

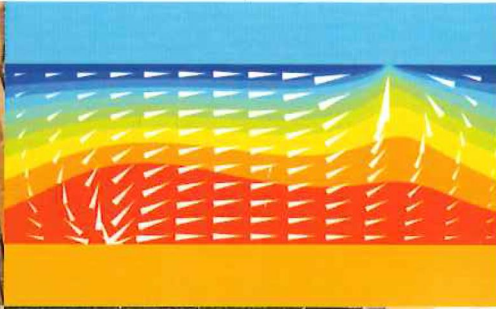


TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Rakennustekniikan laitos. Rakennetekniikka. Seminaarijulkaisu 3
Department of Civil Engineering. Structural Engineering. Proceedings 3

RAKENNUSFYYSIIKKA 2013

Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut
22.–24.10.2013, Tampere





TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan laitos



RAKENNUSFYSIKKA 2013

Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut
22.-24.10.2013, Tampere

Toimittajat Juha Vinha & Anu Aaltonen

Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustekniikan laitos
Rakennetekniikka
Tampere 2013

ISBN 978-952-15-3148-4

Esipuhe

Valtakunnallinen rakennusfysiikkaseminaari järjestetään nyt kolmannen kerran. Edellisestä seminaarista onkin aikaa nyt poikkeuksellisesti neljä vuotta, koska kaksi vuotta sitten Tampereella järjestettiin kansainvälinen rakennusfysiikan konferenssi NSB 2011.

Kuluneena neljän vuoden aikana on rakennusfysiikan alueella tapahtunut erittäin paljon. Olemme saaneet kahdet uudet uudisrakentamista koskevat energiatehokkuus- ja lämmöneristysmääräykset ja -ohjeet vuosina 2010 ja 2012 sekä suuren määrän niihin liittyvää tausta-aineistoa ja yksityiskohtaisempia ohjeita. Lisäksi on annettu korjausrakentamista koskevat energiatehokkuusmääräykset (voimassa 1.9.2013 lähtien), uusi asetus rakennuksen energiatodistuksesta (voimassa 1.6.2013 lähtien) ja mausteeksi vielä uusi asetus rakennustuotteiden CE-merkinnöistä (voimassa 1.7.2013 lähtien). Kaiken kaikkiaan maankäyttö- ja rakennuslaki on ollut muutoksen alla viime vuosien aikana ja rakentamismääräyksetkin tullaan antamaan jatkossa lain asetuksina.

Myös RIL on julkaissut rakennusfysiikan alueelta samana ajanjaksona paljon kirjallisuutta. Asuinrakennusten ja toimitilojen matalaenergiarakentamista käsittelevät julkaisut ilmestyivät 2009 ja 2012. Kosteusteknisestä suunnittelusta on julkaistu mm. päivitetty rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatusohje 2009, rakennusten kosteudenhallintaa ja homevaurioiden estämistä käsittelevä julkaisu 2011 sekä uudistettu painos rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeista 2012. Vuonna 2013 on julkaistu myös uudet rakennusten ja infrarakenteiden routasuojausohjeet. Lisäksi vuodesta 2007 alkaen on julkaistu akustiikkaan liittyvää ohjekirjasarjaa, josta on nyt saatavilla neljä ensimmäistä osaa.

Kuten edellä olevasta voidaan todeta, rakennusfysiikkaan (lämpö, energia ja kosteus) liittyviä uusia määräyksiä ja ohjeita on julkaistu viime vuosina ennätyksellisen paljon. Kuvaavaa on, että aihealueen voimassa olevien määräysten ja ohjeiden sivumäärä on vuodesta 2007 lähtien noussut moninkertaiseksi, kun lasketaan pelkästään ympäristöministeriön ja RILin tuottama materiaali. Muutos on ollut siis erittäin suuri.

Tänä ajanjaksona on tehty myös merkittävää rakennusfysiikan tutkimusta, kuten esimerkiksi FRAME-projektissa, jossa on tutkittu ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutuksia mm. vaipparakenteiden kosteustekniseen toimintaan ja rakennusten energiankulutukseen.

Myös rakenteiden kosteus- ja homevaurioiden ehkäisemiseksi on tehty tärkeitä toimenpiteitä. Vuonna 2010 aloitettiin ympäristöministeriön vetämänä Kosteus- ja hometalkoot -ohjelma, joka jatkuu ainakin vuoden 2014 loppuun asti ja sille toivotaan kovasti jatkoa. Kosteus- ja homevauriot ovat jatkuva ongelma rakennusosalalla ja kaikki keinot niiden vähentämiseksi ovat tarpeellisia. Kosteus- ja hometalkoot on osaltaan tehnyt merkittävää työtä tämän päämäärän hyväksi. Myös eduskunta on nostanut tämän aihepiirin esiin teettämällä viime vuonna selvityksen rakennusten kosteus- ja homeongelmista Suomessa.

