

Henri Lottonen

Lämmöneristysmaalit

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka

Insinööriytyö

20.4.2016

Tekijä(t) Otsikko	Henri Lottonen Lämmöneristysmaalit
Sivumäärä Aika	42 sivua + 6 liitettä 20.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Kai Laitinen Aluevastaava Jyri Hyttinen
<p>Tämä opinnäytetyö on tehty Neste Oyj:lle. Sen tavoitteena oli esitellä ja tutkia lämmöneristysmaaleja, jotka ovat toistaiseksi varsin vähän käytettyjä pintakäsittelyalalla. Opinnäytetyössä vertailtiin kahden eri valmistajan lämmöneristysmaalituotetta, Bronya Facadea ja Carboline Carbotherm 551:tä. Toimeksiantaja suunnittelee käyttävänsä toista vertailtavista tuotteista jalostamoillaan vaihtoehtoisena lämmöneristysratkaisuna.</p> <p>Opinnäytetyön teoreettisessa osassa perehdyttiin lämmöneristämiseen ja esiteltiin lämmöneristysmaalien koostumusta ja toimintaperiaatetta. Kokeellisessa osassa tutkittiin vertailtavia lämmöneristysmaaleja eri tutkimusmenetelmin kuten suolasumu-, kondensaatio-, irtiveto- ja lämmöneristävyyskokein. Jälkimmäisenä mainituissa kokeissa keskityttiin siihen, kuinka hyvin tutkittavat maalit kykenevät pitämään pintalämpötilan alhaisena eri kuivakalvonpaksuuksilla.</p> <p>Kokeiden perusteella ei saatu selvitettyä yksiselitteisesti parasta vaihtoehtoa. Bronya Facade oli lämmöneristävyydeltään parempi ja menestyi lämmöneristävyyskokeissa Carbolinen tuotetta paremmin ohuemmillakin kuivakalvonpaksuuksilla. Carboline Carbotherm 551 oli helpommin levitettävä, ja se osoitti parempaa korroosiosuojauskykyä suolasumukokeissa. Irtivetokokeissa kummankin maalin murtumatyyppit olivat pääasiassa koheesiomurtumia. Carbolinen tuotteen murtolujuus oli suurempi. Kondensaatiokokeista ei saatu erityisiä tuloksia, sillä kummassakaan maalissa ei havaittu kosteusrasituksen jälkeen muutoksia.</p>	
Avainsanat	lämmöneristäminen, lämmöneristysmaali

Author(s) Title	Henri Lottonen Thermal Insulating Coatings
Number of Pages Date	42 pages + 6 appendices 20 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials Technology and Surface Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Kai Laitinen, Principal Lecturer Jyri Hyttinen, Area Technician
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Neste Oyj. The aim of this study is to introduce and examine thermal insulating coatings that are currently seldom used in the field of surface treatment. The thesis focuses on two different thermal insulating coating products that are compared in various ways. The coating products are Bronya Facade and Carboline Carbotherm 551. The client's intention is to use either one of these products as an alternative insulation solution at Neste Oyj refineries.</p> <p>The theoretical part of this thesis focuses on the basics of thermal insulation and it introduces the composition and working principles of thermal insulating coatings. The experimental part compares the thermal insulating coating products by different methods such as a salt spray test, condensation atmosphere test, pull off test and thermal insulation performance test. The latter one emphasizes the coatings' ability to keep the surface temperature low with different dry film thicknesses.</p> <p>Based on the different test results, it cannot be argued unambiguously which thermal insulating coating product would be an optimal choice. Bronya Facade's insulation performance was better and it performed better than Carboline's product even with thinner dry film thicknesses. Carboline Carbotherm 551, however, was easier to apply on the substrate and it indicated better resistance to corrosion in the salt spray test. In the pull off test, the fracture types of the both coating products were mainly cohesive failures. The fracture strength values of the Carboline's product were greater than Bronya's values. The condensation atmosphere test did not bring any significant results because neither one of the products showed any changes after the test.</p>	
Keywords	thermal insulation, thermal insulating coating

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lämmöneristäminen	2
2.1	Tarkoitus	2
2.2	Lämmönsiirtymistavat	2
2.2.1	Johtuminen	2
2.2.2	Kulkeutuminen (konvektio)	3
2.2.3	Säteily	3
2.3	Lämmöneristämisen suureita	4
2.4	Lämmöneristysmateriaalit	4
2.4.1	Mineraalipohjaiset eristeet	5
2.4.2	Öljypohjaiset eristeet	5
2.4.3	Keraamiset eristeet	6
2.4.4	Eristysmateriaalien lämmönjohtavuuksia	7
3	Lämmöneristysmaalit	8
3.1	Koostumus	8
3.2	Toimintaperiaate	9
3.3	Käyttökohteet	10
3.4	Lämmöneristysmaalien sideaineiden ympäristönkestävyys	10
4	Koemateriaalit ja -menetelmät	14
4.1	Tutkittavat lämmöneristysmaalit	14
4.2	Koenäytelevyt ja niiden maalaus	14
4.3	Suolasumukokeet	19
4.4	Kondensaatiokokeet	21
4.5	Irtivetokokeet	22
4.6	Lämmöneristävyyskokeet	24
5	Tulokset	27
5.1	Suolasumukokeiden tulokset	27
5.2	Kondensaatiokokeiden tulokset	29
5.3	Irtivetokokeiden tulokset	30
5.4	Lämmöneristävyyskokeiden tulokset	32
6	Tulosten tarkastelu	36

6.1	Suolasumukokeet	36
6.2	Kondensaatiokokeet	37
6.3	Irtivetokokeet	37
6.4	Lämmöneristävyyskokeet	38
7	Johtopäätökset	39
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1. Lämmöneristävyyskokeiden LoggerPro-kuvaajat	
	Liite 2. Lämmöneristävyyskokeiden taulukoidut tulokset sisäpinnan lämpötilan ollessa alueella 40–85 °C	
	Liite 3. Lämmöneristävyyskokeiden lämpökamerakuvaraportit	
	Liite 4. Näytelevyjien ulkopinnasta kuvattujen lämpökamerakuvien taulukoidut tulokset	
	Liite 5. Carboline Carbotherm 551 -lämmöneristysmaalin käyttöohjeet	
	Liite 6. Bronya Facade -lämmöneristysmaalin käyttöohjeet	

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä lämmöneristysmaaleihin, joiden käyttö on pintakäsittelyalalla toistaiseksi melko vähäistä. Opinnäytetyössä keskitytään kahden lämmöneristyspinnoitetuotteeseen, joiden lämmöneristävyyttä sekä muita ominaisuuksia vertaillaan. Vertailtavat lämmöneristysmaalit ovat Bronya Facade sekä Carbo-line Carbotherm 551.

Lämmöneristysmaalien vähäisestä suosiosta huolimatta niiden käytölle on hyviä perusteita. Niiden avulla voidaan eristää hankalan muotoisia rakenteita nopeasti sen sijaan, että käytettäisiin useammasta komponentista koostuvaa eristyslementtiä, jonka tulee täyttää suojattavan rakenteen mittavaatimukset. Sen lisäksi lämmöneristysmaali estää esimerkiksi villaeristettä huomattavasti paremmin kosteuden pääsyn eristeen alle ja täten ehkäisee tehokkaasti korroosiovaurioiden syntymistä.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Neste Oyj. Toimeksiantaja suunnittelee käyttävänsä toista vertailtavista lämmöneristysmaaleista vaihtoehtoisena eristystuotteena jalostamoillaan nykyisten eristysratkaisujen ohella. Opinnäytetyön kokeellisessa osuudessa käytettävien näytelevyjien maalaamisesta vastaa Finnish Steel Painting Oy.

Neste Oyj on öljynjalostusyhtiö, jolla on painopiste liikenteen polttoaineissa ja muissa jalostetuissa öljytuotteissa. Yhtiö perustettiin vuonna 1948 turvaamaan Suomen öljynsaanti. Nykyään Nesteen tuotannossa pääpaino on bensiinissä, mutta ympäristöystävällisempään tulevaisuuteen tähdäten yhtiöllä on tavoitteena kasvattaa dieselin ja etenkin biodieselin osuutta tuotannosta. Nesteellä on Suomessa kaksi jalostamoita, Porvoossa ja Naantalissa. Muualla maailmassa Nesteen jalostamoita on Singaporessa, Hollannissa sekä Bahrainissa.

2 Lämmöneristäminen

2.1 Tarkoitus

Lämmöneristämällä on useita erilaisia tehtäviä. Sillä pyritään muun muassa

- minimoimaan energiakustannuksia lämpö- ja kylmähäviöitä rajoittamalla
- pitämään lämpötila käyttötekniisten vaatimusten mukaisena
- takaamaan työturvallisuus pitämällä pintalämpötila syttymisvaaran alapuolella ja kosketusturvallisena
- estämään putkien jäätyminen ja kosteuden tiivistyminen kylmiin putkiin. [1, s. 9.]

Lämmöneristäminen on siis usein taloudellisuuden, käyttöturvallisuuden ja käytännöllisyyden näkökulmasta merkittävä huomiokohta rakennuksissa ja teollisuuden rakenteissa.

2.2 Lämmönsiirtymistavat

Lämpö on energian muoto, joka siirtyy aina lämpimämmästä kylmempään. Lämmön siirtymistä tapahtuu aina, kun kappaleiden tai tilojen välillä on lämpötilaero. Se jatkuu, kunnes terminen tasapaino eli systeemissä kaikkialla vallitseva yhteinen lämpötila on saavutettu. Lämpö siirtyy johtumalla, kulkeutumalla sekä säteilemällä. [1, s. 16, 18.]

2.2.1 Johtuminen

Johtuminen on lämmönsiirtymistapa, joka vaatii aina väliaineen. Aineena voi toimia kiinteä aine, kaasu tai neste. Lämpö siirtyy johtuessaan aineen molekyylien liikkeen välityksellä. [1, s. 18.]

Lämmön johtumisesta hyvä esimerkki on saunan lauteissa olevan naulankannan välittämä pistävän kuuma tuntemus. Vaikka saunan puiset lauteet ovat lämpötilaltaan yhtä kuumia kuin teräksiset nailat, ne eivät johda lämpöä yhtä tehokkaasti. Tämä perustuu tapaan, jolla lämpöenergia siirtyy materiaalissa. Puussa lämpö johtuu molekyylien vaih-

taessa energiaa keskenään, mutta metallissa lämpö johtuu vapaiden elektronien välityksellä. Elektronien liike on huomattavasti tehokkaampi energiansiirtymistapa. [2, s. 165–166.]

Lämmöneristämässä pyritään hyödyntämään materiaaleja, jotka johtavat mahdollisimman vähän lämpöä ja näin ollen pitävät lämpöenergian halutulla puolella eristettä [1, s. 41].

2.2.2 Kulkeutuminen (konvektio)

Kulkeutuminen eli konvektio on lämpöenergian siirtymistä liikkuvassa väliaineessa, kuten kaasussa tai nesteessä. Konvektio on sitä vähäisempää, mitä vähemmän väliaine pääsee liikkumaan. Vapaaksi konvektioksi kutsutaan lämmön kulkeutumista liikkuvan väliaineen tiheyseron takia. Esimerkiksi lämmin ilma vähemmän tiheänä nousee kylmän ilman yläpuolelle. Pakotettua konvektiota tapahtuu, kun liikkuvaa väliainetta liikutetaan ulkoisella voimalla kuten esimerkiksi pumpun tai puhaltimen avulla. [1, s. 18.]

Eristämisessä lämmön kulkeutumista voidaan ehkäistä estämällä kaasun liikkuminen eristysaineessa esimerkiksi solurakenteiden avulla. Eristysaineen sisällä tapahtuvaa konvektiota kutsutaan mikrokonvektioksi, sillä siinä olevan kaasun liike on niin vähäistä. [1, s. 19.]

2.2.3 Säteily

Säteily on sähkömagneettista aaltoliikettä, joka tietyn taajuusena ilmenee lämpönä. Se ei vaadi väliainetta, vaan etenee tyhjiössäkin. Kappaleeseen osuessaan säteily osittain imeytyy eli absorboituu kappaleeseen ja osittain heijastuu pois. Absorboituva osuus säteilystä muuttuu lämpöenergiaksi, ja se havaitaan esimerkiksi mustalla huopakaton katetussa rakennuksessa kuumuutena. [1, s. 19.]

Säteilynä siirtyvää lämpöenergiaa voidaan eristää käyttämällä mahdollisimman vähän absorboivia pintoja, jotka heijastavat säteilyn pois eivätkä näin ollen sido lämpöenergiaa.

2.3 Lämmöneristämisen suureita

Lämmöneristyksessä lämmönjohtavuus, λ (W/m K), on keskeinen luku eristysmateriaalin kannalta. Mitä vähemmän lämpöä eriste johtaa, sitä ohuempi kerros eristettä tarvitaan eristävyysvaatimuksen täyttöön.

Lämpövirran tiheys, q (W/m²) kertoo lämpövirran pinta-alaa kohden. Sen avulla voidaan määrittää seinämän R-arvo ((m² K)/W), joka ilmaisee seinämäkerroksen lämmönvastuksen eli sen, kuinka hyvin seinämä estää lämmön siirtymisen. R-arvo määritetään jakamalla lämpötilaero lämpövirran tiheydellä:

$$R = \frac{T_1 - T_2}{q} \quad (1)$$

Monikerroksisen seinämän R-arvo määritetään laskemalla seinämän ulko- ja sisäpinnan pintojen lämmönvastukset sekä seinämäkerrosten lämmönvastukset yhteen. Pinnan lämmönvastus on materiaalille taulukoitu ohjearvo, joka kertoo kuinka vaikeaa lämmön on siirtyä ympäristöstä pinnalle. [3, s. 468–470.]

Rakennuspiirroksissa mainitaan usein seinämän lämmönläpäisykerroin eli U-arvo (W/m² K):

$$U = \frac{1}{R} \quad (2)$$

U-arvo on R-arvon käänteisluku. Se ilmaisee seinämän läpi siirtyvän lämpötehon pinta-alayksikköä ja asteen lämpötilaeroa kohti. Mitä pienempi U-arvo on, sitä tehokkaampi on seinämän eristyskyky. [3, s. 469; 4.]

2.4 Lämmöneristysmateriaalit

Lämmöneristysmateriaalit voidaan jakaa valmistusaineiden mukaan mineraali- ja öljypohjaisiin sekä keraamisiin eristeisiin.

2.4.1 Mineraalipohjaiset eristeet

Epäorgaanisista kuiduista ja orgaanisesta sideaineesta valmistettavat mineraalivillaeristeet soveltuvat rakennuseristeiksi, teknisiksi eristeiksi sekä äänenvaimennukseen. Yleisimpiä mineraalivilloja ovat kivi- ja lasivillat. [6, s.1.]

Lasivilla koostuu muun muassa kvartsihiekasta, maasälvästä, soodasta, dolomiitista ja kalkkikivestä. Sitä valmistetaan sulattamalla ainesosat massaksi ja johtamalla se nopeasti pyöriville lingoille. Linkojen kehällä olevat pienet reiät päästävät massan kulkeutumaan ulos muodostaen tasalaatuista kuitua. Kuidutuksen yhteydessä mukaan lisätään sideaineväesiseos sitomaan kuidut toisiinsa sekä hieman öljyä lisäämään vedenhylkivyyttä. Tämän jälkeen sideaine kypsytetään 200 °C:n lämpötilassa. Kypsytyksen jälkeen sideaineet kuivatetaan. Lasivillan raaka-aineesta yli 50 % on kierrätyslasia. [1, s. 50.]

Vuorivillaa tai kivivillaa valmistetaan 2–4 emäksisestä kivilajista, jotka sekoitetaan keskenään tietyissä suhteissa. Ne sulatetaan noin 1500 °C:n lämpötilassa. Sula kiviaines lasketaan nopeasti pyöriville linkopyörille, joilta se singotaan villakammioon jäähmettymään. Sinkoamisen yhteydessä massaun lisätään sideaineseos sekä öljyä. Villa karkaistetaan noin 200 °C:n lämpötilassa. [1, s. 45.]

2.4.2 Öljypohjaiset eristeet

Öljypohjaiset eristeet koostuvat vaahdotetuista muoveista, joiden solut muodostavat ilmavan eli heikosti lämpöä johtavan rakenteen. Vaahtomuovit voidaan jaotella solukkorakenteensa perusteella avo- ja umpisoluisiin tai niiden materiaaliominaisuuksien perusteella hauraisiin, sitkeisiin, koviin ja pehmeisiin vaahtomuoveihin. [1, s. 52.]

PS-E eli paisutettu polystyreeni voi olla jäykkä avo- tai umpisoluinen rakenne. Paisutus tapahtuu kaasulla kuten pentaanilla, butaanilla tai propaanilla. Paisumista voidaan tehostaa lämmittämällä seosta höyryllä niin, että raaka-aineen tilavuus kasvaa moninkertaiseksi. Esivaahdotuksen jälkeen raakarakeet varastoidaan ja niiden solukoihin imeytyy ilmaa. Tämän jälkeen muotti täytetään raakarakeilla ja lämpökäsitellään kiinteän kappaleen muodostamiseksi. Yleisimpiä PS-E-eristeiden käyttökohteita ovat teiden ja katujen routaeristeet, rakennusten perustukset ja sokkelit, seinien lisäeristys sekä loivat katot. [1, s. 53; 5, s. 1.]

Polyuretaani (PUR) on muovi, jota valmistetaan di-isosyanaatti-polyadditio-menetelmällä. Siinä yhdistetään polyisosyanaattiin kaksi tai useampi isosyanaattiryhmä ($-N=C=O$). Valmistuksessa siirretään nestemäiset komponentit jatkuvatoimisilla pumpuilla sekoituspäähän, jossa alempimolekylaariset polyisosyanaatit reagoivat polyolien hydroksyyliyhymien kanssa muodostaen polyuretaania. Eksotermisessä reaktiossa seoksen molekyylit kasvavat ja lisätty paisutusaine laajentaa reaktiomassaa entisestään. Muotokappaleita valmistettaessa polyuretaani ruiskutetaan muottiin ja annetaan sen jäähtyä. Polyuretaania käytetään tehdasvalmisteisina levyinä sekä valamalla ja ruiskuttamalla. [1, s. 53.]

Polyeteenista (PE) tuotetaan puolikovaa, umpisoluista vaahdotettua muovia. Sitä käytetään käyttökoneiden eristämiseen. Polyeteeniä valmistetaan polyetyleenistä tai sekoitetuista polymeerisaateista, joissa on valtaosa etyleeniä. Sen ominaisuuksia voidaan muokata seostamalla siihen mineraalisia ja orgaanisia lisäaineita. [1, s. 56.]

2.4.3 Keraamiset eristeet

Keraamiset eristeet koostuvat lasista, kivistä, silikaateista ja alumiinista. Keraamista irtovillaa valmistetaan sulattamalla raaka-aine noin 2000 °C:n lämpötilaan. Kuiduttaminen tapahtuu joko puhaltamalla korkeapaineista ilmaa tai höyryä sulavirtaan tai johtamalla sulavirta pyöriville teloille, joilta se singotaan pois sen muodostaessa ilmaa sisältävän kuidun. Muodostunut irtovilla jatkojalostetaan eri tuotemuodoiksi muun muassa erilaisilla puristusmenetelmillä. [1, s. 60.]

Keraamiset kuidut ovat eristysmateriaaliryhmä, johon kuuluu eri kuitulajeja. Pääasias-
sa ne ovat piioksidista koostuvia kvartsikuituja. Niillä on korkea kemiallinen kestävyys ja niiden korkein käyttölämpötila on 1200 °C. Keraamisia kuituja käytetään kustannus-
syistä ensisijaisesti kerrostetuissa eristyksissä. Niiden avulla saadaan ensimmäisen ja
toisen eristyskerroksen rajalämpötila tasolle, jossa voidaan käyttää edullisempia eris-
tysaineita. Muita keraamisia kuituja ovat alumiinioksidikuidut, hiilikuidut ja vaahtohiili-
kuidut [1, s. 61.]

Perliitti on vulkaaninen kivilaji, josta valmistetaan samannimistä eristysmateriaalia. Se koostuu luonnonlasista, johon on sitoutunut vettä. Louhittu tuote hienonnetaan ja seulo-
taan raekoon mukaan eri ryhmiin. Raaka-aine iskukuumennetaan 1100 °C:n lämpöti-
laan, jolloin sitoutunut vesi vapautuu. Höyrystyessään vesi laajentaa perliitin tilavuuden

moninkertaiseksi. Valmistettu tuote on valkoista granulaattia, jota käytetään sullontaeristeenä sekä ainesosana valumassoissa ja laasteissa. [1, s. 61–62.]

Muita keraamisia eristysmateriaaleja ovat muun muassa vermikuliitti, joka on perliitin tapaan paisutettua kiviainesta sekä kalsiumsilikaatti, joka koostuu pii-, kalsium- ja rautaoksidista [1, s. 62].

2.4.4 Eristysmateriaalien lämmönjohtavuuksia

Eristysmateriaalille olennainen arvo on sen lämmönjohtavuus. Se ei ole millekään eristeelle vakio, vaan se vaihtelee lämpötilan mukaan. Eristysaineen lämmönjohtavuus voidaan ilmoittaa sen keskilämpötilan mukaan tai portaittain sen sallitun käyttölämpötila-alueen puitteissa (Taulukko 1). [1, s. 23.]

