

# **RIL 255-1**

# **Rakennusfysiikka I**

**Rakennusfysiikallinen  
suunnittelu ja tutkimukset**

**Julkaisija ja kustantaja**

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

**Toimituskunta**

Juhani Heljo  
 Kimmo Lähdesmäki  
 Matti Pentti  
 Jommi Suonketo  
 Juha Vinha  
 Gunnar Åström (pj ja RILin edustaja).

**Vastaava toimittaja**

Juha Vinha

**KIRJOITTAJAT****RIL 255-1-2014 RAKENNUSFYSIKKA I****Osa 1. Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset****Luku 1. Johdanto**

Juha Vinha

**Luku 2. Rakennusfysikaalinen suunnittelu**

Pekka Laamanen 2.1.1–2.1.2, 2.1.4, 2.1.6–2.1.7  
 Anssi Laukkarinen 2.2.5, 2.2.8  
 Matti Pentti 2.1.1, 2.1.4  
 Juha Vinha 2.1.1–2.1.5, 2.2.1–2.2.4, 2.2.6–2.2.7  
 Gunnar Åström 2.1.1–2.1.2, 2.1.4, 2.1.6–2.1.7

**Luku 3. Rakeneratkaisujen rakennusfysikaalinen toiminta**

Kari Hemmilä 3.2.7, 3.4.8, 3.7, 3.8.4  
 Mikael Mäkitalo 3.2.8, 3.4.9  
 Matti Pentti 3.1, 3.2.1–3.2.6, 3.2.9, 3.3, 3.4.1–3.4.6, 3.4.10, 3.5–3.6, 3.8.2–3.8.3  
 Juha Vinha 3.2.5, 3.4.7, 3.8.1

**Luku 4. Rakennusten energiatehokkuus**

Juhani Heljo 4.1–4.2, 4.3.1–4.3.5, 4.3.7, 4.3.9, 4.3.10, 4.4.1–4.4.2, 4.4.4, 4.5, 4.6.1, 4.7–4.8  
 Kari Hemmilä 4.6.3  
 Juha Jokisalo 4.3.6  
 Timo Kalema 4.4.3  
 Tom L. Sundman 4.6.2  
 Eino Tetri 4.3.8

**Luku 5. Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden rakennusfysikaaliset ominaisuudet**

Pirjo Ahola 5.12.4  
 Tapani Harjunalanan 5.9.8, 5.10.5  
 Kari Hemmilä 5.16, 5.17  
 Katariina Laine 5.3.2, 5.4–5.6, 5.8.2–5.8.5, 5.11.2  
 Pirjo Laurila 5.8.9  
 Pertti Lindberg 5.9.8  
 Kimmo Lähdesmäki 5.1–5.7, 5.8.1–5.8.5, 5.8.7–5.8.8, 5.8.10–5.8.12, 5.9.1–5.9.7, 5.10.1–5.10.4, 5.10.6, 5.11.1–5.11.5, 5.13.6–5.13.8, 5.14, 5.15.3, 5.18–5.19  
 Christopher Mills 5.8.9  
 Mikael Mäkitalo 5.15  
 Jarmo Paavilainen 5.8.9  
 Boris Panschin 5.13.1–5.13.5  
 Hassan Raad 5.8.6  
 Mika Ronkainen 5.9.8  
 Petri Silvennoinen 5.13.1–5.13.5  
 Hannu Viitanen 5.12.5  
 Leif Wirtanen 5.11.6, 5.12.1–5.12.4

**Luku 6. Rakennusfysikaaliset mittaukset ja tutkimukset**

Kari Hemmilä 6.3.3–6.3.4  
 Petteri Huttunen 6.1.4, 6.3.1–6.3.4, 6.4.4, 6.2.13  
 Mikko Kaartinen 6.1.9, 6.2.4  
 Kimmo Lähdesmäki 6.4.1–6.4.3, 6.5.1–6.5.4, 6.5.6  
 Mia Lund 6.5.5  
 Elina Manelius 6.2.1–6.2.12  
 Maija Ojanen 6.1.1–6.1.2, 6.1.5–6.1.6, 6.1.8, 6.1.11–6.1.12  
 Jani Poutiainen 6.1.3, 6.1.7, 6.1.9  
 Tiina Ruuska 6.2.2  
 Jommi Suonketo 6.1.10, 6.3.4, 6.6  
 Eero Tuominen 6.2.8  
 Juha Vinha 6.1.4, 6.2.2, 6.2.4–6.2.9, 6.2.11, 6.3.1–6.3.2, 6.3.5, 6.4.3

**Liitteet**

Petteri Huttunen Liitteet 7-9, 11  
 Anssi Laukkarinen Liitteet 5-6, 10  
 Kimmo Lähdesmäki Liitteet 4, 10  
 Juha Vinha Liitteet 1-3, 8