Rakennusfysiikan seminaari on vakiinnuttanut asemansa rakennusalan keskeisenä asiantuntijaforumina Suomessa ja rakennusfysiikan alueella tapahtuneet voimakkaat muutokset korostavat entisestään sen tärkeyttä. On ollut mukava kuulla myös osallistujilta ja yrityksiltä kannustavaa palautetta seminaarin tarpeellisuudesta ja järjestelyistä.

Seminaarin ohjelma on edelleen laajentunut ja mukaan on otettu myös rinnakkaisseminaarit viimeiselle päivälle. Esityksien kokonaismäärä on kasvanut jo yli kuudenkymmenen. Tänä vuonna seminaarin yhteydessä jaetaan myös ensimmäistä kertaa kosteusturvallisen rakentamisen palkinto. Tällä palkinnolla halutaan korostaa rakennusaikaisen kosteudenhallinnan ja rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden keskeistä roolia turvallisen, terveellisen ja pitkäikäisen rakennuksen toteutuksessa. Kilpailun tavoitteena on nostaa esiin hyviä käytäntöjä, toteutustapoja ja tuotteita, joilla pyritään parantamaan rakennusten kosteusturvallisuutta. Kilpailu koskee sekä uudis- että korjausrakentamista.

Kilpailun voittajaehdokkaiksi on valittu esityksiä, jotka tuovat esiin erityyppisiä vaihtoehtoja ja toimintatapoja kosteus- ja homeongelmien vähentämiseksi. Esityksissä käsitellään mm. korjaushankkeiden päätöksentekoprosessia sekä käytännön toteutusta ja niihin liittyviä ongelmia ja ratkaisumalleja. Yhdessä esityksessä käydään läpi sertifioitun homekoirakoulutuksen tuomia parannusmahdollisuuksia homevaurioiden selvittämisessä. Lisäksi esitellään yhden keskeisen ongelmarakenteen eli valesokkeliratkaisun korjaamiseksi kehitettyä järjestelmää.

Seminaarin kansainväliset pääpuhujat tulevat tällä kertaa Ruotsista ja Saksasta. Professori Jesper Arfvidsson Lundin yliopistosta käsittelee esityksessään energiatehokkuuden lisäämisen aiheuttamia haasteita rakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa. Professori Arfvidsson toimii myös ensi kesänä pidettävän NSB 2014 konferenssin puheenjohtajana. Professori John Grunewald Dresdenin teknillisestä yliopistosta käsittelee puolestaan esityksessään rakennusfysiikan tutkimukseen liittyviä keskeisiä teemoja ja haasteita Saksassa. Professori Grunewald on yksi johtavia rakenteiden laskennallisen mallinnuksen kehittäjiä maailmassa ja hänen alaisuudessaan toimii myös tällä hetkellä korkeatasoisin materiaalien rakennusfysikaalisten ominaisuuksien määrittämiseen keskittyvä laboratorio.

Suomalaisena pääpuhujana on kansanedustaja Tuija Brax, joka toimii parhaillaan eduskunnan tarkastusvaliokunnan puheenjohtajana. Edellä mainittu rakennusten kosteus- ja homeongelmia käsittävä selvitys on juuri eduskunnan tarkastusvaliokunnan teettämä. Kansanedustaja Brax käsittelee esityksessään tarkastusvaliokunnan työtä home- ja kosteusongelmien parissa.

Kiitän kaikkia artikkelien kirjoittajia ja esittäjiä, seminaaripäivien puheenjohtajia ja seminaarin järjestelyyn osallistuneita ihmisiä sekä seminaarin järjestämistä tukeneita yrityksiä ja yhdistyksiä merkittävästä panoksesta seminaarin toteuttamisessa.