Taulukko 1. Eristystuotteiden lämmönjohtavuuksia ja korkeimmat käyttölämpötilat [7]

Eristystuote	Korkein käyttölämpötila (°C)	Lämmönjohtavuus, λ (W/m · K), keskilämpötilassa				
		10 °C	50 °C	100 °C	200 °C	300 °C
Lasivillakouru	500	0,035	0,040	0,045	0,065	-
Vuorivillakouru	750	0,035	0,04	0,045	0,06	0,085
Polystyreenilevy	90	0,035	0,045	-	-	-
Polyuretaanilevy	120	0,040	-	-	-	-
Polyeteenilevy	105	0,04	0,045	-	-	-
Kalsiumsilikaattilevy	800	-	-	0,070	0,080	0,090
Perliittirae	1050	0,055	-	0,070	-	-
Keraamiset kuitumatot	1200	0,035	0,040	0,040	0,050	0,070

3 Lämmöneristysmaalit

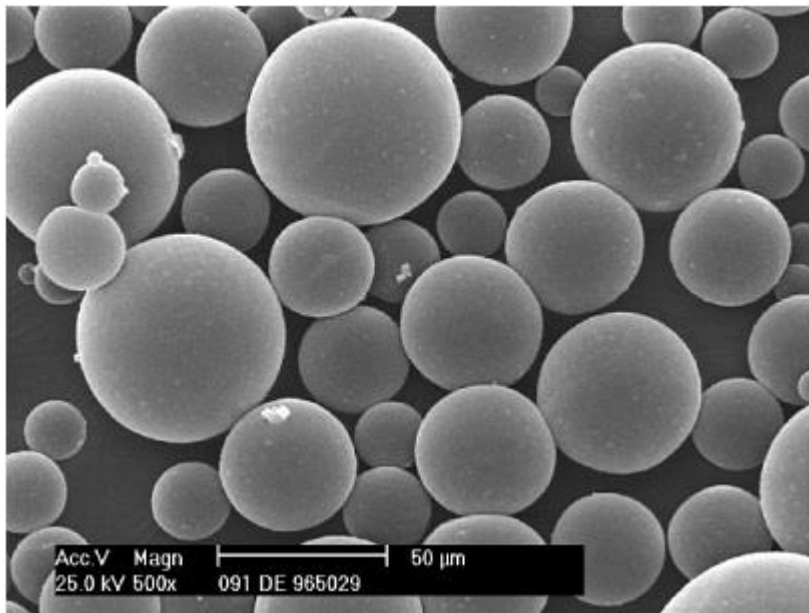
Lämmöneristämiseen tarkoitetut pinnoitteet ovat eristysalalla vähemmän tunnettuja ja käytettyjä. Säteilevää lämmön vaikutusta on pyritty vähentämään maaleilla, mutta niiden toiminta on perustunut lähinnä säteilyn heijastamiseen pois rakenteesta alhaiseen absorptiokertoimeen nojaten. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävät lämmöneristysmaalit pyrkivät myös esimerkiksi vähentämään lämmön johtumista rakenteeseen tai ulos siitä.

Lämmöneristysmaalit ovat lähtöisin Yhdysvalloista. Niiden kehitys on sidoksissa Yhdysvaltain ilmailu- ja avaruushallinto NASA:an. Avaruussukkuloiden palatessa ilmakehään, niiden pinta kuumenee ilman aiheuttaman kitkan vuoksi. Sukkuloissa käytettyjen ulkopinnan keraamisten paneelien tehokkaita eristysominaisuuksia haluttiin hyödyntää pinnoittamisessa ja päädyttiin kehittämään maaliin sekoitettava keraaminen lisäaine. [8.]

3.1 Koostumus

Lämmöneristykseen käytettävät pinnoitteet kuuluvat keraamisiin eristeisiin. Niiden eristävyys perustuu pieniin onttoihin keraamisiin lasikuuliin (engl. microspheres). Niiden koko vaihtelee alueella 10–100 μm (Kuva 1). Keraamiset eristepinnoitteet eli lämmöneristysmaalit ovat pääasiassa vesiohenteisia, ja niiden sideaineet ovat epoksia, uretaania tai akryyliä. [9, s. 287.]

Ontot keraamiset lasikuulat ovat tyypillisesti borosilikaattilasia. Niillä on korkea sulamislämpötila-alue, alhainen tiheys ja korkea puristuslujuus. Lämmöneristyskäytössä niiden lämmönkesto ja alhainen tiheys ovat hyödyllisiä ominaisuuksia. Ne soveltuvat korkeisiin lämpötiloihin, ja niiden huokoinen rakenne tekee niistä toimivan eristysmateriaalin. Materiaalin keveys on myös eduksi sitä käytettäessä pinnoitukseen, sillä sen ansiosta maalauskeran kalvonpaksuus voi olla suhteellisen korkea. [10, s. 1.]

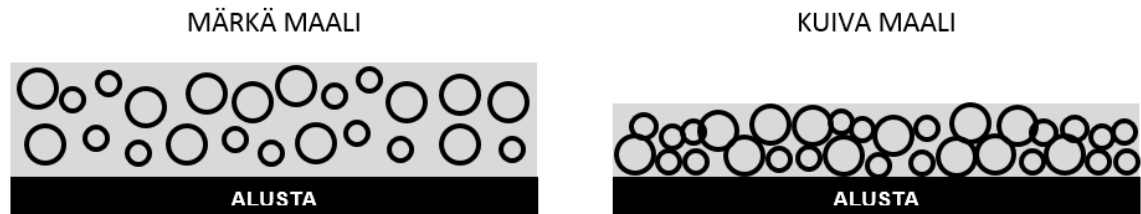


Kuva 1. Mikroskooppikuva keraamisista lasikuulista [11]

3.2 Toimintaperiaate

Lämmöneristysmaalien eristävyys perustuu keraamisiin onttoihin lasikuuliin, joiden sisällä on tyhjiö tai lämpöä eristävää kaasua kuten ilmaa. Siirtyäkseen rakenteessa konvektion tai johtumisen avulla, lämpöenergia tarvitsee ainetta, jonka avulla se pääsee etenemään. Tyhjiöstä tämä lämpöä kuljettava materia puuttuu kokonaan. Lasikuulien sisällä oleva tyhjiö tai eristävä kaasu heikentää lämmön siirtymistä maali-kerroksen läpi. [12.]

Pinnoitteen muodossa eristävät keraamiset kuulat saadaan kiinnitettyä eristettävän rakenteen pintaan sen monimutkaisesta muodosta huolimatta. Kuva 2 havainnollistaa, kuinka keraamiset kuulat ovat maalin seassa vapaina, mutta maalin kuivuesssa ne muodostavat yhtenäisen eristävän kerroksen, jota voidaan kasvattaa lisäämällä maali-kerroksia.



Kuva 2. Maalikalvon kuivuessa lasikuulat pakkaantuvat tiiviiksi kerrokseksi muodostaen eristävän kalvon alustan pintaan. [12]

3.3 Käyttökohteet

Teollisuudessa lämpöä eristäviä pinnoitteita käytetään

- pintalämpötilan alentamisessa työturvallisuutta uhkaavissa kuumissa pinnoissa kuten esimerkiksi höyryputkissa
- auringon lämpösäteilyn aiheuttamien vaikutuksien vähentämisessä esimerkiksi paineastioissa ja säiliöissä
- helposti höyrystyvien kemikaalien haihtumisen estämisessä säiliöistä
- kosteuden tiivistymisen estämisessä kylmillä pinnoilla.

Talojen lämpöeristämisessä lämmöneristysmaalia voidaan hyödyntää yhtenä eristävänä kerroksena muiden eristystuotteiden ohella. Lämmöneristämiseen soveltuvia pinnoitteita käytetään myös kattomaalina sisälämpötilan alentamisessa ja lämmön sisällä pitämisessä. [13, s. 43.]

3.4 Lämmöneristysmaalien sideaineiden ympäristönkestävyys

Maalin sideaine pääasiassa määrittää maalin kestävyysominaisuudet. Yleisimpiä ympäristön aiheuttamia rasituksia ovat muun muassa auringon UV-säteily, lämpötilan vaihtelut, vesi höyryn, sateen, jään tai lumen muodossa sekä kosteuden mukana siirtyvät epäpuhtaudet. [14, s. 406.]

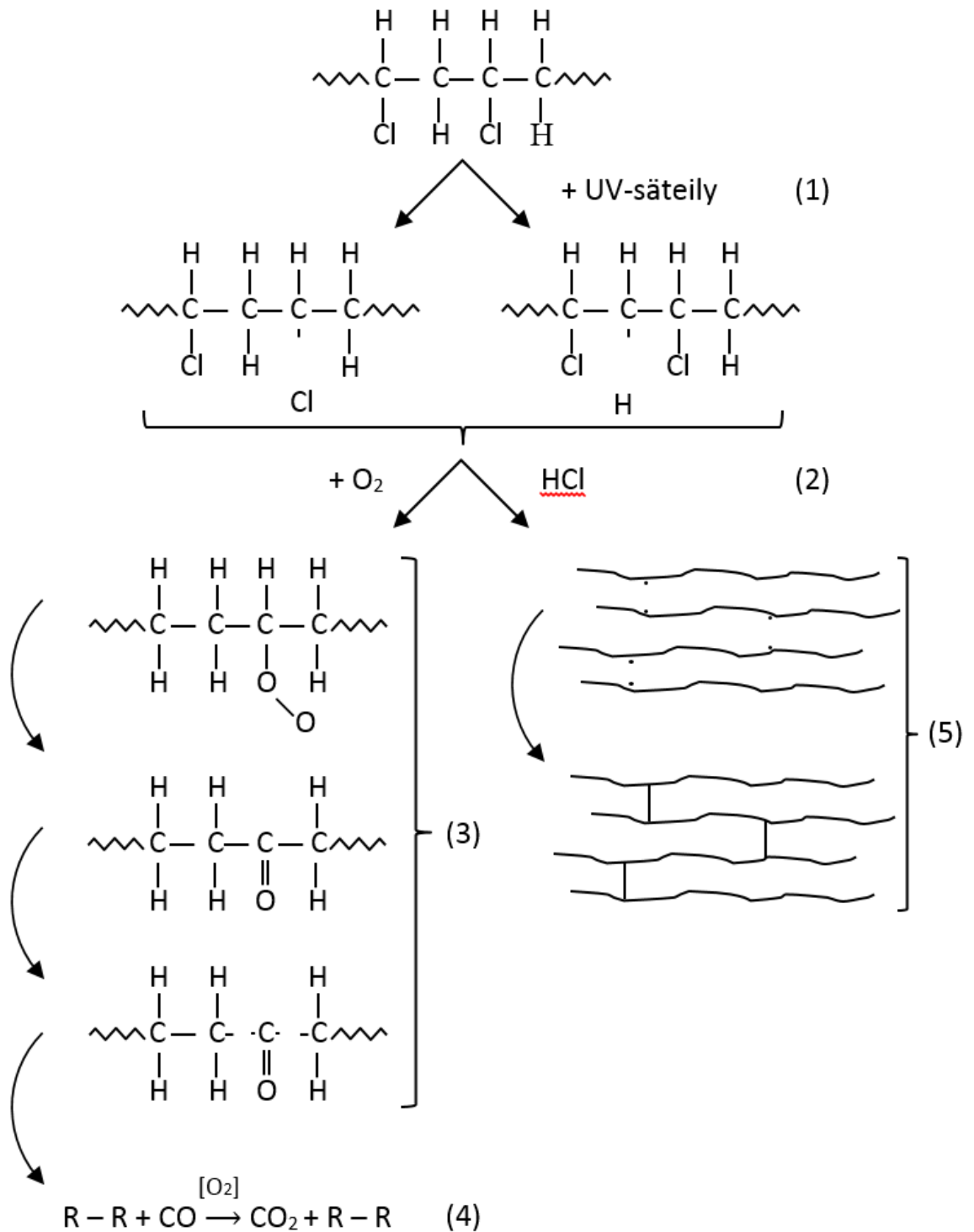
Ympäröivä ilmasto voi aiheuttaa muutoksia pinnoitekalvoon. Näitä muutoksia saavat aikaan UV-säteilyn aiheuttamat valokemialliset reaktiot (Kuva 3), hydrolyysi eli yhdisteen hajoaminen komponentteihinsa veden vaikutuksesta, lämmön aiheuttama kemial-

linen yhdisteen hajoaminen sekä lämpövaihteluiden aiheuttama laajeneminen ja kutistuminen. Pinnoitekalvon ominaisuuksien heikentymisen nopeus ja vakavuus riippuu maalin sideaineesta ja ympäristövaikutusten voimakkuudesta. [14, s. 407–408.]

Akryylimaalit ovat yksikomponenttisiä maaleja, joiden sideaineena käytetään akryylipolymeerin ja sopivan pehmittimen seosta. Niiden kemiallinen kestävyys happoja, emäksiä ja erilaisia teollisuudessa esiintyviä kaasuja kohtaan on melko hyvä. Ne ovat UV-säteilyn ja säänkestäviä. Akryylimaalit soveltuvat käytettäväksi maksimissaan noin 100 °C:n lämpötilaan. [15, s. 26; 16, s. 333.]

Epoksimaalit ovat kaksikomponenttisiä maaleja, joissa maaliosa koostuu epoksihartista ja koveteosa polyamiinista, polyamidista, amidiadduktista tai amiiniadduktista. Epoksimaaleilla on hyvä kemikaalin- ja kulutuksenkestävyys. Maalikalvo on kova ja kimmoisa, ja sen tarttuvuus metallipintoihin on hyvä. Epoksimaalien UV-säteilyn kestävyys on heikko. Maalipinta alkaa liuuntua säteilyn vaikutuksesta. Tämä reaktio voidaan estää käyttämällä eri sideaineeseen perustuvaa pintamaalia. Epoksimaalien korkein sallittu lämpötila on kuivissa olosuhteissa noin 110 °C ja kosteissa olosuhteissa alueella 60–90 °C. [17, s. 36; 16, s. 334.]

Polyuretaanimaaleja on saatavilla yksi- ja kaksikomponenttisina. Kosteuskovettuvat polyuretaanit ovat yksikomponenttisiä ja ne kovettuvat ilman kosteuden vaikutuksesta. Ne ovat alifaattisia polyuretaaneja ja niiden kiillon ja värin pysyvyys sekä UV-säteilyn kestävyysominaisuudet ovat huonot. Kosteuskovettuvien polyuretaanien korkein sallittu lämpötila on kuivissa olosuhteissa noin 120 °C ja kosteissa olosuhteissa noin 70 °C. Kaksikomponenttisissa polyuretaaneissa kovetteena toimii joko alifaattinen tai aromaattinen isosyanaatti. Aromaattiset polyuretaanit kestävät UV-säteilyä ja säilyttävät kiillon- ja värisävynsä hyvin. Niiden korkein sallittu lämpötila kuivissa olosuhteissa on noin 110 °C ja kosteissa olosuhteissa noin 70 °C. [18; 16, s. 335.]



Kuva 3. Polyvinyylikloridin valokemiallinen hajoaminen – (1) UV-säteily aiheuttaa kloori- ja vetysidosten hajoamista PVC:sta. (2) Vety ja kloori muodostavat vetykloridia ja ilman happi reagoi jäljelle jääneen hiilivetyketjun kanssa. (3) Happi muodostaa hiilivetyketjun hiilen kanssa hiilimonoksidia, joka irtaantuu ketjusta. (4) Irttaantunut hiilimonoksidi muodostaa hiilidioksidia ilman hapen kanssa. (5) Muodostuneen vetykloridin vety reagoi vaurioituneen PVC-rakenteen kanssa ja muodostaa ristisilloja, jotka tekevät polyvinyylikloridista hauraan. [14, s. 408]

Alla olevassa taulukossa (Taulukko 2) esitellään yleisesti eri korroosionestomaalien ominaisuuksia sekä olosuhteiden ja kemikaalien kestävyyskäyttä.

Taulukko 2. Tyypillisten korroosionestomaalien yleisominaisuuksia [19, s. 56]

Soveltuvuus	■ Hyvä ▲ Rajoitettu ● Huono – Merkityksetön	Poly(vinyylikloridi)	Kloorikautsu	Akryyli	Alkydi	Polyuretaani, aromaattinen	Polyuretaani, alifaattinen	Etyylisinkkisiikaatti	Epoksi	Epoksiyhdistelmä
		(PVC)	(CR)	(AY)	(AK)	(PUR, arom.)	(PUR, alif.)	(ESI)	(EP)	(EPC)
Kiillon pysyvyys		▲	▲	▲	▲	●	■	–	●	●
Värisävyn pysyvyys		▲	▲	■	▲	●	■	–	●	●
Kemikaalienkestävyys										
Vesiupotus		▲	■	▲	●	▲	●	▲	■	■
Sade/kondensoituminen		■	■	■	▲	■	▲	■	■	■
Liuotteet		●	●	●	▲	■	▲	■	■	▲
Liuotteet (roiskeet)		●	●	●	■	■	■	■	■	■
Hapot		▲	■	▲	▲	■	▲	■	▲	■
Hapot (roiskeet)		■	■	▲	▲	■	■	●	■	■
Emäkset		▲	▲	▲	▲	▲	▲	●	■	■
Emäkset (roiskeet)		■	■	▲	▲	■	■	●	■	■
Kuivan kuumuuden kestävyys										
70 °C:seen saakka		●	●	▲	■	■	■	■	■	■
70 °C... 120 °C		–	–	▲	■	■	■	■	■	▲
120 °C... 150 °C		–	–	▲	●	▲	–	■	▲	▲
> 150 °C mutta ≤ 400 °C		–	–	–	–	–	–	■	–	–
Fysikaaliset ominaisuudet										
Kulutuskestävyys		●	●	●	▲	■	▲	■	■	▲
Iskun kestävyys		▲	▲	▲	▲	■	▲	▲	■	▲
Joustavuus		■	■	■	▲	▲	■	●	▲	▲
Kovuus		▲	▲	▲	■	■	▲	■	■	■

4 Koemateriaalit ja -menetelmät

4.1 Tutkittavat lämmöneristysmaalit

Opinnäytetyön toimeksiantaja Neste Oyj on saanut tarjouksia eri lämmöneristysmaali-toimittajilta ja testattaviksi tuotteiksi valikoitui kaksi eri lämmöneristysmaalia. Tutkittavat lämmöneristysmaalit ovat Yhdysvalloissa valmistettava Carboline Carbotherm 551 sekä Venäjällä valmistettava Bronya Facade.

Toimeksiantaja suunnittelee hyödyntävänsä jompaakumpaa tuotetta jalostamoillaan vaihtoehtoisena eristystuotteena. Tämän opinnäytetyön koejärjestelyjen avulla arvioidaan vertailtavien tuotteiden ominaisuuksia, kuten lämmöneristävyttä, säärasituksen kestoa sekä tarttuvuutta. Tulosten perusteella toimeksiantaja tekee päätöksensä käyttöönotettavasta lämmöneristysmaalista.

Bronya Facade on vesipohjainen yksikomponenttinen akryylimaali. Maalin sallittu käyttölämpötila-alue on $-60-120$ °C. Sitä voidaan levittää yhdellä levityskerralla 1 mm:n paksuinen kerros. Kuivumisaika levityskertojen välillä on 24 tuntia.

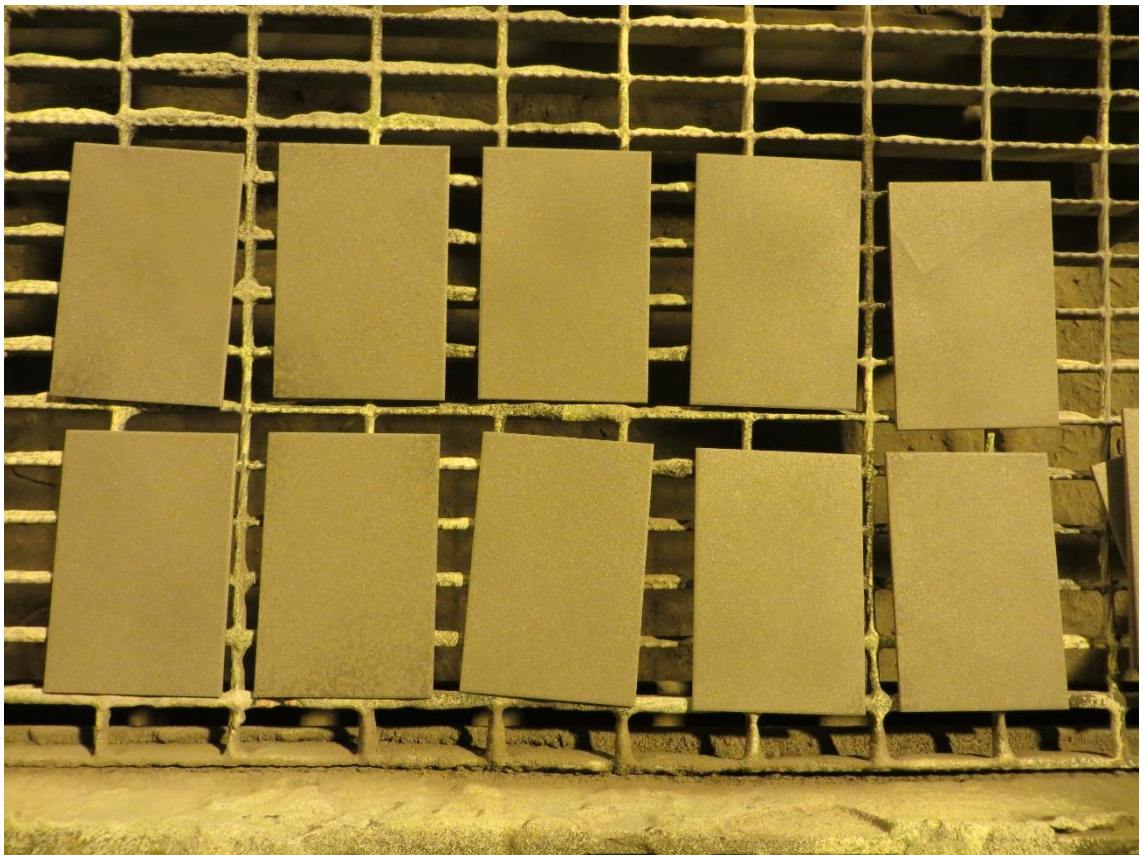
Carboline Carbotherm 551 on vesipohjainen kaksikomponenttinen epoksimaali, jolle valmistaja antaa 23 °C:n lämpötilassa lämmönjohtavuusarvon $0,0952$ W/m · K. Maalin sallittu käyttölämpötila-alue on $-51-176$ °C. Sekoitusuhde komponenttien A ja B välillä on 16:1. Yhden levityskerran kuivakalvonpaksuuden tulisi olla maksimissaan 1 mm. Maalin kuivumisaika on levityskertojen välillä 10 tuntia 16 °C:n lämpötilassa.

4.2 Koenäytelevyt ja niiden maalaus

Koenäytelevyinä käytettiin 3 mm paksua niukkaseosteista teräslevyä, josta leikattiin 100 mm x 150 mm (Kuva 4) sekä 450 mm x 450 mm -kokoisia kappaleita. Taulukko 3 erittelee näytteiden määrän, käytettävän lämmöneristysmaalin sekä pinnoitusmenetelmän ja -paksuuden.

