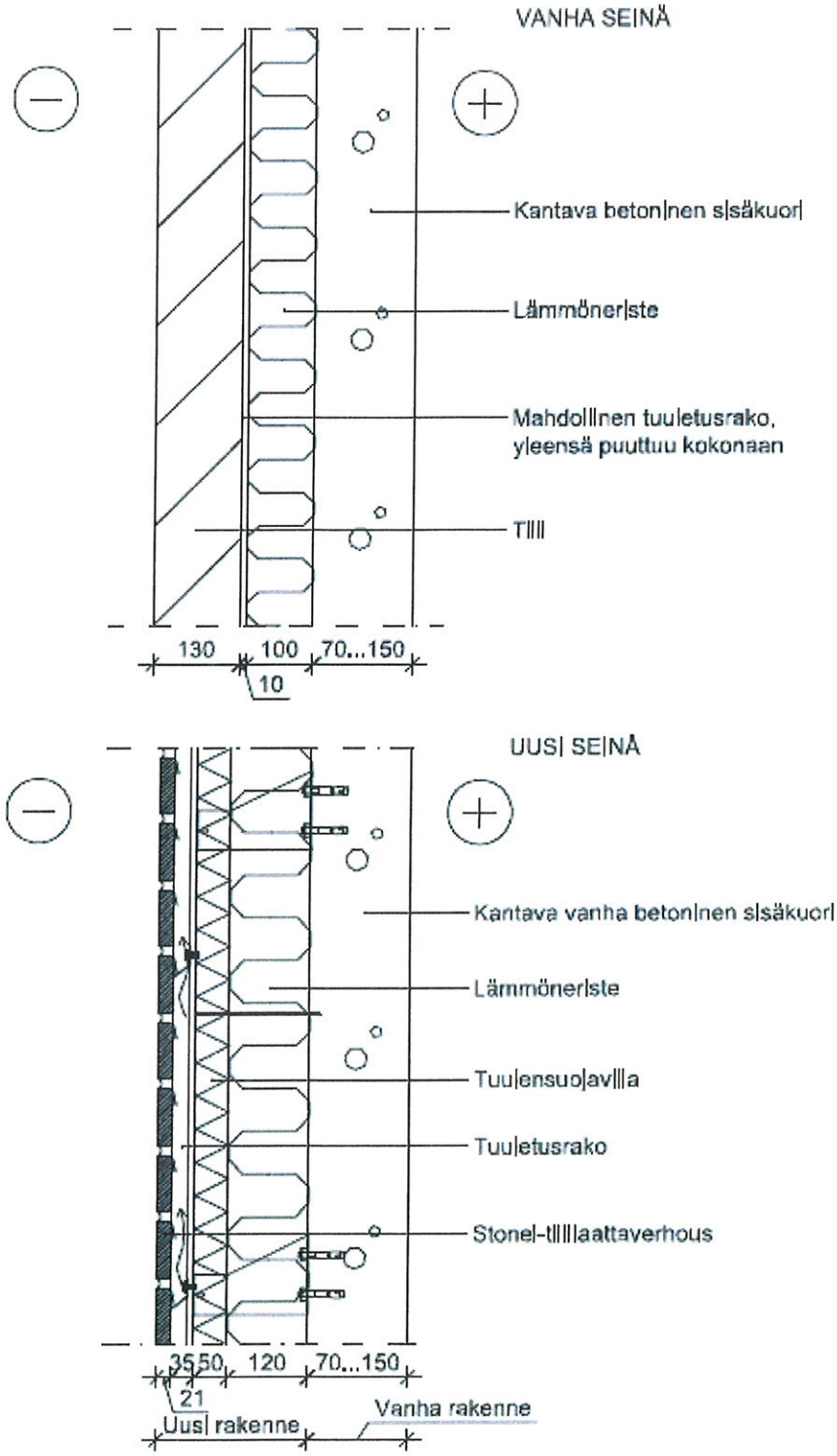
Tiiliverhouslevy 20 mm
Tuuletusrako ja verhouksen asennuskisko 35 mm
Tuulensuojaeriste 50 mm
Lämmöneristevilla 120 mm
Betonikuori 120 mm.

Tarkastellun rakenteen kokonaispaksuus on 345 mm, josta lämmöneristyskerrosten paksuus on 170 mm.

