

## RAKENNETEKNISIÄ MITTAUKSIA KAKSOISJULKISIVUSSA

Olavi Tenhunen

Rakenteiden Mekaniikka, Vol. 36  
No 2, 2003, ss. 41 - 45

### TIIVISTELMÄ

Artikkelissa esitetään kaksoisjulkisivun lasirakenteiden lämpötilan-mittaustuloksia ja reunakäsittelyn vaikutusta lasiruudun reunan murtolujuuteen.

### ENGLISH SUMMARY

In the article temperature measurements in a double-skin glass facade and the effect of edge finish to the edge strength of the glass pane are presented.

### JOHDANTO

Kaksoisjulkisivussa lämpöeristetyin ulkoseinän ulkopuolella on yksinkertainen seinä, useimmiten noin metrin etäisyydellä. Tämä ulompi vaippa on yleensä metallirakenteella kannatettua lasia.

### MITTAUKSET

TKK:n rakennusosasto on tehnyt lämpötilamittauksia Radiolinjan toimistotalossa Espoossa. Kaksoisjulkisivun välitilan ja siihen rajoittuvien rakenteiden vuorokautiseksi lämpötilanvaihteluksi huhtikuussa ja toukokuussa 2002 mitattiin yli 40 astetta. Suurin lämpötilaero yhden lasiruudun eri kohtien välillä oli 13 astetta.

### LASIN REUNAKOKEET

Lasin reunan vaikutusta tutkittiin kahdeksalla koesarjalla. Koekappaleina oli lasisauvoja, joiden paksuus oli 8mm, pituus 320mm ja korkeus 50mm. Kussakin sarjassa kuormitettiin kymmenen koekappaleita. Kaikki koekappaleet oli leikattu samanlaisesta floatmenetelmällä valmistetusta lasilevystä.

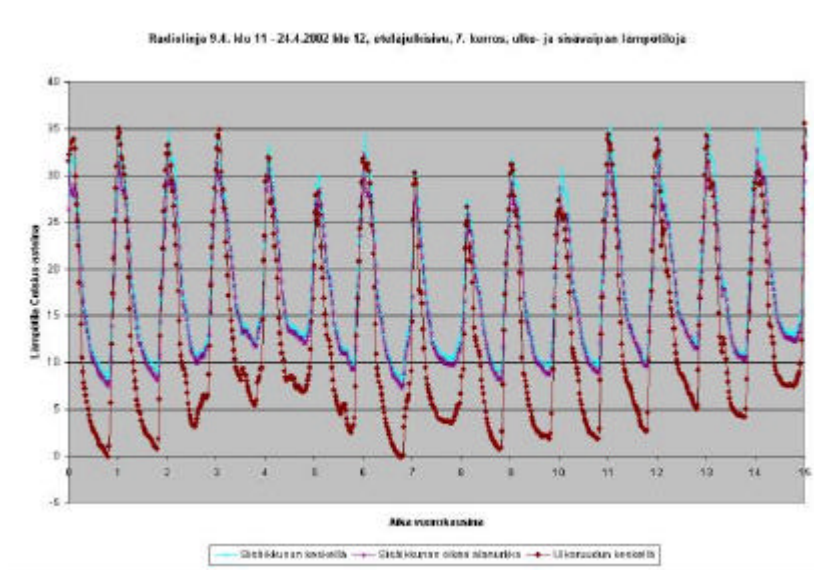


**Kuva 1.** Lämpötilan mittausanturit ulkovaipassa eteläjulkisivulla 7. kerroksessa.

Sarjat A, B, C ja D olivat lämpökäsittelmätöntä float-lasia, sarjat E ja F lämpölujitettuja ja sarjat G ja H lämpökarkaistuja. Koekappaleet lämpökäsitteli ja toimitti omalla kustannuksellaan Tamglass Turvalasi Oy. Valmistajan mittaama lämpölujitettujen lasien pinnan puristusjännitys oli noin 60MPa ja lämpökarkaistujen noin 120MPa.

Sarjan A leikkauspinnat olivat käsittelemättömät, sarjan B terävät särmät oli hiottu käsin noin 45 asteen kulmassa lasilevyn pintaan nähden (reunakäsittely TSH) 0,5...1,5mm:n leveydeltä. Sarjojen C, E ja G sekä särmät että reuna oli hiottu himmeiksi (reunakäsittely RRH). Sarjoissa D, F ja H oli särmät lisäksi kiillotettu (reunakäsittely KRH) aivan läpinäkyvän kirkkaiksi. Hionnat oli tehty valmistajan oman hiontastandardin mukaan.