Taulukko 3. Suunnitellut näytelevyjien määrät, pinnoitusmenetelmät ja -paksuudet kumpaakin lämmöneristysmaalia kohden

Bronya Facade ja Carboline Carbotherm 551			
100 x 150 mm		450 x 450 mm	
		Pinnoittamaton referenssilevy	1 kpl
2 kertaa käsinmaalattu	2 + 2 kpl	2 kertaa käsinmaalattu	1 + 1 kpl
3 kertaa käsinmaalattu	2 + 2 kpl	3 kertaa käsinmaalattu	1 + 1 kpl
3 mm (3 kertaa ruiskulla)	2 + 2 kpl	3 mm (3 kertaa ruiskulla)	1 + 1 kpl
4 mm (4 kertaa ruiskulla)	2 + 2 kpl	4 mm (4 kertaa ruiskulla)	1 + 1 kpl
5 mm (5 kertaa ruiskulla)	2 + 2 kpl	5 mm (5 kertaa ruiskulla)	1 + 1 kpl
	Yhteensä 20 kpl		Yhteensä 11 kpl



Kuva 4. 100 mm x 150 mm -kokoisia teräsnäytelevyjä suihkupuhdistettuna puhtausluokkaan Sa 2½

Näytelevyt maalattiin Finnish Steel Paintingin hallilla lähellä Nesteen Porvoon jalostamo. Näytelevyt suihkupuhdistettiin puhtausluokkaan Sa 2½ ja maalattiin lämmöneristysmaalien käyttöohjeiden mukaisesti.

Carboline Carbotherm 551:n ja Bronya Facaden käyttöohjeet on esitelty liitteissä 5 ja 6.

Näytelevyt maalattiin Bronya Facade -lämmöneristysmaalilla koesuunnitelmaa noudattaen korkeapaineruiskulla (Kuva 5) sekä pensselillä levittäen.

Ruiskuttamalla:

- kuusi (6) 100 x 150 mm -näytelevyä
- kolme (3) 450 x 450 mm -näytelevyä

Pensselillä:

- neljä (4) 100 x 150 mm -näytelevyä
- kaksi (2) 450 x 450 mm -näytelevyä

Maalausolosuhteet:

- lämpötila: 14,9 °C
- pintalämpötila: 9,1 °C
- suhteellinen kosteus: 36,2 %

Korkeapaineruiskun suutin: 31/10", 60°

Maalin paksuudesta johtuen sitä ohennettiin lisäämällä 3 % vettä. Maali sekoitettiin koneellisesti. Maali levittyi ruiskuttamalla tasaisesti, ja reilu 1 mm:n kalvo saatiin aikaan noin viidellä ruiskutusvedolla. Pensselillä levittäminen jätti jälkeensä paljon epätasaisuutta johtuen maalin paksuudesta.



Kuva 5. Bronya Facade -lämmöneristysmaalin levitystä korkeapaineruiskulla

Näytelevyt maalattiin Carboline Carbotherm 551 -lämmöneristysmaalilla koesuunnitelmaa noudattaen korkeapaineruiskulla sekä pensselillä levittäen.

Ruiskuttamalla:

- kuusi (6) 100 x 150 mm -näytelevyä
- kolme (3) 450 x 450 mm -näytelevyä

Pensselillä:

- neljä (4) 100 x 150 mm -näytelevyä
- kaksi (2) 450 x 450 mm -näytelevyä

Maalausolosuhteet:

- lämpötila: 15,1 °C
- pintalämpötila: 8,6 °C
- suhteellinen kosteus: 35,9 %

Korkeapaineruiskun suutin: 31/10", 60°

Carbotherm 551:n komponentit A ja B sekoitettiin ohjeiden mukaisella sekoitussuhteella 16:1. Maali oli hiukan Bronyaa juoksevampaa, ja se levittyi hyvin ruiskulla. Reilu 1 mm:n kalvo saatiin aikaiseksi 7–10 ruiskutusvedolla. Pensselillä levittäminen sujui Bronyaan verraten hieman paremmin ja lopputulos oli tasaisempi.

Taulukko 4 erittelee näytelevyjen lopulliset keskimääräiset kuivakalvonpaksuudet. Bronyan lämmöneristyspinnoitteen ruiskumaalaamisessa oli ongelmia muodostaa riittävän paksu kalvo yhdellä levityskerralla. Aikataulusyistä päädyttiin lopulta levittämään viimeiset kerrokset käsin, kun taas Carbolinen tuotteen kaikki kerrokset voitiin ruiskumaalata. Tästä johtuen Bronya Facade -lämmöneristyspinnoitteella ei saavutettu näytelevyihin tavoiteltua 5 mm:n kuivakalvonpaksuutta, vaan parhaimmillaan päästiin 3,8 mm:iin.

Taulukko 4. Maalattujen näytelevyjen kuivakalvonpaksuudet

Carboline Carbotherm 551	3 krt käsin		2 krt käsin			
Näyte (100 mm x 150 mm)	1	2	3	4		
Kuivakalvonpaksuus, KA (µm)	742	999	621	580		
Näyte (450 mm x 450 mm)	5		6			
Kuivakalvonpaksuus, KA (µm)	1108		604			
Bronya Facade	3 krt käsin		2 krt käsin			
Näyte (100 mm x 150 mm)	7	8	9	10		
Kuivakalvonpaksuus, KA (µm)	799	519	483	791		
Näyte (450 mm x 450 mm)	11		12			
Kuivakalvonpaksuus, KA (µm)	795		926			
Carboline Carbotherm 551	3 mm ruiskutamalla		4 mm ruiskutamalla		5 mm ruiskutamalla	
Näyte (100 mm x 150 mm)	13	14	15	16	17	18
Kuivakalvonpaksuus, KA (µm)	3073	3214	3124	3759	3903	5118
Näyte (450 mm x 450 mm)	19		20		21	
Kuivakalvonpaksuus, KA (µm)	3126		3886		4813	
Bronya Facade	3 mm ruiskutamalla		4 mm ruiskutamalla		5 mm ruiskutamalla	
Näyte (100 mm x 150 mm)	22	23	24	25	26	27
Kuivakalvonpaksuus, KA (µm)	1438	1487	2267	2669	2915	3040
Näyte (450 mm x 450 mm)	28		29		30	
Kuivakalvonpaksuus, KA (µm)	1447		2778		3790	

4.3 Suolasumukokeet

Suolasumukoemenetelmä perustuu standardiin SFS-EN ISO 9227 (Korroosiokokeet keinotekoisissa kaasuympäristöissä. Suolasumukokeet.) Sen avulla voidaan vertailla korroosiosuojapinnoitteiden toimivuutta. Suolasumukoe soveltuu nopeaksi analysointimenetelmäksi tarkasteltaessa orgaanisten tai epäorgaanisten pinnoitteiden epäjatkuvuuskohtia, huokosia tai vaurioita. Menetelmää voi hyödyntää vertailukokeissa vain, mikäli tutkittavat pinnoitteet ovat riittävän samankaltaisia. Suolasumukokeen tuloksia ei voida pitää luotettavana viitteenä pinnoitteiden pitkäaikaiskäyttämiseksi kenttäolosuhteissa, sillä kokeen keinotekoisesti luotu korroosiorasitus ei vastaa pinnoitteen käytännössä kohtaamaa korroosiorasitusta. [20, s. 8.]

100 mm x 150 mm -kokoiset vertailtavilla lämmöneristysmaaleilla pinnoitetut näytelevyt teipattiin ilmastointiteipillä reunoista ja taustoista niin, että korroosiorasitus kohdistuisi vain tutkittavaan pinnoitettuun alueeseen. Jokaisen näytelevyn maalipintaan tehtiin teräsalustaan ulottuva noin 2 mm:n levyinen viilto noin 3 cm:n etäisyydelle teippien reunoista.

Suolasumukaapin (Kuva 6) suolaliuossäiliöön tehtiin NaCl-liuos, jonka pitoisuus oli noin 50 g/l. Tarkistettiin pH, joka oli 6,6. Asetettiin näytelevyt suolasumukaapin telinekiskoille (Kuva 7) ja asetettiin laitteisto ajamaan ohjelmaa, joka ylläpitää kaapin sisällä suolasumuolosuhdetta ja lämpötilaa 35 °C 336 tunnin ajan.



Kuva 6. Suolasumukaappi Q-Fog



Kuva 7. Reunoista ja taustoista teipillä suojatut näytteet suolasumukaapissa ennen testin aloitusta

4.4 Kondensaatiokokeet

Standardin SFS-EN ISO 6270-2 (Maalit ja lakat. Kosteudenkestävyyden määrittäminen. Osa 2: Koekappaleiden altistaminen kondensaatio-olosuhteille) mukainen koemenetelmä soveltuu koekappaleiden kosteudenkestävyyden määrittämiseen sekä osoittamaan virheet koekappaleiden korroosionsuojauksessa. Kondensaatiokokeen tulokset antavat suuntaa pinnoitteiden kestävyydelle kosteissa olosuhteissa, mutta niiden perusteella ei voida arvioida pinnoitteiden käyttöikää. [21, s. 8.]

Asetettiin 100 mm x 150 mm kokoiset käsin- sekä ruiskumaalatut näytelevyt QCT Cleveland Condensation Tester -laitteeseen (Kuva 8) niin, että pinnoitettu pinta altistuu kondensaatiokammion kosteudelle ja pinnoittamaton takapinta osoittaa laitteesta pois-päin. Varmistettiin, että kondensaatiokammion pohjalla oli noin 10–15 mm vettä ja sää-dettiin laitteen sisälämpötilaksi 40 °C.

Samanaikaisesti toiselta puolelta huoneenlämmölle ja pinnoitetulta puolelta laitteen sisälämmölle altistuva näytelevy kerää tiivistyvän kosteuden tutkittavaan pintaan. Standardin SFS-EN ISO 6270-2 mukaisesti yksi kosteusrasitusyksi kestää 24 tuntia ja syk-lejä voidaan toistaa haluttu määrä tai lopettaa testi, kunnes pinnoitteessa on havaitta-vissa kosteuden aiheuttamia vaurioita.



Kuva 8. Kondensaatiotestilaite QCT Cleveland Condensation Tester

4.5 Irtivetokokeet

Irtivetokoe on koemenetelmä, joka soveltuu pinnoitteiden tartunnan ja koheesion määrittämiseen. Standardi SFS-EN ISO 16276-1 (Teräsrakenteiden korroosionesto suoja-
maaliyhdistelmillä. Pinnoitteen tartunnan ja koheesion (murtumislujuuden) arviointi ja
hyväksymiskriteerit. Osa 1: Irtivetokoe) käsittelee tätä menetelmää. Sen tarkoituksena
on yhdenmukaistaa pinnoitteen murtumislujuuden arviointia ja määrittää hyväksymis- ja
hylkäskriteerit suojamaalipinnoille. Menetelmässä käytetään irtivetoperiaatteeseen
soveltuvaa koelaitteistoa, jotka toimivat muun muassa hydraulisella tai pneumaattisella
paineella. [22, s. 8, s. 12.]

Irtivetokokeet suoritettiin käyttämällä Elcometer 110 Patti Pneumatic Adhesion Tester -
irtivetokoelaitetta (Kuva 9). Laite käyttää paineilmaverkosta saatavaa painetta irtiveto-
voiman muodostamiseen. Sen irtivetomäntä kiinnitetään liimattuun koelieriöön ja irtive-
dettäessä laite lisää rasisuspainetta tasaisella nopeudella, kunnes koelieriö irtoaa. Lait-
teen näyttö ilmoittaa saavutetun murtolujuusjännityksen.

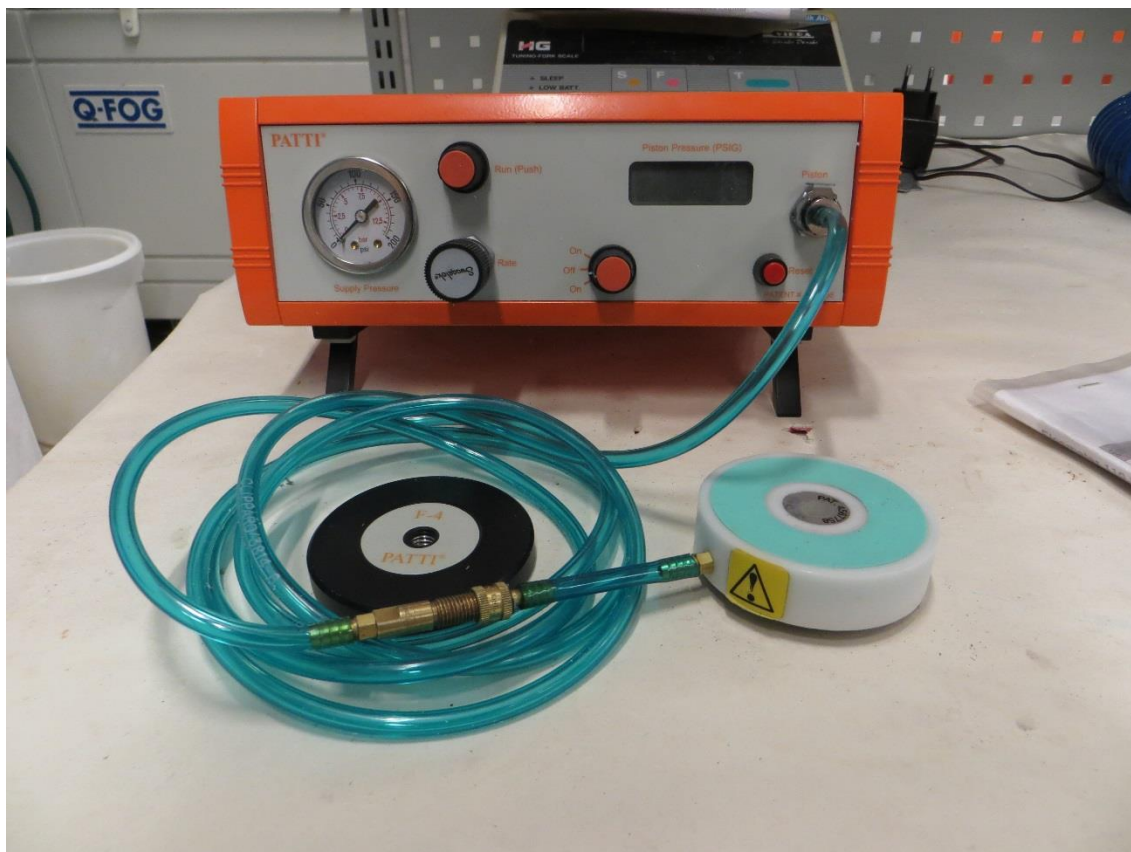
Irtivetokokeet suoritettiin ainoastaan näytelevyille, jotka oli maalattu käsin levittämällä kahteen ja kolmeen kertaan. Paksumpien maalikerrosten tutkiminen ei olisi ollut mielekästä, sillä kummankin tutkittavan maalin rakenteesta voitiin päätellä, että maalin sisäiset voimat antaisivat irtivetokokeessa poikkeuksetta periksi ja tuloksena olisi koheesiomurtuma. Hiottiin ja puhdistettiin maalipinta sekä koelieriöiden pinta. Liimattiin koelieriöt kaksikomponenttisella epoksiliimalla näytelevyjen pintaan.

Liiman kuivuttua leikattiin liima ja maalipinta irti koelieriön ympäriltä käsikäyttöisellä ympyränmuotoisella terällä. Vedettiin koelieriöt irtivetokoelaitteistolla irti maalatuista näytelevyistä.

Murtumatyypit (Taulukko 5) jakautuvat tartunta- ja koheesiomurtumiin. Tartuntamurtuma syntyy, kun kahden erillisen toisiinsa kiinnitetyn osan (koelieriö, liima, maali tai alusta) välinen tartuntavoima pettää vetorasituksessa ensimmäisenä. Koheesiomurtuma tarkoittaa sisäistä murtumaa. Sellainen syntyy, kun maalikalvon yhtenäisenä pitävät sisäiset voimat pettävät vetorasituksessa ensimmäisenä.

Taulukko 5. Murtumatyyppien tunnuksat ja niiden selitykset

A	alustan koheesion pettäminen
A/B	tartunnan pettäminen alustan ja pohjamaalin välillä
B	pohjamaalin koheesion pettäminen
B/-	tartunnan pettäminen pohjamaalin ja pintamaalin välillä
-	pintamaalin koheesion pettäminen
-/Y	tartunnan murtuminen pintamaalin ja liiman välillä
Y	liiman koheesiomurtuma
Y/Z	tartunnan murtuminen liiman ja koelieriön välillä



Kuva 9. Elcometer 110 Patti Pneumatic Adhesion Tester

4.6 Lämmöneristävyyskokeet

Tutkittavien pinnoitteiden lämmöneristävyttä tutkitaan eristysolosuhdelaatikon (Kuva 10) avulla. Laatikko on suljettu systeemi, jonka sisällä on lämmönlähteenä hehkulamppu. Sen kullakin sivuseinämällä on aukko, jotka voidaan eristää mahdollisimman hyvin umpeen. Yhteen aukkoon asennetaan tutkittava eristysseinämärakenne. Sen sisä- ja ulkopinnan lämpötilaa seurataan lämpötila-antureilla. Verrattaessa sisä- ja ulkopinnan lämpötilaa saadaan käsitys seinämän eristävydestä.

Alun perin suunnitelmana oli, että eristystuotteella pinnoitettu levy (450 mm x 450 mm) toimisi eristysolosuhdelaatikon kantena laatikon oman kannen sijaan. Laatikon sisälämpötila ei kuitenkaan noussut 50 °C:tta korkeammaksi, joten levyistä leikattiin 230 mm x 230 mm -kokoisia levyjä. Levy kiinnitettiin laatikon käyttöohjeiden mukaisesti yhdeksi seinämäksi. Näin saatiin laatikosta eristävämpi ja sisälämpötila saatiin kohoamaan suuremmaksi. Laatikon lämmönlähteenä toimiva 60 W:n hehkulamppu vaihdettiin 100 W:n hehkulamppuun tehokkaampaa lämmitystä varten.



Kuva 10. Eristysolosuhdelaatikko Phywe High insulation house, 04507.93

Koe suoritettiin kullekin pinnoitetulle levylle kiinnittämällä se tiiviisti sille varattuun aukkoon. Asennettiin toinen pintalämpötila-anturi (Kuva 11) lämmöneristysmaalilla pinnoitettuun ulkopintaan ja toinen pinnoittamattomaan pintaan laatikon sisäpuolelle. Käännettiin laatikko kyljelleen niin, että näytelevy tuli päällimmäiseksi sivuksi, jolloin hehkulampun ylöspäin nouseva lämpö kohdistuisi mahdollisimman hyvin tutkittavaan seinämään.

Jokaisen levyn lämpötila-arvoja mitattiin tunnin ajan lampun sytyttämisestä ja tiedot kirjattiin Vernier LabQuest -laitteen (Kuva 11) avulla LoggerPro-ohjelmistoon. Tunnin mittauksen jälkeen, kun lämpötila ei enää merkittävästi muuttunut, levyn ulkopinnasta otettiin lämpökamerakuva (Liite 3), josta voitiin tarkastella pintalämpötilaa koko levyn alalta.

Koejärjestelyn avulla vertailtiin lämmöneristysmaalien kykyä pitää pinnoitetun kappaleen pintalämpötila alhaisena.



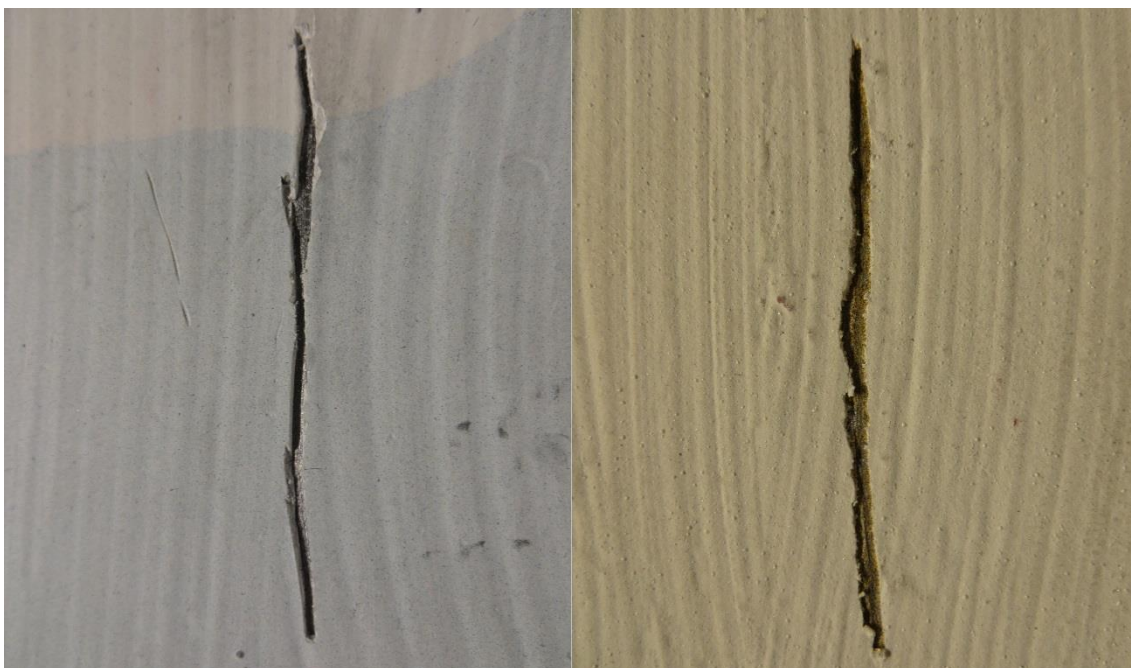
Kuva 11. Vernier Labquest -datankeräyslaite ja siihen kytketyt kaksi pintalämpötila-anturia, jotka kiinnitetään mitattavaan pintaan teipillä.

5 Tulokset

5.1 Suolasumukokeiden tulokset

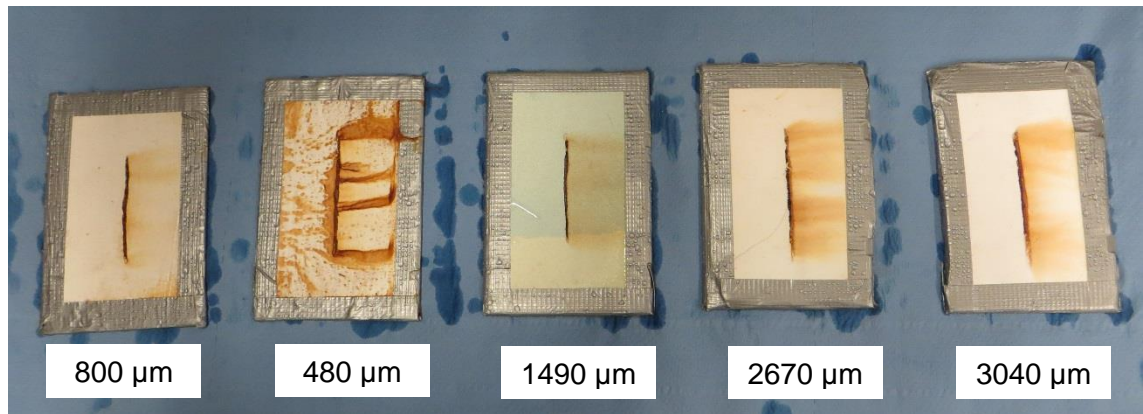
Ennen suolasumukokeiden aloittamista havaittiin ensimmäiset maalien eroavaisuudet heti maalikalvojen viiltämisen jälkeen. Carboline Carbotherm 551:llä maalattujen maalikalvojen alta paljastui puhdas teräspinta, mutta jokaisen Bronya Facadella maalatun kalvon alta paljastui korroosiolle jo hieman altistunut teräspinta (Kuva 12).