Vertailukohteena on vanhan rakenteen mukaan korjattu rakenne ja sen olosuhteet. Olettaen 130 mm tiilimuuraus, 20 mm tuuletusrako ja 100 mm:n eristyskerros, on vanhan tyyppisen rakenteen kokonaispaksuus 370 mm.

Seuraavassa vertaillaan käyttöikään vaikuttavia eri tekijöitä tarkastellulla menetelmällä korjatussa ja vanhan rakenteen mukaan korjatussa tapauksessa (Kuva 1).

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.



Kuva 1. Vanha rakenne (yllä) ja Stonel Oy:n menetelmällä korjattu seinärakenne (alla).

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Esitetyn korjausmenetelmän pitkäaikaistoimivuuden yleinen tarkastelu

Korjatun rakenteen käyttöikään vaikuttaa eri tekijöitä, joiden merkitystä tarkastellaan seuraavassa.

Rakenteessa käytetyt materiaalit ja niiden kerrospaksuudet

Erona korjattavaan rakenteeseen on esitetyssä menetelmässä käytettävät teräsohutlevyrakenteet. Sinkityt seinäkiinnikkeet ovat 2 mm paksua teräslevyä, pystyprofiilit ja tiiliverhouslevyn asennuskiskot ovat 1,25 mm paksut. Muissa kiinnitysosissa käytetty teräsohutlevy on 1,5 mm paksua. Tiililaattaelementissä käytetty teräsohutlevy on 0,7 mm paksua.

Rungon kiinnikkeet ja kiskot ovat kuumasinkittyä terästä. Tilaajan ilmoituksen mukaan kaikkien seinäkiinnikkeiden sinkityksen määrä on 275 g/m^2. Sen sijaan tiililaattaelementissä oleva runko (teräsohutlevy), asennuskisko (elementin vaakasuuntainen ripustuskisko) ja eristyskisko (pystykisko) on sinkitty tasolle 350 g/m^2. Sinkitys on siis paksumpi niissä osissa, joissa teräsrakenteet voivat joutua tuuletusvälin olosuhteisiin.

Betoni- ja tiiliverhoilluissa rakenteissa ylimääräisen kosteuden aiheuttamia käyttöikään mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä ovat mm. homeen kasvu ja jäätymis/sulamissyklit. Teräsrunkoisessa korjausmenetelmässä uutena tekijänä tulee mukaan korroosio.

Sinkityn teräspinnan korroosionopeus voidaan ennakoida käyttöolosuhteiden perusteella suhteellisen luotettavasti. Tässä hyödynnetään olosuhteiden laskennallista tarkastelua.

Toisena muutoksena vanhaan rakenteeseen on tarkastellussa menetelmässä käytettävän julkisivuverhouksen tiililaatan paksuus. Tässä se on 20 mm paksuinen kun vanhan rakenteen tiilimuuraus on tyypillisesti 130 mm paksuinen. Kerroksen dimensiot vaikuttavat rakenteen kykyyn sitoa kosteutta ja toisaalta sitoutuneen kosteuden kuivaustarpeeseen.

Julkisivun suoja säätä vastaan

Julkisivun eräänä tehtävänä on suojata sen takana olevia rakenteita säältä ja erityisesti sadeveden tunkeutumiselta.

Tiililaattaverhoilun erona aiempaan tiilimuuraukseen on lisäksi saumauslaastin laatu. Tarkastellussa menetelmässä tiililaatat on saumattu teollisesti polymeerimodifioidulla sementtipohjaisella saumalaastilla. Julkisivuelementit saumataan yhteen samalla laastilla, ja saumat muodostavat yhtenäisen kerroksen laattojen välisiin aukkoihin. Erona tavanomaiseen tiilimuuraukseen on, että tavanomaisessa muurauksessa laastikerrokset eivät välttämättä ole yhtä hyvin kaikki tiiliraot kattavia. Erityisesti hankalia kohtia ovat pystyrakojen saumat, jotka eivät aina ole täysin tiiviitä.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Muurattu tiilimuuri ei ole täysin tiivis, erityisesti sen laastikerrosten läpi voi olla vuotokohtia. Julkisivun yli tuulen vaikutuksesta syntyvät paine-erot aiheuttavat ilmavirtauksia, jotka voivat kuljettaa mukanaan vettä sen eri olomuodoissa. Suurempi kosteuskuorma rakenteeseen syntyy kuitenkin paine-eron vaikuttaessa raon täyttämään vapaaseen veteen ja siirtäessä sen julkisivun läpi.