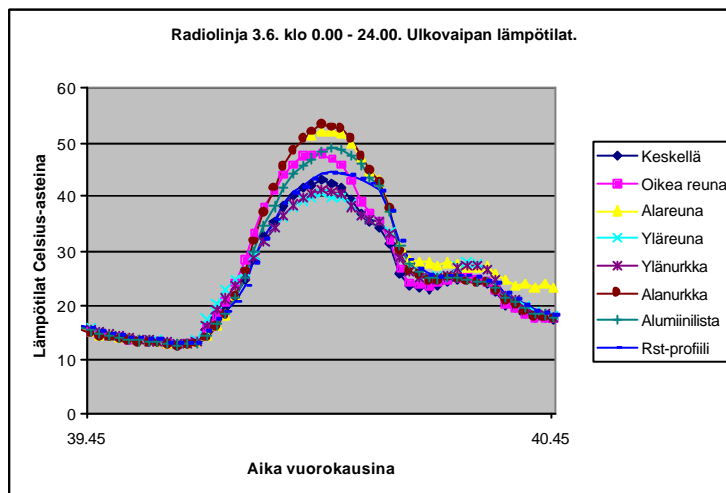
Kaikkiin koekappaleisiin liimattiin molemmille lappeille 0,0045...0,005mm paksuinen läpinäkyvä teippi, jotta särkyvät lasinsirut eivät lentelisi ympäristöön, jotta koekappaleet olisivat kokeen jälkeenkin käsiteltävissä mahdollisimman kokonaisina ja jotta rikkoutumisen alkupiste voitaisiin paikallistaa.



**Kuva 2.** Ulko- ja sisävaipan lämpötiloja, eteläjulkisivu, 7.kerros, 10.4.

Koe tehtiin neljän pisteen (kaksi kuormituspistettä ja kaksi tukea) taivutuskokeena, jossa kuormitus saatiin aikaan yhdellä tunkilla. Pistekuormat sijaitsivat symmetrisesti jännevälän keskikohdan suhteen ja niiden välinen etäisyys oli 100mm, kolmannes lasipalkin jännevälistä (300mm). Kuorma siirtyi kumikerroksen kautta lasipalkin reunaan. Tuilla oli samanlaiset kumit. Yläreunan lommahduksen estämiseksi kuormituspisteisiin ja tuille thettiin haarukkamaiset sivuttaistuet. Koekappaleet kuormitettiin murtoon lisäämällä kuor-maa noin 140N/s, mikä vastaa koekappaleen suurimman taivutusjännityksen lisäystä 2,1MPa/s.

Murtuman alkukohta oli kaikissa koekappaleissa vetopuolella ja lisäksi maksimimomentin kohdalla kaikissa muissa koekappaleissa paitsi koekappaleessa A3, jossa se oli 30mm kuormituskohdasta tuelle päin, ja koekappaleessa A7, jossa se oli 10mm kuormitus-kohdasta tuelle päin. Koekappaleen A3 murtokuormasta laskettu maksimijännitys oli 63,3 MPa ja jännitys murtuman alkukohdassa 44 MPa. Koekappaleessa A7 maksimijännitys oli 29,9 MPa ja jännitys murtuman alkukohdassa 26,9 MPa. Näiden koekappaleiden reunoissa ei ollut mitään silmännähtävää eroa sarjan A muitten koekappaleiden reunoihin verrattuna. Sarjan A muiden kahdeksan koekappaleen murtojännitykset olivat 58,14-75,15 MPa.



**Kuva 3.** Ulkovaipan lämpötiloja, eteläjulkisivu, 7.kerros, 3.6.

Koesarjojen keskiarvot ja keskihajonnat olivat seuraavat:

Sarja	Keskiarvo MPa	Keskihajonta MPa	
A, float, lohkoreuna	62	12	
B, float, TSH	48	6	
C, float, RRH	52	4	
D, float, KRH	66	5	
E, lämpölujitettu, RRH	147	10	Pinnan esipuristus 60MPa

F, lämpölujitettu, KRH	164	9	Pinnan esipuristus	60MPa
G, lämpökarkaistu, RRH	185	12	Pinnan esipuristus	120MPa
H, lämpökarkaistu, KRH	204	7	Pinnan esipuristus	120MPa

Terävien särmien hionta (TSH, sarja B) alensi keskiarvoa neljänneksen, mutta huonoin arvo oli parempi kuin ilman terävien särmien hiontaa (sarja A). Tulosten keskihajonta oli vain puolet lohkokoreunaisten koekappaleiden sarjan keskihajonnasta. Raakareuna- hiotun sarjan (RRH, sarja C) murtojännityksen keskiarvo nousi 10% terävien särmien hiontaan verrattuna ja hajonta pieneni hiukan. Kiiltoreunahionnalla (KRH, sarja D) saatiin hieman korkeampi keskiarvo kuin käsittelemättömällä (lohkaistulla) reunalla (sarja A) ja hajonta oli yli puolet pienempi. Lämpölujitetut koekappaleet kestivät 2½-3 - kertaisen kuorman lämpökäsittelemättömään float-lasiin verrattuna ja karkaistut 3-3,5 - kertaisen.