Kuvissa näkyvät maalipintojen sävyerot näytelevyjen pinnoissa johtuvat muiden maa-
laustöiden aiheuttamasta ohimaalauksesta, jolle näytelevyt pääsivät altistumaan kuivu-
essaan.

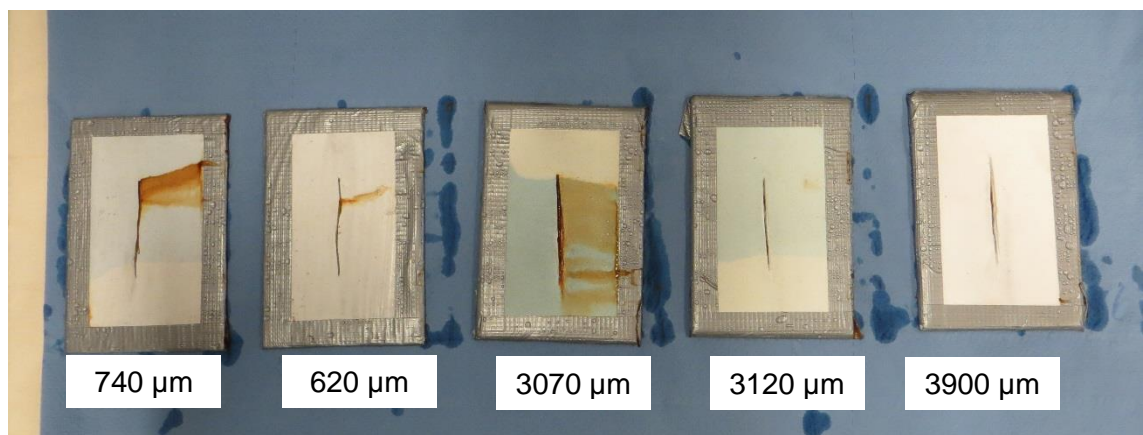


Kuva 12. Carbolinen (vas.) ja Bronyan näytteiden maalikalvot viillettyinä ennen suolasumukokeiden aloitusta

Tarkasteltiin näytelevyjä **144 tunnin** suolasumuaaltistamisen jälkeen (Kuva 13, Kuva 14.). Kaikissa levyissä oli havaittavissa korroosiota. Bronyalla maalatut näytteet olivat kärsineet enemmän korroosiot. Carbolinella maalatuissa paksuimmissa maalikalvoissa korroosiota oli nähtävissä vain hieman, kun viiltoa tarkasteltiin läheltä. Mikään Bronyalla tai Carbolinella maalatuista maalikalvoista ei osoittanut halkeilun tai muiden vaurioiden merkkejä.

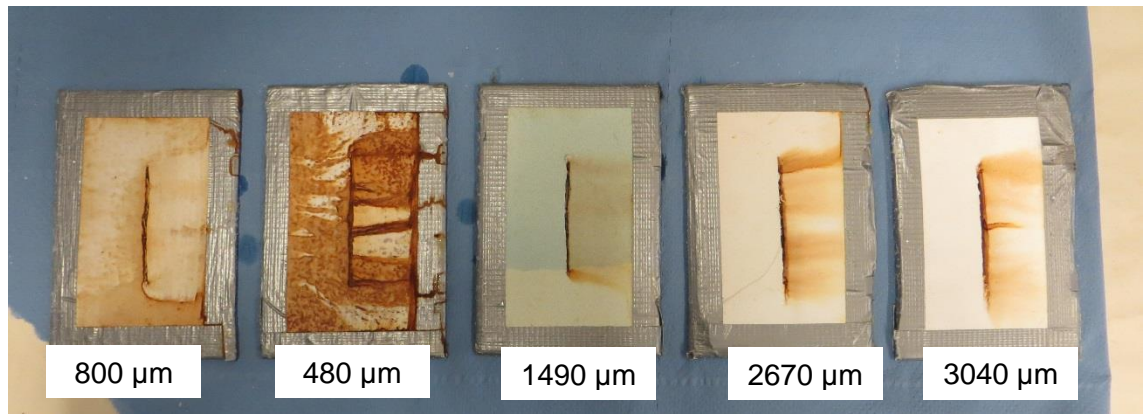


Kuva 13. Bronya Facade -suolasumukoenäytteet 144 tunnin rasituksen jälkeen

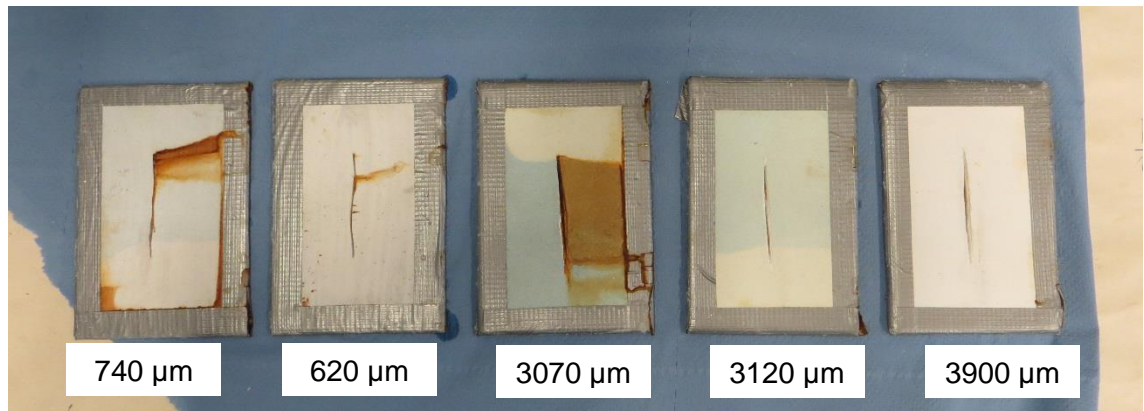


Kuva 14. Carboline Carbotherm 551 -suolasumukoenäytteet 144 tunnin rasituksen jälkeen

Testi lopetettiin **336 tunnin** suolasumuaaltistuksen jälkeen. Carbolinen tuotteella pinnoitetut näytelevyt selvisivät kokeesta silminnähden paremmin. Bronyan näytelevyt kärsivät korroosiosta enemmän ja ohuimmilla kalvonpaksuuksilla (800 µm, 480 µm) maalikalvot halkeilivat kevyesti viiltojen ympäriltä. Bronyan paksimmat maalikalvot ja Carbolinen kaikki maalikalvot selviytyivät testistä käytännössä vaurioitta. Testin jälkeen kaikki Bronyalla pinnoitetut näytelevyt olivat selkeästi syöpyneet viillon alueelta. Carbolinen paksuimmat kalvot (3120 µm, 3900 µm) suojasivat näytelevyjä, niin että korrosio oli syövyttänyt teräksen pintaa vain pisteittäin. Muut Carbolinen näytteet olivat selkeästi syöpyneet. Kummankaan lämmöneristysmaalin maalikalvot eivät olleet vaurioituneet tai irronneet viiltojen ympäriltä.



Kuva 15. Bronya Facade -suolasumukoenäytteet 336 tunnin rasituksen jälkeen



Kuva 16. Carboline Carbotherm 551 -suolasumukoenäytteet 336 tunnin rasituksen jälkeen

5.2 Kondensaatiokokeiden tulokset

Näytelevyjä pidettiin kondensaatio-olosuhteissa 40 °C:n lämpötilassa yhteensä 18 syklin eli 18 vuorokauden ajan. Koetta olisi voitu jatkaa vielä pidempään, mutta 18 syklin pituinen rasitus antoi riittävän hyvän kuvan kummankin maalin kosteudenkestävyydestä.

Bronya Facadella ja Carboline Carbotherm 551:llä pinnoitetut näytelevyt eivät osoittaneet vaurioitumisen merkkejä kondensaatiotestin jälkeen. Kaikkien näytteiden maali-kalvot olivat kalvonpaksuudesta riippumatta samanlaisessa kunnossa kuin ennen koejärjestelyn aloittamista.

5.3 Irtivetokokeiden tulokset

Lähes jokaisesta vedetystä koelieriöstä saatiin murtolujuustulokset. Ensimmäiset koelieriöt murtoivat irti alustasta leikatessa liimaa ja maalipintaa irti koelieriön ympäriltä. Näiden koelieriöiden kohdalla voitiin kuitenkin arvioida murtumatyyppi.

Turhan runsaan liiman käytön takia toistettiin testi uusilla näytteillä (Carboline: 17–24; Bronya 25–32) käyttämällä vähemmän liimaa. Toisella testikerralla kunnollisten tulosten saaminen oli kuitenkin vielä ongelmallisempaa, sillä yhä useamman näytteen kohdalla koelieriöt irtosivat jo maalikalvon leikkausvaiheessa.

Koska kaikki maalikalvot olivat samanvärisiä, oli välissä olevan maalikalvon tunnistus murtumatuloksista ongelmallista. Tästä syystä murtumatyypeissä käsitellään maalikalvoista ainoastaan pinta- ja pohjamaalia vaikka osassa näytteistä oli maalattuna kolmaskin maalikerros.

Taulukko 6. Irtivetokoetulokset: Carboline Carbotherm 551

Carboline Carbotherm 551			
Irtivetokoelieriö	Kuivakalvonpaksuus (µm)	Murtolujuus (MPa)	Murtumatyyppi
1	1050	-	B 100 %
2	1007	-	B 100 %
3	946	4,9	B 70 % – 30 %
4	964	4,9	B 50 % Y/Z 30 % – 20 %
5	255	10,0	A/B 70 % B 20 % Y/Z 10 %
6	390	5,8	– 90 % A/B 10 %
7	538	6,0	B 90 % Y/Z 10 %
8	349	10,8	A/B 90 % Y/Z 10 %
17	466	-	– 80 % A/B 20 %
18	668	3,5	– 80 % A/B 20 %
19	650	5,2	– 90 % A/B 10 %
20	612	-	– 100 %
21	1217	-	B 100 %
22	1084	-	B 100 %
23	1148	-	B 100 %
24	960	3,6	B 100 %

Taulukko 7. Irtivetokoetulokset: Bronya Facade

Bronya Facade			
Irtivetokoelieriö	Kuivakalvonpaksuus (µm)	Murtolujuus (MPa)	Murtumatyyppi
9	771	3,3	B 60 % -/Y 40 %
10	690	2,2	B 70 % Y/Z 20 % A/B 10 %
11	755	4,6	B 70 % Y/Z 20 % A/B 10 %
12	507	6,9	B 70 % Y/Z 20 % A/B 10 %
13	979	2,3	- 70 % Y/Z 20 % B 10 %
14	938	2,9	B 70 % Y/Z 20 % - 10 %
15	979	3,6	B 70 % Y/Z 30 %
16	953	4,2	B 70 % Y/Z 30 %
25	759	2,9	B 70 % Y/Z 30 %
26	1044	-	B 100 %
27	996	-	B 100 %
28	819	2,8	B 100 %
29	996	2,8	B 70 % Y/Z 30 %
30	778	2,5	B 100 %
31	785	2,9	B 100 %
32	959	-	B 100 %



Kuva 17. Carbolinen (vas.) ja Bronyan irtivetokoenäyte

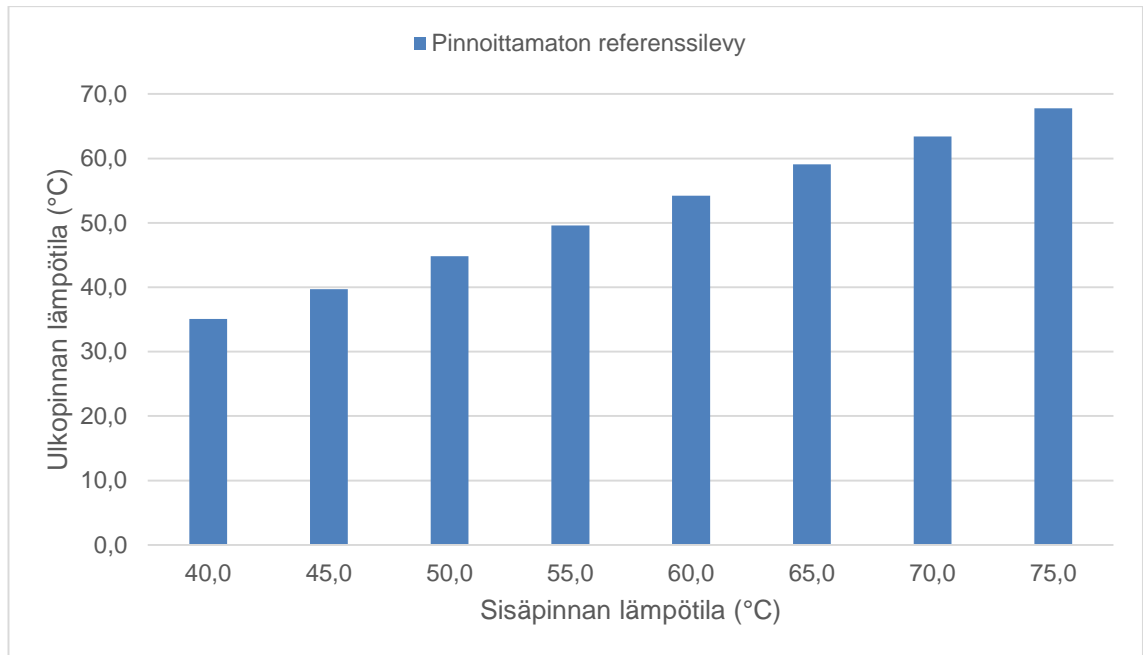
5.4 Lämmöneristävyyskokeiden tulokset

Lämpötilan kasvunopeus ja korkein lopullinen sisälämpötila tunnin testauksen jälkeen vaihteli, sillä mitä useampi testi oli suoritettu peräkkäin, sitä nopeammin lämpötila nousi ja suurempiin loppulämpötila-arvoihin päästiin. Tuloksiin taulukoitiin sisä- ja ulkopintojen lämpötilaerot sisälämpötilan alueella 40–85 °C, koska tällä mittausalueella saatiin tulokset lähes kaikista testeistä.

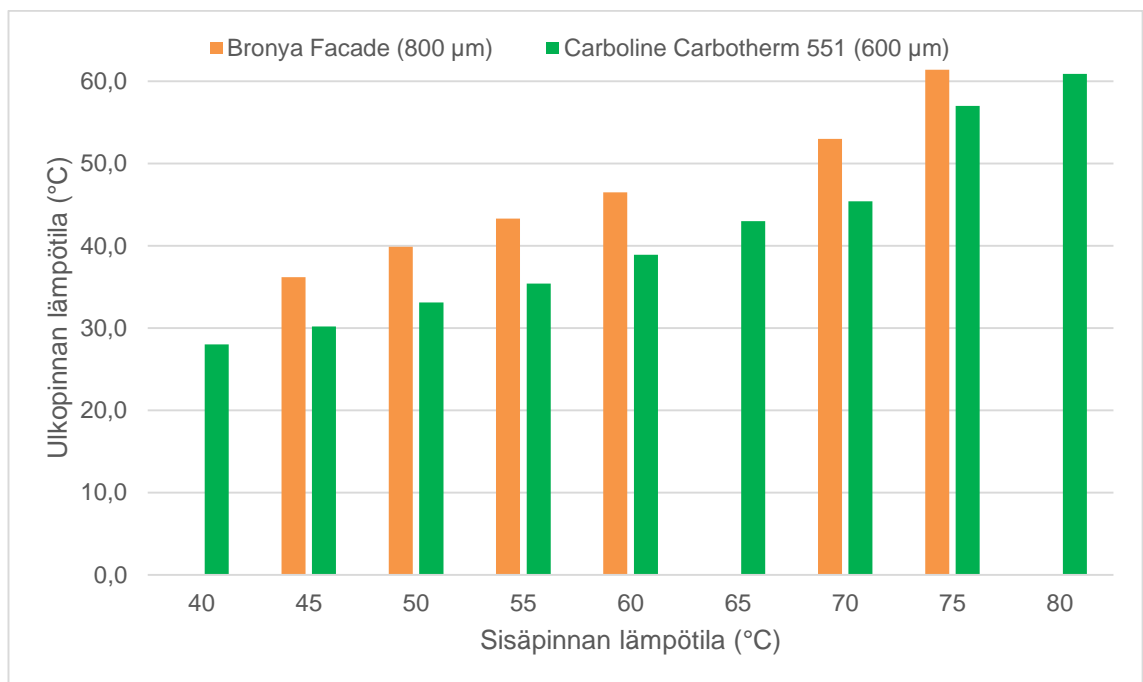
Pylväsdiagrammit (Kuva 19–Kuva 23) vertailevat Bronyan ja Carbolinen näytteiden ulkopintojen lämpötiloja eristysolosuhdelaatikon puolella olevan näytelevyn sisäpinnan ollessa lämpötila-alueella 40–85 °C. Kuva 18 esittelee vastaavat arvot pinnoittamattomalle referenssilevyllä. Eristysolosuhdelaatikon sisälämpötiloissa oli vaihtelevuutta, joten kaikkia lämpötila-alueen alku- ja loppupään tuloksia ei saatu ylös. Ensimmäisestä vertailukuvaajasta (Kuva 19) puuttuu myös Bronyan lämpötila-arvo sisäpinnan lämpötilan ollessa 65 °C. Tämä johtuu siitä, että LoggerPro-ohjelmisto keskeytti tuossa vaiheessa mittauksen tuntemattomasta syystä.

Lämmöneristävyyskokeiden LoggerPro-kuvaajat on esitelty liitteessä 1 ja lämmöneristävyyskokeista taulukoidut tulokset on esitelty liitteessä 2.

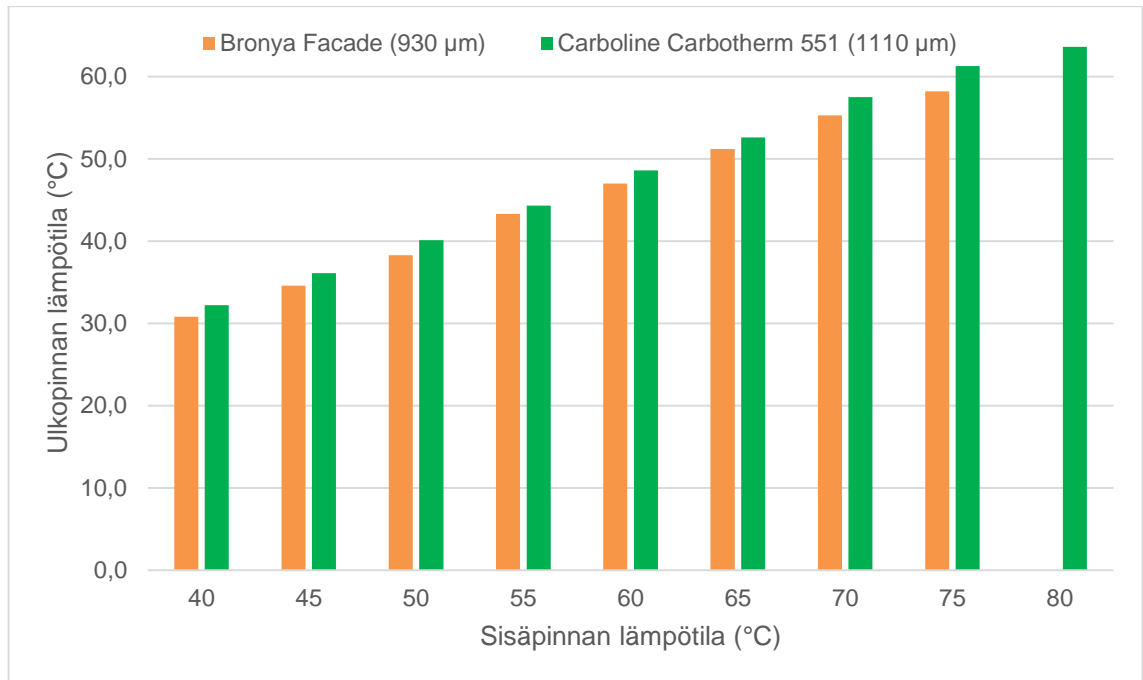
Keskenään vertailtavien näytelevyjen kuivakalvonpaksuudet eivät vastaa suoraan toisiaan, mutta tulokset päätettiin rinnastaa selkeyden vuoksi paksuusjärjestyksessä niin, että Bronyan ohuin kalvo vertautuu Carbolinen ohuimpaan kalvoon ja paksuin paksuimpaan ja niin edelleen.



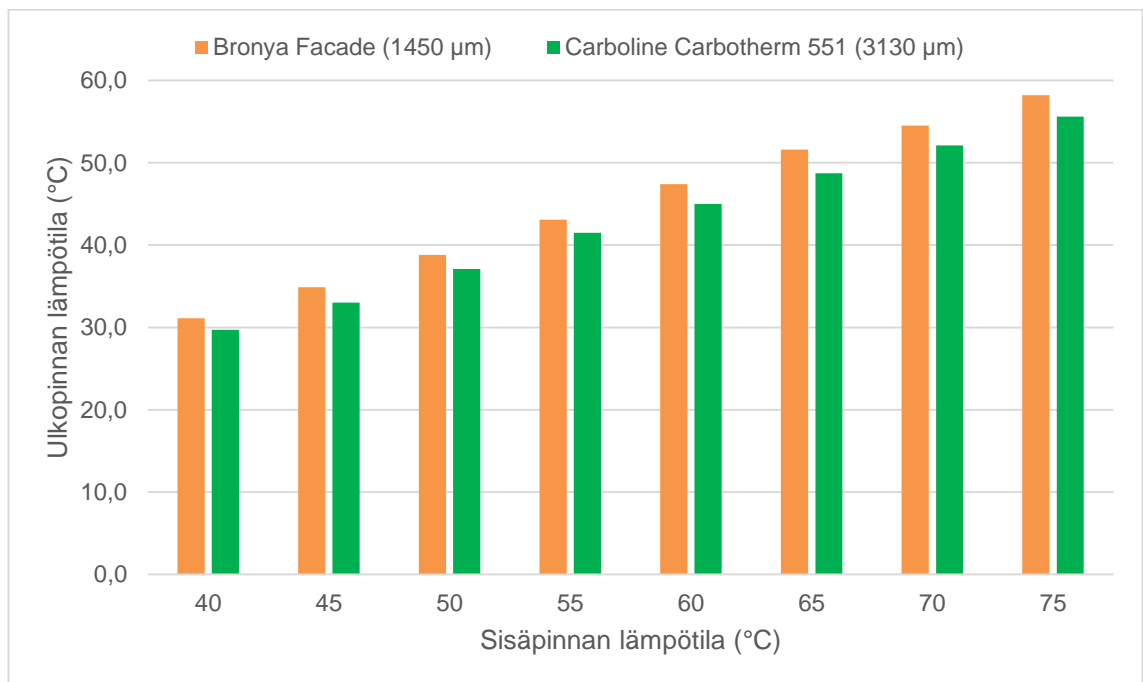
Kuva 18. Pinnoittamattoman referenssilevyn ulkopinnan lämpötilat sisälämpötilojen ollessa alueella 40–75 °C.