Tampereella 10.10.2013

Professori Juha Vinha
TTY, Rakennustekniikan laitos
Seminaarin puheenjohtaja
RILin rakennusfysiikan toimikunnan puheenjohtaja

Rakennusfysiikka 2013 –seminaarin tukijat

Seuraavat yritykset ja yhdistykset ovat tukeneet Rakennusfysiikka 2013 –seminaarin järjestämistä:

Aeroc Jämerä Oy	Paroc Oy Ab
A-Insinöörit Oy	Pihlavan Ikkuna Oy
Akukon Oy	Pohjola Vakuutus Oy
Amestec Oy	Pohjolan Design-Talo Oy
Build Care Oy	Polygon Finland Oy
Caverion Oy	Rake As
Christian Berner Oy	Rakennuslehti
COMSOL Oy	Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus
Consti Oy	RATEKO
D.O.F tech Oy	Ramboll Finland Oy
Ekospray/Purfin Oy	Ruukki Construction Oy
FCG Suunnittelu ja tekniikka	Saint-Gobain Weber Oy
Finnfoam Oy	Senaatti-kiinteistöt
FMC Group/Sweco	Senvir Oy
Granlund Oy	Skaala Ikkunat ja Ovet Oy
Gyproc/Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy	Skanska Talonrakennus Oy
Hakulan Puu Oy	SRV Rakennus Oy
Helimäki Akustikot	Suomen Betoniyhdistys ry
Honkarakenne Oyj	Suomen Sisäilmakeskus Oy
Hämeen Rakennustutkimus Oy	Suomen Yliopistokiinteistöt Oy
Icopal Oy	Suunnittelutoimisto Dimensio Oy
Indepro Oy	TAPRE-hanke/
Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy	Tampereen Tilakeskus Liikelaitos
Jaatimet Oy	Teknocolor Oy
Kastelli-talot Oy	Termater Oy
Kera Group Oy	Termo Panels Oy
Kiilto Oy	Tiivistalo/Redi-Yhtiöt Oy
Knauf Oy	Tremco illbruck Oy
Lammi-Kivitalot/Lammin Betoni Oy	Turkoosi 11 Oy
Lumon Oy	Uponor Suomi Oy
Muottikolmio Oy	Vaisala Oyj
Muurametalot Oy	Wiiste Oy
NCC Rakennus Oy	Wise Group
Nordic Waterproofing Oy	VVO-yhtymä Oyj

SISÄLLYSLUETTELO

Esipuhe	iii
Rakennusfysiikka 2013 –seminaarin tukijat	v
1. Keynote-sessio	1
Keynote 1: Moisture safety in highly insulated constructions <i>professori Jesper Arfvidsson, Lund University</i>	3
Keynote 2: Current topics and challenges in German building physics research <i>professori John Grunewald, TU Dresden</i>	9
A1. Rakenteiden rakennusfysikaalinen suunnittelu ja toteutus	23
Tuulensuoja-aluskaterakenteen soveltuvuus Suomen ilmasto-olosuhteisiin <i>Pasi Wahlfors</i>	25
Terveen talon perusta Legalett-sokkelielementtiratkaisulla <i>Mats Lindgren</i>	33
Koneellisesti ilmastoitu järjestelmä kosteuden ja emissioiden poistamiseen betonilattioista <i>Peter Johansson</i>	41
Lämmöneristeellä rakenteen suurin vesihöyrynvastus – kosteusteknisesti turvallisin ratkaisu <i>Henri Nieminen ja Asso Erävuoma</i>	49
Raketerm-suurjulkisivuelementin rakennusfysikaalinen toiminta ja käyttösovellukset <i>Petteri Huttunen ja Juha Vinha</i>	55
A2. Laskennallinen mallinnus	65
VTT–TTY homemallin toimintaperiaatteet ja käyttö rakenteiden kosteusteknisen toiminnan tarkasteluissa <i>Juha Vinha, Hannu Viitanen, Ruut Peuhkuri, Kimmo Lähdesmäki, Tuomo Ojanen ja Kati Salminen</i>	67
Pitkäaaltoisen säteilyn määrittäminen ja ikkunoiden kondensoitumisriskin muutokset <i>Paavo Kero, Anssi Laukkarinen ja Juha Vinha</i>	77
Teräsprofiiliovien U-arvon parantaminen <i>Anssi Laukkarinen, Minna Korpi, Juha Vinha, Jari Vaittinen ja Teuvo Vaittinen</i>	85
A3. Laboratorio- ja kenttätutkimus	93
Ulkoilmalla tuulettuvan ryömintätilan ratkaisujen todentaminen <i>Johan Westö ja Kristian Blomqvist</i>	95