## YHTEENVETO

Reunalujuuskokeitten pienet sarjat eivät anna täysin luotettavaa kuvaa lujuuksista. Reunalujuus kuitenkin riippuu reunan käsittelystä ja paranee käsittelyn mukana. Havaittu 13 asteen lämpötilaero vastaa noin 8MPa:n jännityseroa. Lämpötilaerojen puolesta ulko- vaipassa voidaan käyttää lämpökäsittelemättömäkin float-lasia, tosin turvallisuussyistä vain laminoituna. Karkaistu turvalasi on kuitenkin yleensä edullisempaa korkean lujuutensa takia. Näkyviin jäävät lasinreunat on turvallisuussyistä hiottava, karkaistut lasit jo valmistusprosessinkin takia.

## KIRJALLISUUTTA

Glass Processing Days, The seventh International Conference on Architectural and Automotive Glass Now and in the Future, Conference Proceedings, 18 to 21 June 2001, Tampere, Finland. Conference Proceedings, Glass Processing Days/Tamglass Ltd. Oy, Vehmaistenkatu 5, P.O. Box 25, 33731 Tampere, Finland, 2001. ISBN 952-91-3526-2.

*Hassinen, P. & Mantere, L. & Saarimaa, J. & Hemmilä, K. & Rautiainen, L.* Valoaläpäi-sevien rakenteiden arviointi, Menetelmiä ja koetuloksia. Espoo 1992: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Vuorimiehentie 5, PL42, 02151 Espoo, Finland. VTT Tiedotteita 1383. 130 s. + liitt. 40 s. ISBN 951-38-4196-0. ISSN 1235-0605.

*Hemmilä, K.* Lämpötilat kahdessa valokatossa. Espoo 1992: Valtion teknillinen tutkimus-keskus, Vuorimiehentie 5, PL42, 02151 Espoo, Finland, VTT Tiedotteita 1380. 18 s. + liitt. 32 s. ISBN 951-38-4193-6. ISSN 1235-0605.

*Oesterle, E. & Lieb, R.-D. & Lutz, M. & Heusler, W.* Double-Skin Facades. Munich: Prestel Verlag, Mandlstrasse 26, 80802 Munich, Germany, 2001. 208 p. ISBN 3-7913-2504-3.

*Rainamo, M. & Riikonen, M.* Lasirakentajan käsikirja. Tampere: Enterpress Oy, 1999. 152 s. ISBN 951-98229-0-9.

*RIL 198-2001 Valoaläpäisevät rakenteet.* Helsinki 2001. Suomen rakennusinsinöörien liitto. ISBN 951-758-416-4. ISSN 0356-9403. 206 s.

*Sedlacek, G. & Blank, K. & Laufs, W. & Güsgen, J.* Glas im Konstruktiven Ingenieurbau, 1. Aufl. Berlin: Ernst & Sohn, Berlin, Deutschland, 1999. 220 S. ISBN 3-433-01745-X.

*Tenhunen, O. & Lehtinen, T. & Lintula, K. & Lehtovaara, J. & Vuolio, A. & Uttu, S. & Alinikula, T. & Kesti, J. & Viljanen, M. & Söderlund, J. & Halonen, L. & Mäkeläinen, P.* Metallilasirakenteet kaksoisjulkisivuissa. Espoo 2001: Teknillisen korkeakoulun teräsrakennetekniikan laboratorion julkaisuja 21, TKK-TER-21, Helsinki University of Technology, Laboratory of Steel Structures, P.O. Box 2100, FIN-02015 HUT. 91 s. ISBN 951-22-5528-6. ISSN 1456-4327.

*Uttu, S.* Study of Current Structures in Double-Skin Façades, Espoo, 21.8.2001: Helsinki University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Laboratory of Steel Structures, Master's Thesis.

*Vuolio, A.* Kaksoisjulkisivujärjestelmien rakennetekniikka. Espoo 2001: Teknillisen korkeakoulun teräsrakennetekniikan laboratorion julkaisuja 22, TKK-TER-22, Helsinki University of Technology, Laboratory of Steel Structures, P.O. Box 2100, FIN-02015 HUT. 72 s. ISBN 951-22-5624-X. ISSN 1456-4327

Mauri Riikonen & Tahvo Sutela: Suomen Rakentamismääräyskokoelma RakMK, osa F2, Rakennuksen käyttöturvallisuus, Määräykset ja ohjeet 2001. *Lasirakentaja* **1 /02 (12. vuosikerta)**. Enterpress Oy, Tampere, Finland. ISSN 0788-8147. 5-7.

Waloddi Weibull: A Statistical Distribution Function of Wide Applicability. *Journal of Applied Mechanics* **September, 1951**. The American Society of Mechanical Engineers ASME. Pages 293...297.

Olavi Tenhunen, tutkija

VTT, Rakennus- ja Yhdyskuntatekniikka,  
PL 1803, 02044 VTT, [olavi.tenhunen@vtt.fi](mailto:olavi.tenhunen@vtt.fi)