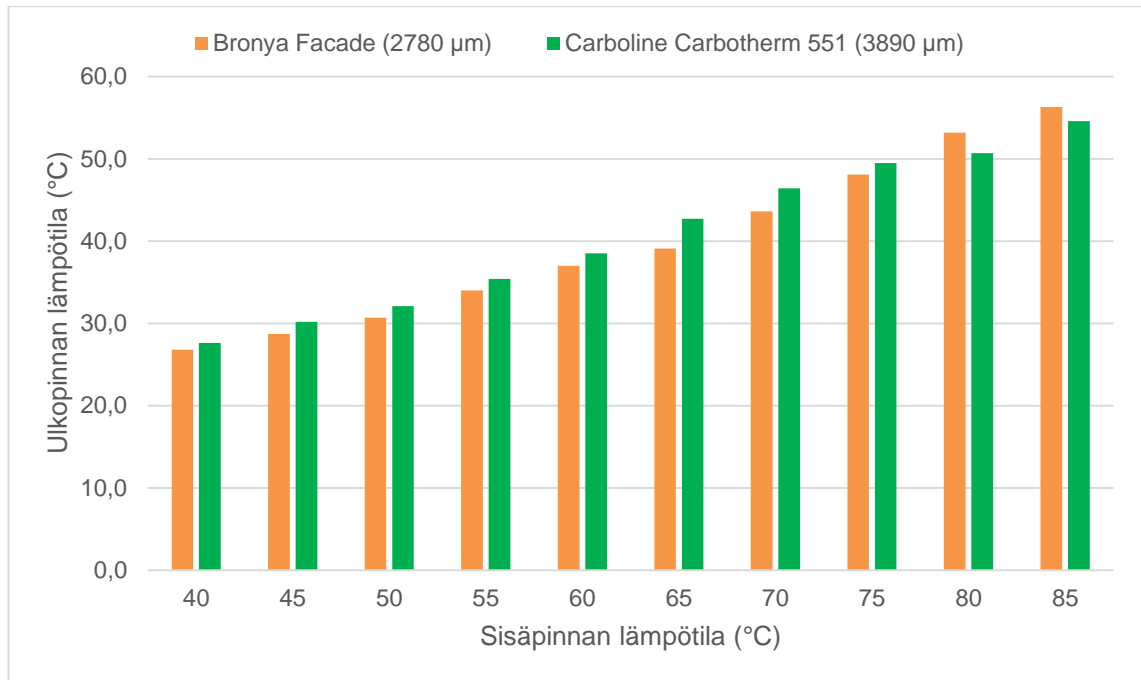
Kuva 19. Lämmöneristysmaalien Bronyan (800 µm) ja Carbolinen (600 µm) näytelevyjen ulkopinnan lämpötilat sisälämpötilojen ollessa alueella 40–80 °C.



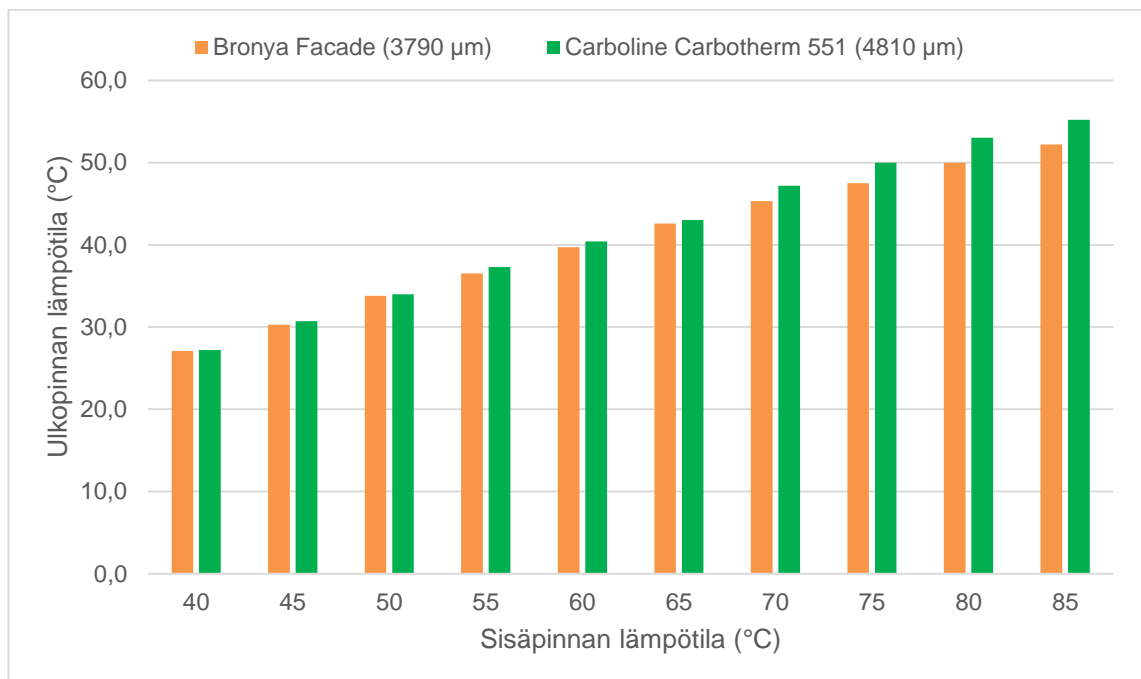
Kuva 20. Lämmöneristysmaalien Bronyan (930 µm) ja Carbolinen (1110 µm) näytelevyjen ulkopinnan lämpötilat sisälämpötilojen ollessa alueella 40–80 °C.



Kuva 21. Lämmöneristysmaalien Bronyan (1450 µm) ja Carbolinen (3130 µm) näytelevyjen ulkopinnan lämpötilat sisälämpötilojen ollessa alueella 40–75 °C.



Kuva 22. Lämmöneristysmaalien Bronyan (2780 µm) ja Carbolinen (3890 µm) näytelevyjen ulkopinnan lämpötilat sisälämpötilojen ollessa alueella 40–85 °C.



Kuva 23. Lämmöneristysmaalien Bronyan (3790 µm) ja Carbolinen (4810 µm) näytelevyjen ulkopinnan lämpötilat sisälämpötilojen ollessa alueella 40–85 °C.

Lämpökamerakuvat, jotka otettiin jokaisen näytelevyn ulkopinnasta testin lopussa, antoivat hieman korkeampia lämpötila-arvoja pinnasta kuin näytelevyn pintaan kiinnitetty pintalämpötila-anturi.

Lämpökamerakuvien raportit on esitelty liitteessä 3 ja raporteista taulukoidut tulokset ovat liitteessä 4.

6 Tulosten tarkastelu

6.1 Suolasumukokeet

Ennen suolasumukokeita tehdyt viillot Bronyan näytelevyihin paljastivat alustan ruostuneen jo valmiiksi. Kyseessä on pikaruosteilmiö (engl. flash corrosion), joka alkaa maalin levittämisen jälkeen. Se voidaan havaita, kun osa muodostuneesta korroosiotuotteesta nousee märän maalin pintaan. Ilmiö on tyypillinen ongelma käytettäessä vesiohenteisia pinnoitteita teräspinnoilla [23.]

Edellä mainittu pikaruosteilmiö oli havaittavissa vain Bronyan tuotteella pinnoitetuissa näytelevyissä. Carbolinella pinnoitettujen näytelevyjen pinnassa ei ollut havaittavissa lainkaan ruostetta. Lämmöneristysmaalit levitettiin samoissa olosuhteissa, joten syy piilee todennäköisesti ylimääräiseen ohentamiseen käytetyssä vedessä, jota lisättiin Bronyan lämmöneristysmaaliin ennen sen levittämistä.

Bronya Facadella pinnoitettujen näytelevyjen korroosiovauriot olivat 336 tunnin suolasumutestin jälkeen Carbolinen näytelevyjen vaurioita näkyvämmät. Bronyan näytteiden pinnoitekalvot olivat pääasiassa Carbolinen näytteitä ohuempia, mikä selittää osaksi näkyvämmät korroosiovauriot, joita oli ilmestynyt kaikkiin näytelevyihin. Toinen syy tehokkaampaan syöpymiseen on jo maalin levitysvaiheessa muodostunut edellä mainittu pikaruoste. Maalikalvojen alla oli havaittavissa selkeää korroosiota, joka oli osaksi seurausta maalin levitysvaiheessa muodostuneesta pikaruosteesta. Tehokkaampaa syöpymistä ei ollut tapahtunut viillon välittömässä läheisyydessä, vaan näytelevyt olivat syöpyneet tasaisesti maalikalvon alta.

Carbolinen näytelevyt syöpyivät Bronyan näytelevyjä hillitymmin. Paksummat kalvot (3120 μm , 3900 μm) suojasivat korroosiolta saman tuotteen ohuempia kalvoja paremmin, mutta kuitenkin rajallisesti.

6.2 Kondensaatiokokeet

Kondensaatiokokeiden perusteella kummankin lämmöneristyspinnoitteen muodostamat maalikalvot ovat tiiviitä, eivätkä ne paksuutensa vuoksi päästä kosteutta ainakaan helposti alustan pintaan.

6.3 Irtivetokokeet

Irtivetokokeista oli vaikeuksia saada vakuuttavia ja vertailtavia tuloksia. Ongelmia tuli maalikalvon irtileikkaamisessa koelieriön ympäriltä, ja lopputulos oli monesti se, että koelieriö irtosi leikkauksen yhteydessä.

Kummankin maalituotteen kohdalla tulokset olivat melko yhdenmukaisia, kun vertailua tehtiin saman maalituotteen eri näytteiden kesken. Tästä voidaan päätellä, että koetuloksien avulla saatiin realistinen kuva kummankin maalin tartunta- ja koheesioominaisuuksista.

Carbolinen irtivetokokeiden murtumatyypit olivat pääasiassa koheesiomurtumia. Useimmiten ensimmäisen maalikerroksen sisäinen lujuus petti. Murtolujuus oli keskimäärin noin 6 MPa.

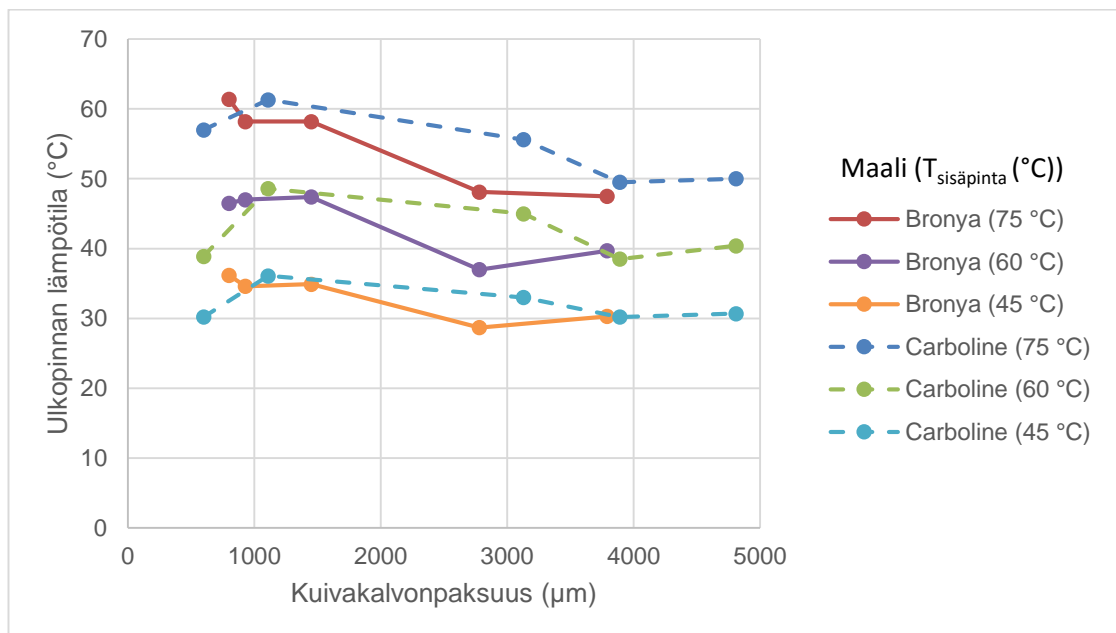
Bronyan irtivetokokeissa pääasiallisena murtumatyyppinä oli lähes kaikissa tuloksissa ensimmäisen maalikerroksen koheesiomurtuma. Murtolujuus oli keskimäärin noin 3 MPa.

Tulokset vastaavat hyvin myös kummankin pinnoitteen ulkoisesti havaittavaa vaikutelmaa, joka on melko pehmeä. Kynnellä oli mahdollista tehdä painauma maalikalvon pintaan. Bronyan tuote oli Carbolinea pehmeämpi. Havainto vastaa maalien sideaineiden ominaisuuksia, sillä epoksimaalit ovat akryylimaaaleja kovempia. Tämä näkyi murto-

lujuusarvoissa, jotka olivat Bronyan kohdalla pienempiä. Murtumatyyppien kannalta vertailtavat maalit olivat hyvin samankaltaisia.

6.4 Lämmöneristävyyskokeet

Suoraa vertailua oli mahdotonta tehdä Bronyan ja Carbolinen näytteiden välillä, sillä näytteiden kuivakalvonpaksuudet eivät vastanneet toisiaan. Carbolinen suurin kuivakalvonpaksuus oli noin 4800 μm , kun taas Bronyan suurin paksuus oli noin 3800 μm . Kuitenkin pistekuvaaja (Kuva 24) havainnollistaa, kuinka kalvonpaksuus vaikuttaa eristystehoon ja kuinka Bronya eristää Carbolinea hieman tehokkaammin. Carbolinen tulokset ohuimmalla maalikalvolla antavat erityisen alhaisia ulkopinnan lämpötiloja. Bronyan ja Carbolinen paksuimmilla maalikalvoilla lämpötilat eivät olleet alhaisempia. Poikkeavat tulokset johtuvat todennäköisesti mittausvirheistä, jotka johtuvat virheellisestä pintalämpötila-anturin asennuksesta.



Kuva 24. Lämmöneristysmaalien ulkopinnan lämpötilat kuivakalvonpaksuuden funktiona näytelevyn sisäpinnan lämpötilan ollessa 75, 60 ja 45 °C

Tulosten osittaisesta poikkeavuudesta huolimatta pistekuvaajasta (Kuva 24) voidaan todeta, että kumpikin lämmöneristysmaali eristää lämpöä sitä enemmän, mitä suurempi kalvonpaksuus on.

Valtaosassa vertailuista Bronya Facade piti ulkopinnan lämpötilan Carboline Carbotherm 551:tä alhaisempana, vaikka lähes kaikissa vertailupareissa Bronyan kuivakalvonpaksuudet olivat Carbolinea ohuempia. Bronyan lämmöneristystehokkuus näkyy etenkin kuvaajasta, jossa Bronyan näytteen kuivakalvonpaksuus oli alle puolet Carbolinen näytelevyn kalvonpaksuudesta (Kuva 21). Vaikka tässä tapauksessa Bronyan ulkopinnan lämpötilat olivat Carbolinea korkeampia, ne olivat hyvin samalla alueella huolimatta huomattavasti ohuemmasta kalvonpaksuudesta.

Lämpökameramittaukset antoivat pintalämpötila-anturilla mitattuja arvoja hieman korkeampia tuloksia. Eri menetelmillä mitatut arvot olivat kaikissa mittauksissa kuitenkin lähellä toisiaan ja lämpökameramittausarvot olivat johdonmukaisesti poikkeuksetta pintalämpötila-anturilla mitattuja arvoja suurempia. Tähän saattoi vaikuttaa testitilan valaistuksen aiheuttama kuvattavasta kohteesta heijastuva ylimääräinen lämpösäteily.

7 Johtopäätökset

Suoraa vastausta toisen lämmöneristysmaalin paremmuudesta ei tehdyillä kokeilla voida antaa. Bronya Facade ja Carboline Carbotherm 551 pärjäsivät testeissä yhtäläisesti siinä määrin, että kummankin tuotteen käytölle on hyvät perusteet.

Bronya Facade menestyi **lämmöneristävyyskokeissa** Carbolinen maalia paremmin. Myös Carbolinen tuote toimi lämmöneristeenä, mutta Bronyan tuote eristi tehokkaammin ohuemmallakin maalikalvolla.

Korroosio-ominaisuuksien puolesta Carboline pärjasi vertailussa paremmin, sillä Bronyan tuote aiheutti pikaruostetta teräslevyn pintaan jo maalin levitysvaiheessa. Kyseinen ilmiö voi aiheuttaa ongelmia maalikalvon kiinnipysyvyyteen sen elinkaaren aikana. Carbolinen maali suojaa teräspintaa paremmin korroosiolta, mutta kummankaan tuotteen korroosiosuojauskyvyssä ei havaittu merkittäviä puutteita.

Bronyan ja Carbolinen tuotteilla on melko yhtäläiset tartunta- ja lujuusominaisuudet. Kummankin maalin murtumatyypit olivat pääasiassa koheesiomurtumia, joten maalit ovat siinä mielessä samankaltaisia.

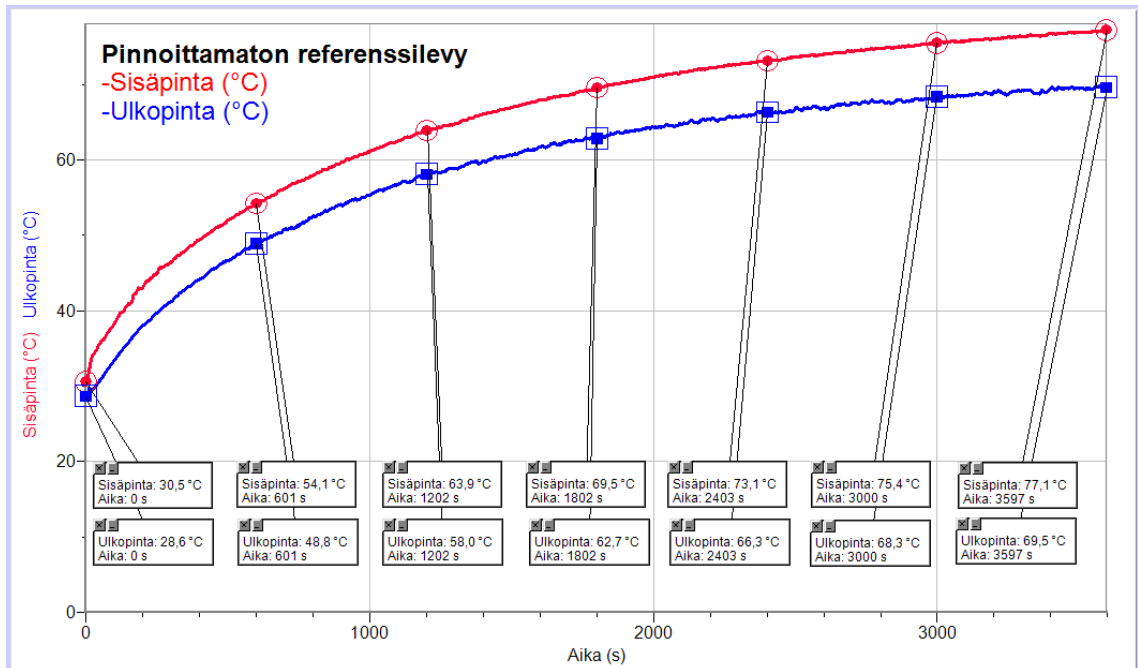
Huonompi maalin levitettävyyys ja maalin aiheuttama pikaruostuminen ovat Bronya Facaden puutteita, mutta toisaalta Carbolinea parempi lämmöneristävyys on maalin merkittävä etu. Carboline Carbotherm 551 sen sijaan on helpommin levitettävä, mutta tuotteen lämmöneristävyys on sen verrokkia hieman heikompi.