Tiilimuurauksen sääsuojaus perustuu kerroksen paksuuteen ja sen kykyyn sitoa kosteutta itseensä. Paksun kerroksen läpi pääsee vuotokohdista vähemmän kosteutta kuin ohuen. Tarkastellussa korjausrakenteessa tiililaattaverhous on huomattavasti tiilimuurausta ohuempi. Siten paine-eron aiheuttama veden siirtyminen kerroksen läpi vuotokohdasta on luultavasti voimakkaampaa kuin mitä se olisi tätä paksumman tiilimuurauksen läpi. Korjausmenetelmän tiililaattojen saumaus on kuitenkin yhtenäisempi kuin tavanomaisen tiilimuurauksen, joten julkisivuverhouksen läpäisevien vuotokohtien määrä on olennaisesti pienempi kuin tavanomaisen tiilimuurauksen epätäydellisten saumojen määrä.

Täyttä varmuutta esitetyn korjaustavan ja perinteisen tiilimuurin välisestä vesitiiviydestä ei saada pelkän asiantuntija-arvion perusteella, vaan sen selvitys edellyttää esimerkiksi sateenpitävyyskokeiden tekemistä rakenteille.

Laskennallisen selvityksen yhteydessä tarkasteltiin auringonpaisteen aiheuttamaa lämpenemistä rakenteissa. Ulkoverhouksen ulkopinnan maksimilämpötila (tuntikeskiarvo) oli kesäkaudella ilman varjostusta olevalla eteläseinällä tiililaattatapauksessa noin +34 °C ja tiilimuurauksessa noin +30 °C. Ohuen tiililaatan pintalämpötila oli siis hieman korkeampi kuin tiilimuurauksen vastaava. Ulkoverhouksen takana olevassa ilmatilassa ja rakennekerroksissa lämpötilaerot eri tapausten välillä erot olivat tätä pienemmät. Koska lämpötilahuiput ja -vaihtelut ovat samantasoiset vertailtavissa tapauksissa, eivät lämpötilan aiheuttamat muodonmuutokset ja siihen liittyvät rasitukset poikkea olennaisesti tapausten kesken. Jos muodonmuutosten vaatimukset otetaan suunnittelussa ja toteutuksessa huomioon, ei lämpötilarasituksilla ole olennaista merkitystä käyttöikään.

Rakenteen tuulettuminen

Rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen ja kosteuden aiheuttamiin rasituksiin vaikuttaa olennaisesti rakenteen tuuletuksen toimivuus. Tuuletuksen tehtävänä on poistaa ylimääräinen kosteus rakenteesta. Tuuletusvälin tulee olla mahdollisimman yhtenäinen ja sen tulee mahdollistaa tuulettuminen rakenteen kaikista kohdista tasaisesti.

Vanhassa tiiliverhoillussa rakenteessa tuuletusväli on avoin ulkoilmaan tiilimuurauksen alaosasta, jossa tyypillisesti joka kolmannen tiilivälin pystysaumat on jätetty avoimiksi. Pienet, harvassa olevat virtausaukot heikentävät tuuletusvirtausta jonkin verran. Jollei tiilimuurauksen ja lämmönerityksen väliin ole jätetty riittävän suurta ilmarakoa, voivat vaakasaumojen laastipurseet osittain tukkia ilmaväliä ja kuristaa tuuletusvirtausta. Stonel Oy:n menetelmässä tuuletusväli on kauttaaltaan avoin, vain vaakaripustusten kohdalla ripustuskehykset

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

kuristavat virtausta hieman, mutta siinäkin vapaa aukko-osuus on noin 60 % koko virtausvälin poikkipinta-alasta. Valmiiden rakenneosien asentaminen mittatarkkoihin ripustuskehyksiin ei aiheuta ilmaväliin tuuletuskykyä heikentäviä tai tuuletus paikallisesti rajoittavia kohtia.