**Toimitussihteeri**

Jaana Henell

## RAHOITTAJAT

A-Insinöörit Oy  
ASB-Consult Oy  
Comsol Oy  
Controlteam-yhtiöt  
D.O.F. tech Oy  
Eltete Oy  
EPS-rakennuseristeteollisuus  
c/o Rakennustuoteteollisuus RTT ry  
Ewona Oy  
Finnfoam Oy  
Finnmap Consulting Oy  
H+H Finland Oy  
Hahtela-kehitys Oy  
Hartela Oy  
HKR-Rakennuttaja  
Honkarakenne Oyj  
Huura Oy  
Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy  
Inwido Finland Oy  
Jaatimet Oy  
Jetta-Talo Oy  
Juva Engineering Ltd  
Kastelli-talot Oy  
Kattoliitto ry  
Kiinteistöalan Koulutuskeskus Oy  
Knauf Oy  
Kuopion kaupungin tilakeskus  
Lammin Betoni Oy  
Liikelaitos Oulun Tilakeskus  
Lumon Oy  
Mammutihirsi/  
Pohjois-Suomen Hirsitalokeskus Oy  
Metsäteollisuus ry  
Metsä Wood  
Muottikolmio Oy  
Muoviteollisuus ry  
c/o Rakennustuoteteollisuus RTT ry  
NCC Rakennus Oy  
Parma Oy  
Paroc Oy Ab  
PRT-Forest Oy  
Purso Oy  
Pöyry Civil Oy  
Rakennusliike Halonen Oy  
Rakennusteollisuus RT  
Rakonor Oy  
Ramboll Finland Oy  
Rautaruukki Oyj  
Redi-yhtiöt Oy  
Rockwool Finland Oy  
Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy  
Saint-Gobain Weber Oy  
Skaala Ikkunat ja Ovet Oy

Suomen Kuitulevy Oy  
Suomen Rakennustarkastus Oy  
Suunnittelutoimisto Dimensio Oy  
Sweco PM Oy  
Talokeskus Yhtiöt Oy  
Tampereen Tilakeskus Liikelaitos  
Teräselementti Oy  
Tikkurila Paints Oy  
Turun Juva Oy  
Uponor Suomi Oy  
Wise Group Finland Oy  
WSP Finland Oy  
YIT Rakennus Oy  
Ypap Oy/Pyroll Group  
Opetus- ja kulttuuriministeriö  
Sosiaali- ja terveysministeriö  
Ympäristöministeriö  
RIL-säätiö

### Ilmoitukset

JPM-Info Oy

### Kirjapaino

Tammerprint Oy, 2014

### Myynti

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry  
Töölönkatu 4, 1. krs, 00100 Helsinki  
[www.ril.fi/kirjakauppa](http://www.ril.fi/kirjakauppa)

ISBN 978-951-758-589-7

ISSN 0356-9403

*Tämän teoksen osittainenkin kopiointi ja saattaminen yleisön saataviin on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.*

© Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

## ILMOITTAJAT

Ilmoitukset lukujen 3 ja 4 välissä ja julkaisun lopussa

A-Insinöörit Oy  
Eltete Oy  
Finnfoam Oy  
Flexotec Oy  
Hunton Fiber AS, Filial i Finland  
Inwido Finland Oy  
ISS Proko Oy  
Katepal Oy  
Katto 2000 Oy  
Kiinteistöalan Koulutuskeskus Oy  
Lumon Oy  
M-Plast Oy  
Muottikolmio Oy  
Nordic Waterproofing Oy  
Polygon Finland Oy  
Purso Oy  
Rudus Oy  
Sakret Norden Oy Ab  
Suomen Standardisoimisliitto SFS ry  
Suomen ympäristöpisto SYKLI Oy  
Tikkurila Oyj  
Työtehoseura  
VTT Expert Services Oy

## Alkusanat

Rakennusten terveellisyys ja turvallisuus ovat itsestään selviä kansalaisoikeuksia. Näitä ominaisuuksia myös Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää. Vaikka rakennuskanta on pääosin laadultaan hyvä, esiintyy yllättävän paljon rakennusten terveellisyteen liittyviä vakavia puutteita, kuten kosteus- ja homeongelmia, jotka huonontavat sisäilman laatua. Syyt ongelmiin ovat monia, sekä kaavoituksessa, suunnittelussa, toteutuksessa, ylläpidossa että käytössä. Selvä keino tilanteen parantamiseksi on osaamisen ja tietoisuuden tason nosto. Tähän on RIL monilla julkaisuillaan ja muulla tavoin pyrkinyt.