Lähteet

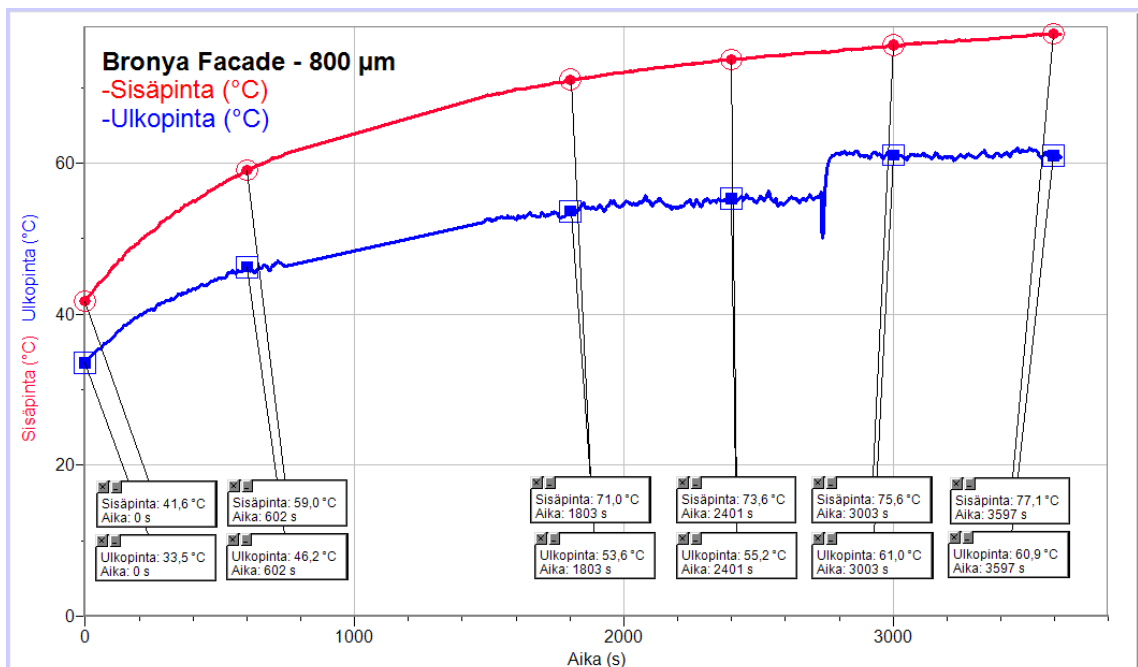
- 1 Heinonen, Jorma ym. 1999. Tekninen eristäminen. Helsinki: Suomen Eristysyhdistys ry ja Opetushallitus.
- 2 Hautala, Mikko. Peltonen, Hannu. 2014. Insinöörin (AMK) Fysiikka Osa I. Lahti: Lahden Teho-opetus Oy.
- 3 Suvanto, Kari. 2010. Tekniikan fysiikka 1. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- 4 Eristämisen pikkujätki. λ - ja U-arvo. Verkkosivu. Rockwool Finland Oy. <[http://www.rockwool.fi/ohjeet+ja+neuvot/eristämisen+pikkujätki/tuoteominaisuudet/\lambda-arvo+ja+u-arvo](http://www.rockwool.fi/ohjeet+ja+neuvot/eristamisen+pikkujätki/tuoteominaisuudet/\lambda-arvo+ja+u-arvo)> Luettu 31.3.2016.
- 5 EPS-eristeet. Lämmöneristystarvikkeet. RT-34-11113. Rakennustietokortti. 2013. Rakennustietosäätiö.
- 6 Mineraalivillaeristeet. RT 36-10689. Rakennustietokortti. 1999. Rakennustietosäätiö.
- 7 SFS 3976. Putki-, säiliö- ja laite-eristykset. 2006. Eristeet ja eristys-elementit. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.
- 8 Nasa Spinoff. Home Insulation With the Stroke of a Brush. Verkoartikkeli. NASA. <http://spinoff.nasa.gov/spinoff2003/er_4.html> Luettu 11.3.2016.
- 9 Bynum, Richard T. Jr. 2001. Insulation Handbook. New York: McGraw-Hill.
- 10 Allen, M.S. ym. Advances in microsphere insulation systems. 2003. Cryogenic Engineering Conference. Verkkodokumentti.
- 11 Hollow Glass Microspheres. Verkkosivu. Sinosteel Maanshan New Material Technology. <<http://www.glass-bubble.com/products/Hollow-glass-microspheres-T40-12.html>> Luettu 11.3.2016.
- 12 Ceramic Paint Additive Makes any Paint Insulate. Verkkosivu. Hy-Tech. <http://www.hytechsales.com/insulating_paint_additives.html> Luettu 7.4.2016.
- 13 Carbotherm® 551. 2015. Thermal Barrier. Durable Insulative Coating. Energy Savings. Tuotepresentaatio.
- 14 Goldschmidt, Artur. Streitberger, Hans-Joachim. 2007. BASF Handbook on Basics of Coating Technology. Münster: BASF Coatings AG.

- 15 Korroosionestomaalauksen käsikirja. 2013. Teknos Oy.
- 16 Schweitzer, Philip A. 2001. Corrosion-Resistant Linings and Coatings. New York: Marcel Dekker, Inc.
- 17 Flink, Raimo ym. 2009. Metallipintojen teollinen maalaus. Tikkurila Oy, Industrial Coatings.
- 18 Maalialan sanasto. Verkkosivu. Tikkurila Oyj.
<http://www.tikkurila.fi/kotimaalarit/ohjeet/artikkelit/maalialan_sanasto> Luettu 7.4.2016.
- 19 SFS-EN 12944-5. Maalit ja lakat. 2008. Teräsrakenteiden korroosionesto suoja-
maaliyhdistelmillä. Osa 5: Suojamaaliyhdistelmät. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.
- 20 SFS-EN ISO 9227. Korroosiokokeet keinotekoisissa kaasu ympäristöissä. 2010.
Suolasumukokeet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.
- 21 SFS-EN ISO 6270-2. Maalit ja lakat. 2006. Kosteudenkestävyyden määrittäminen. Osa
2: Koekappaleiden altistaminen kondensaatio-olosuhteille. Helsinki: Suomen
Standardoimisliitto SFS.
- 22 SFS-EN ISO 16276-1. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä.
2007. Pinnoitteen tartunnan ja koheesion (murtumislujisuuden) arviointi ja hyväk-
symiskriteerit. Osa 1: Irtivetokoe
- 23 Corrosionpedia. Flash Corrosion. Verkkosivu. Corrosionpedia Inc.
<<https://www.corrosionpedia.com/definition/519/flash-corrosion>> Luettu 6.4.2016.

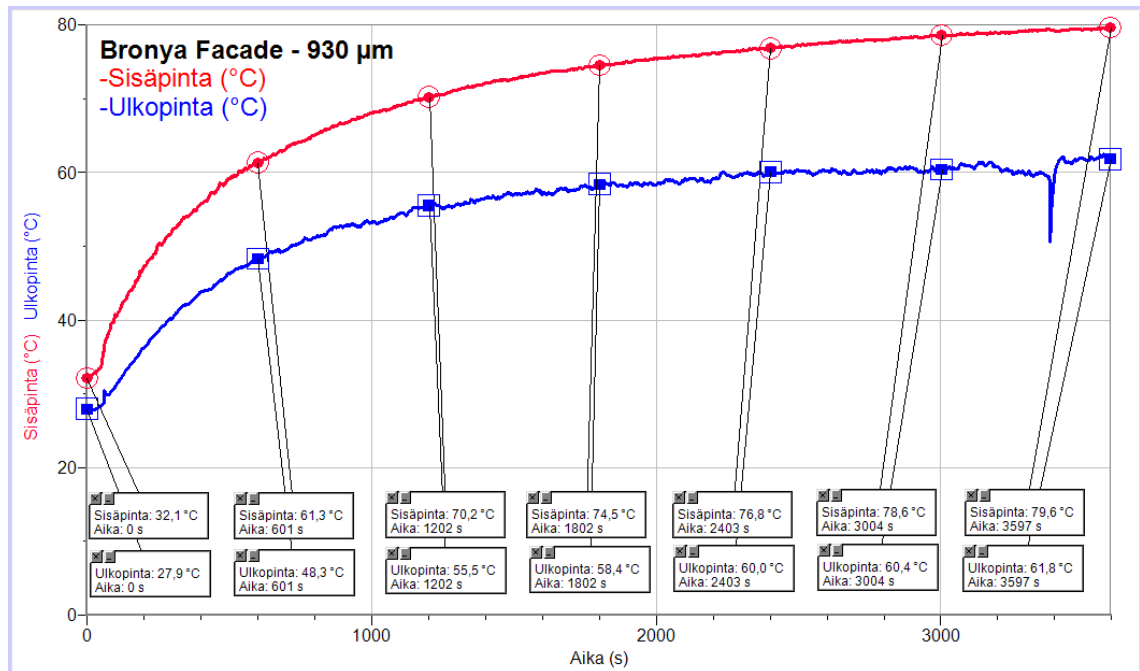
Lämmöneristävyykskeiden LoggerPro-kuvaajat



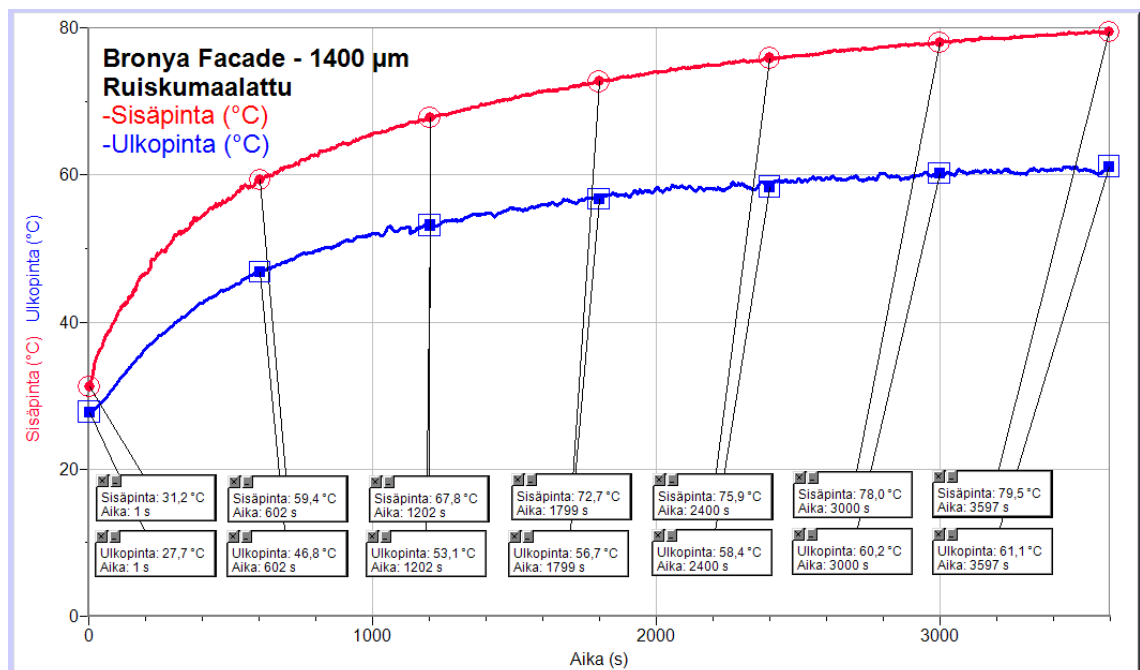
Kuva 1. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Pinnoittamaton referenssilevy



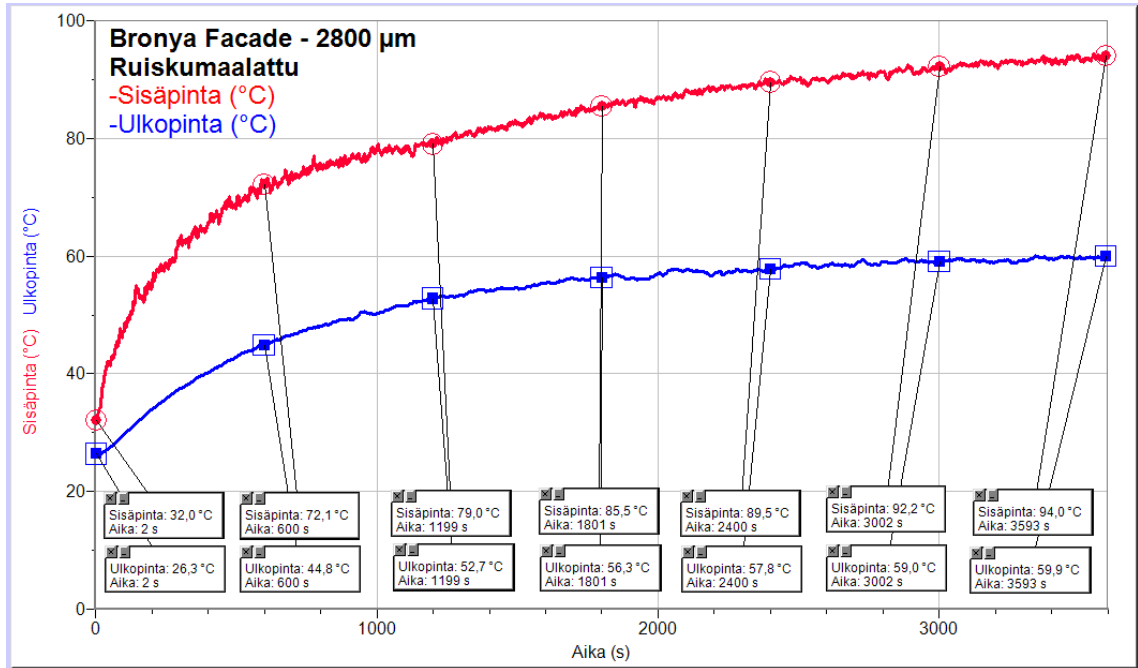
Kuva 2. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Bronya Facade - Käsinmaalattu (800 µm)



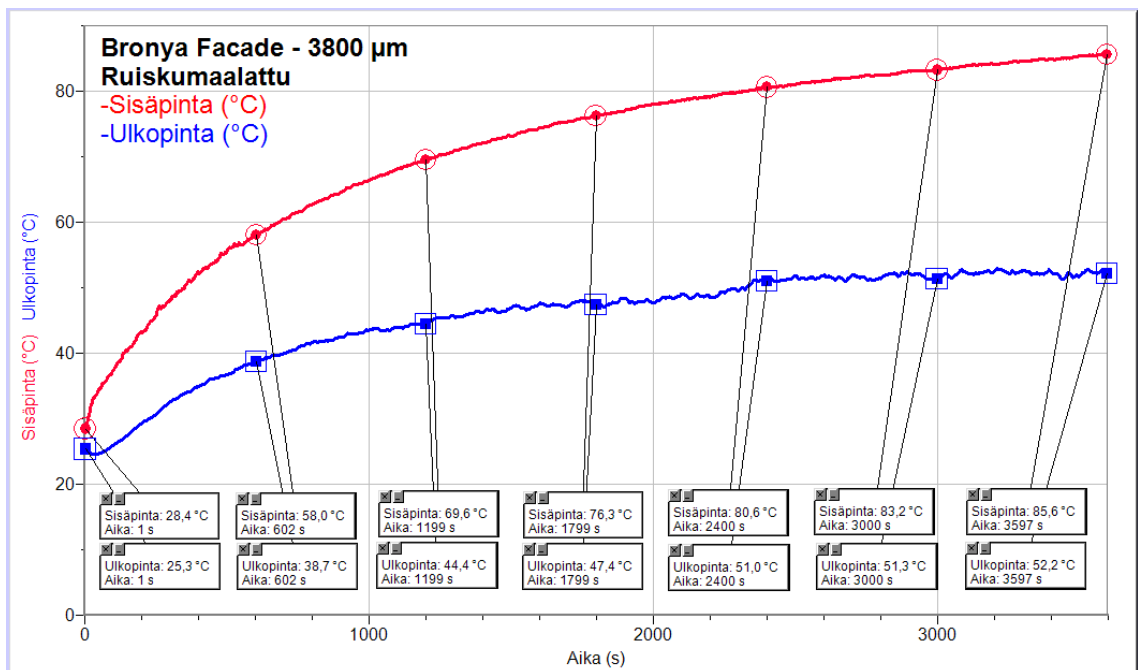
Kuva 3. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Bronya Facade - Käsinmaalattu (930 µm)



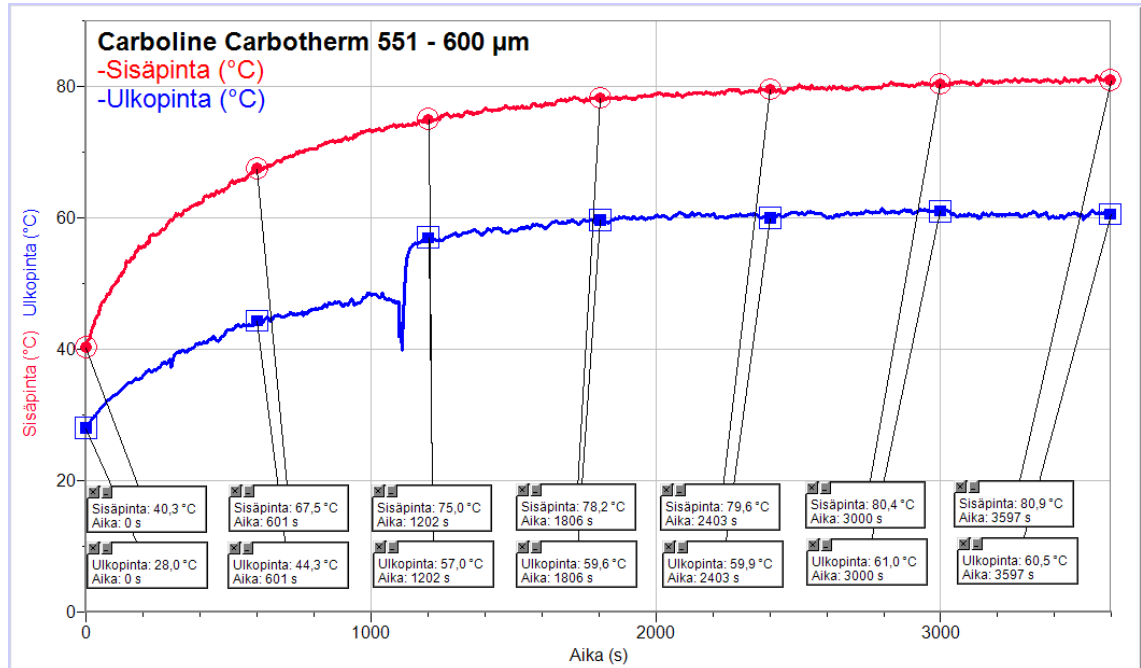
Kuva 4. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Bronya Facade - Ruiskumaalattu (1400 µm)



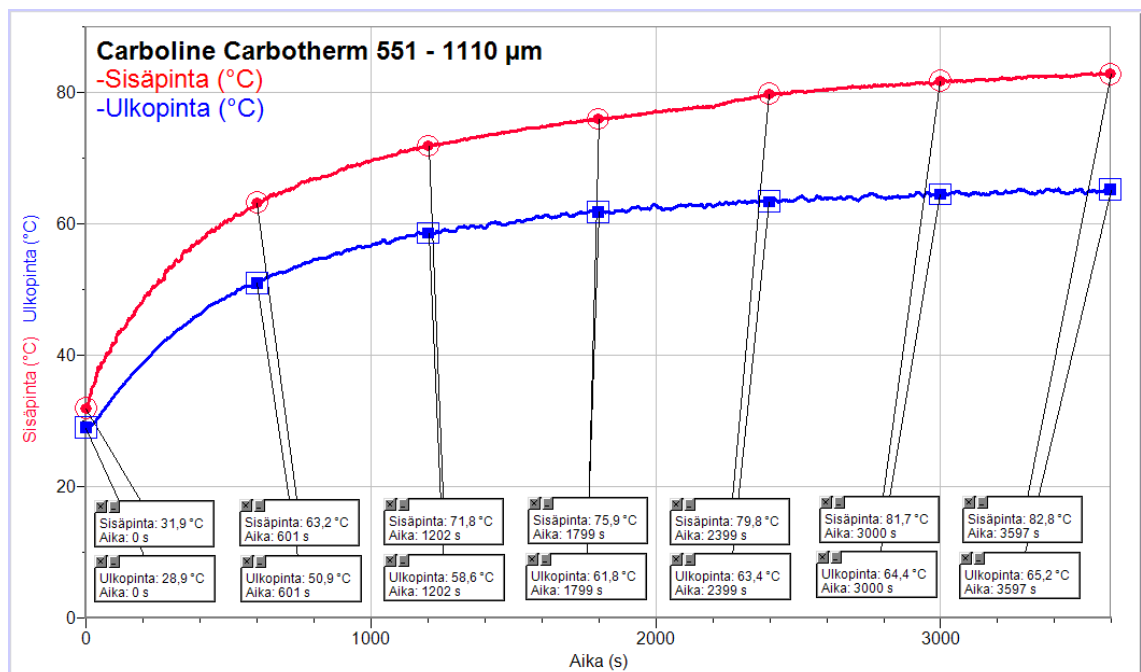
Kuva 5. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Bronya Facade - Ruiskumaalattu (2800 µm)



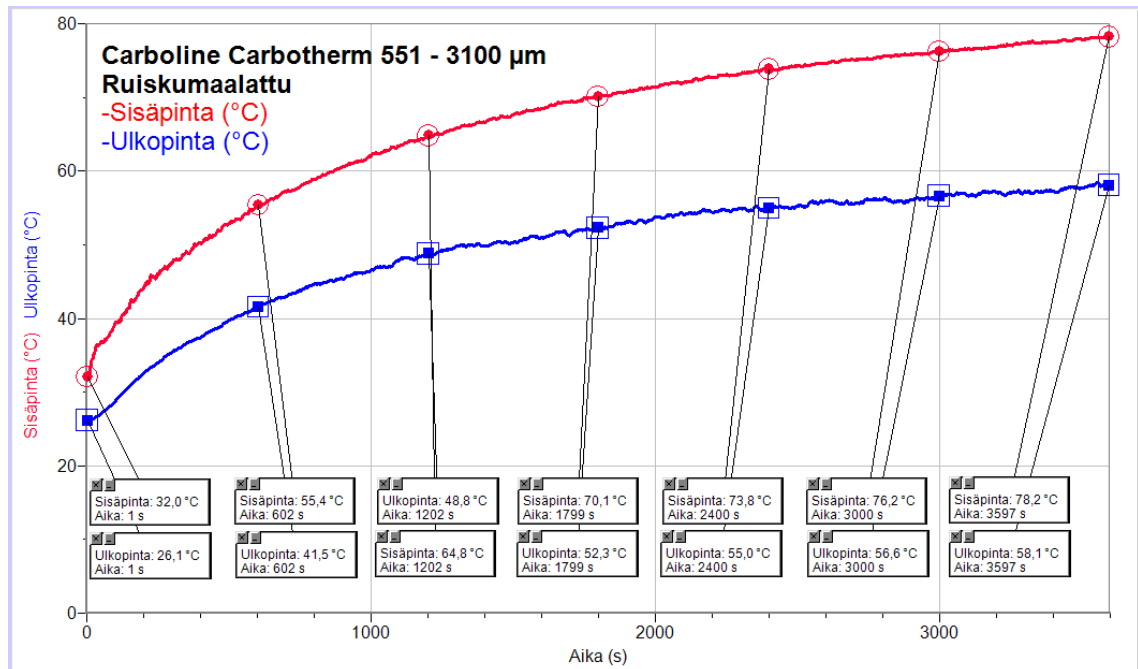
Kuva 6. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Bronya Facade - Ruiskumaalattu (3800 µm)