Siten Stonel-menetelmän mukaan korjattu rakenne on tuuletuskyvyltään usein selvästi parempi kuin vanha tai sen mukaisesti korjauksessa tiilimuurauksella verhottu seinä. Parempi tuuletuskyky parantaa rakenteen kosteusteknistä toimintaa, kun ylimääräinen kosteus pääsee paremmin poistumaan ulos rakenteesta.

Kosteuden vaikutus rakenteessa riippuu mm. käytetyistä materiaaleista. Homeen kasvu, korroosio ja jäätymis/sulamissyklien vaikutus voivat olla huomioon otettavia tekijöitä esitetyn korjaustavan käyttöiän arvioinnissa.

Sisäilman aiheuttama kosteusrasitus

Sisäpuolinen kantava betonikuori on sekä vanhassa että tarkastellulla tavalla korjatussa rakenteessa merkittävä vesihöyrynvastus ja ilmansulkukerros. Sen läpi sisäilmasta tuleva kosteus on hyvin vähäistä edellyttäen, että betonikuoressa ei ole merkittäviä läpivientejä, joista ilma tai vesihöyry pääsisivät virtaamaan rakenteeseen. Tarkastellussa korjausmenetelmässä rakennuksen lämmöneristystaso tyypillisesti parantuu verrattuna vanhaan rakenteeseen, mutta sen vaikutus rakenteen kuivumiskykyyn on jokseenkin merkityksetön. Suurin merkitys rakenteen sisäpuolisen kosteuskuormituksen hallinnan kannalta on toimivalla tuuletuksella. Tyypillisesti betonirunkoisten rakenteiden sisäilmasta peräisin olevan kosteuskuorman hallintaan riittää hyvinkin pieni tuuletus, esimerkiksi ulkokuoren saumojen tuuletusputkien kautta. Siten sisäpuolinen kosteus ei ole merkittävä tekijä rakenteen toimivuuden tarkastelussa.

Laskennallinen tarkastelu

Rakenteiden käyttöikään vaikuttavien tekijöiden arviointi ja eri rakenteiden vertailu edellyttää tarkasteltavalla korjaustavalla korjatun ja vanhan rakenteen toimintaolosuhteiden ja kuormitusten vertailua. Laskennallinen rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisen toimivuuden simulointi tuottaa vertailukelpoista tietoa arvioinnissa tarvittavista olosuhteista.

Tarkastelussa käytetty laskennallinen menetelmä

Rakenteiden käyttöikään vaikuttavat ne lämpötila- ja kosteusolosuhteet, joihin rakenne altistuu. Olosuhteiden selvittämiseksi tehtiin laskennallisia simulointeja.

Tarkastelussa käytettiin WUFI 4.2 laskentamenetelmää, jolla voidaan simuloida rakenteen 1-dimensioisen leikkauksen lämpötila- ja kosteuskenttiä. Laskennallisessa tarkastelussa voidaan ottaa huomioon tuuletusvälin ilmanvaihto.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Lämmön- ja kosteuden siirtymiseen ja varastoitumiseen liittyvät materiaaliominaisuudet saadaan ohjelman materiaalikirjastosta.

Laskennassa käytetyt olosuhteet

Ulko- ja sisäilmasto

Ilmastotietona käytettiin vuoden 1979 Helsingin sääoloja, jotka kuvaavat olosuhteita hyvin lämmitystarpeen kannalta. Sisäilman lämpötila asetettiin +21 °C:een ja sisäilman kosteuskuormitukselle asetettiin arvo +6 g/m^3 kosteuslisä ulkoilmaan verrattuna, kun ulkoilman lämpötila on alle 0 °C. Välillä 0 °C ja +20 °C pienenee sisäpuolinen kosteuslisäys lineaarisesti nollaan, mikä kuvaa lisääntynyttä tuuletusta lämpimänä vuodenaikana.

Tarkastelujakso ja alkutila

Tarkastelujaksoksi valittiin kolme vuotta. Tarkastelu alkoi lokakuun 1. päivästä. Alkukosteus kaikissa rakennekerroksissa oli 80 % RH tasapainotilaa vastaava kosteus.

Viistosateen käsittely

Pinnalle tuleva viistosade käsiteltiin WUFI:ssa olettaen kaksi eri kerrostalokorkeutta: 10 – 20 m ja yli 20 m korkea rakennus.