Rakentamisala ja rakentamismääräykset ovat olleet voimakkaassa muutoksessa 2000-luvulla, joka on heijastunut rakennusfysiikan alueelle. Taustalla ovat mm. ilmastomuutoksen hillitsemiseksi sovitut kansainväliset päästöjen vähentämistavoitteet, erityisesti rakennusten energiankulutusta pienentämällä. Rakennusten kasvavat energiatehokkuusvaatimukset ovat edellyttäneet uusia, perinteisistä jopa merkittävästi poikkeavia rakenneratkaisuja. Lisäksi alalle on tullut paljon uusi materiaaleja uusine ominaisuuksineen ja rakennusfysiikalisten laskentaohjelmien taso on noussut. Rakennusfysiikalisten ratkaisujen muutostarpeisiin ovat myös vaikuttaneet alan standardointi ja laajat alan tutkimushankkeiden tulokset. Kun taustalla vielä ovat ennusteet ilmastomuutoksesta ja siihen liittyvää kosteusrasitusten kasvamisesta, on ala suurten haasteiden edessä. Tarvitaan kootusti ajankohtaista ja luotettavaa tietoa sekä uusia, toimivia ratkaisuja, joilla varmistetaan rakenteiden ja rakennusten laatu myös muuttuvissa tulevaisuuden olosuhteissa.

RIL julkaisi v. 1984 käsikirjan *RIL 155-1984 Rakennusten lämmön- ja kosteudeneristys*, joka sisälsi sekä rakennusfysiikan teoriaa että käytännön suunnitteluesimerkkejä. Rakennusfysiikan teoria ei ole perusteeltaan merkittävästi muuttunut, mutta selvästi laajentunut. Kirjan rakennetekniset ratkaisut ovat vanhentuneet ja

osittain jopa virheelliset tämän päivän tietämyksen pohjalta.

V. 2008 päätti RIL yhdessä Tampereen teknillisen yliopiston kanssa käynnistää uuden laajan rakennusfysiikkaa käsittelevän julkaisun laadinnan. Työn tavoitteiksi asetettiin kattava käsikirja, joka käsittelee rakennusfysiikan teoriaa, rakenteiden lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa sekä rakennusmateriaalien rakennusfysiikkaisia ominaisuuksia. Akustiikka rajattiin pois, koska siihen on mm. olemassa kirjasarja *RIL 243 Rakennusten akustinen suunnittelu*. Sisältö suunniteltiin siten, että julkaisu toimisi sekä alan käsikirjana ja ohjeena että oppikirjana. Käsitteiden ja merkintöjen yhtenäistäminen oli tärkeä osatavoite julkaisun toteutustyössä. Tärkeä asia oli myös rakennusmateriaalien rakennusfysiikalisten ominaisuuksien kerääminen ja taulukointi niin, että niistä löytyy jatkossa kattavat tiedot samasta paikasta.

Asetetut tavoitteet osoittautuivat erittäin vaativiksi ja haasteellisiksi, joten aikataulua jouduttiin työn aikana pidentämään. Kirjoitustyön aikana eteni rinnakkain merkittäviä ja laajoja aiheeseen liittyviä tutkimus- ja kehittämishankkeita (mm. Frame-hanke), joiden tuloksia jäätin odottamaan. RILin toimesta valmistui kaksi julkaisua, jonka tuloksia voitiin hyödyntää: *RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurion estäminen* ja *RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneritysohjeet*.

Rakennusfysiikan käsikirja on jaettu kahteen osaan. **Osa 1 Rakennusfysiikalinen suunnittelu ja tutkimukset** sisältää rakennusfysiikalisen suunnittelun perusteita ja laskentamenetelmiä, rakenneratkaisujen kuvauksia, rakennuksen energiatehokkuuden hallintaa, materiaalien ja tuotteiden rakennusfysiikkaisia ominaisuuksia sekä mittausmenetelmiä. **Osa 2 Rakennusfysiikan teoria ja laskentasovellukset** käsittelee laajasti rakennuksen ja rakenteiden ympäristöolosuhteita ja -rasituksia sekä lämpöön, kos-

teuteen ja ilmavirtaukseen liittyvä teoriaa ja las-  
kentasovelluksia. Julkaisuja voidaan käyttää  
sekä uudisrakennus- että korjaushankkeissa.

Julkaisun laadinnasta on vastannut toimituskun-  
ta. Kirjan päätoimittaja ja pääkirjoittaja on Juha  
Vinha. Toimituskunnan muina jäseninä ovat ol-  
leet Juhani Heljo, Kimmo Lähdesmäki, Matti  
Pentti, Jommi Suonketo sekä Gunnar Åström  
(puheenjohtaja ja RILin edustaja). Kaikki ovat  
osallistuneet merkittäväällä tavalla myös kirjan  
kirjoittamiseen.

Eri lukujen vastuuhenkilöinä ovat olleet:

- luku 1: Juha Vinha
- luku 2: Juha Vinha
- luku 3: Matti Pentti
- luku 4: Juhani Heljo
- luku 5: Kimmo Lähdesmäki
- luku 6: Juha Vinha ja Jommi Suonketo.