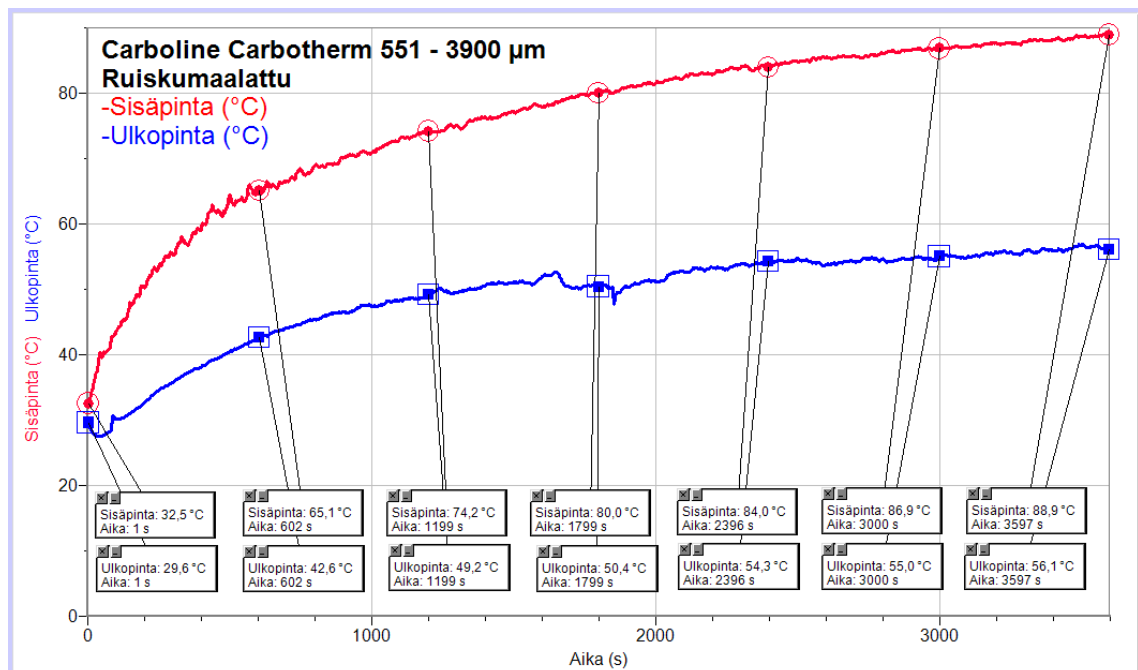
Kuva 7. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Carboline Carbotherm 551 - Käsmaalattu (600 µm)



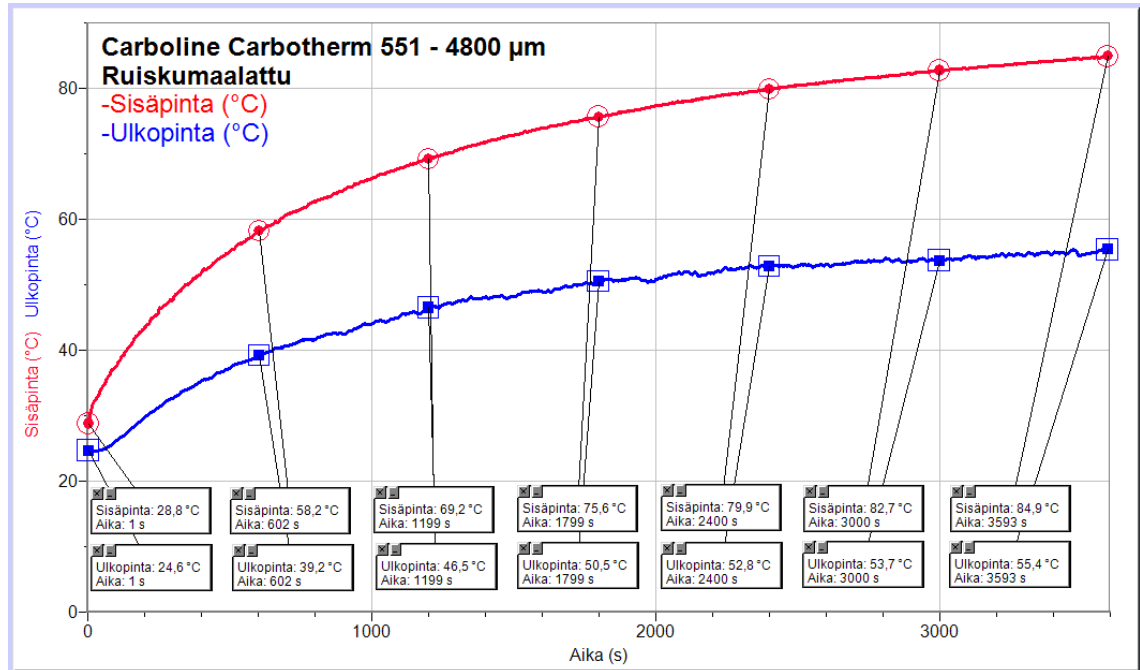
Kuva 8. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Carboline Carbotherm 551 - Käsmaalattu (1110 µm)



Kuva 9. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Carboline Carbotherm 551 - Ruiskumaalattu (3100 µm)



Kuva 10. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Carboline Carbotherm 551 - Ruiskumaalattu (3900 µm)



Kuva 11. LoggerPro-lämpötilakuvaaja: Carboline Carbotherm 551 - Ruiskumaalattu (4800 µm)

Lämmöneristävyyskokeiden taulukoidut tulokset sisäpinnan lämpötilan ollessa alueella 40–85 °C

Taulukko 1. Käsimaalattujen näytelevyjen sisä- ja ulkopintojen lämpötilaerot

Bronya Facade			Carboline Carbotherm 551		
Näytelevy 11 - 800 µm			Näytelevy 6 - 600 µm		
$T_{\text{sisä}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$T_{\text{ulko}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$\Delta T \text{ (}T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}}\text{)}$	$T_{\text{sisä}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$T_{\text{ulko}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$\Delta T \text{ (}T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}}\text{)}$
-	-	-	40,0	28,0	12,0
45,0	36,2	8,8	45,0	30,2	14,8
50,0	39,9	10,1	50,0	33,1	16,9
55,0	43,3	11,7	55,0	35,4	19,6
60,0	46,5	13,5	60,0	38,9	21,1
65,0	-	-	65,0	43,0	22,0
70,0	53,0	17,0	70,0	45,4	24,6
75,0	61,4	13,6	75,0	57	18,0
80,0	-	-	80,0	60,9	19,1
85,0	-	-	85,0	-	-
Bronya Facade			Carboline Carbotherm 551		
Näytelevy 12 - 930 µm			Näytelevy 5 - 1110 µm		
$T_{\text{sisä}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$T_{\text{ulko}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$\Delta T \text{ (}T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}}\text{)}$	$T_{\text{sisä}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$T_{\text{ulko}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$\Delta T \text{ (}T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}}\text{)}$
40,0	30,8	9,2	40,0	32,2	7,8
45,0	34,6	10,4	45,0	36,1	8,9
50,0	38,3	11,7	50,0	40,1	9,9
55,0	43,3	11,7	55,0	44,3	10,7
60,0	47,0	13,0	60,0	48,6	11,4
65,0	51,2	13,8	65,0	52,6	12,4
70,0	55,3	14,7	70,0	57,5	12,5
75,0	58,2	16,8	75,0	61,3	13,7
80,0	-	-	80,0	63,6	16,4
85,0	-	-	85,0	-	-

Taulukko 2. Ruiskumaalattujen näytelevyjen sisä- ja ulkopintojen lämpötilaerot

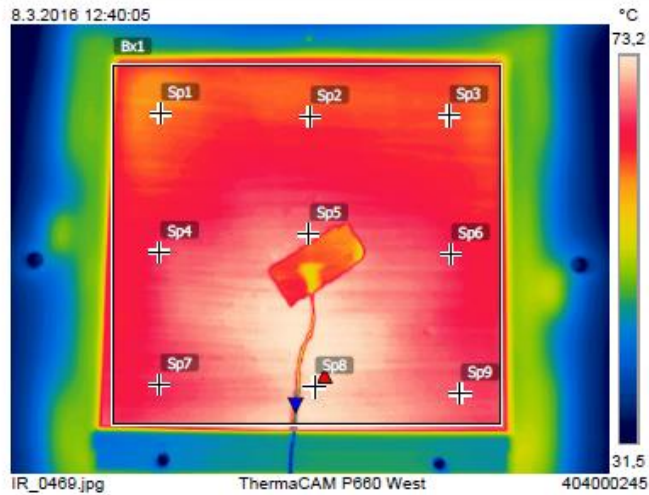
Bronya Facade			Carboline Carbotherm 551		
Näytelevy 28 - 1450 µm			Näytelevy 19 - 3130 µm		
$T_{\text{sisä}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{ulko}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}})$	$T_{\text{sisä}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{ulko}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}})$
40,0	31,1	8,9	40,0	29,7	10,3
45,0	34,9	10,1	45,0	33,0	12,0
50,0	38,8	11,2	50,0	37,1	12,9
55,0	43,1	11,9	55,0	41,5	13,5
60,0	47,4	12,6	60,0	45,0	15,0
65,0	51,6	13,4	65,0	48,7	16,3
70,0	54,5	15,5	70,0	52,1	17,9
75,0	58,2	16,8	75,0	55,6	19,4
80,0	-	-	80,0	-	-
85,0	-	-	85,0	-	-
Bronya Facade			Carboline Carbotherm 551		
Näytelevy 29 - 2780 µm			Näytelevy 20 - 3890 µm		
$T_{\text{sisä}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{ulko}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}})$	$T_{\text{sisä}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{ulko}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}})$
40,0	26,8	13,2	40,0	27,6	12,4
45,0	28,7	16,3	45,0	30,2	14,8
50,0	30,7	19,3	50,0	32,1	17,9
55,0	34,0	21,0	55,0	35,4	19,6
60,0	37,0	23,0	60,0	38,5	21,5
65,0	39,1	25,9	65,0	42,7	22,3
70,0	43,6	26,4	70,0	46,4	23,6
75,0	48,1	26,9	75,0	49,5	25,5
80,0	53,2	26,8	80,0	50,7	29,3
85,0	56,3	28,7	85,0	54,6	30,4
Bronya Facade			Carboline Carbotherm 551		
Näytelevy 30 - 3790 µm			Näytelevy 21 - 4810 µm		
$T_{\text{sisä}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{ulko}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}})$	$T_{\text{sisä}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{ulko}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}})$
40,0	27,1	12,9	40,0	27,2	12,8
45,0	30,3	14,7	45,0	30,7	14,3
50,0	33,8	16,2	50,0	34,0	16,0
55,0	36,5	18,5	55,0	37,3	17,7
60,0	39,7	20,3	60,0	40,4	19,6
65,0	42,6	22,4	65,0	43,0	22,0
70,0	45,3	24,7	70,0	47,2	22,8
75,0	47,5	27,5	75,0	50	25,0
80,0	50	30,0	80,0	53	27,0
85,0	52,2	32,8	85,0	55,2	29,8

Lämmöneristävyyskokeiden lämpökamerakuvaraportit



Bronya Facade
Näyte 11 - 3 kertaa käsinmaalattu
Näytelevyn sisäpinnan lämpötila: 77,1 °C

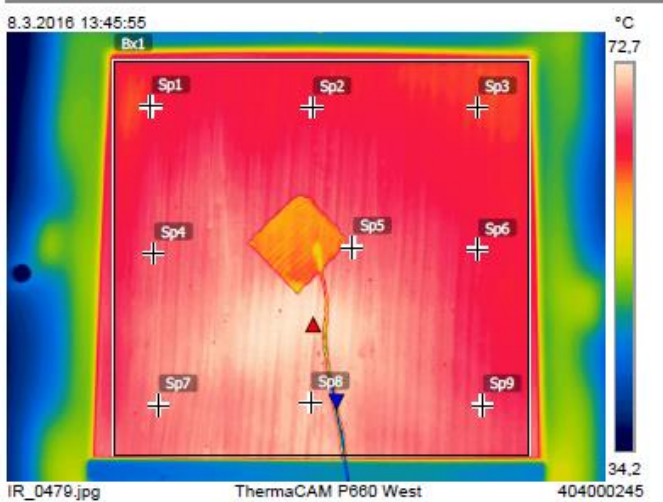
Mittaukset		°C
Bx1	Max	73,7
	Min	44,8
Sp1		61,8
Sp2		63,3
Sp3		63,2
Sp4		66,9
Sp5		69,4
Sp6		66,9
Sp7		66,7
Sp8		72,3
Sp9		68,1
Parametrit		
Emissiivisyys		0,95
Heij. näenn.lämp.		24,4 °C





Bronya Facade
Näyte 12 - 2 kertaa käsinmaalattu
Näytelevyn sisäpinnan lämpötila: 79,6 °C

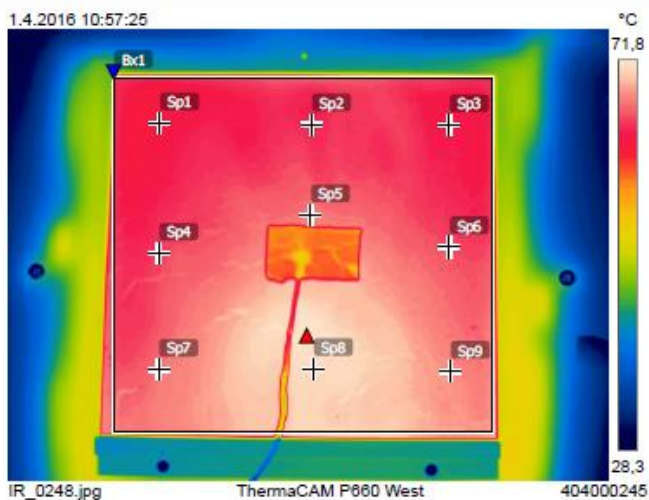
Mittaukset			°C
Bx1	Max	73,3	
	Min	38,6	
Sp1		64,9	
Sp2		65,6	
Sp3		63,5	
Sp4		67,8	
Sp5		68,8	
Sp6		66,4	
Sp7		69,5	
Sp8		70,7	
Sp9		67,6	
Parametrit			
Emissiivisyys		0,95	
Heij. näenn.lämp.		24,4 °C	





Bronya Facade
Näyte 28 - Ruiskumaalattu 1400 µm
Näytelevyn sisäpinnan lämpötila: 79,5 °C

Mittaukset		°C
Bx1	Max	72,3
	Min	49,7
Sp1		63,8
Sp2		64,9
Sp3		64,5
Sp4		65,7
Sp5		67,8
Sp6		66,3
Sp7		67,6
Sp8		71,1
Sp9		68,4
Parametrit		
Emissiivisyys		0,95
Heij. näenn.lämp.		23 °C



1.4.2016 10:57:25



DC_0249.jpg



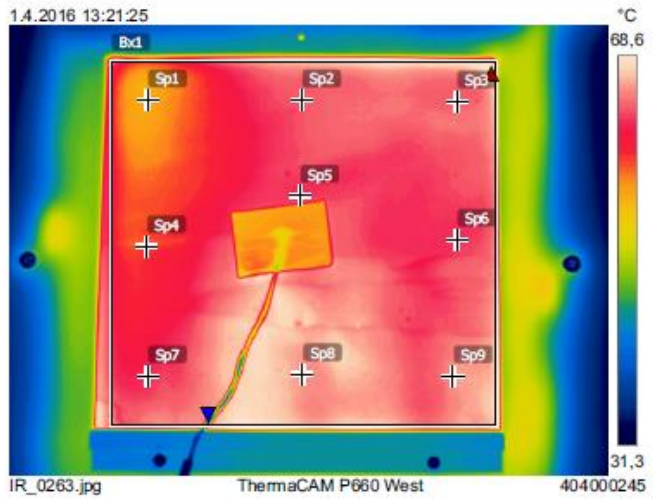
Bronya Facade
Näyte 29 - Ruiskumaalattu 2800 µm
Näytelevyn sisäpinnan lämpötila: 94,1 °C

Mittaukset °C

Bx1	Max	69,9
	Min	42,0
Sp1		56,2
Sp2		64,0
Sp3		64,4
Sp4		59,4
Sp5		62,9
Sp6		63,0
Sp7		62,8
Sp8		66,0
Sp9		65,9

Parametrit

Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	23 °C



1.4.2016 13:21:25



DC_0264.jpg



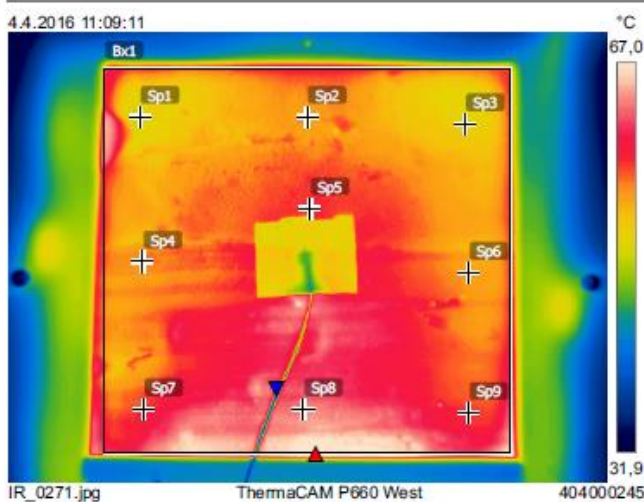
Bronya Facade
Näyte 30 - Ruiskumaalattu 3800 µm
Näytelevyn sisäpinnan lämpötila: 85,6 °C

Mittaukset °C

Bx1	Max	68,2
	Min	39,8
Sp1		51,7
Sp2		55,8
Sp3		52,9
Sp4		56,8
Sp5		59,1
Sp6		55,9
Sp7		59,0
Sp8		64,2
Sp9		58,9

Parametrit

Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	23 °C



4.4.2016 11:09:11

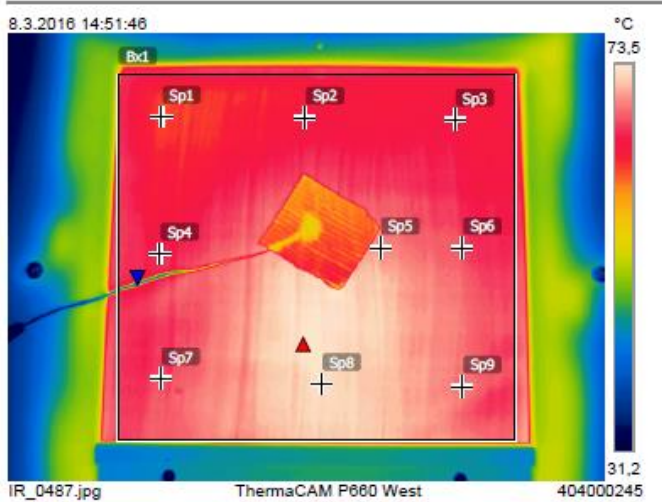




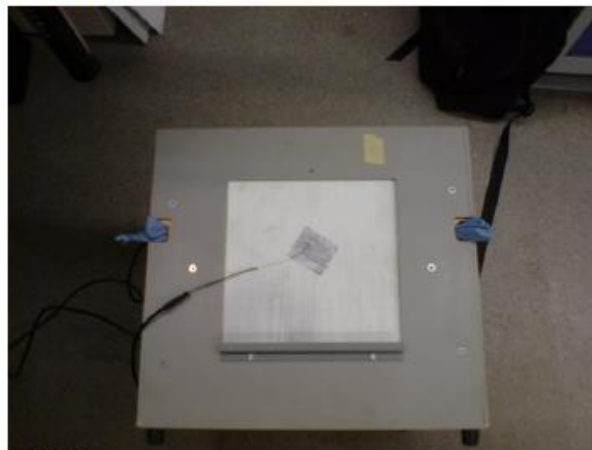
Carboline Carbotherm 551
Näyte 5 - 3 kertaa käsinmaalattu
Näytelevyn sisäpinnan lämpötila: 82,9 °C

Mittaukset		°C
Bx1	Max	74,1
	Min	44,9
Sp1		63,2
Sp2		65,7
Sp3		66,0
Sp4		67,0
Sp5		70,0
Sp6		67,8
Sp7		68,0
Sp8		73,1
Sp9		69,7

Parametrit	
Emissiivisyys	0,95
Heij. näenn.lämp.	24,4 °C



8.3.2016 14:51:46

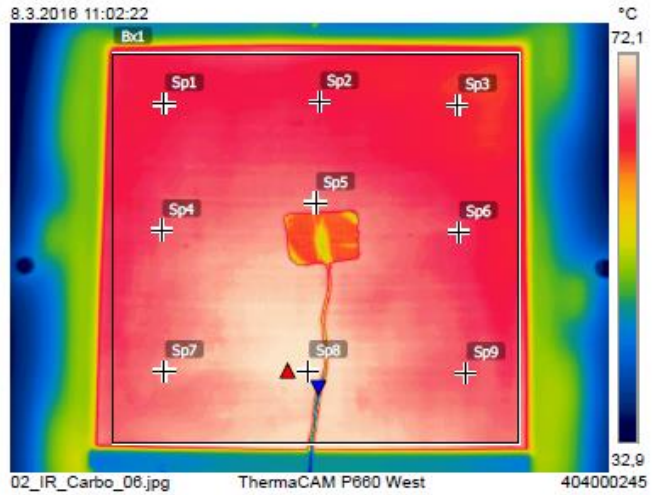


DC_0488.jpg



Carboline Carbotherm 551
Näyte 6 - 2 kertaa käsinmaalattu
Näytelevyn sisäpinnan lämpötila: 81,0 °C

Mittaukset		°C
Bx1	Max	72,9
	Min	43,4
Sp1		65,0
Sp2		65,5
Sp3		63,6
Sp4		67,3
Sp5		68,6
Sp6		66,5
Sp7		69,1
Sp8		72,3
Sp9		67,2
Parametrit		
Emissiivisyys		0,95
Heij. näenn.lämp.		24,4 °C



8.3.2016 11:02:22

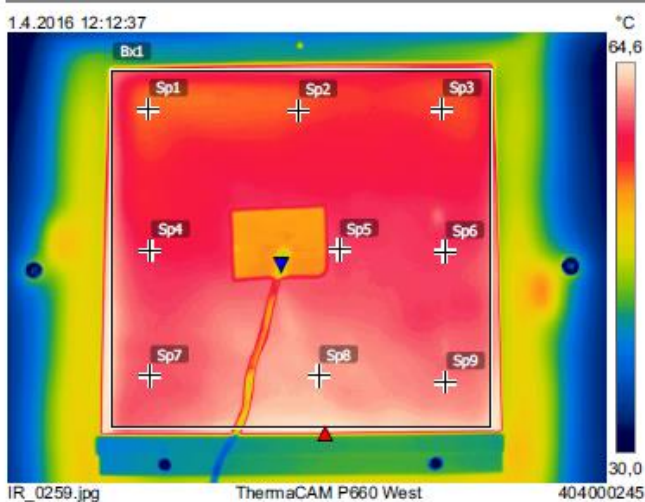


02_DC_Carbo_08.jpg



Carboline Carbotherm 551
Näyte 19 - Ruiskumaalattu 3100 µm
Näytelevyn sisäpinnan lämpötila: 78,2 °C

Mittaukset			°C
Bx1	Max	64,6	
	Min	47,0	
Sp1		55,2	
Sp2		55,8	
Sp3		56,1	
Sp4		58,8	
Sp5		59,8	
Sp6		59,7	
Sp7		60,2	
Sp8		62,5	
Sp9		61,4	
Parametrit			
Emissiivisyys		0.95	
Heij. näenn.lämp.		23 °C	