Pintaan kohdistuva viistosade lasketaan ohjelmassa kaavalla

Viistosade pintaan = sademäärä x R2 x $v_{,wind,\perp}$, missä

R2 on rakennuksen korkeudesta riippuva kerroin. R2 = 0,1 kun rakennuksen korkeus on 10 m – 20 m ja R2 = 0,2 kun korkeus on yli 20 m, ja

$v_{,wind,\perp}$ on tuulelle laskettu pintaa vastaan kohtisuora nopeuskomponentti.

Seinän suuntaus valittiin etelään, josta on tarkasteluun valitussa Helsingin ilmastossa eniten viistosadetta.

Säteilylämmönsiirto

Sekä auringon säteilyn absorptio että pitkäaaltoinen säteily pinnasta ympäristöön jätettiin tarkastelussa huomiotta. Auringon säteily edistäisi rakenteen tuulettumista ja kosteuden kuivumista, joten tehty oletus lisää tarkastelun tuloksen varmuutta.

Laskennan tulosten tarkastelu ja kriteerit

Laskennassa saatujen olosuhdetietojen perusteella tarkasteltiin korroosioon vaikuttavia märkäaikatunteja ja tiilen kestoon vaikuttavia jäätymis/sulamissyklejä laskennan viimeisen vuoden ajalta.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Märkäaikatunnit ja korroosioherkkyys

Märkäajan kriteerinä oli 80 % RH ylittävä suhteellinen kosteus yli 0 °C lämpötilassa. Tarkastelu tehtiin tuuletusvälin ilmalle. Tuloksissa on huomattava, että niihin sisältyy varmuutta: Suhteellisen pieni tuuletusilmavirtaus, ei auringon säteilyn tuuletusta ja kuivumista tehostavaa vaikutusta ja viistosateen laskenta mitoitustilanteen mukaan. Näillä oletuksilla tuuletusilmatilalle lasketut märkäaikatuntiarvot ovat korkeat ja tuloksia tulisikin arvioida vertaamalla eri tapauksia toisiinsa.

Taulukko 1. Stonel –järjestelmän julkisivulevyn ja tavanomaisen tiilimuurauksen takana olevan ilmavälin märkäaikatunnit asetetuilla tuuletusvälin ilmanvaihtokertoimilla. Viistosateen kuormitus on suurempi korkeammissa (>20m) rakennuksissa kuin matalissa.

	Stonel-järjestelmä		Tiilimuurattu julkisivu		
Tuuletusvälin ilmanvaihtokerroin	40	25	40	20	15
Rakennuksen korkeus (viistosateen määrä)	10 – 20 m	> 20 m	10 – 20 m	10 – 20 m	> 20 m
Märkäaikatunnit (3. tarkasteluvuosi)	4689	5309	5906	6186	6090

Perinteinen tiilimuuraus aiheutti tuuletusilmaväliin enemmän märkäaikatunteja kuin mitä Stonel-järjestelmällä korjatun rakenteen tuuletusraossa esiintyi vastaavissa tuuletus- ja kosteusrasitusoloissa. Jos tiilimuurauksen takana olevan tuuletusvälin ilmavirtaus on pienempi kuin Stonel-järjestelmän vastaava, kasvaa tiilimuurin tuuletusvälin märkäaika vielä tästä. Märkäaikojen perusteella Stonel-järjestelmän mukaisen rakenteen kosteustekninen toimivuus on parempi kuin tiilimuuratussa rakenteessa.

Stonel –julkisivuelementin pakkasenkestävyys

Laskennan tuloksia analysoitiin tiilikerrosten jäätymis/sulamissyklien avulla. Analyysi tehtiin sekä 20 mm tiililaatalle että 130 mm tiilelle niiden molemmilta pinnoilta ja keskeltä kerrosta.

Olettaen, että tiilen kriittinen kosteuspitoisuus vastaa sen 99 %:n tasapainokosteutta, rakennusfysikaalisten laskelmien mukaan kriittisiä jäätymisiä tapahtuu vuoden aikana Taulukossa 1 esitetyt määrät. Määrät perustuvat laskennassa kolmannen tarkasteluvuoden olosuhteisiin.

Taulukko 2. Kriittisten jäätymisten lukumäärä.