Maarraskuussa 2014

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL ry

Risto Vahanen  
puheenjohtaja

Helena Soimakallio  
toimitusjohtaja

Merkittävää kirjoituspanosta ovat myös antaneet  
mm. Petteri Huttunen, Pekka Laamanen ja Anssi  
Laukkarinen. Kirjoitustyöhön on lisäksi osallistu-  
nut suuri määrä muita asiantuntijoita (ks. erillinen  
kirjoittajaluettelo).

Julkaisuhanke ei olisi ollut mahdollinen ilman  
alan yritysten ja viranomaisten tukea, sekä rahoit-  
tus- että asiantuntijamuodossa (ks. erillinen luet-  
telo). Julkaisun eri osat ovat kirjoitustyön aikana  
olleet laajalla lausuntokierroksella ja käsitelty yh-  
teisissä seminaareissa. Saatu palaute on ollut  
erittäin hyödyllinen tekstin viimeistelyssä.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL kiittää  
julkaisun kirjoittajia sekä kaikkia työhön osallistu-  
neita organisaatioita ja henkilöitä, jotka ovat kan-  
natoillaan ja tiedoillaan vaikuttaneet käsikirjan  
syntymiseen. Uskomme, että kirja merkittävästi  
nostaa alan osaamista ja näin edistää rakenta-  
misen laadun paranemista.

## Sisällysluettelo

<b>1. Johdanto</b> . . . . .	11
1.1 Tausta . . . . .	13
1.2 Kirjan sisältö, rakenne ja rajaukset . . . . .	14
<b>2. Rakennusfysikaalinen suunnittelu</b> . . . . .	15
2.1 Rakennusfysikaalisen suunnittelun tavoitteet ja periaatteet . . . . .	17
2.1.1 Yleistä . . . . .	17
2.1.2 Rakennusfysikaalisen suunnittelun vaativuus, tehtävät, varmuudet ja toimintakriteerit . . . . .	20
2.1.3 Rakenteiden lämpö- ja energiatekninen suunnittelu . . . . .	25
2.1.4 Rakennuksen kosteustekninen suunnittelu . . . . .	36
2.1.5 Vaipan ilmatiiveyden suunnittelu ja ilmavirtausten rajoittaminen vaipparakenteissa . . . . .	46
2.1.6 Epäpuhtauksien huomioon ottaminen rakennusfysikaalisessa suunnittelussa . . . . .	48
2.1.7 Rakennusfysikaalinen suunnittelu korjaushankkeissa . . . . .	50
Kirjallisuutta kohtaan 2.1 . . . . .	52
2.2 Rakennusfysikaalisten laskentatarkastelujen toteutus . . . . .	54
2.2.1 Yleistä . . . . .	54
2.2.2 Laskentatehtävän ja tarkasteluperiaatteiden määrittely . . . . .	56
2.2.3 Toimintakriteerien ja niihin liittyvien raja-arvojen valinta . . . . .	57
2.2.4 Ulko- ja sisäympäristön olosuhteiden määrittely . . . . .	65
2.2.5 Laskentamenetelmän tai -ohjelman valinta . . . . .	73
2.2.6 Materiaaliominaisuuksien määrittely . . . . .	81
2.2.7 Tarkasteltavan rakenteen tai rakennuksen mallintaminen . . . . .	82