1.4.2016 12:12:37

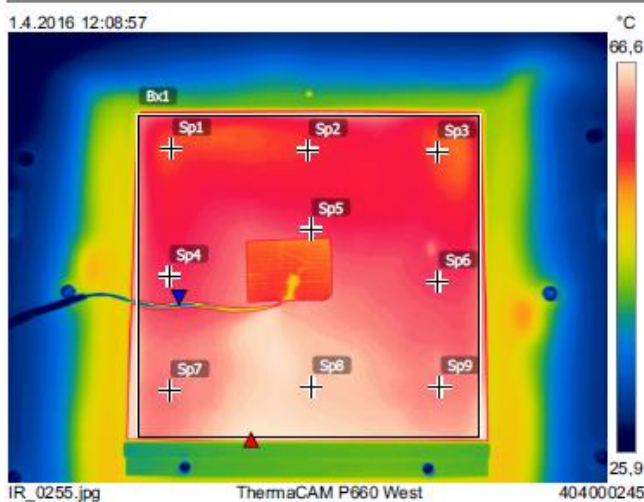


DC_0260.jpg



Carboline Carbotherm 551
Näyte 20 - Ruiskumaalattu 3900 µm
Näytelevyn sisäpinnan lämpötila: 88,9 °C

Mittaukset		°C
Bx1	Max	66,9
	Min	34,1
Sp1		56,5
Sp2		57,5
Sp3		56,6
Sp4		60,7
Sp5		60,7
Sp6		61,0
Sp7		62,6
Sp8		65,1
Sp9		63,2
Parametrit		
Emissiivisyys		0.95
Heij. näenn.lämp.		23 °C



1.4.2016 12:08:57



DC_0256.jpg



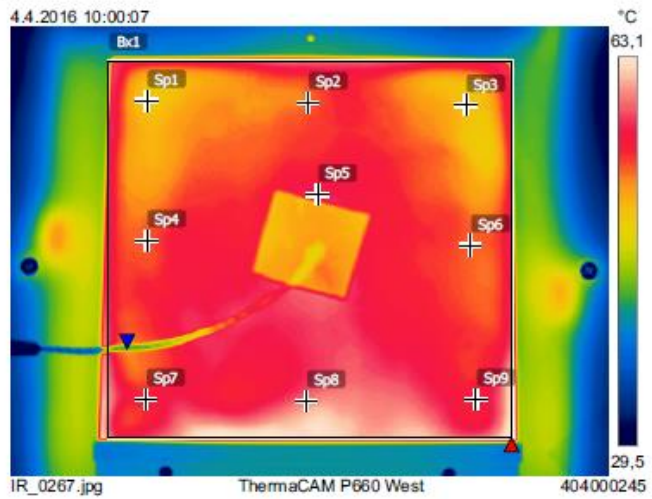
Carboline Carbotherm 551
Näyte 21 - Ruiskumaalattu 4800 µm
Näytelevyn sisäpinnan lämpötila: 84,9 °C

Mittaukset °C

Bx1	Max	64,3
	Min	42,6
Sp1		50,8
Sp2		53,9
Sp3		51,3
Sp4		54,5
Sp5		57,6
Sp6		54,3
Sp7		55,8
Sp8		60,0
Sp9		56,3

Parametrit

Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	23 °C



4.4.2016 10:00:07



Näytelevyjen ulkopinnasta kuvattujen lämpökamerakuvien taulukoidut tulokset

Taulukko 1. Lämpökamerakuvien taulukoidut tulokset (Näytelevyt 5, 6, 11, 12)

Bronya Facade Näytelevy 11 - 800 μm			Carboline Carbotherm 551 Näytelevy 6 - 600 μm		
Mittaus	T ($^{\circ}\text{C}$)	KA ($^{\circ}\text{C}$)	Mittaus	T ($^{\circ}\text{C}$)	KA ($^{\circ}\text{C}$)
Sp1	61,8	66,5	Sp1	65,0	67,2
Sp2	63,3		Sp2	65,5	
Sp3	63,2		Sp3	63,6	
Sp4	66,9		Sp4	67,3	
Sp5	69,4		Sp5	68,6	
Sp6	66,9		Sp6	66,5	
Sp7	66,7		Sp7	69,1	
Sp8	72,3		Sp8	72,3	
Sp9	68,1		Sp9	67,2	
T _{sisäpinta} ($^{\circ}\text{C}$)		77,1	T _{sisäpinta} ($^{\circ}\text{C}$)		81,0
T _{sisäpinta} - T _{ulkopinta} (KA) ($^{\circ}\text{C}$)		10,6	T _{sisäpinta} - T _{ulkopinta} (KA) ($^{\circ}\text{C}$)		13,8
Bronya Facade Näytelevy 12 - 930 μm			Carboline Carbotherm 551 Näytelevy 5 - 1110 μm		
Mittaus	T ($^{\circ}\text{C}$)	KA ($^{\circ}\text{C}$)	Mittaus	T ($^{\circ}\text{C}$)	KA ($^{\circ}\text{C}$)
Sp1	64,9	67,2	Sp1	63,2	67,8
Sp2	65,6		Sp2	65,7	
Sp3	63,5		Sp3	66,0	
Sp4	67,8		Sp4	67,0	
Sp5	68,8		Sp5	70,0	
Sp6	66,4		Sp6	67,8	
Sp7	69,5		Sp7	68	
Sp8	70,7		Sp8	73,1	
Sp9	67,6		Sp9	69,7	
T _{sisäpinta} ($^{\circ}\text{C}$)		79,6	T _{sisäpinta} ($^{\circ}\text{C}$)		82,9
T _{sisäpinta} - T _{ulkopinta} (KA) ($^{\circ}\text{C}$)		12,4	T _{sisäpinta} - T _{ulkopinta} (KA) ($^{\circ}\text{C}$)		15,1

Taulukko 2. Lämpökamerakuvien taulukoidut tulokset (Näytelevyt 19, 20, 28, 29)

Bronya Facade Näytelevy 28 - 1450 µm			Carboline Carbotherm 551 Näytelevy 19 - 3130 µm		
Mittaus	T (°C)	KA (°C)	Mittaus	T (°C)	KA (°C)
Sp1	63,8	66,7	Sp1	55,2	58,8
Sp2	64,9		Sp2	55,8	
Sp3	64,5		Sp3	56,1	
Sp4	65,7		Sp4	58,8	
Sp5	67,8		Sp5	59,8	
Sp6	66,3		Sp6	59,7	
Sp7	67,6		Sp7	60,2	
Sp8	71,1		Sp8	62,5	
Sp9	68,4		Sp9	61,4	
T _{sisäpinta} (°C)		79,5	T _{sisäpinta} (°C)		78,2
T _{sisäpinta} - T _{ulkopinta} (KA) (°C)		12,8	T _{sisäpinta} - T _{ulkopinta} (KA) (°C)		19,4
Bronya Facade Näytelevy 29 - 2780 µm			Carboline Carbotherm 551 Näytelevy 20 - 3890 µm		
Mittaus	T (°C)	KA (°C)	Mittaus	T (°C)	KA (°C)
Sp1	56,2	62,7	Sp1	56,5	60,4
Sp2	64,0		Sp2	57,5	
Sp3	64,4		Sp3	56,6	
Sp4	59,4		Sp4	60,7	
Sp5	62,9		Sp5	60,7	
Sp6	63		Sp6	61	
Sp7	62,8		Sp7	62,6	
Sp8	66		Sp8	65,1	
Sp9	65,9		Sp9	63,2	
T _{sisäpinta} (°C)		94,1	T _{sisäpinta} (°C)		88,9
T _{sisäpinta} - T _{ulkopinta} (KA) (°C)		31,4	T _{sisäpinta} - T _{ulkopinta} (KA) (°C)		28,5

Taulukko 3. Lämpökamerakuvien taulukoidut tulokset (Näytelevyt 21, 30)

Bronya Facade Näytelevy 30 - 3790 μm			Carboline Carbotherm 551 Näytelevy 21 - 4810 μm		
Mittaus	T (°C)	KA (°C)	Mittaus	T (°C)	KA (°C)
Sp1	51,7	57,1	Sp1	50,8	54,9
Sp2	55,8		Sp2	53,9	
Sp3	52,9		Sp3	51,3	
Sp4	56,8		Sp4	54,5	
Sp5	59,1		Sp5	57,6	
Sp6	55,9		Sp6	54,3	
Sp7	59,0		Sp7	55,8	
Sp8	64,2		Sp8	60	
Sp9	58,9		Sp9	56,3	
T _{sisäpinta} (°C)		85,6	T _{sisäpinta} (°C)		84,9
T _{sisäpinta} - T _{ulkopinta (KA)} (°C)		28,5	T _{sisäpinta} - T _{ulkopinta (KA)} (°C)		30,0

Carboline Carbotherm 551 -lämmöneristysmaalin käyttöohjeet

Carbotherm® WB Insulative Coatings Application Guidelines

Application Guidelines and Tips

The following is provided to aid the user in the proper use, mixing, and application of Carbotherm water-based insulative products. More detailed application instructions are provided on their respective product data sheets. The following guidelines and tips have proven useful to applicators.

Typical Application Method: The product is best applied through a standard airless spray set-up for both ease of use and production. For smaller areas or for touch-up the material may be applied by brush or even trowel (flat surfaces). While brush or trowel application can be used on larger areas it may result in an uneven appearance. Since the performance of these products is largely based on thickness, care must be taken to ensure the proper thickness has been achieved. Specific equipment, pressures, tip sizes, etc are provided on the data sheet for each Carbotherm product.

Do's

1. Do remove the diffuser from the spray tip or use a spray tip without a diffuser.
2. Do remove all filters from the pump, lines, and spray gun.
3. Do use minimum 3/8" material line.
4. Do use material at temperatures higher than 50°F(10°C).
5. Do use over appropriate primer.
6. Do topcoat when exposed to excessive moisture conditions.
7. Do invert the container for minutes just prior to mixing to aid in the mixing process

Don't's

1. Do not thin material.
2. Do not exceed 2500 psi material pressure when spraying.
3. Do not allow to freeze.
4. Do not over shear material when mixing. Use a paddle-type drywall mixer in reverse.
5. Do not apply more film thickness than recommended
6. Do not recoat too early. Topcoating too quickly can result in trapping water in the film resulting in blisters. If blisters occur, simply cut out the blister and reapply material to repair the area.



Carbotherm® WB Insulative Coatings Application Guidelines

Most Common Application Issues

Carbotherm products are very easy products to apply and few problems are ever encountered. They have excellent film build properties and will dry to touch rather quickly. All water-based insulative coatings have this inherent characteristic of quick-dry appearance. However the user must provide sufficient time for the water to evaporate from the film. Water evaporation from the film is highly dependent on ambient conditions and film thickness. With their quick dry-to-touch times there is a tendency to recoat these materials too soon or apply them too thick per coat. Doing so will increase the potential for water entrapment and that could lead to blister formation when the substrate service temperature exceeds 200°F. The information below explains this phenomenon, what causes it and how to prevent it.

Q: Why do blisters form?

A: The primary cause for blister formation is water trapped in the film trying to get out. This is most often observed during rapid start-ups where the substrate temperature rises quickly. Water trapped in the film turns to steam and forms a blister trying to leave the film. Slower, more gradual temperature increases, if controlled, will minimize the blister formation.

Q: How does one get the water out and keep it out?

A: Preventing the water from being trapped in the film is the best method to solve the blister formation phenomenon. Do not apply the material too thick per coat (see separate data sheet) and do not apply the material too soon between coats. Applying the material with good air movement across the film and/or applying the material to warm surfaces or hot operating equipment (up to 250°F) will dramatically aid in water release from the film. Hot surfaces will drive water out of the film and air movement will pull water out of the film. When applying over hot surfaces, take care to apply the material in thinner passes (5-10 mils) allowing water to evaporate between passes in order to avoid skinning over and trapping water during application. Blister formation is an indication that the film thickness is too much given the specific surface temperature. Simply back off on the thickness per spray pass and allow the water to evaporate.

Q: What are the best conditions to apply Carbotherm water-based coatings?

A: Any condition that will facilitate the water to leave the film is best when applying Carbotherm water-based coatings. These include:

- Warmer ambient temperatures are better than cooler temperatures
- Lower humidity is better than higher humidity
- Good ventilation is better than poor air movement
- Warm or hot substrates are better than cold substrates
- Applying thinner coats will be better than thicker coats when the conditions mentioned above are less than ideal



Bronya Facade -lämmöneristysmaalin käyttöohjeet

2014

Käyttö- ja asennusohjeet BRONYA FACADE



FR Trading OY

26.6.2014

Bronya Facade asennus- ja käyttöohje

Sisällysluettelo

1. Esityöt.....	2
2. Eristeseoksen valmistelu asennusta varten.....	2
3. Maalaaminen	3
Pintalämpötila alle +80°C.....	3
Pintalämpötila yli +80°C.....	3
4. BRONYA käyttöturvallisuus	4
4.1 Henkilösuojaus	4
4.2 Häätätilanteessa	4

Bronya Facade asennus- ja käyttöohje



EI SAA PÄÄSTÄÄ JÄÄTYMÄÄN!

BRONYA FACADE levittyy ja kiinnittyy helposti lähes kaikkiin yleisesti tunnettuihin pintamateriaaleihin.

Facade on erityisesti pystysuorien ja kaltevien pintojen eriste. Sen erottuu muista Bronya-tuotesarjan eristemaaleista siten, että sitä voi levittää jopa 1 mm paksuudelta kerrallaan eikä se valu alas pitkin seinää. Eristystyö voidaan toteuttaa, kun kohdepinnan lämpötila on -60°C ja $+120^{\circ}\text{C}$ välillä. (HUOM! Levittämisen ja kuivamisen aikana ympäröivän (ulko)lämpötilan on oltava minimissään $+7^{\circ}\text{C}$).

1. Esityöt

1. Huolittelle käsiteltävä pinta: poista irtonaiset osat ja lika, öljy, sementtiliima; Facade eristemaalain kulutuksen minimoimiseksi käytä sementtiä ja laastia pinnan korjaamiseksi. Huomioi myös tiilien nivelkohdat ja epätasaisuudet, jotka ovat syvyydeltään enemmän kuin 5-7 mm. Käytä hiekkapuhallusta, teräsharjaa tai hiomakonetta saadaksesi tasaisen, ehjän pinnan. Mikäli eristemaalai levitetään betoniin, tiileen tai sen kaltaiseen pintaan niin käsittele pinta ensin 1-2 kertaa millä tahansa hyvälaatuisella akryyli pohjamaalilla, joka kiinnittyy ja imeytyy vahvasti betonipintoihin. Odota kunnes se on kokonaan kuiva. **BRONYA FACADELLA** maalattaessa betonin kosteus ei saa ylittää 4% eikä ilman kosteus 80%:ia.
2. Mikäli **BRONYA FACADEA** käytetään rautapitoiseen metallipintaan niin esipuhdista se pölystä ja rasvoista. Suosittelemme ensisijaisesti **BRONYA ANTICORIN** käyttöä pohjamaalina tai käytä primeria (1-2 kerrosta).
3. Mikäli eristemaalaa käytetään raudattomaan metallipintaan niin poista kiilto, pöly ja rasvat mekaanisesti ja esikäsittele pinta primerilla (1-2 kerrosta).

2. Eristeseoksen valmistelu asennusta varten

BRONYA FACADE on valmis käytettäväksi. Ennen asennuksen aloittamista esikäsitellylle pinnalle (kuten ohjeistettu kohdassa 1) sekoita ja lisää hieman tislattua vettä tarpeen mukaan: veden määrä riippuu kohdepinnan lämpötilasta ja asennustavasta. Ympäröivän lämpötilan ollessa $+5^{\circ}\text{C}$ ja $+80^{\circ}\text{C}$:n välillä vettä saa lisätä enintään 5% eristemaalain määrästä pensselillä maalattaessa ja enintään 2% mekaanisessa maalauksessa esim. korkeapaine-suiskulla. Lämpötilan ollessa yli $+80^{\circ}\text{C}$ ota yhteys paikalliseen jälleenmyyjään tai valmistajaan lisäohjeita varten.

Bronya Facade asennus- ja käyttöohje



VÄLTÄ LIIAN KOVAA SEKOITTAMISTA!

Käytettäessä koneellista sekoittamista maksimi pyörimisnopeus on 150 r/min. Korkeampi sekoitusnopeus aiheuttaa keramiikkapallojen rikkoontumisen ja eristyskyvyn heikkenemisen, äärimmäisessä tapauksessa jopa eristyskyvyn häviämisen kokonaan.

Upota lapasekoitin seokseen kohtisuorassa, kytke laite päälle ja aloita sekoittaminen hitaasti käyttäen alhaista nopeutta, jotta pintaneste ja pohjamassa sekoittuvat tasaiseksi seokseksi. Jatka sekoittamista kunnes seos on täysin tasaista. Keskimääräinen sekoitusaika koneellisesti on 3-8 min, manuaalisessa sekoituksessa 7-10 min.

Mikäli kohde vaatii kondenssiveden tai huurteen poistoa suositellaan eristemaaliin lisättävän mahdollisimman vähän vettä. Lisäksi kuivumisaika eri pinnoitekerrosten välillä on pidempi (yli 24 tuntia).

3. Maalaaminen

Suosittelimme pehmeän, pitkän harjaksen – mieluiten luonnonharjas – käyttöä. Pienten pintojen ja kaiken muotoisten, epäsäännöllisten kohteiden käsittely voidaan tehdä pehmeällä harjaksella.

Yli 100 m² pinta-ala voidaan eristää korkeapaineruiskutuksella (ilmaton maalausmenetelmä), paine 80 bar.

Pintalämpötila alle +80°C

Eristepinnoite voidaan maalata +7°C...+120°C välisessä lämpötilassa. Vältä kostealla säällä työskentelyä: vesiohenteinen eristepinnoite ei kuiva.

1 mm paksuisen, yhden maalatun eristekerroksen täydellinen kuivuminen kestää vähintään 24 tuntia. Seuraava eristekerros voidaan levittää vasta ensimmäisen kerroksen täydellisen kuivumisen jälkeen. Lämpötilan on oltava vähintään +7°C koko kuivumisen ajan. 1 mm paksuisen eristekerroksen saavuttamiseksi vaaditaan kolmesta viiteen pensselin vetoa tai vastaavasti kolmesta viiteen ruiskun vetoa. Kertäkäsittelyllä ei voi levittää edellä mainittua paksumpaa kerrosta; tällöin vesi ei pääse haihtumaan kokonaan pois vaan eristeeseen pesiytyy kosteutta. Tämä puolestaan **johtaa lämpöeristyksen katoamiseen ja myös pinnoitteen epämuodostumiseen.**

Pintalämpötila yli +80°C

Kun lämmöneriste levitetään yli +80°C pintaan niin se alkaa kiehua ja kovettuu hyvin nopeasti. Tämän johdosta suosittelemme ensimmäistä kerrosta maalattaessa Bronya eristeseoksen ohentamista vedellä 40-50%:sti vedellä. Se toimii erinomaisena pohjamaalina eristettävälle pinnalle.

Bronya Facade asennus- ja käyttöohje



TÄRKEÄÄ!! Kun **BRONYA FACADE** levitetään yli +80°C pinnalle niin kertamaalauksen kerrospaksuus ei saa ylittää 0.5 mm 24:ään tuntiin.

Mitä kuumempi kohdepinta on sitä ohuempaa ja nestemäisempää Bronya pohjamaalia kannattaa käyttää. Levitä edellä mainitulla tavalla valmistettu, ohennettu Bronya pohjamaali nopein ja lyhyin vedoin, jotta saat erittäin ohuen ensimmäisen pinnoitekerroksen. Jokaisen tällaisen kerroksen kuivumisaika on minimissään 1 tunti. Jatka samalla tavalla ohuiden pinnoitekerrosten levittämistä kunnes pinta ei enää kiehu. Tämän jälkeen annetaan kuivua 20 - 24 tuntia.

Jatka sitten seuraavien eristekerrosten levittämistä normaalisti kuten kohdassa A. on kerrottu (1 mm kerrallaan ja kuivatus 24 tuntia).



Eristekerroksen 1 mm tarkkan paksuuden mittaamiseksi ja arvioimiseksi voit käyttää mittarina

- erillistä paksuusmittaria märälle eristemaalille
- keskimääräinen kulutus 1.1 l per 1 m²
- silmämääräistä arviota (alusta ei saa näkyä läpi)

Huomaa, että Bronya lämpöeristeen lopullinen kulutus riippuu esim. kohteen pinnan tasaisuudesta sekä valitusta levitystavasta.

Eristepinnoitteen kokonaispaksuuden mittaamiseksi ja tarvittavien pinnoitekerrosten määrittämiseksi käytä hyväksesi paikallisen valtuutetun valmistajan tai jälleenmyyjän lämpöteknistä laskentaa ja suositusta.

4. BRONYA käyttöturvallisuus

4.1 Henkilösuojaus

Normaaleissa olosuhteissa käytettynä tuote on turvallinen. Hengityssuojaimia ei tarvita työkennellessä hyvin ilmastoidussa kiinteistössä tai ulkotiloissa. Käytä standardin mukaista hengityssuojainta kiinteistössä, joka ei ole ilmastoitu.

Suojaa silmät kemikaalin kestäville suojalaseilla. Varmista, että työpaikalla on pesumahdollisuus tarpeen tullen. Käytä kemikaalin kestäviä suojakäsineitä ja kemikaalinsuojapukua ihon suojaamiseksi roiskeilta. Pese tuhrintuneet suojavaatteet ennen seuraavaa käyttöä.

4.2 Häätötilanteessa

Mikäli ainetta joutuu silmiin huuhtelee silmät välittömästi runsaalla vedellä 15 minuutin ajan. Mikäli silmien ärsytys jatkuu ota yhteyttä lääkäriin. Mikäli ainetta joutuu iholle pese huolellisesti vedellä ja saippualla ennen kuivumista.

Tuote on palamatonta nestemäisessä muodossa. Mikäli tuotetta on käytetty kiinteistössä tai

Bronya Facade asennus- ja käyttöohje

rakenteissa, joissa sytty tulipalo, käytä palontorjunnassa vettä, vaahtosammutinta tai hiili-
dioksidia.

Käytä mitä tahansa imeytysainetta kuten hiekkaa tai piimaata poistaaksesi eristemaalista
tulleet roiskeet.

**Mikäli ainetta on käytetty tai varastoitu ohjeiden vastaisesti valmistaja ei vastaa läm-
pöeristeen laadusta.**