Kuivumiskykytarkastelu betonirakenteisten lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin <i>Hanna Keinänen</i>	105
TTY:n kokemukset eriste- ja levyrappausten säänkestävyytutkimuksista <i>Petri Annila</i>	113
A4. Rakenteiden home- ja kosteusvauriot 1	121
Näkökulmia home- ja kosteusongelmiin – onko kokonaisajattelu ollut hukassa? <i>Veikko Tahkokorpi</i>	123
Näin talomme voivat – yhteenveto ruotsalaisesta BETSI-tutkimuksesta <i>Anu Aaltonen</i>	127
Rakennusten kosteus ja homeongelmien korjaus Onko mahdollista vain rakennusteknisin keinoin? <i>Kimmo Koskentausta</i>	133
Vastuukysymykset ja kustannukset kosteusvaurioiden korjaamisessa <i>Jarmo Lipsanen</i>	137
A5. Rakenteiden home- ja kosteusvauriot 2	143
Kosteus-, home- ja laho-ongelmien ja -vaurioiden detektointi ja korjaus <i>Hannu Viitanen, Tuomo Ojanen ja Miimu Airaksinen</i>	145
Korjausratkaisujen optimointi rakennusfysikaaliset, sisäilmatekniset ja elinkaarelliset näkökohdat huomioiden <i>Johanna Holmström</i>	153
Homeenestokäsittelyt – enemmän haittaa kuin hyötyä? <i>Pertti Metiäinen</i>	161
Vandex-kapillaarikatkot muuratuissa ja betonirakenteissa <i>Mikko Aalto</i>	165
A6. Rakenteiden ja rakennusten lämpö- ja kosteustekninen toiminta	169
Katon polyvinyylikloridikatteen kosteusteknisen toiminnan tarkastelu kenttäkokeella ja laskennallisesti <i>Klaus Viljanen ja Ari-Veikko Kettunen</i>	171
Lämpimän ryömintätilaisen alapohjan lämpö- ja kosteustekninen toiminta <i>Anssi Laukkarinen, Juha Vinha, Pekka Kristo, Kari Kristo ja Leif Häggblom</i>	179
Ruiskutettavan polyuretaanieristeen käyttö korjausrakentamisessa <i>Kimmo Siivonen, Matti Kiljunen ja Juha Vinha</i>	189
Puurakennusten kosteusturvallisuus ja käyttöikä <i>Tomi Toratti, Jesper Arfvidsson, S. Olof Mundt-Petersen ja Hannu Viitanen</i>	199
Rantasijainnin vaikutuksia rakennuksen julkisivujen kosteustekniseen toimintaan case -kohteessa <i>Arto Köliö, Tero Marttila ja Jukka Lahdensivu</i>	207

Rakentamisprosessin kosteudenhallinta – kosteuslaatuluokka energiatodistuksen rinnalle <i>Pekka Seppälä</i>	215
A7. Kosteusturvallisen rakentamisen palkinnon voittajaehdokkaat	223
Miksi hyvät kosteudenhallintakäytännöt eivät aina kelpaa? Opetuksia käytännön rakentamisesta <i>Juha Komonen</i>	225
Valtion tukemien homekorjaushankkeiden arviointi, osa 1 <i>Paavo Kero, Jommi Suonketo ja Juha Vinha</i>	233
Valtion tukemien homekorjaushankkeiden arviointi, osa 2 <i>Tero Marttila, Jommi Suonketo ja Paavo Kero</i>	241
Ehdotus homekoiratoiminnan laadunvarmistuksen kehittämiseksi <i>Hanna Tenhu</i>	249
Termotuote valesokkelirakenteen korjausmenetelmänä <i>Antti Juopperi ja Juha-Pekka Kumpulainen</i>	257
A8. Energiankulutus ja energiatehokkuuden parantaminen	263
Rakennustyömaan energiansäästömahdollisuudet ja energiatehokkaan rakentamisen osaamisen varmistaminen <i>Olli Teriö, Jouni Honkanen ja Jaakko Sorri</i>	265
Parvekelasien energiansäästövaikutukset suomalaisissa betonielementtikerrostaloissa <i>Kimmo Hilliaho, Jukka Lahdensivu ja Juha Vinha</i>	273
Korjaustoimenpiteiden energiansäästövaikutusten arviointi energiasimulointien avulla <i>Eerik Mäkitalo ja Kimmo Hilliaho</i>	281
Erialaisten korjausten vaikutukset kerrostalon todelliseen energiankulutukseen ja rakennuksen todellinen energiankulutus <i>Ulrika Uotila</i>	289
Erialaisten parveke- ja lasitusratkaisujen vaikutus kesän sisälämpötiloihin suomalaisissa asuinkerrostaloissa <i>Eerik Mäkitalo ja Kimmo Hilliaho</i>	297
B8. Ääneneristys	305
Betonirakenteisten asuinkerrostalojen ääneneristyksen kehittyminen Suomessa <i>Mikko Kylliäinen ja Jesse Lietzén</i>	307
Välipohjien askelääneneristävyys askeläänikojeen ja kävelyn perusteella <i>Mikko Kylliäinen, Jesse Lietzén, Ville Kovalainen ja Valtteri Hongisto</i>	315
ISO CD 16717-1 mukaisten uusien ilmaääneneristyslukujen kriittinen tarkastelu <i>Valtteri Hongisto ja Mikko Kylliäinen</i>	323