2.2.8 Laskentatulosten analysointi . . . . .	84
Kirjallisuutta kohtaan 2.2 . . . . .	85
<b>3. Rakennerratkaisujen rakennusfysikaalinen toiminta</b> . . . . .	89
3.1 Yleistä . . . . .	91
3.2 Yläpohjat ja kattorakenteet . . . . .	91
3.2.1 Rasitusolot ja suunnittelussa tarkasteltavat asiat . . . . .	91
3.2.2 Yläpohjien perustyyppit . . . . .	92
3.2.3 Katon kaltevuus ja vedenpoisto . . . . .	95
3.2.4 Yläpohjan ilmatiiviys, höyrynsulun tarve ja tuuletus . . . . .	99
3.2.5 Katteiden suunnitteluperiaatteita ja yksityiskohtia . . . . .	102
3.2.6 Liikennöidyt katot . . . . .	108
3.2.7 Lasirakenteiset katot . . . . .	112
3.2.8 Erikoisrakenteet . . . . .	114
3.2.9 Yläpohjien riskitekijöitä ja riskialttiita rakennerratkaisuja . . . . .	116
Kirjallisuutta kohtaan 3.2 . . . . .	117
3.3 Väli-pohjat . . . . .	117
3.3.1 Rasitusolot ja suunnittelussa tarkasteltavat asiat . . . . .	117
3.3.2 Väli-pohjien rakennerratkaisujen kosteusteknisiä erityispiirteitä . . . . .	117
3.3.3 Eri-laisten lattianpäällysteiden vaikutus väli-pohjan kosteustekniseen toimintaan . . . . .	119
Kirjallisuutta kohtaan 3.3 . . . . .	120
3.4 Ulkoseinät . . . . .	120
3.4.1 Ulkoseinien rasitusolot . . . . .	120
3.4.2 Ulkoseinien yleiset suunnitteluperiaatteet . . . . .	122
3.4.3 Betonirakenteiset ulkoseinät . . . . .	124
3.4.4 Muuratut ulkoseinät . . . . .	131
3.4.5 Eristerappausrakenteet . . . . .	135
3.4.6 Rankaseinät . . . . .	135
3.4.7 Massiivipuorakenteiset seinät . . . . .	139
3.4.8 Lasirakenteiset ulkoseinät . . . . .	141
3.4.9 Erikoisrakenteet . . . . .	145
3.4.10 Vanhoja riskialttiita ulkoseinärakenteita . . . . .	149
Kirjallisuutta kohtaan 3.4 . . . . .	150
3.5 Alapohjat ja maanvastaiset rakenteet . . . . .	151
3.5.1 Kosteus- ja lämpötilaolot maanvastaisissa rakenteissa . . . . .	151
3.5.2 Kosteusteknisen toimivuuden kriteerit ja varmistuskeinoja maanvastaisissa rakenteissa . . . . .	152
3.5.3 Rakennus-pohjan kuivatus . . . . .	153
3.5.4 Maanvarainen betonilaatta . . . . .	154
3.5.5 Ryömintätällainen alapohja . . . . .	157
3.5.6 Kellarin seinät . . . . .	160
3.5.7 Perusmuurit . . . . .	162
3.5.8 Vedenpaineen alaiset rakenteet . . . . .	163
3.5.9 Vanhoja riskialttiita alapohjarakenteita ja niiden korjausperiaatteita . . . . .	166
Kirjallisuutta kohtaan 3.5 . . . . .	169
3.6 Märkätilojen rakenteet . . . . .	169
3.6.1 Märkätilojen rasitusolot ja yleissuunnittelu . . . . .	169