Rakenne / Korkeus maasta (m)	Tiilen ulkopinta	Tiilen keskikohta	Tiilen sisäpinta
Stonel / 15 m	9	10	13
Tiili 130 mm / 15 m	7	8	15
Stonel / 25 m	19	25	31
Tiili 130 mm / 25 m	18	33	32

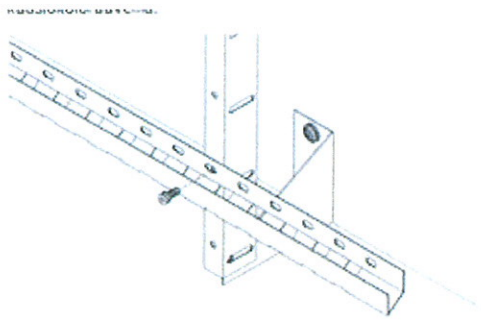
VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Laskelmien mukaan erot kriittisten jäätymisten lukumäärässä ovat vähäisiä ja jossain määrin satunnaisia. Näin ollen voidaan päätellä, että jos Stonel-julkisivuelementin tiilen ja laastin materiaaliominaisuudet ovat samat kuin vanhan rakenteen vastaavat ominaisuudet, eroa pakkasenkestävyyden suhteen ei ole. Stonel-julkisivuelementin etuna pakkasenkestävyyden suhteen voidaan pitää sen ohutta rakennepaksuutta verrattuna vanhaan tiilimuuriin, koska ohuemmassa rakenteessa kriittinen kosteuspitoisuus voi olla korkeampi. Tämä johtuu siitä, että jäätymispaine pääsee purkaantumaan ohuessa rakenteessa helpommin kuin paksussa rakenteessa.

Edellä esitettyyn tarkasteluun perustuen voidaan sanoa, että jos Stonel- julkisivuelementin tiilen ja laastin ominaisuudet vastaavat vanhan rakenteen tiilen ja laastin ominaisuuksia, Stonel-julkisivuelementin käyttöikä on vähintään yhtä pitkä kuin vanhan rakenteen käyttöikä pakkasenkestävyyden suhteen.

Stonel- järjestelmän teräsrankojen korroosiokestävyys ja käyttöikä

Stonel-tiililaattalevyn kiinnityksen ja runkorakenteen muodostavat erilaiset metalliset kiinnikkeet ja kiskot (Kuva 1). Stonel:in tuoterakenteessa käytettyjen kuumasinkittyjen kiinnikkeiden sinkkikerroksen massaa on 275 g/m^2 kun teräksen vahvuus on 2,0 mm ja vastaavasti muiden kuumasinkittyjen osien sinkkikerroksen massa on 350 g/m^2 kun teräksen vahvuus on 1,25 mm (kiskot) tai 0,75 mm (tiililaattaelementin tausta). Sinkkikerroksen paksuus voidaan muuntaa paikalliseksi kerrospaksuudeksi (mikrometreinä) jakamalla sinkkikerroksen massa pinta-ala yksikköä kohden (g/m2) pinnoitteen nimellistiheydellä (7,2 g/cm^3). Tämän mukaan massa 275 g/m^2 edustaa paikallista kerrospaksuutta ~ 38 μm ja 350 g/m^2 kerrospaksuutta ~ 48 μm.



Kuva 1. Tiililaattalevyn kiinnitysjärjestelmä.

Standardi SFS-EN ISO 1461 määrittelee linkoamattomien ja lingottujen kuumasinkittyjen terästuotteiden paikalliset sekä keskimääräiset pinnoitemassat vähimmäisarvon mukaan. Taulukossa 3 esitetään nämä vähimmäismäärät linkoamattomille ja lingotuille terästuotteille, joiden nimellispaksuus on ≥ 1,5 mm ja ≤ 3 mm (Stonel-järjestelmän kiinnikkeet) ja < 1,5 mm (Stonel-

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

järjestelmän kiskot). Kuumasinkityksellä aikaansaatujen pinnoitteiden korroosiosuojan kesto on verrannollinen pinnoitteen paksuuteen.

Taulukko 3. Linkoamattomien ja lingottujen kappaleitten pinnoitteiden vähimmäismassat.