Äänieristystyytyväisyys suomalaisissa asuinkerrostaloissa – kyselytutkimus <i>Valtteri Hongisto, Maria Mäkilä, Annu Haapakangas, Mikko Kylliäinen ja Jukka Hyönä</i>	331
Akustisten rakenteiden kosteustekniset haasteet <i>Janne Hautsalo, Pekka Laamanen, Henrik Möller ja Olli Salmensaari</i>	339
A9. Rakennusten ilmanpitävyys	347
Rakennusten ilmanpitävyyden parantaminen – kokemuksia Oulusta <i>Markku Hienonen, Kimmo Illikainen, Timo Kauppinen ja Krista Niemi</i>	349
Asuntokohtainen ilmatiiviys uusissa kerrostaloissa <i>Jani Heikari</i>	359
Perinteisten ikkunoiden tiivistysvaihtoehtojen tutkiminen ilmanpitävyyksmittauksin <i>Anu Aaltonen, Pekka Saatsi ja Juha Vinha</i>	367
A10. Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa	373
Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa – FRAME-projektin yhteenveto <i>Juha Vinha, Anssi Laukkarinen, Mikael Mäkitalo, Sakari Nurmi, Petteri Huttunen, Tomi Pakkanen, Paavo Kero, Elina Manelius, Jukka Lahdensivu, Arto Köliö, Kimmo Lähdesmäki, Jarkko Piironen, Vesa Kuhno, Matti Pirinen, Anu Aaltonen, Jommi Suonketo, Juha Jokisalo, Olli Teriö, Anssi Koskenvesa ja Tuomas Palolahti</i>	375
Rakennusfysikaalisten testivuosien määrittäminen Suomen ilmastossa <i>Juha Vinha, Elina Manelius, Mikael Mäkitalo, Sakari Nurmi, Vesa Kuhno, Matti Pirinen ja Jarkko Piironen</i>	383
Ilmastonmuutoksen vaikutukset betonirakentamisen säilyvyysuunnitteluun <i>Jukka Lahdensivu ja Arto Köliö</i>	395
B9. Rakennusmateriaalien ominaisuudet ja uudet ratkaisut	405
Valoaläpäisevät lämmöneristeet ja sovellukset <i>Mikael Mäkitalo ja Juha Vinha</i>	407
Tulppa-märkätilevyillä kosteusteknisesti turvallinen märkätila <i>Asso Erävuoma ja Henri Nieminen</i>	417
Elastop – pinnoite ja vedeneriste <i>Vesa Koponen</i>	421

B10. Sisäilman laatu ja olosuhteet	427
Sisäympäristön laadun ja asumisterveyteen vaikuttavien tekijöiden arviointi peruskorjattavissa asuinkerrostaloissa <i>Mari Turunen, Maria Pekkonen, Anu Aaltonen, Virpi Leivo ja Ulla Haverinen-Shaughnessy sekä INSULAtE-projektiryhmä</i>	429
Sisäilmaongelman rakennuksen korjaushankkeen muuttuminen uudisrakentamishankkeeksi <i>Ville Varjo</i>	433
A11. Uudet määräykset ja ohjeet	439
Uusi STM:n asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä asetuksen soveltamisohje <i>Pertti Metiäinen</i>	441
Uudet rakenteiden kosteudenhallinnan ohjeet: RIL 250-2011 ja RIL 107-2012 <i>Gunnar Åström ja Pekka Laamanen</i>	443
Uudet korjausrakentamisen energiamääräykset <i>Juhani Heljo</i>	451
A12. Rakennusfysiikan opetus ja koulutus	459
YM:n kosteus- ja hometalkoiden koulutuksen ja pätevöinnin synkronointi sekä kehittämishankkeen tulosten soveltaminen käytäntöön <i>Helmi Kokotti</i>	461
Kaksi energiatehokkuuskoulutusta aikuisille <i>Harri Fränti ja Mikko Jauhiainen</i>	471
Rakennusfysiikkaa puoli vuosisataa <i>Ensio Laaksonen</i>	475
Rakennusfysiikan osaamista käytäntöön <i>Matti Valta</i>	481
Yritysten ja yhdistysten ilmoitukset	487