3.6.2	Märkätilojen rakenteiden suunnittelu . . . . .	170	Kirjallisuutta kohtaan 4.4 . . . . .	222	
3.6.3	Märkätilojen rakenne-esimerkkejä . . . . .	171	4.5	Rakennusten käytön ja laatutason vaikutus energiankulutukseen . . . . .	223
3.6.4	Vedeneristys . . . . .	174		Kirjallisuutta kohtaan 4.5 . . . . .	224
3.6.5	Vanhoja riskialttiita märkätilan rakenteita . . . . .	175	4.6	Esimerkkejä erikoistilojen energiateknisestä toiminnasta . . . . .	226
	Kirjallisuutta kohtaan 3.6 . . . . .	176	4.6.1	Ajoittain lämmitetyt tilat . . . . .	226
3.7	Ikkunat ja ovet . . . . .	176	4.6.2	Jäähdytetyt tilat . . . . .	226
3.8	Erityisolosuhteiden huomioon ottaminen rakenteiden suunnittelussa . . . . .	181	4.6.3	Lasitetut tilat . . . . .	230
3.8.1	Lämmittämättömät ja ajoittain lämmitetyt tilat . . . . .	181	4.7	Rakennusten energia- taloudellisten valintojen pääperiaatteet . . . . .	231
3.8.2	Jäähdytetyt tilat . . . . .	183	4.7.1	Valintasystematiikka . . . . .	231
3.8.3	Poikkeuksellisen kosteat tilat . . . . .	186	4.7.2	Energiankäytön ympäristö- vaikutukset ja primääri- energia . . . . .	236
3.8.4	Lasitetut tilat . . . . .	187		Kirjallisuutta kohtaan 4.7 . . . . .	236
	Kirjallisuutta kohtaan 3.8 . . . . .	189	4.8	Energiatehokkuuden parantamisen trendit . . . . .	237
<b>4. Rakennusten energiatehokkuus . . . . .</b>	<b>191</b>		4.8.1	Passiivitalo . . . . .	238
4.1	Rakennuksen energia- tehokkuuden määrittäminen . . . . .	193	4.8.2	Nollaenergiatalo ja lähes nollaenergiatalo . . . . .	239
4.1.1	Yleistä . . . . .	193		Kirjallisuutta kohtaan 4.8 . . . . .	240
4.1.2	Energiatehokkuus- indikaattorit . . . . .	194	<b>5. Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden rakennusfysikaaliset ominaisuudet . . . . .</b>	<b>241</b>	
	Kirjallisuutta kohtaan 4.1 . . . . .	198	5.1	Yleistä . . . . .	243
4.2	Rakennusten energia- ja lämpö- virrat . . . . .	198	5.2	Katemateriaalit . . . . .	243
	Kirjallisuutta kohtaan 4.2 . . . . .	200	5.2.1	Yleistä . . . . .	243
4.3	Rakenteiden ja järjestelmien vaikutus energiankulutukseen . . . . .	200	5.2.2	Kermit . . . . .	244
4.3.1	Ulkoilman lämpöolosuhteet ja mikroilmasto . . . . .	200	5.2.3	Metalliohutlevyt . . . . .	245
4.3.2	Sisäilman lämpöolosuhteet . . . . .	200	5.2.4	Tiilikatteet . . . . .	246
4.3.3	Vaipparakenteet . . . . .	201	5.2.5	Muut katteet . . . . .	246
4.3.4	Ilmanvaihto ja vaipan ilmatiiviys . . . . .	203		Kirjallisuutta kohtaan 5.2 . . . . .	247
4.3.5	Lämmitysjärjestelmä . . . . .	206	5.3	Aluskatteet . . . . .	247
4.3.6	Jäähdytysratkaisut . . . . .	210	5.3.1	Yleistä . . . . .	247
4.3.7	Lämmin käyttövesi . . . . .	211	5.3.2	Aluskatemateriaalit . . . . .	247
4.3.8	Valaistus . . . . .	212		Kirjallisuutta kohtaan 5.3 . . . . .	249
4.3.9	Sähkölaitteet . . . . .	214	5.4	Vedeneristeet . . . . .	249
4.3.10	Energian kulutusjakaumat erilaisissa ja eri-ikäisissä rakennuksissa . . . . .	214	5.4.1	Yleistä . . . . .	249
	Kirjallisuutta kohtaan 4.3 . . . . .	217	5.4.2	Kermit ja matot . . . . .	250
4.4	Rakennuksen energiankulutuksen laskentamenettelyt . . . . .	218	5.4.3	Märkätilojen vedeneristemassat . . . . .	250
4.4.1	Ominaislämpötehon laskenta ja lämmitystarveluku . . . . .	218	5.4.4	Vedeneristelevyt . . . . .	250
4.4.2	Kuukausitason laskenta . . . . .	219	5.4.5	Muut vedeneristeet ja kosteussulut . . . . .	252
4.4.3	Rakennusten sisäilmaston ja energialaskennan simulointi . . . . .	219		Kirjallisuutta kohtaan 5.4 . . . . .	252
4.4.4	Lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskennan periaate . . . . .	221	5.5	Ilman- ja höyrynsulut . . . . .	253
			5.5.1	Yleistä . . . . .	253
			5.5.2	Kalvot . . . . .	253
			5.5.3	Levyt . . . . .	254
			5.5.4	Pinnoitteet ja sivelyt . . . . .	255
				Kirjallisuutta kohtaan 5.5 . . . . .	255
			5.6	Tuulensuojat . . . . .	256
			5.6.1	Yleistä . . . . .	256
			5.6.2	Kalvot . . . . .	256