Tuote ja sen paksuus	Pinnoitemassaa/ala (vähimmäisarvo)		Keskimääräinen pinnoitemassa/ala (vähimmäisarvo)	
Ei lingottu tuote	g/m^2	µm	g/m^2	µm
≥ 1,5 mm ja ≤ 3	325	45	395	55
< 1,5	250	35	325	45
Lingottu tuote				
< 1,5	250	35	325	45

Kuumasinkitys on tehty standardin SFS-EN ISO 1461 mukaan. Tuotteen valmistaja myöntää pinnoitteelle korroosionkestotakuun, joka on 20 vuotta sinkityspäivästä. Takuu annetaan standardin ISO 9223 määrittelemissä rasitusluokissa C1 - C3 Suomessa. Takuun edellytyksenä on kuitenkin, että tuote on suunniteltu, valmistettu ja asennettu oikea-oppisesti mm. siten, että vesi, pölyt ja muut ilmassa olevat tavanomaiset epäpuhtaudet pääsevät huuhtoutumaan pinnoilta pois.

Tässä tarkastelussa teräskiskojen ja kiinnikkeiden voidaan katsoa kuuluvan standardin ISO 9223 mukaisiin rasitusluokkiin C1 – C3, jotka määritellään seuraavasti:

C1 kuivat lämmitetyt sisätilat, joissa ei ole epäpuhtauksia

C2 lämmittämättömät sisätilat, joissa voi esiintyä ajoittaista kondenssia ja

C3 sisätilat jossa suuri kosteus, jonkun verran epäpuhtauksia.

Taulukko 4 esittää sinkin keskimääräisen häviön vuodessa standardin ISO 14713:1999 mukaan ja sen perusteella lasketut sinkkikerroksen kestoajat eri rasitusluokissa.

Taulukko 4. Sinkin korroosionopeus, keskimääräinen sinkkihäviö µm/a (laskettu ISO 14713:1999 mukaan).

Rasitusluokka	Keskimääräinen sinkkihäviö* (ISO 14713:1999).	38 µm (275g/m2) sinkkikerroksen kestävyys	48 µm (350 g/m2) sinkkikerroksen kestävyys
C1	0,1 µm /a	380 vuotta	480 vuotta
C2	0,1…0,7 µm /a	380 - 54 vuotta	480 - 69 vuotta
C3	0,7…2 µm /a	54 - 19 vuotta	69 - 24 vuotta

** muutoksia ilmastollisissa sinkkihäviöissä on kuitenkin tapahtunut viimeisten vuosien aikana, joten nykyään luvut ovat taulukossa esitettyjä pienempiä*

Suomessa suoritettujen pitkäaikaisten korroosiokokeiden mukaan sinkki syöpyy rasitusluokassa C2 keskimäärin alle 0,5 µm/vuosi ja rasitusluokassa C3 noin keskimäärin 1 µm / vuosi (Kaunisto, 1994).

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Taulukossa 5 esitetty tulos rasitusluokassa C2 on yhteneväinen myös LifePlan projektissa määritetyn Rannila Nordicon -termorankaisen ulkoseinäelementin käyttöikäarvion kanssa, joka oli 70 vuotta. Siinä edellytyksenä oli, että julkisivurakenne on tuulettuva ja sen toteutetun hyvää rakennustapaa ja työohjeita noudattaen.

Korroosiotarkastelun tulos

Stonel-julkisivuelementtien sinkittyjen teräsosien (kiinnikkeitä lukuun ottamatta) voidaan katsoa kuuluvan rasitusluokkaan C2 (lämmittämättömät sisätilat, joissa on vähäistä kondenssia, ISO 9223). Lämmöneristeen sisällä olevat seinäkiinnikkeet ovat kylmäsiltoja, joiden lämpötila on lämmityskaudella tyypillisesti ympäristöä korkeampi. Niissä ei normaalioloissa voi esiintyä kondenssia ja tämän rakenneosan rasitusluokka on lähempänä luokkaa C1 kuin ajoittain kondenssin mahdollistavia olosuhteita sisältävää luokkaa C2.

Suomessa tehtyjen korroosiokokeiden perusteella (Kaunisto, 1994) Stonel-elementtien kiinnikkeiden ja kiskojen sinkkikerroksen voidaan olettaa kestävän 76 vuotta, jos pinnoitteen paksuus on 38 µm ja 96 vuotta, jos pinnoitteen paksuus on 48 µm.