5.6.3	Levyt . . . . .	257	5.11.4	Paksurappaus . . . . .	299
	Kirjallisuutta kohtaan 5.6 . . . . .	260	5.11.5	Ruiskubetonointi . . . . .	299
5.7	Lämmöneristeet . . . . .	260	5.11.6	Tasoitteet . . . . .	300
5.7.1	Yleistä . . . . .	260		Kirjallisuutta kohtaan 5.11 . . . . .	300
5.7.2	Mineraalivillat . . . . .	261	5.12	Pohjusteet, maalit, lakat, pinnoitteet ja suoja-aineet. . . . .	301
5.7.3	Muovikuitupohjaiset lämmöneristeet . . . . .	262	5.12.1	Yleistä . . . . .	301
5.7.4	Luonnonkuitupohjaiset lämmöneristeet . . . . .	262	5.12.2	Sideaineet . . . . .	301
5.7.5	Solumuovilämmöneristeet. . . . .	264	5.12.3	Sisätilojen pintojen pintakäsittely . . . . .	302
5.7.6	Kiviainespohjaiset lämmöneristeet . . . . .	268	5.12.4	Säälle alttiiden pintojen pintakäsittely . . . . .	303
5.7.7	Muut lämmöneristeet . . . . .	268	5.12.5	Homesuoja-aineet . . . . .	308
5.7.8	Vanhat lämmöneristeet . . . . .	273		Kirjallisuutta kohtaan 5.12 . . . . .	309
	Kirjallisuutta kohtaan 5.7 . . . . .	274	5.13	Saumojen ja liitosten tiivistystuotteet . . . . .	309
5.8	Runkomateriaalit . . . . .	275	5.13.1	Yleistä . . . . .	309
5.8.1	Yleistä . . . . .	275	5.13.2	Saumausmassat . . . . .	309
5.8.2	Betoni . . . . .	275	5.13.3	Saumanauhut . . . . .	311
5.8.3	Kevytbetoni . . . . .	276	5.13.4	Tiivistysnauhut ja -teipit. . . . .	312
5.8.4	KevytSORabetoni . . . . .	276	5.13.5	Tiivistysvaahdot . . . . .	313
5.8.5	Tiilet . . . . .	277	5.13.6	Läpivientitiivisteet ja -kappaleet . . . . .	314
5.8.6	Muurauslaastit . . . . .	278	5.13.7	Kermit . . . . .	314
5.8.7	Puu . . . . .	279	5.13.8	Muut tiivistystuotteet . . . . .	315
5.8.8	Puutuotteet . . . . .	279		Kirjallisuutta kohtaan 5.13 . . . . .	315
5.8.9	Puutuotteissa käytettävät liimat . . . . .	281	5.14	Faasimuutosmateriaalit . . . . .	315
5.8.10	Teräs . . . . .	283	5.14.1	Yleistä . . . . .	315
5.8.11	Alumiini . . . . .	283	5.14.2	Epäorgaaniset materiaalit . . . . .	316
5.8.12	Luonnonkivet . . . . .	283	5.14.3	Orgaaniset materiaalit . . . . .	316
	Kirjallisuutta kohtaan 5.8 . . . . .	283	5.14.4	Eutektiset materiaalit . . . . .	317
5.9	Sisälevyt ja pintamateriaalit . . . . .	284		Kirjallisuutta kohtaan 5.14 . . . . .	317
5.9.1	Yleistä . . . . .	284	5.15	Valoaläpäisevät materiaalit . . . . .	317
5.9.2	Puupohjaiset levyt . . . . .	284	5.15.1	Yleistä . . . . .	317
5.9.3	Kipsi- ja sementtipohjaiset levyt . . . . .	286	5.15.2	Valoaläpäisevät muovit . . . . .	318
5.9.4	Metallilevyt . . . . .	287	5.15.3	Valoaläpäisevät lämmön- eristeet ja lämpöä eristävät tuotteet . . . . .	318
5.9.5	Muovi- ja komposiittilevyt . . . . .	287		Kirjallisuutta kohtaan 5.15 . . . . .	320
5.9.6	Muut levyt . . . . .	288	5.16	Ikkunat . . . . .	321
5.9.7	Pintamateriaalit . . . . .	289		Kirjallisuutta kohtaan 5.16 . . . . .	325
5.9.8	Seinä- ja laattaliimat sekä kiinnitys- ja saumauslaastit . . . . .	290	5.17	Ovet . . . . .	325
	Kirjallisuutta kohtaan 5.9 . . . . .	291		Kirjallisuutta kohtaan 5.17 . . . . .	327
5.10	Lattiapäällysteet ja alusmateriaalit . . . . .	292	5.18	Kattoalokuvut ja luukut . . . . .	327
5.10.1	Yleistä . . . . .	292	5.18.1	Yleistä . . . . .	327
5.10.2	Liimattavat päällysteet . . . . .	292	5.18.2	Kattoalokuvut . . . . .	327
5.10.3	Kelluvat päällysteet . . . . .	294	5.18.3	Luukut . . . . .	327
5.10.4	Keraamiset laatat . . . . .	294		Kirjallisuutta kohtaan 5.18 . . . . .	328
5.10.5	Matto- ja parkettiliimat . . . . .	294	5.19	Maalajit . . . . .	329
5.10.6	Alusmateriaalit . . . . .	295		Kirjallisuutta kohtaan 5.19 . . . . .	329
	Kirjallisuutta kohtaan 5.10 . . . . .	296	<b>6. Rakennusfysikaaliset mittaukset ja tutkimukset . . . . .</b>	<b>331</b>	
5.11	Seinien ja kattojen kiviaines- pohjaiset pinnoitteet ja tasoitteet . . . . .	297	6.1	Rakennusfysikaalisten suureiden mittaukset . . . . .	333
5.11.1	Yleistä . . . . .	297	6.1.1	Yleistä . . . . .	333
5.11.2	Rappauslaastit . . . . .	297			
5.11.3	Ohutrappaus . . . . .	298			

6.1.2	Lämpötila . . . . .	333	6.5.2	Lämpökuvaus . . . . .	371
6.1.3	Lyhyt- ja pitkäaaltainen lämpösäteily . . . . .	334	6.5.3	Ilmanpitävyyskoe . . . . .	373
6.1.4	Lämpövirta . . . . .	336	6.5.4	Paine-eromittaukset . . . . .	374
6.1.5	Ilmanpaine ja paine-ero . . . . .	337	6.5.5	Ilmanvaihdon mittaukset . . . . .	374
6.1.6	Ilman virtausnopeus ja tilaavuusvirta . . . . .	338	6.5.6	Olosuhteiden seuranta- mittaukset ulko- ja sisäilmassa sekä rakenteissa . . . . .	375
6.1.7	Tuulen nopeus ja suunta . . . . .	339		Kirjallisuutta kohtaan 6.5 . . . . .	377
6.1.8	Ilman suhteellinen kosteus ja vesihöyrypitoisuus . . . . .	340	6.6	Rakennusten kuntotutkimukset . . . . .	377
6.1.9	Sade- ja viistosademäärä . . . . .	341	6.6.1	Lähtökohta . . . . .	377
6.1.10	Materiaalin kosteuspitoisuus . . . . .	342	6.6.2	Tavoitteet . . . . .	378
6.1.11	Hiilidioksidipitoisuus . . . . .	342	6.6.3	Toimintamallit . . . . .	378
6.1.12	Muiden suureiden mittaukset . . . . .	343	6.6.4	Aistivaraiset havainnot . . . . .	379
	Kirjallisuutta kohtaan 6.1 . . . . .	343	6.6.5	Pintoja rikkomattomat tarkastelut . . . . .	379
6.2	Materiaaliominaisuuksien mittaukset . . . . .	344	6.6.6	Kenttätutkimusten yhteydessä tehtävät tarkentavat tutkimukset . . . . .	379
6.2.1	Yleistä . . . . .	344	6.6.7	Näytteenottoon pohjautuvat tutkimukset . . . . .	382
6.2.2	Ominaislämpökapasiteetti ja terminen diffusiviteetti . . . . .	344	LIITTEET . . . . .		385
6.2.3	Lämmönjohtavuus ja lämmönvastus . . . . .	345	Liite 1.	Merkinnät ja lyhenteet . . . . .	385
6.2.4	Pinnan säteilyominaisuudet . . . . .	347	Liite 2.	Määritelmät . . . . .	389
6.2.5	Ilmanläpäisevyys ja ilmanläpäisyvastus . . . . .	348	Liite 3.	Rakennusfysikaalisten materiaaliominaisuuksien muunnoskaavoja . . . . .	393
6.2.6	Tasapainokosteus ja ominais- kosteuskapasiteetti . . . . .	349	Liite 4.	Rakennusmateriaalien rakennusfysikaalisia ominaisuuksia tuoteryhmittäin . . . . .	395
6.2.7	Vesihöyrynläpäisevyys ja vesihöyrynvastus . . . . .	351	Liite 5.	Rakennusmateriaalien pintojen säteilyominaisuuksia . . . . .	453
6.2.8	Kapillaarisuusominaisuudet . . . . .	352	Liite 6.	Rakennusmateriaalien lämpölaajenemiskertoimia . . . . .	457
6.2.9	Kosteudenjohtavuus ja kosteusdiffusiviteetti . . . . .	355	Liite 7.	Rakennusmateriaalien ilmanläpäisevyyksiä ja ilmanläpäisykertoimia . . . . .	461
6.2.10	Vesitiiviyys . . . . .	356	Liite 8.	Rakennusmateriaalien tasapainokosteuskäyriä . . . . .	463
6.2.11	Homentumisherkkyyys . . . . .	357	Liite 9.	Rakennusmateriaalien kapillaarisia kosteusdiffusiviteetteja . . . . .	475
6.2.12	Auringonsäteilyn ja sadeveden kestävyys . . . . .	357	Liite 10.	Ilman ja veden fysikaalisia ominaisuuksia . . . . .	479
6.2.13	Lämpötila- ja kosteus- muodonmuutokset . . . . .	359	Liite 11.	Rakennusfysiikkaa käsittelevät SFS-, EN- ja ISO-standardit . . . . .	481
	Kirjallisuutta kohtaan 6.2 . . . . .	359			
6.3	Rakenteiden laboratorio- mittaukset . . . . .	360			
6.3.1	Yleistä . . . . .	360			
6.3.2	Lämmönläpäisykoe . . . . .	360			
6.3.3	Ilmanläpäisykokeet . . . . .	363			
6.3.4	Säärasituskokeet . . . . .	364			
6.3.5	Rakennusfysikaaliset olosuhdekokeet . . . . .	366			
	Kirjallisuutta kohtaan 6.3 . . . . .	368			
6.4	Rakenteiden kenttämittaukset . . . . .	368			
6.4.1	Yleistä . . . . .	368			
6.4.2	Lämpötilamittaukset . . . . .	368			
6.4.3	Kosteusmittaukset . . . . .	368			
6.4.4	Lämpövirran ja lämmön- läpäisykertoimen mittaust . . . . .	370			
6.5	Rakennusten kenttämittaukset . . . . .	371			
6.5.1	Yleistä . . . . .	371			