ISO 14713:1999 standardin mukaan sinkkikerroksen kestoajan vaihteluväli rasitusluokassa C2 on 54 - 380 vuotta, jos pinnoitteen paksuus 38 µm, ja 69 - 480 vuotta, jos pinnoitteen paksuus on 48 µm.

Taulukko 5. Sinkin korroosionopeus, keskimääräinen sinkkihäviö µm/a .

Rasitusluokka	Laskennoissa käytetty keskimääräinen sinkkihäviö	38 µm (275g/m^2) sinkkikerroksen kestävyys	48 µm (350 g/m^2) sinkkikerroksen kestävyys
C1	0,1 µm /a	380 vuotta	480 vuotta
C2	0,5 µm /a	76 vuotta	96 vuotta
C3	1 µm /a	38 vuotta	48 vuotta

Koska kiinnikkeiden käyttöikäarvio perustuu luokkaan C1, on niiden käyttöikä muita, rasitusluokan C2 mukaan tarkasteltavia teräsosia selvästi korkeampi. Käyttöiän kannalta kriittiset teräsosat ovat rasitusoloissa C2 ja niiden sinkkipinnoituksen taso on 48 µm (350 g/m^2). Edellä tehdyt käyttöikäarviot antoivat tälle tapaukselle lyhimmäksi käyttöiäksi 69 vuotta (ISO 14713:1999).

Yhteenveto

Stonel Oy:n julkisivujen korjausmenetelmän arvioitu käyttöikä on ainakin yhtä pitkä kuin tiilimuurauksena toteutetun julkisivunmuurin, kun kriteerinä käytetään tiilikerroksen jäätymis/sulamissyklejä. Tämä arvio perustuu siihen oletukseen, että tiilen ja laastin materiaaliominaisuudet laatassa ja muurissa vastaavat toisiaan.

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Arvioitaessa tuuletusvälin sinkittyjen teräsohutlevyrakenteiden käyttöikää pelkästään sinkkihäviön avulla, saatiin rasitusluokassa C2 vähimmäiskäyttöiäksi noin 69 vuotta, kun sinkkikerros on 350 g/m^2. Näissä laskelmissa käyttöikä on suoraan verrannollinen sinkkikerroksen paksuuteen, joten käyttöikää voidaan pidentää sinkkikerrosta paksuntamalla. Nämä arviot edustavat sinkkikerroksen minimipaksuutta ja julkisivun ripustusrakenteen kriittistä kohtaa, joka on jokseenkin tuuletusvälin olosuhteissa.

Paikallisten kylmäsiltojen kohdalla kiinnikkeiden ja kiskojen sinkityksen käyttöikä on todennäköisesti tätä pidempi, koska niiden olosuhteet ovat tuuletusvälia lämpimämmät ja kuivemmat. Seinäkiinnikkeiden sinkkikerros on 275 g/m^2, mutta niiden rasitusluokka C1 johtaa huomattavasti kriittisissä tarkasteluoloissa olevia rakenteita pidempään käyttöikään.

Espoo, 20.12.2009

Juhani Hyvärinen
Palvelupäällikkö

Tuomo Ojanen
Erikoistutkija

Lähteet

WUFI (Wärme und Feuchte instationär - Transient Heat and Moisture) 4.2 Pro software, The Fraunhofer Institute for Building Physics IBP. 2005.

ISO 9223:1992 Corrosion of metals and alloys -- Corrosivity of atmospheres -- Classification

ISO 1461:2009 Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles -- Specifications and test methods

ISO 14713:1999 Protection against corrosion of iron and steel in structures. Zinc and aluminium coatings. Guidelines (Laskennoissa ei ollut käytössä tämän standardin uusittuja versiota: ISO 14713-1:2009 Zinc coatings -- Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures -- Part 1: General principles of design and corrosion resistance ja ISO 14713-2:2009 Zinc coatings -- Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures -- Part 2: Hot dip galvanizing)

Kaunisto, T. 1994. Metallien ilmastollinen korroosio. Espoo. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. 108.s . VTT Tiedotteita 1582. ISBN 951 – 38 – 4676-8.

JAKELU		
	Tilaaja	Alkuperäinen
	VTT / Kirjaamo	Alkuperäinen

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.